

Universidad de Guayaquil



UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA

TRABAJO DE TITULACIÓN

**PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:
INGENIERO QUÍMICO**

TEMA:

**Extracción de aceite multiuso a partir de la
Semilla de Voacanga Africana**

AUTORA:

Roxana Mariuxi Gavilánez Quintero

DIRECTOR DE TESIS

Ing. Qco. Harry Reyes

Guayaquil

Ecuador

2015

Agradecimiento

De los valores más grandes que hay en el mundo, está la gratitud, por eso hoy al culminar mi carrera agradezco en primer lugar a Dios por permitir realizarme como profesional, a mis maestros, quienes con su sapiencia supieron emular sus conocimientos, nobles ideales y virtudes superiores.

A mis padres por ser un apoyo sincero en mi diario vivir.

A mi amado esposo quien ha estado impulsándome a terminar el proyecto.

Al director de tesis Ing. Harry Reyes por su apoyo constante.

Y a mis amigos y compañeros por hacerme sentir fuera de casa, ese calor vital que reconforta el alma, a todos ellos, mil gracias.

Dedicatoria

La presente tesis va dedicada a Dios, ami familia,

A Dios por guiarme y darme la fuerza para seguir luchando por mis deseos de superación.

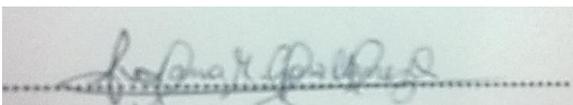
A mis padres, por su apoyo recibido en darme la oportunidad de realizarme como profesional.

A mi familia por incentivarame a terminar este proyecto y estar conmigo en los momentos cuando más los he necesitado.

DERECHOS DE AUTORÍA

Roxana Mariuxi Gavilánez Quintero, declara bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de autoría propia, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional, y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

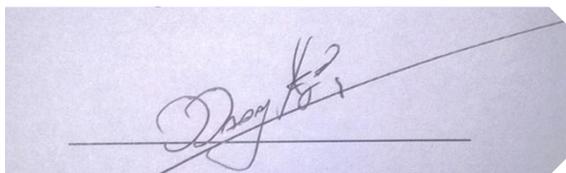
A través de la presente declaración cedemos los derechos de propiedad intelectual a la **UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA**, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual y su reglamento.



.....

CERTIFICACIÓN DE TUTOR

Harry Oswaldo Reyes Venegas, certifica haber tutelado la tesis **Extracción de aceite multiuso a partir de la Semilla de Voacanga Africana**, que ha sido desarrollada por Roxana Mariuxi Gavilánez Quintero, previa la obtención del título de Ingeniero en QUIMICA, de acuerdo al **REGLAMENTO PARA LA ELABORACIÓN DE TESIS DE GRADO DE TERCER NIVEL de la UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL, FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA**

A rectangular box containing a handwritten signature in black ink. The signature is cursive and appears to read 'Harry Oswaldo Reyes Venegas'. Below the signature is a horizontal line.

Ing. Qco. Harry Oswaldo Reyes
Director de Tesis –

Venegas
Tutor

INTRODUCCIÓN

Voacanga, es un género botánico de planta con flor con 42 especies pertenecientes a la familia de las Apocynaceae. Es originaria de las regiones tropicales de Asia y África

En el Ecuador se encuentra esta planta en el cantón Bucay; éste es uno de los cantones con más recursos naturales que posee la provincia del Guayas, se encuentra ubicada al este de la provincia a 99 Km. de Guayaquil en un ramal de la Cordillera Occidental donde se encuentran entre 200 – 300 hectáreas de cultivo de esta planta.

RESUMEN

El proyecto tiene como objetivo la extracción de aceite multiuso a partir de la semilla de Voacanga Africana y la evaluación del desempeño operativo de dicho aceite en palancas mecánicas. Así mismo, hace énfasis en la necesidad de contar con una estrategia como medio para alcanzar éxito en el mercado.

Estos indicadores fueron empleados a fin de evaluar el desempeño de un aceite multiuso. En el primer capítulo se describe la propuesta de extraer un aceite a partir de la semilla de Voacanga y probar su utilidad en la lubricación de sistemas oleo hidráulicos. Se plantea la problemática, se establece el objetivo general y los objetivos específicos de este proyecto, así como la justificación, los alcances y límites de la misma. El segundo capítulo se refiere al marco teórico, las características de los aceites vegetales y la optimización en la elección de un mejor producto. En el tercer capítulo se presentan los métodos y técnicas que son empleados para evaluar el desempeño en la investigación para la extracción de aceite y las normas que se utilizarán. En el cuarto capítulo y último se presentan las conclusiones a las que se llegaron con el estudio. Se responde el objetivo general y específico de la tesis; y se enuncian las recomendaciones para aumentar el valor agregado de este producto.

PALABRAS CLAVES: Voacanga Africana, Soxhlet, Aceite multiuso, Elevador hidráulico de cargas.

ABSTRACT

This thesis makes multipurpose oil extraction from the seed of African Voacanga and evaluation of the operating performance of the oils in mechanical levers. It also emphasizes the need for a strategy as a means to achieve the objectives and succeed in the market.

These indicators were used to assess the performance of a multi-purpose oil. The proposal to extract oil from the seed of Voacanga and prove useful in lubricating oil these indicators were used to assess the performance of a multi-purpose oil. The proposal to extract oil from the seed of Voacanga and prove useful in lubricating oil hydraulic systems described in the first chapter. The problem arises, the general objective and specific objectives of this thesis, and the justification, scope and limits of the same set.

The second chapter refers to the theoretical framework characteristics of vegetable oils and competitive position in choosing a better product. The main objective is stated. In the third chapter the methods and techniques that are used to evaluate performance in research for oil extraction and the standards used are presented. In the fourth and final chapter the conclusions that were reached by the study are presented. The general and specific objective of the thesis is answered; and the recommendations set out to increase the economic value of the company described in the first chapter. The problem arises, the general objective and specific objectives of this thesis, and the justification, scope and limits of the same set. The second chapter refers to the theoretical framework characteristics of vegetable oils and competitive position in choosing a better product. The main objective is stated. In the third chapter the methods

and techniques that are used to evaluate performance in research for oil extraction and the standards used are presented. In the fourth and final chapter the conclusions that were reached by the study are presented. The general and specific objective of the thesis is answered; and the recommendations set out to increase the economic value of the company.

KEYWORDS: Voacanga African, Soxhlet, multipurpose oil, hydraulic lift loads.

INDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN	7
RESÚMEN	7
ABSTRACT	9
CAPÍTULO I	16
1. Tema.....	17
2.Planteamiento del problema.....	17
3. Formulación del problema.	17
4.Limitación.....	18
5.Alcance del proyecto.....	18
6.Objetivos.....	19
7.Idea a defender.....	19
8.Preguntas a contestar.	20
9. Justificación del problema	20
10. Hipótesis.	20
11.Variables.....	20
12.Operacionalización de las variables.	21
CAPÍTULO II	22
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	22
2.1.Descripción botánica.....	23

2.2. Historia	24
2.3. Características	24
2.4. Taxonomía	26
2.5. Lubricantes	26
2.5.1 Lubricación	27
2.5.2 Funciones de los lubricantes.	27
2.6. Aceites vegetales	28
2.6.1. Composición de los ácidos grasos que determinan las propiedades del aceite vegetal.....	29
2.7. Usos de aceites biolubricantes.....	31
2.8. Triagliceroles en aceites vegetales.....	32
2.9. Propiedades de fricción de los vegetales.....	33
2.9.1. Punto de fluidez y viscosidad.....	34
2.9.2. Consideraciones ambientales.....	35
2.10. Lubricantes para sistemas hidráulicos.....	36
2.10.1. Ventajas de los sistemas hidráulicos.....	39
2.10.2. Funciones de los fluidos hidráulicos.....	40
2.11. Propiedades requeridas por los fluidos hidráulicos.....	41
2.11.1. Propiedades anti espuma y liberación de aire.....	43
2.11.2. Viscosidad	45
2.11.3. Índice de viscosidad.....	46
2.11.4. Propiedades antidesgaste	47

2.11.5.	Demulsibilidad	47
2.11.6.	Estabilidad térmica.....	48
2.11.7.	Resistencia a la oxidación	48
2.11.8.	Propiedades anticorrosión	49
2.11.9.	Filtrabilidad	49
2.11.10.	Limpieza.....	49
2.12.	Fuentes principales de contaminación.	49
2.13.	Características físico- químicas	50
2.14.	Extracción de aceite de semilla	51
2.15.	Aceites para sistemas hidráulicos	51
	CAPÍTULO III	54
	MATERIALES Y MÉTODOS	54
3.1.	Metodología	55
3.2.	Métodos y técnicas	55
3.3.	Normas.....	57
3.4.	Experimentación.....	57
3.5.	Diagrama de flujo del proceso de extracción de aceite lubricante multiuso.....	58
	58
3.6.	Descripción del proceso.	60
3.7.	Balance de Materia	61
	CAPÍTULO IV	62

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	62
4.1. Resultados y Discusión	63
4.2. Cálculos y Resultados experimentales	65
4.3. Conclusiones	68
4.4. Recomendaciones.....	69
4.5. Bibliografía.....	70

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Taxonomía de la Voacanga	26
Tabla 2. Ácidos grasos encontrados en aceites vegetales estándares	30
Tabla 3. Propiedades de algunas especies triglicéridos.....	32
Tabla 4. Clasificación de los aceites lubricantes, Monogrado para motor, por su viscosidad. (Basada en norma SAE J300)	50
Tabla 5. Resultados de presión-temperatura. Valores de media y desviación estándar.....	63
Tabla 6. Pruebas físicas – Químicas de aceite de Voacanga	64
Tabla 7. Pruebas Físicas- Químicas de Aceite Multiuso	65

CAPÍTULO I

LA INVESTIGACIÓN (EL PROBLEMA)

1. Tema.

EXTRACCIÓN DE ACEITE MULTIUSO A PARTIR DE LA SEMILLA DE VOACANGA AFRICANA.

2. Planteamiento del problema.

Si bien es cierto que existen aceites minerales derivados del petróleo, así como combustibles fósiles, tales como la gasolina o el diésel, se puede también investigar la posibilidad de reemplazar los aceites minerales por otro de origen vegetal.

Nuestra propuesta es extraer un aceite de semilla de Voacanga y probar su utilidad en la lubricación de sistemas oleo hidráulicos o similares para ser una comparación de calidad.

3. Formulación del problema.

Creemos que se puede extraer un aceite de alta calidad a partir de una semilla conocida con el nombre de Voacanga Africana, que es posible o factible organizar un proceso extractivo del aceite utilizando un proceso físico mediante el cual obtendríamos el producto final siguiendo los pasos que se requiere, aprovechando la materia prima existente en el país.

4. Limitación.

El estudio del aceite de esta semilla Voacanga Africana se lleva a cabo a una escala reducida, es decir, que sólo se extrae el aceite en pequeñas cantidades.

Otra limitación es que el aceite sólo se aplica para un sistema oleo hidráulico y se realizan las pruebas mediante un elevador hidráulico de cargas.

5. Alcance del proyecto.

El proyecto en desarrollo tiene como alcance la obtención de aceite para aplicación oleo hidráulica. Los aspectos puntuales que comprende la investigación están referidos a la extracción del aceite a partir de dicha semilla y luego efectuada la extracción se procede a realizar pruebas en un sistema oleo hidráulico en palancas mecánicas con fines de lubricar los diversos elementos y partes del circuito al mismo tiempo que debe lubricar las piezas móviles y proteger al sistema de la corrosión dentro de los cuales abarca los temas de lubricación en sistemas oleo hidráulicos.

Además de estas funciones fundamentales, el fluido oleo hidráulico debe cumplir con otros requerimientos de calidad.

6. Objetivos.

General

Extracción de aceite multiuso a partir de la semilla de Voacanga Africana.

Específicos

- Obtener la semilla de Voacanga para realizar el procedimiento de extracción del aceite.
- Extraer el aceite a partir de la semilla de Voacanga Africana por medio del equipo soxhlet.
- Determinar las propiedades físicas del aceite esencial de Voacanga Africana tal como viscosidad.
- Realizar diferentes pruebas para la utilización del aceite multiuso mediante un elevador hidráulico de cargas, utilizando el principio oleo hidráulico.
- Determinar las especificaciones para el uso de aceite de Voacanga como aceite lubricante.

7. Idea a defender.

Este producto sólo lo vamos a realizar en sistemas oleo hidráulicos es decir en un elevador hidráulico de cargas.

8. Preguntas a contestar.

¿Cuáles son las condiciones físicas- químicas del aceite de Voacanga?

¿Cuáles son las condiciones de operación óptimas para el aceite?

¿Es viable hacer uso del aceite de Voacanga?

9. Justificación del problema

El propósito de esta investigación es obtener un aceite de buena calidad a partir de una semilla mediante la extracción por solventes, de acuerdo a esto es conveniente que el producto sea seleccionado para fluidos oleo hidráulicos sustituyendo otros aceites minerales en el sistema de palancas mecánicas.

10. Hipótesis.

Es probable que este aceite de semilla sea eficaz para lubricar las partes móviles de un cilindro, la parte fija es el cuerpo y la parte móvil es el cilindro, ya que podría funcionar a bajas presiones y temperaturas en un sistema oleo hidráulico.

11. Variables.

Dependientes:

- Voacanga Africana es una especie de árbol pequeño que pertenece a la familia de las apocináceas. Las semillas del árbol se utilizan en Ghana como un veneno, estimulante, afrodisíaco y ceremonial psicodélico.

Independientes:

- Aceite multiuso es un aceite viscoso volátil, que al aplicarse a ciertos elementos los lubrica y los protege contra la humedad.

12. Operacionalización de las variables.

VARIABLE	DEFINICION	DIMENSION	INDICADOR	ESCALA
VARIABLE INDEPENDIENTE Aceite multiuso	Es un aceite viscoso que al aplicarse a ciertos elementos los lubrica y los protegen contra la humedad en un medio dado.	CUANTITATIVA	Análisis de viscosidad, densidad en el aceite	
		CUALITATIVA	Identificar el color del aceite multiuso	
VARIABLE DEPENDIENTE Semillas de Voacanga Africana	Voacanga africana es una especie de pequeño árbol perteneciente a la familia de las apocináceas. Semillas del árbol se utilizan en Ghana como un veneno, estimulante, afrodisíaco, y ceremonial psicodélico	Relación entre cantidad de aceite obtenido para masa de semilla de Voacanga	Porcentaje de aceite	

Elaborado por: Roxana Gavilánez Quintero

CAPÍTULO II

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. DESCRIPCIÓN BOTÁNICA.

La Voacanga Africana es un árbol que alcanza unos 6 metros de alto de corteza café pálido, hojas en forma de cuchillas ovaladas u oblongas de 7 a 41 cm, muy florida con semillas color café oscuro. (Ver figura1) (China, 1995)

Con flores amarillas o blancas su uso tradicional comprende para la raíz de estimulante cerebral mientras una infusión de ésta se usa para las hernias, problemas del corazón, las infusiones de las hojas se usa para tratar la diarrea, extractos de sus hojas se usan para controlar el nivel de agresión en pacientes.(D.Acquaye, 1997)



Figura1. Voacanga Africana

Fuente: (Heavenly Products, 2013)

2.2. HISTORIA.

Voacanga Africana es una planta tropical siempre verde del occidente africano. La corteza y semillas del árbol contienen alcaloides, así como un aceite seguro para el consumo. Extracto de las semillas son usados en la producción comercial en compuestos Fito farmacéutico.

La corteza y las semillas del árbol son usadas en Ghana como veneno, estimulante, afrodisiaco y para ceremonias psicodélicas.

Estos efectos son debido a la presencia de una compleja mezcla de alcaloides iboga como el voacangina, bocamina, vobtusina, amataina, akuammidina, tabersonina y coronaridina.

La mayoría de estos compuestos tiene usos comerciales. En particular interés farmacéutico es voacangine.

2.3. CARACTERÍSTICAS.

No es resistente al frío, pero las plantas sobreviven si son protegidas del clima los primeros 3 años. Las semillas secas permanecen en buenas condiciones bajo almacenaje en frío. El almacenamiento de las semillas es ortodoxo, la viabilidad es mantenida por más de 3 años en un ambiente controlado de corrientes de aire a temperatura ambiente con una humedad de 11 – 15 %. Las semillas son llevadas a retoños colocándolas en una base de arena de río cubiertas de una capa no muy profunda de arena o composta húmeda. La germinación empieza dentro de 10 – 25 días. Regar las semillas en la noche puede acelerar la germinación. La germinación es buena pero generalmente lenta,

alcanzando un 50 % dentro de 4 semanas y 90 % dentro de 7 semanas.(Heavenly Products, 2013).

Las frutas de la voacanga africana son tomadas del árbol cuando maduran. Los folículos son abiertos a mano para liberar la pulpa de la semilla. La pulpa es gentilmente aplastada en agua para liberar la semilla, que es secada al sol. La corteza debe ser preferiblemente recolectada al final de la temporada de crecimiento debido al gran contenido de alcaloides. La raíz son simplemente limpiadas para obtener la corteza de la raíz. Una cosecha sin cuidado hasta de las frutas por lo general lleva a la destrucción del árbol. (Heavenly Products, 2013).

Para aprovechar las sustancias activas de una planta, se recurre frecuentemente a los extractos. El proceso de extracción consiste en incorporar las sustancias activas de una planta a un solvente, que generalmente suele ser agua o alcohol; se puede realizar en frío o en caliente, y el producto resultante puede ser una solución concentrada o espesa en función de la sustancia de origen, o espesarse por propio interés en base a la aplicación que se le vaya a dar. (Andrea González , 2004).

2.4. TAXONOMÍA.

Tabla 1. Taxonomía de la Voacanga

Nombre Común:	Voacanga
Orden:	Gentianales
Familia:	Apocynaceae
Nombre Científico:	Voacanga Africana
Clase:	Magnoliopsida

Fuente: (Wikipedia la enciclopedia libre, s.f.)

2.5. LUBRICANTES

CONCEPTO

Son sustancias sólidas, semisólidas o líquidas de origen animal, vegetal, mineral o sintético, que pueden utilizarse para reducir el rozamiento entre piezas y mecanismos en movimiento. Como lubricantes sólidos podemos citar el grafito o el bisulfuro de molibdeno. Se utilizan principalmente en aquellas condiciones en donde los lubricantes líquidos son incompatibles o de difícil aplicación (trabajo a muy bajas presiones, altas temperaturas, piezas lubricadas de por visa, etc.). (Gulf, 2002).

El ejemplo más común de lubricante líquido son los aceites utilizados en automoción y muchas aplicaciones industriales (turbinas, compresores, etc.).

2.5.1 LUBRICACIÓN

Los lubricantes se interponen entre las dos superficies en movimiento. De esta manera forman una película separadora que evita el contacto directo entre ellas y el consiguiente desgaste. Es conveniente señalar que el lubricante no elimina totalmente el rozamiento aunque si lo disminuye notablemente. Esta disminución del rozamiento es la definición de lubricación. El rozamiento por contacto directo entre las superficies es sustituido por otro rozamiento interno mucho menor entre las moléculas del lubricante. Este rozamiento interno es lo que llamamos viscosidad.(Gulf, 2002)

2.5.2 FUNCIONES DE LOS LUBRICANTES.

Los lubricantes no solamente disminuyen el rozamiento entre los materiales, sino que también desempeñan otras importantes misiones para asegurar un correcto funcionamiento de la maquinaria, manteniéndola en estas condiciones durante mucho tiempo. Entre estas funcionesdestaca:

Eliminador de impurezas:En las máquinas y equipos lubricados se producen impurezas de todo tipo: Algunas por el propio proceso de funcionamiento (como la combustión en los motores de explosión), partículas procedentes de desgaste o corrosión y contaminadores exteriores (polvo, agua, etc.).

El lubricante debe eliminar por circulación estas impurezas siendo capaz de mantenerlas en suspensión en su seno y llevarlas hasta los elementos filtrantes apropiados. Esta acción es fundamental para conseguir que las partículas existentes no se depositen en los componentes del equipo y no

aceleren un desgaste en cadena, puedan atascar conductos de lubricación o producir consecuencias nefastas para las partes mecánicas lubricadas. Podemos decir que el lubricante se ensucia para mantener limpia la máquina.(Gulf, 2002)

Anticorrosivo y anti desgaste. Los lubricantes tienen propiedades anticorrosivas y reductoras de la fricción y el desgaste natural, que pueden incrementarse con aditivos específicos para preservar de la corrosión diversos tipos de metales y aleaciones que conforman las piezas y estructuras de equipos o elementos mecánicos. (Gulf, 2002).

2.6. ACEITES VEGETALES

Aceites vegetales son ésteres de glicerol con ácidos grasos (ver figura 2) con la excepción del aceite de jojoba, que consiste en ésteres de ácidos grasos de cadena larga de alcoholes. La longitud de la cadena e éstos ácidos grasos usualmente bordea de 12 a 22 carbonos éstos cuentan como casi el 85% del peso de los aceites vegetales determinando sus propiedades. (Gunstone et al. , 2007).

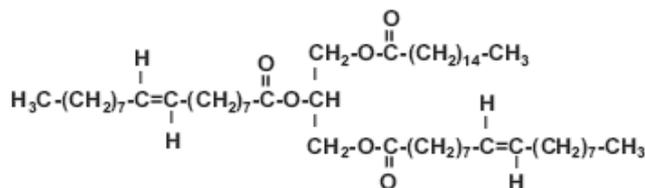


Figura2. Molécula Estándar TAG dioleilpalmitol glicerol

Fuente: (Gunstone et al. , 2007)

2.6.1. COMPOSICIÓN DE LOS ÁCIDOS GRASOS QUE DETERMINAN LAS PROPIEDADES DEL ACEITE VEGETAL.

Los aceites de semillas acumulan una gran variedad de ácidos grasos (arriba de 300) incluyendo muchos con diferentes grupos funcionales (Badami and Patil, 1980). Sin embargo, el número de ácidos grasos que pueden ser encontrados en cultivo oleaginosos es más bajo. Así que usualmente hay ácidos grasos de 12 a 22 carbonos con diferentes grados de insaturación. Estos ácidos grasos muestran dobles enlaces en sus conformaciones CIS y separados por un grupo metileno. Los ácidos grasos más comunes encontrados en aceites vegetales se muestran en la tabla 2.

Tabla 2. Ácidos grasos encontrados en aceites vegetales estándares

Tipo ácido graso	Nombre sistemático	Nombre común	Nombre corto	Punto de fusión (°C)	Viscosidad (80° c) (Cts.)
Saturado	Dodecanoico	Láurico	12:0	44.8	4.12
	Tetradecanoico	Myristic	14:0	54.4	5.49
	Hexadecanoico	Palmitito	16:0	62.9	7.41
	Octadecanoico	Esteárico	18:0	70.1	8.67
	Eicosanoico	Arachidic	20:0	76.1	
	Docosanoico	Behenic	22:0	80.0	
Monosaturado	Hexadecenoico	Palmitoleico	16:1 \otimes 9	0.5	
	Octadecenoico	Oleico	18:1 \otimes 9	16.2	6.55
Poliinsaturado	Octadecadienoico	Linoleico	18:2 \otimes 9,1 2 –	- 5.0	
	Octadecatrienol	Linolenic	18:3 \otimes 9,1 2,15	-11.0	

FUENTE: (Badami and Patil, 1980)

La longitud de la cadena y el número de dobles enlaces afectan a las propiedades del ácido graso. Además un número más largo de carbonos significa puntos de fusión más altos y alta viscosidad, mientras por el contrario la presencia de dobles enlaces fuertes afectan la manera como estos ácidos grasos interactúan cuando se cristalizan, produciendo descensos sustanciales en sus puntos de fusión. Un número alto de

dobles enlaces también causan un descenso en la viscosidad así que afecta las propiedades reológicas del aceite. (Ver tabla 2). Ácidos grasos saturados sin ningún doble enlace, tienen buena resistencia a la oxidación, pero tienden a ser sólidos a temperatura ambiente, mientras ácidos grasos poliinsaturados son inestables contra la oxidación, pero líquidos a temperaturas por debajo de 0°C ácidos grasos mono insaturados demuestran una buena combinación de bajos puntos de fusión, estabilidad y viscosidad.

2.7. USOS DE ACEITES BIOLUBRICANTES.

Se ha demostrado que aceites vegetales como base para lubricantes han trabajado excelentemente como fluidos hidráulicos.

Además, fluidos de transmisión basados en aceites de soya han sido extensamente probados tanto en laboratorios como a nivel de pruebas de campo con excelentes resultados.

Remelle and Widmann (1999) realizaron un experimento de largo tiempo con aceites vegetales en fluidos hidráulicos y maquinaria agrícola sobre un período de 6 años. Los aceites vegetales no causaron mucho daño ni sufrieron fugas como en el caso de los aceites minerales regulares además que estos mantuvieron su carácter de biodegradables durante todo el período de tiempo de pruebas.

2.8. TRIAGLICEROLES EN ACEITES VEGETALES.

Químicamente, aceites vegetales son completamente diferentes de los aceites minerales. Son una mezcla de triagliceroles (TAG), cuyas propiedades dependen del ácido graso que han esterificado a su columna de glicerol (Tabla 3). Los TAGs que son encontrados en las semillas aceitosas usualmente muestran la saturación del ácido graso en posiciones sn1-3, mientras la posición sn-2, del glicerol es esterificada ha insaturado o poliinsaturado la mitad del grupo acilo. Esto es causado por la especificación de las diferentes enzimas participando Nexus biosíntesis (Ohlrogge and Browse, 1995). Ácidos grasos tri saturados no son comunes en plantas que crecen en climas temperados pero pueden ser encontrados en aceites de especies tropicales (Gunstone et al. , 2007), principalmente en aceite de palma y grasas láuricas (coco y grasas kernel de palma). No son adecuadas para lubricación debido a su alto punto de fusión. **Tabla 3. Propiedades de algunas especies triglicéridos**

Tipo TAG	Nombre	Nombre corto	Punto de fusión (°C)	Viscosidad (80° c) (Cts.)
Tri saturado	• Gliceriltriplamitino	PPP	66.4	13.17
	• Gliceriltri esterado	SSS	73.5	16.31
Di saturados	• Gliceril			

FUENTE: (Gunstone et al. , 2007)

2.9. PROPIEDADES DE FRICCIÓN DE LOS VEGETALES.

No como los hidrocarburos de base mineral, la estructura molecular de los TAGs incluye enlaces que dan polaridad al lubricante, que significa una mejor absorción de estos aceites en superficies metálicas. Estudios en la energía libre de absorción (ΔG_{abs}) de diferentes aceites vegetales resultan en altos valores de este parámetro en base vegetal comparado con los de base mineral. Apuntado a aceites vegetales en base lubricantes más eficientes en condiciones de enlace que los de base mineral o los mono esterados (Biresaw et al., 2002; 2003).

Estos estudios también indican que no había diferencias importantes entre diferentes aceites vegetales. Así, aceites altos oleicos desarrollaron similitudes con aceites vegetales regulares con altos niveles de ácidos grasos poliinsaturados. Las pruebas comunes de aceites lubricantes miden fricción, anti desgaste, arrastre, capacidad de carga y resistencia a la fatiga.

La aplicación de estos resultados en práctica está limitada debido a la polimerización del aceite, que debe ser evitada en cualquier lubricante. Otra propiedad de importancia de los aceites vegetales es su alto índice de viscosidad que permite mantener las propiedades lubricantes a altas temperaturas. (Fasina et. Al, 2006).

2.9.1. PUNTO DE FLUIDEZ Y VISCOSIDAD.

Desempeño a bajas temperaturas es una de las mayores desventajas de usar aceites vegetales como lubricantes. Fluidos hidráulicos a base de petróleo son usados satisfactoriamente a temperatura de menos (-25°C), mientras que los de base vegetal muestran nubosidades, muy altas viscosidades o son sólidos a temperaturas alrededor de -15°C (Hageman, 1988). Los puntos de nubes de aceites vegetales pueden ser corregidos hasta cierto punto adicionando represores de punto de fluidez que son polimetacrilatos ramificados que interactúan con la cristalización de los TAG. Sin embargo la mejora alcanzada con esos aditivos está limitada cuando la exposición a bajas temperaturas (-24°C) es más extensa que cuando se realizó las pruebas en el laboratorio. Otros aditivos como esterres sintéticos y esterres polyol han sido típicamente usados como diluyentes en lubricantes biodegradables, y su efecto en lubricantes han sido extensamente probados, reportes de reducción de puntos de fluidez de aceites de base vegetal de temperaturas de menos (-24°C). Aceites vegetales también son limitados en su viscosidad. El índice de viscosidad requerido para lubricantes puede variar desde 30 mm²/s a 40°C en la industria automotriz a 240 mm²/s para motores de 4 stroke y algunos motores assemblies (Mang and Dressel, 2001). Estos rangos de viscosidad no pueden ser cubiertos por aceites vegetales regulares así que mejoradores de viscosidad deben ser adicionados para estos propósitos. Entre los aditivos usados exitosamente para incrementar la viscosidad están vinil etileno, copolímero de acetato, estireno butadieno copolímero en rangos de

concentraciones de 0.5 a 5% han sido exitosamente usados. (Quinchia et al, 2009).

2.9.2. CONSIDERACIONES AMBIENTALES.

Uno de los principales problemas de la polución, hasta en países desarrollados, es el desecho de lubricantes usados. Cantidades de 5.2 millones de toneladas por año de lubricantes son consumidos en Europa, de eso solo el 2 – 4 % son aceites de base vegetal. De esa cantidad, 1.2 millones de toneladas por año terminan contaminando el suelo, agua y aire son quemados ilegalmente (Directorate-General for the Environment of the European Commission and European Environment Agency). España consume alrededor de 500000 toneladas por año y se estima que 200000 toneladas se pierden. Es importante recalcar que 40% de la contaminación en los ríos y lagos es debido a los lubricantes y que 1 kg de aceite mineral puede contaminar 1000000 litros de agua. (Waste Oils, Directorate-General for the Environment of the European Commission). La Unión Europea está regulando esta área, la legislación de eco sello europea en lubricación amistosa al ambiente. (Official Journal of the European Union, 2005).

La tendencia en el futuro cercano es usar biolubricantes no tóxicos y biodegradables para prevenir accidentes de contaminantes y reducir la dependencia de aceites minerales, especialmente la pérdida total de lubricantes en maquinaria que tiene altas probabilidades de contaminar el ambiente o lubricantes que estén en contacto con alimentos. Para resolver

todos estos problemas lubricantes amistosos al medio ambiente están bajo desarrollo usando como base aceites vegetales, formulados con aditivos biodegradables no tóxicos.

2.10. LUBRICANTES PARA SISTEMAS HIDRÁULICOS.

Los sistemas hidráulicos son muy usados en la industria para la transmisión y control de potencia. Éstos se comparan con sistemas eléctricos y mecánicos pero tienen la ventaja de ser compactos, confiables y buenos para multiplicar la fuerza.

El término hidráulica se usó originalmente para referirse a cualquier aplicación en ingeniería, de las propiedades de los líquidos y especialmente del agua. Hoy en día la palabra generalmente se refiere al uso de líquidos para la transmisión de energía

La operación básica de un sistema hidráulico está ilustrada en el diagrama a continuación que muestra un gato simple. En este aparato, el pistón de una bomba pequeña es usado para hacer presión sobre un líquido, la presión es transmitida a través del líquido que llena el sistema a un cilindro en el cual un pistón más grande tiene una carga. A medida que la fuerza en el pistón pequeño aumenta hasta ser mayor que la carga. (Shell, 2009)

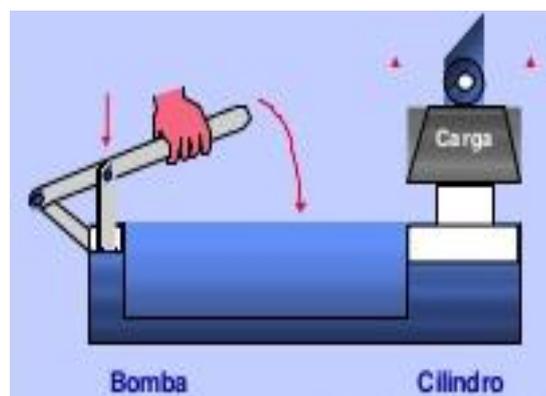


Figura3. Gato simple

Fuente: (Shell, 2009)

Máquinas hidráulicas tales como el gato simple descrito anteriormente, funcionan para que los líquidos poseen dos propiedades básicas, son más o principio se llama la Ley de Pascal.

Cuando una fuerza F se aplica a un fluido encerrado por medio de una superficie con área A se crea una presión P en el fluido.

La fuerza, el área y la presión se relacionan con la expresión: $P = F/A$. Ya que según la ley de Pascal, la presión actúa igual y simultáneamente en todas las direcciones, el tamaño y la forma del contenedor no importan.

Eso significa que una pequeña carga sobre un área pequeña puede soportar una carga mayor sobre un área mayor. Por ejemplo, una fuerza (F_1) de 10 Newton aplicada a un área (A_1) de 1 cm^2 crea una presión P de:

$$P = \frac{F_1}{A_1}$$

$$A_1 = 10N \quad 1cm^2 = 10N = 10 \text{ bar}$$

Esta presión aplicada a un área (A_2) de 100 cm^2 , produce una fuerza (F_2) de:

$$F_2 = P * A_2 \text{ o } 10 \text{ bar} * 100 \text{ Newtons.}$$

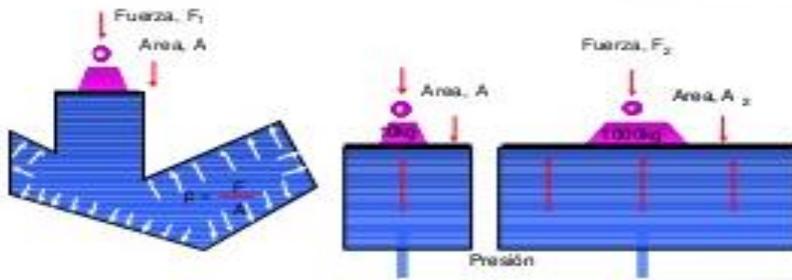


Figura4. Diagrama de Fuerza y área sobre un gato simple

Fuente: (Shell, 2009)

La multiplicación de fuerza, no es una cuestión de obtener algo por nada. El pistón grande se mueve solamente por la acción del líquido desplazado por el pistón pequeño, lo que hace que la distancia que recorre cada pistón sea inversamente proporcional a su superficie. Lo que se gana en fuerza se pierde en distancia o velocidad.(Shell, 2009)

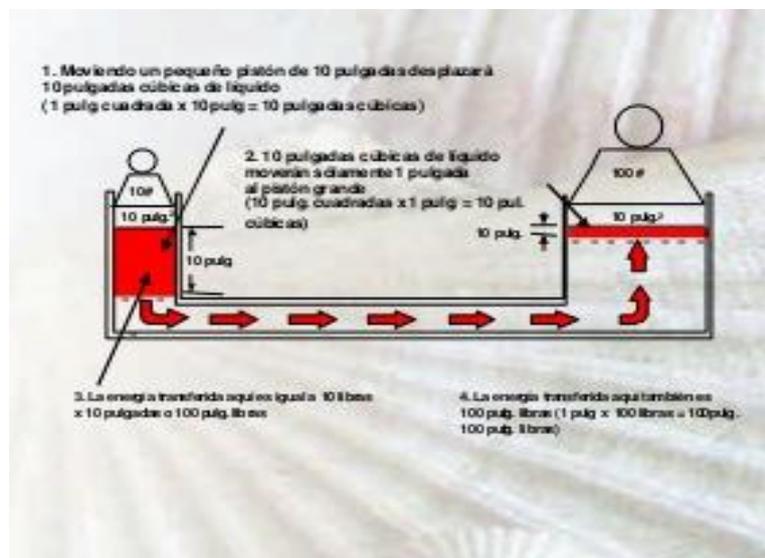


Figura 5. Muestra de un pistón grande y un pistón pequeño

Fuente: (Shell, 2009)

2.10.1. VENTAJAS DE LOS SISTEMAS HIDRÁULICOS

La hidráulica es una de las formas más importantes de transmitir y controlar la potencia, muy comparables con sistemas mecánicos y eléctricos.

Tenemos además las siguientes ventajas:

- **FLEXIBILIDAD**

Los sistemas hidráulicos pueden generar grandes fuerzas con equipos relativamente compactos. Pueden ser usados para generar movimiento rotatorio y lineal, y la velocidad de movimiento puede ser regulada. En particular los mecanismos hidráulicos se pueden usar para controlar movimientos lentos y precisos con exactitud difícil de lograr con otros métodos mecánicos.(Shell, 2009)

- **ECONOMÍA**

La fabricación de sistemas hidráulicos son muchas veces más baratas que la de los sistemas eléctricos, electrónicos o neumáticos que logran el mismo resultado.

- **CONFIABILIDAD**

La mayoría de los equipos hidráulicos están diseñados de manera muy sencilla y robusta. Además son seguros en la operación ya que sólo se necesitan válvulas reguladoras de presión simples para proteger el sistema de sobrecarga.

Las ventajas de los sistemas hidráulicos significan que tienen una gran variedad de aplicaciones. Por una parte, pueden mover cargas masivas tales como esclusas, represas y puentes giratorios y controlar maquinaria industrial pesada, incluyendo presas, grúas y equipos de minas y exploración de petróleos. Por otra parte los sistemas son suficientemente

compactos como para ser utilizados en vehículos de carretera, aviones y hasta satélites y se pueden controlar con tal precisión que se pueden acomodar a la operación de robots en la manufactura y a plantas de control de procesos sofisticados.(Shell, 2009)

2.10.2. FUNCIONES DE LOS FLUIDOS HIDRÁULICOS.

Un fluido hidráulico debe llevar a cabo las siguientes funciones:

❖ TRANSMISIÓN DE POTENCIA

Ésta es la función principal de un fluido hidráulico. La transmisión de fuerza hidráulica requiere de un fluido que resista la compresión y que fluya fácilmente en el circuito hidráulico.(Shell, 2009)

❖ LUBRICACIÓN

La maquinaria usada en sistemas hidráulicos generalmente es de alta presión. Todas sus partes móviles deben estar perfectamente lubricadas para minimizar la fricción y el desgaste. Entonces el fluido hidráulico utilizado debe cumplir con esta función, además de la transmisión de la potencia.(Shell, 2009)

❖ ENFRIAMIENTO

El fluido utilizado debe poder disipar el calor generado en el sistema hidráulico.(Shell, 2009)

❖ PROTECCIÓN

El sistema debe protegerse contra la corrosión.

❖ SELLAMIENTO.

El fluido debe ser suficientemente viscoso para permitir un buen sellamiento entre las partes móviles en las bombas, las válvulas y los motores. De esta manera, se reducen a un mínimo las fugas, manteniendo cada parte,

operando eficientemente. Además el fluido debe ser compatible con los materiales de sellamiento usados para el sistema.(Shell, 2009)

❖ FILTRABILIDAD

El fluido debe presentar estabilidad bajo condiciones de calor y oxidación, al mismo tiempo que debe resistir a la degradación sin formación de depósitos y precipitados. La filtrabilidad del fluido debe poder hacerse fácilmente para remover cualquier impureza sólida.

Los aceites minerales cumplen con todos estos requisitos. Su estabilidad, sus propiedades de lubricación y su habilidad para proteger los materiales de la corrosión, hacen de ellos la mejor alternativa como fluidos hidráulicos.(Shell, 2009)

2.11. PROPIEDADES REQUERIDAS POR LOS FLUIDOS HIDRÁULICOS.

Para cumplir sus funciones apropiadamente, un fluido hidráulico debe tener las siguientes características:

Compresibilidad

La compresibilidad de un fluido es la medida de reducción de su volumen cuando se aplica presión sobre éste. Un fluido hidráulico debe tener una compresibilidad baja de tal manera que haga presión, y por lo tanto la fuerza, sea transmitida instantánea y eficientemente. En un sistema compresible o elástico, son mayores la cantidad de tiempo y energía utilizados en aumentar la presión. Además, se hace también más lenta la subsecuente conversión presión en energía mecánica. Ésto a su vez afecta

la precisión en el movimiento y en el grado de control del sistema hidráulico.

Los aceites minerales puros son prácticamente incompresibles a las presiones generadas en sistemas hidráulicos típicos. (El agua es aún menos comprimible que los aceites minerales pero, por otras razones, no es un fluido hidráulico ideal). Para describir la compresibilidad de un fluido, los ingenieros usan un factor conocido como el módulo de compresibilidad. Este factor es la relación entre la presión aplicada a un fluido y el cambio en volumen producido. En general, es aproximadamente constante para pequeños cambios de presión pero tiende a aumentar con grandes cambios de presión y temperatura. Ésto refleja el hecho que un fluido sea más difícil de comprimir a medida que la presión y la temperatura aumentan. (Shell, 2009).

Un buen fluido hidráulico presenta un alto módulo de compresibilidad.

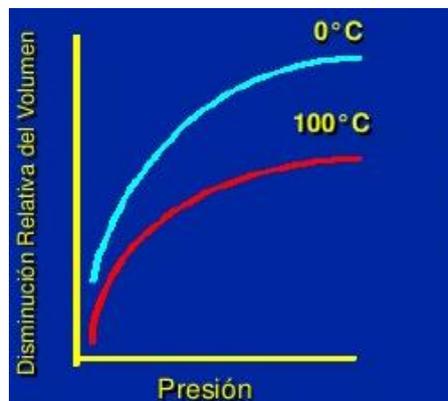


Figura6. Gráfica de Disminución Relativa del volúmen vs Presión en un fluido hidráulico

Fuente: (Shell, 2009)

2.11.1. PROPIEDADES ANTI ESPUMA Y LIBERACIÓN DE AIRE.

Un aceite mineral puede comprimirse más a medida que burbujas de aire quedan atrapadas en él, debido a posibles fugas en el sistema hidráulico. El aire atrapado afecta el volumen del fluido, causando movimiento lento e irregular. Ésto a su vez puede causar sobrecalentamiento por la compresión de las burbujas de aire, debido a que éstas sufren un calentamiento exponencial ocasionado por el proceso de compresión adiabática parcial que sufren.

Adicionalmente, cuando un fluido hidráulico con aire atrapado es devuelto al depósito, las burbujas de aire que suben a la superficie y tienden a producir espuma. Esta formación puede empeorar con la contaminación del fluido. Aunque la formación de espuma afecta a la superficie del fluido y no su masa, todavía puede tener graves consecuencias. Si la espuma entra al circuito hidráulico. La eficiencia del sistema se verá seriamente afectada pues la espuma es ineficiente como fluido hidráulico.(Shell, 2009)

No sólo se verán afectados los componentes del sistema dado la baja capacidad de lubricación de la espuma, sino que la formación excesiva de espuma puede causar escapes de fluido hidráulico a través de los ventiladores del depósito.

Para solucionar estos problemas, un fluido hidráulico debe tener buenas propiedades anti espuma y de liberación de aire. Los aceites minerales

altamente refinados de baja viscosidad, generalmente tienen estas propiedades. Cuando es necesario, se pueden usar aditivos antiespuma para prevenir este problema. Sin embargo, dado que estos aditivos pueden también retardar el escape de aire, es necesario escoger el tipo y cantidad de aditivo apropiados para poder establecer un equilibrio entre estos dos requisitos:

- El aire atrapado es también una posible causa de la cavitación, un fenómeno que ocurre cuando se forman pequeños espacios de aire o vapor en el fluido hidráulico.
- La cavitación puede causar la destrucción de capas lubricantes y por consiguiente, desgaste excesivo. Es posible que este fenómeno se presente en los sitios de succión de las bombas, donde las bajas presiones pueden permitir la formación de aire o vapor en el fluido. Por tanto el fluido es incapaz de llenar este espacio. (Shell, 2009)



Figura7. Desgaste excesivo del aspa de una bomba de paletas, como consecuencia de la cavitación.

Fuente: (Shell, 2009)

2.11.2. VISCOSIDAD

La propiedad más importante de un fluido hidráulico, en cuanto a la lubricación del sistema es su viscosidad. El aceite debe ser suficientemente viscoso para lubricar las partes del sistema eficientemente. En particular la bomba. También debe ser suficientemente espeso para mantener un sello efectivo y disminuir escapes en las bombas, las válvulas y los motores.

Al mismo tiempo, la viscosidad no puede ser tan alta al punto que la fricción del fluido impida que el aceite circule libremente alrededor del circuito. Además, los aceites espesos no son disipadores de calor tan efectivos como los aceites más ligeros.

En la práctica, los aceites con la menor viscosidad que lubrican la bomba son los escogidos como fluidos hidráulicos. En general la menor viscosidad tolerada por bombas hidráulicas es de aproximadamente 10 cts. A su temperatura de operación. La viscosidad óptima generalmente aceptada está entre los 16 y 36 cts., a la temperatura de operación.

Los requisitos de viscosidad de un fluido hidráulico se complican ya que la viscosidad cambia con la presión y la temperatura. Un incremento en la presión causa un incremento en la viscosidad. Sin embargo, a las bajas presiones utilizadas en la mayoría de los sistemas hidráulicos industriales, el efecto de la presión sobre la viscosidad no tiene mucha importancia. En algunos equipos especializados, como los usados en compactación y extrusión, se pueden generar presiones tan altas que aceites minerales no pueden ser usados. (Shell, 2009)

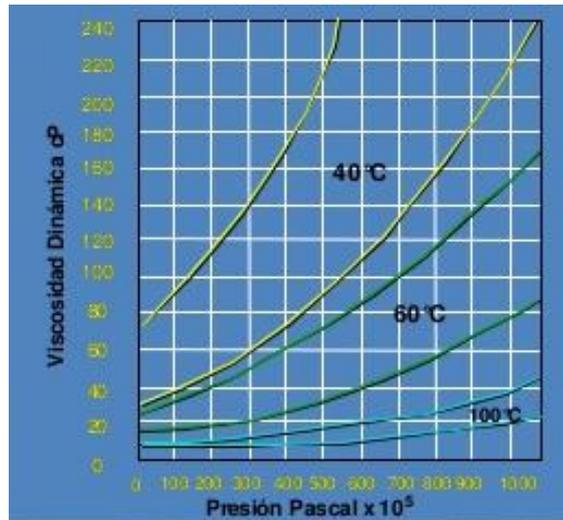


Figura8. Gráfica de Viscosidad dinámica vs Presión

Fuente: (Shell, 2009)

2.11.3. ÍNDICE DE VISCOSIDAD

El índice de viscosidad (VI) de un aceite es una medida del cambio de viscosidad con la temperatura. Un aceite con alto índice de viscosidad muestra menos variación en la viscosidad con la temperatura que un aceite con un bajo índice de viscosidad.

El índice de viscosidad de un aceite hidráulico debe ser suficientemente alto como para asegurar que éste funcione efectivamente en todo el rango de temperaturas de operación del sistema. El aceite debe permanecer suficientemente viscoso para que actúe como un buen lubricante a las temperaturas de operación más altas, pero no debe volverse tan espeso a bajas temperaturas que dificulten el flujo y el arranque del sistema.

La mayoría de los fluidos hidráulicos tienen un índice de viscosidad cercano a 100 pero, donde se encuentran temperaturas de operación de un rango muy amplio, por ejemplo en el sistema hidráulico de aviación se debe utilizar un aceite con un índice de viscosidad de 150 o más. (Shell, 2009)

2.11.4. PROPIEDADES ANTIDESGASTE EN LOS ACEITES HIDRÀULICOS

La mayor parte de los aceites hidráulicos contienen en su formulación aditivos anti desgaste para mejorar su capacidad de carga. Esto tiene su mayor utilidad en la reducción del desgaste en bombas de aspas donde las puntas de las aspas se deslizan contra la cubierta a altas velocidades y bajo cargas pesadas, creando altas temperaturas.

Los aditivos anti desgaste también reducen el desgaste y aumentan la vida útil de bombas de engranaje y de pistón.

Los aditivos anti desgaste funcionan gracias a que, a las altas temperaturas generadas por la fricción, estos reaccionan con el metal para formar una capa química. Esta capa puede romperse fácilmente lo cual disminuye la fricción y el desgaste.(Shell, 2009)

2.11.5. DEMULSIBILIDAD EN LOS ACEITES HIDRÀULICOS

Los aceites hidráulicos están frecuentemente contaminados con agua que tiende a entrar al sistema a través del depósito en forma de condensación. El agua puede promover la corrosión de las bombas, las válvulas y los puntos de apoyo, y puede afectar significativamente las propiedades de lubricación del aceite.

A las temperaturas de operación de muchos sistemas, alrededor de 60°C o menos, el agua no se evapora del aceite. Entonces, un aceite hidráulico debe tener la capacidad de desprenderse del agua rápidamente, es decir, que debe tener una buena demulsibilidad.

Aceites minerales con un desempeño "Premium" tienden a separarse del agua rápidamente pero esta buena demulsibilidad es afectada

negativamente por la presencia de óxido, polvo y productos de la degradación del aceite.

Ciertos aditivos como los dispersantes y los detergentes también pueden reducir la demulsibilidad y por tanto éstos no deben ser usados en aceites hidráulicos en los que se requiere una buena separación del agua.(Shell, 2009)

2.11.6. ESTABILIDAD TÉRMICA.

Muchos de los sistemas hidráulicos modernos están diseñados para trabajar altas temperaturas. Los fluidos utilizados en tales sistemas deben ser suficientemente estables como para resistirse a la degradación, a la formación de sedimentos y a la corrosión de metales férricos y no férricos a estas altas temperaturas.

2.11.7. RESISTENCIA A LA OXIDACIÓN

La vida útil de un aceite hidráulico depende enteramente de su habilidad para resistir la oxidación. La oxidación causa el oscurecimiento y el espesamiento de los aceites minerales. Se pueden formar sedimentos que bloquean las válvulas y los filtros, mientras que los productos de desechos ácidos incrementan la corrosión y la formación de barniz. Las temperaturas y presiones altas encontradas en muchos sistemas hidráulicos, incrementan la degradación del fluido. Entonces, los aceites usados en tales sistemas, incluyen normalmente aditivos antioxidantes para prevenir la oxidación y prolongar la vida útil.(Shell, 2009)

2.11.8. PROPIEDADES ANTICORROSIÓN

Los aceites hidráulicos de alto desempeño deberán contener anticorrosivos para combatir la corrosión causada por los efectos de contaminación por agua y de productos de la degradación del aceite.

2.11.9. FILTRABILIDAD EN FLUIDOS HIDRÀULICOS

Una causa principal del fracaso del sistema hidráulico es la contaminación del fluido hidráulico. Entonces se incorporan filtros al circuito del sistema para sacar los contaminantes sólidos. Es importante que el fluido pueda pasar fácilmente por estos filtros sin bloquearlos.

2.11.10. LIMPIEZA DEL FLUIDO HIDRÀULICO

La fiabilidad y vida útil de los componentes de circuitos hidráulicos están muy influidas por la limpieza del fluido hidráulico. Ésto se aplica sobre todo a sistemas que operan a presiones muy altas y en los que se incorporan componentes con una tolerancia muy estrecha.(Shell, 2009)

2.12. FUENTES PRINCIPALES DE CONTAMINACIÓN EN UN FLUIDO HIDRÀULICO.

PRIMERO

Ensamblar un sistema hidráulico produce inevitablemente una gran cantidad de desechos, tal como pedazos de metal, fibras, textiles, hojuelas de pintura y ojuelos de los tubos, para evitar la inyección de tales desechos al sistema este debe ser cuidadosamente examinado y limpiado con un chorro de fluido filtrado antes de operarlo por primera vez.

SEGUNDO

El desgaste normal de los componentes produce contaminación por partículas durante y después de su operación. Es importante notar que si la

limpieza inicial es pobre, el desgaste se acelerará y más partículas contaminantes se acumularán rápidamente.

TERCERO

Cantidades considerables de contaminación pueden ser introducidas al sistema mientras se llena. Aunque el nuevo aceite está relativamente limpio, generalmente la única forma práctica para asegurar la limpieza en sistemas sensibles es la de pasar el nuevo aceite a través de un filtro apropiado antes de que este entre al depósito. De esta manera, el filtro mantiene o mejora la limpieza del aceite. (Shell, 2009)

2.13. CARACTERÍSTICAS FÍSICO- QUÍMICAS

CLASIFICACIÓN POR LA VISCOSIDAD

Clasificación SAE para aceites lubricantes. Monogrado (ver tabla 4)

Tabla 4. Clasificación de los aceites lubricantes, Monogrado para motor, por su viscosidad. (Basada en norma SAE J300)

Grado de viscosidad SAE	Viscosidad Dinámica máxima a temperatura mínima (mPa*s a °C)		Viscosidad Cinemática a 100°C (m ² /s)	
	Arranque	Bombeo	Min.	Máx.
0W	6 200 a -35	60 000 a -40	3,8 * 10 ⁻⁶	
5W	6 600 a -30	60 000 a -35	3,8 * 10 ⁻⁶	
10W	7 000 a -25	60 000 a -30	4,1 * 10 ⁻⁶	
15W	7 000 a -20	60 000 a -25	5,6 * 10 ⁻⁶	
20W	9 500 a -15	60 000 a -20	5,6 * 10 ⁻⁶	
25W	13 000 a -10	60 000 a -15	9,3 * 10 ⁻⁶	
20			5,6 * 10 ⁻⁶	< 9,3 * 10 ⁻⁶
30			9,3 * 10 ⁻⁶	< 12,5 * 10 ⁻⁶
40			12,5 * 10 ⁻⁶	< 16,3 * 10 ⁻⁶
50			16,3 * 10 ⁻⁶	< 21,9 * 10 ⁻⁶
60			21,9 * 10 ⁻⁶	< 26,1 * 10 ⁻⁶

FUENTE: (Servicio ecuatoriano de normalización, 2011)

2.14. EXTRACCIÓN DE ACEITE DE SEMILLA

Un kilogramo de semillas de Voacanga finamente triturada se pone en suspensión con buena agitación en 10 litros de esencia de trementina destilada previamente, la esencia utilizada es la fracción del punto de ebullición inferior a 90°C recogida durante destilación a presión reducida (20 mmHg).

La duración de la maceración es de 4 horas y la temperatura es de 75 a 80°C.

La esencia de trementina rica se separa a continuación por filtración, y las semillas se extraen 2 veces más, con 5 litros cada vez de esencia de trementina. Los extractos ricos se reúnen, y la esencia de trementina separada, se separa por destilación a presión reducida.

Se obtienen 24 g de residuo compuesto de aceite de Voacanga, que contiene en solución aproximadamente 18 g de tabersonina. A continuación se extrae la tabersonina cristaliza con enfriamiento.(Jean-Piere LE GALL, 1977)

2.15. ACEITES PARA SISTEMAS HIDRÁULICOS

Los sistemas hidráulicos se utilizan en innumerables aplicaciones industriales, sea como transmisores de fuerza o como elementos de control. Podemos dar como ejemplo las prensas hidráulicas, elementos hidráulicos de máquinas herramientas, en transmisión hidráulica, etc. La correcta elección del aceite a usar en un sistema hidráulico es muy importante para el buen funcionamiento del mismo, pues se obtendrá una más rápida aplicación de la carga, facilidad del control de la velocidad de aplicación de

dicha carga y permitirá un rápido incremento o cambio de dirección de la fuerza.

PRINCIPALES TIPOS DE ADITIVOS:

- Inhibidores de Oxidación
- Agentes Anti-Espumantes
- Inhibidores de Herrumbre y Corrosión
- Dispersantes y Detergentes
- Aditivos para Extrema Presión «EP»
- Agentes contra Desgaste
- Depresores del Punto de Esguerrimiento

Los Inhibidores de Oxidación se usan para ayudar a los aceites a resistir la aceleración del proceso de Oxidación a altas temperaturas y evitar la formación de depósitos perjudiciales de barros y barnices, así como aumento de la Viscosidad del aceite. Los Agentes Anti-Espumantes sirven para reunir y expulsar las burbujas de aire que más frecuentemente se encuentran en los sistemas hidráulicos. Los Inhibidores de Herrumbre y Corrosión evitan que el agua y las materias corrosivas traspongan la película lubricante y tomen contacto con el metal. Los Dispersantes mantienen las partículas carbonosas en suspensión dentro del aceite para evitar que se depositen en las partes metálicas circundantes, mientras que los Detergentes son agregados a los aceites para evitar la eventual formación de barros y barnices y lograr mantener limpios los metales. Los aditivos para Extrema Presión, llamados «EP» reaccionan químicamente en las superficies lubricadas para formar una película protectora que reduce el

contacto de metal con metal, aún a muy altas presiones y temperaturas. Estos aditivos frecuentemente son usados en grasas y aceites para darles la suficiente resistencia para soportar cargas muy altas. Los Agentes contra Desgaste se agregan a los aceites para permitirles mantener una película lubricante fuerte y deslizante que resista las grandes presiones. Los Depresores del Punto de Escurrimiento se agregan a los aceites para rebajar dichos puntos, ayudándolos a resistir su espesamiento a bajas temperaturas.(Prahamian, s.f.)

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Metodología

La metodología utilizada fue propositiva, bibliográfica y experimental, con el objetivo de obtener información que permitió deducir conclusiones y recomendaciones aceptables, para poder brindar un producto de buena calidad.

Investigación propositiva: Porque el estudio ha comprendido la extracción de un aceite multiuso.

Investigación bibliográfica: Ésta se realizó a través de recopilación de información literaria relacionada con el tema, documentos en páginas web, y publicaciones, así como cualquier documento que proporcionó la información necesaria.

Investigación experimental: Ésta se efectuó mediante pruebas de laboratorio. Los experimentos pueden ser llevados a cabo fuera del laboratorio. Estos generalmente involucran un número relativamente pequeño de personas y abordan una pregunta bastante enfocada.

3.2. MÉTODOS Y TÉCNICAS

MÉTODO: Determinación de uso de aceite de voacanga multiuso en un elevador hidráulico de cargas (gato hidráulico).

Agregar aceite al gato de botella.

- Paso1: Preparar la gata, asegurarse que la gata esté completamente abajo. Se cambia la válvula de escape en dirección a las manecillas del reloj.

- Paso 2: Ubicar el agujero de llenado, se encuentra el depósito de la gata hidráulica. El depósito es el cilindro externo más grande que el gato. Tiene que haber un tapón o tornillo aproximadamente 1/3 debajo de la parte superior del depósito.
- Paso 3: Agregar el aceite.
 - ❖ Retirar el tapón o el tornillo del agujero de llenado.
 - ❖ Colocar en el agujero de llenado la boquilla de la lata del aceite.
 - ❖ Vierte el aceite en el agujero de llenado.
 - ❖ Dejar de verter el aceite una vez que haya dejado a una altura de 0,3 cm por debajo del agujero de llenado.
- Paso 4: Someter a presión y a temperaturas mediante aparatos de medición.
- Paso 5: Registrar los datos de presión y temperatura en una tabla de datos.
- Paso 6: Parar la operación.
- Paso 7: Tomar datos y anotar las observaciones.

El análisis de aceite es una técnica simple, que realizando medidas de algunas propiedades físicas y químicas proporciona información con respecto a:

- La salud del lubricante
- Contaminación del lubricante
- Desgaste de la maquinaria

3.3. Normas

Las normas a aplicar en esta investigación son ASTM D445 para lubricantes. (ver anexo). Para el diseño del proceso se aplicó la norma SNE439 (ver anexo) y 440 para el color en las tuberías, tanques, etc.(ver anexo)

3.4. Experimentación

Equipos

- Extractor Soxhlet
- Equipo de destilación Directa

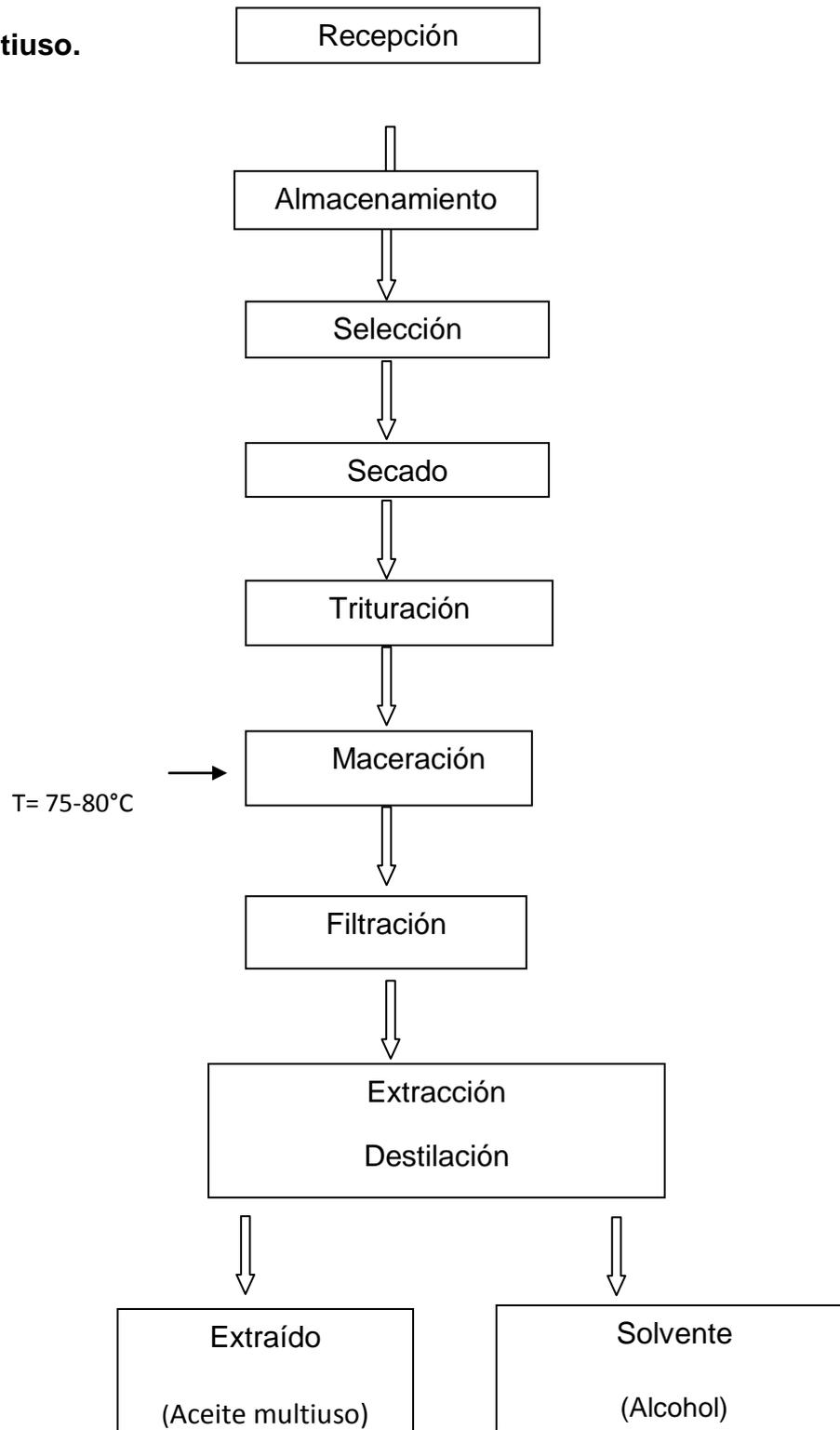
Solvente

- Alcohol Anhídrido

Materiales

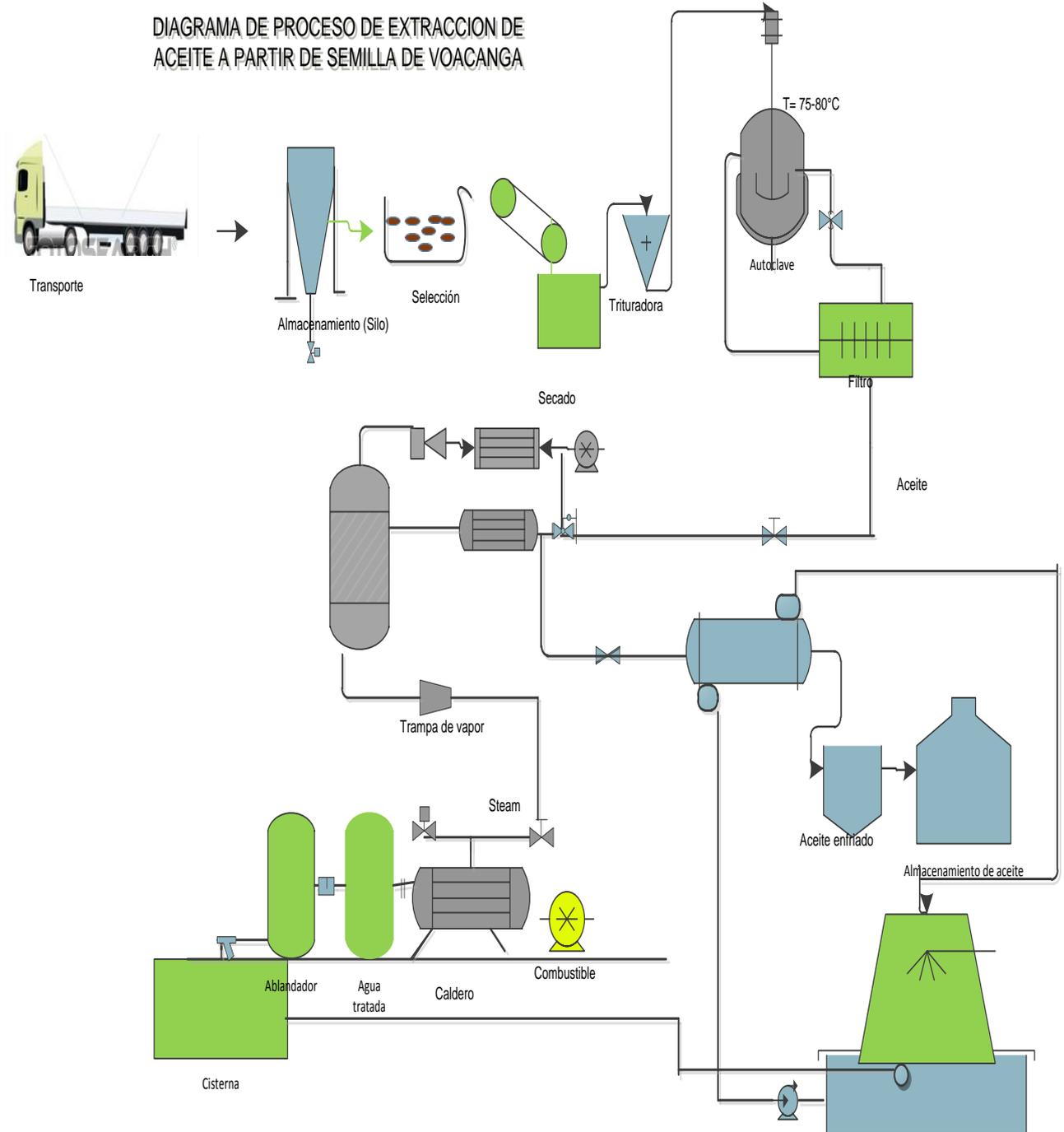
- Papel filtro
- Pinzas
- Balones de vidrio
- Mecheros

3.5. Diagrama de flujo del proceso de extracción de aceite lubricante multiuso.



Elaborado por- Roxana Gavilánez

DIAGRAMA DE PROCESO DE EXTRACCION DE ACEITE A PARTIR DE SEMILLA DE VOACANGA



Lista de equipamiento				
Equipos	Descripción	Fabricante	Material	Modelo
Ablandador	Equipo en el cual recibe el agua de cisterna	ecopurewaterproducts	polietileno	EP 7130
Agua tratada	Agua que llega al caldero para efectuar el proceso de extracción de aceite	ecopurewaterproducts		
Almacenamiento de aceite	Se almacena el aceite en tanques o en silos, no por mucho tiempo porque pueden presentarse problemas	• IMSA •	hormigón armado	SIL08500-AC-2
Autoclave	Se introduce las semillas de Voacanga para realizar la maceración a 70°C	Tuttnauer Autoclave	metálico	ORL-AE/A 70 L
Cisterna	Es un depósito subterráneo que se utiliza para recoger y guardar agua	Indeltro S.A.	concreto	E16

3.6. Descripción del proceso.

El proceso de extracción de aceite de Voacanga, se describe a continuación: La operación comienza por la recepción de la materia prima (semillas de Voacanga Africana) que son traídas desde el cantón Bucay, en sacos. Luego se selecciona las semillas procedemos a clasificar cada una de acuerdo que no haya impurezas ni suciedad en ella. Una vez realizado esto, se lleva a cabo el proceso de secado en una estufa para que libere toda la humedad que hubiese quedado en ella. Seguidamente trituramos las semillas en un molino con el fin de conseguir una mejor extracción de aceite. Se pesa la muestra (semillas) 400 g. Utilizamos alcohol industrial o etanol como solvente para realizar la maceración. Filtramos y enseguida armamos un cartucho en un papel filtro se coloca la cantidad de muestra a extraer. Colocamos en el soxhlet. Una vez que el equipo está armado, sólo resta encender el calentador. Llegada a la temperatura de ebullición del alcohol (78°C) éste comienza a evaporarse y, luego que calienten las paredes del equipo, comienzan a condensar en el refrigerante y a caer en forma de gotas sobre el cartucho. La primera operación no debe contabilizarse en el recuento que se hace para regular la velocidad de extracción. A medida que el condensado va cayendo sobre el cartucho este comienza a escurrir por la parte inferior del mismo llenando el recipiente de extracción hasta que llega al nivel de la bajada del sifón y rechupa, con todo el material disuelto, hacia el balón inferior. El tope del sifón está por encima del cartucho para asegurar que todas las veces el material a extraer quede embebido en el solvente. Después de varias etapas de recirculación queda en el balón la cantidad de aceite obtenido que es nuestro refinado

3.7. Balance de Materia

Base de cálculo: 400g/día

Entra = Sale

Semillas + Alcohol etílico + Agua de refrigerante = Producto + Residuos.

$$400\text{g} + 46\text{g} + 1\text{g} = 292,5\text{g} + 154,5\text{g}$$

$$447\text{g} = 447\text{g}$$

$$\text{Conversión} = \frac{292,5 \text{ g Producto}}{400 \text{ g Semilla}} = 0,73$$

Peso Aceite obtenido: 123,6 gr

Rendimiento :

$$\frac{123,6 \text{ g}}{280 \text{ g}} = 0,44 * 100 = 44\%$$

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN

DE RESULTADOS.

4.1. Resultados y Discusión

Los resultados de la extracción a partir de la semilla de Voacanga Africana se efectuó mediante análisis químicos de aceite que demuestran variada información sobre la aplicación y durabilidad de los lubricantes si puede durar más, pero depende de algunos factores.

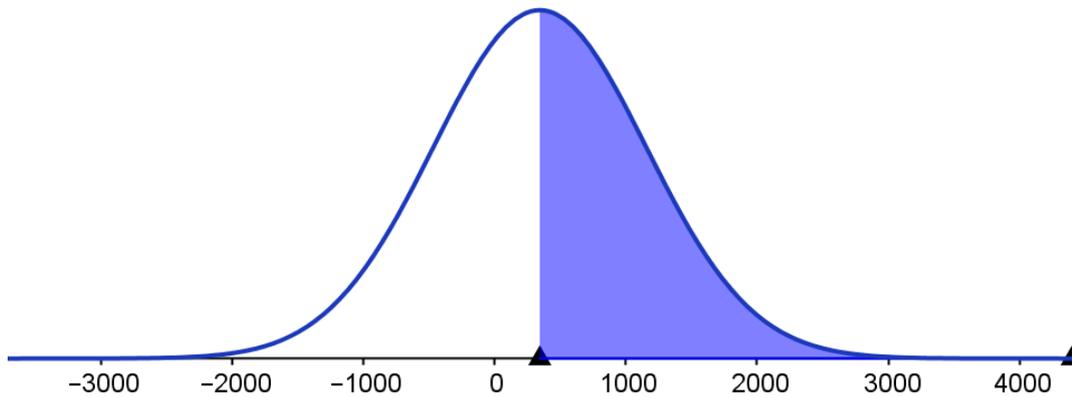
El estudio de este aceite se llevó a cabo a una escala reducida, es decir, en pequeñas cantidades. Además solo se lo aplicó para sistemas oleo hidráulicos es decir en gatas mecánicas o cilindros.

Tabla 5. Resultados de presión-temperatura. Valores de media y desviación estándar.

PRESIÓN	TEMPERATURA
300	75
325	66
335	63
360	60
375	58
380	54
Media	345,833333
Máximo	380
Mínimo	300
Desviación estándar	31,2116431
Suma	2075
Varianza	811,81

Elaborado por: Roxana Gavilánez Quintero

Gráfico 1. Distribución Normal del Aceite Multiuso con las variables dadas.



Elaborado por: Roxana Gavilánez Quintero

Tabla 6. Pruebas físicas – Químicas de aceite de Voacanga

ACEITE VIRGEN		Especificaciones		
Viscosidad a 40°C (Cts.)	ELEMENTO	Símbolo	Valores aceptables (ppm)	Resultado (ppm)
28,15	Cobre	Cu	0 – 30	4
	Hierro	Fe	0 – 100	185
	Cromo	Cr	0 – 10	1
	Plomo	Pb	0 – 50	0
	Aluminio	Al	0 – 10	6
	Silicio	Si	0 – 40	9
	Calcio	Ca		14
	Magnesio	Mg		6
	Zinc	Zn		7
	Fósforo	P		150

Elaborado por: Roxana Gavilánez Quintero

Tabla 7. Pruebas Físicas- Químicas de Aceite Multiuso

ACEITE USADO EN PRUEBAS		Especificaciones		
Viscosidad a 40°C (Cts.)	ELEMENTO	Símbolo	Valores aceptables (ppm)	Resultado (ppm)
18,76	Cobre	Cu	0 – 30	2
	Hierro	Fe	0 – 100	3
	Cromo	Cr	0 – 10	0
	Plomo	Pb	0 – 50	0
	Aluminio	Al	0 – 10	2
	Silicio	Si	0 – 40	14
	Calcio	Ca		13
	Magnesio	Mg		8
	Zinc	Zn		1
	Fósforo	P		150

Elaborado por: Roxana Gavilánez Quintero

Estos datos de la tabla indican que el aceite utilizado en las pruebas está apto para trabajar en sistemas hidráulicos, es decir que está en buenas condiciones de uso y se encuentra dentro de los límites permisibles de rango de dichos aceites.

4.2. Cálculos y Resultados experimentales

CALCULOS:

TRABAJO

$$W = p \int dV$$

$$W = - \int PdV$$

En este caso el trabajo puede calcularse a partir de la evolución del estado el sistema:

$$W = - p_A (V_B - V_A)$$

PRESIÓN

$$P = 125 \text{ PSI} = 125 \frac{\text{lb}}{\text{pulg}^2} * \frac{1 \text{ lbf}}{32,174 \frac{\text{lbm} \cdot \text{ft}}{\text{s}^2}} * \frac{144 \text{ lbf}/\text{ft}^2}{1 \text{ lbf}/\text{pulg}^2}$$
$$P = 559,45 \text{ lbf}/\text{ft}$$

VOLUMEN

$$\Delta V = 5 \text{ ml} * \frac{0,001 \text{ lt}}{1 \text{ ml}} * \frac{0,03532 \text{ ft}^3}{1 \text{ lt}} = 0,000177 \text{ ft}^3$$

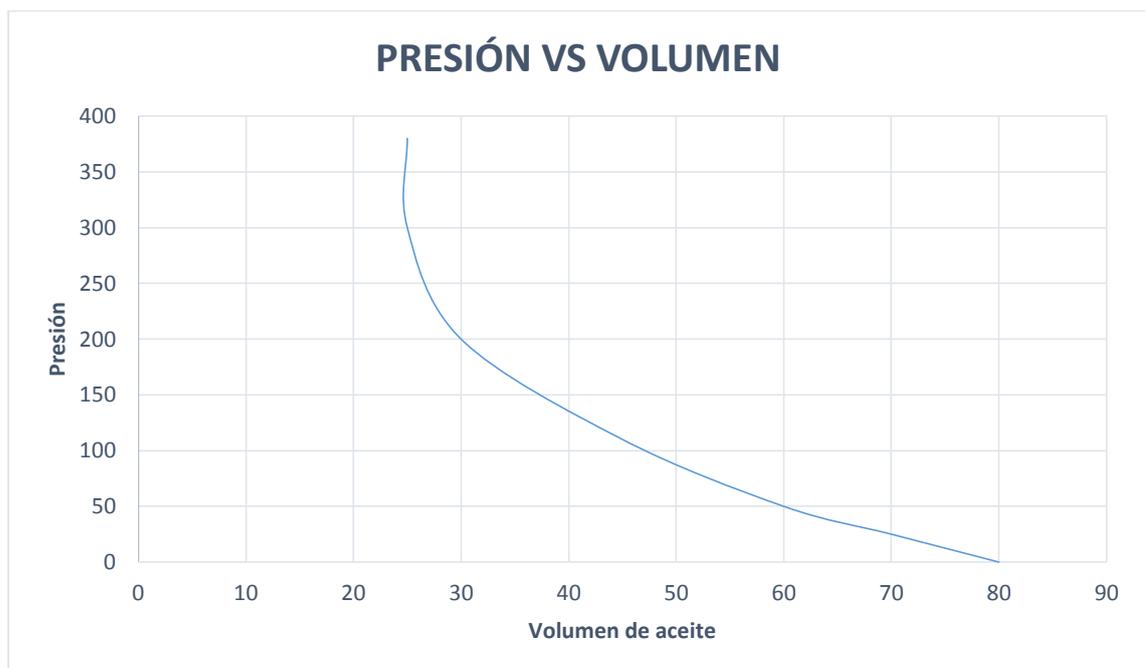
TRABAJO

$$W = - 559,45 \frac{\text{lb} \cdot \text{ft}}{\text{s}^2} * \frac{0,0012854 \text{ BTU}}{1 \text{ lbft}} = 0,72 \text{ BTU} / \text{s}^2$$

POTENCIA

$$P = 0,72 \frac{\text{BTU}}{\text{s}^2} * \frac{1 \text{ HP}}{0,706 \frac{\text{BTU}}{\text{s}}}$$
$$P = 1,02 \text{ HP}$$

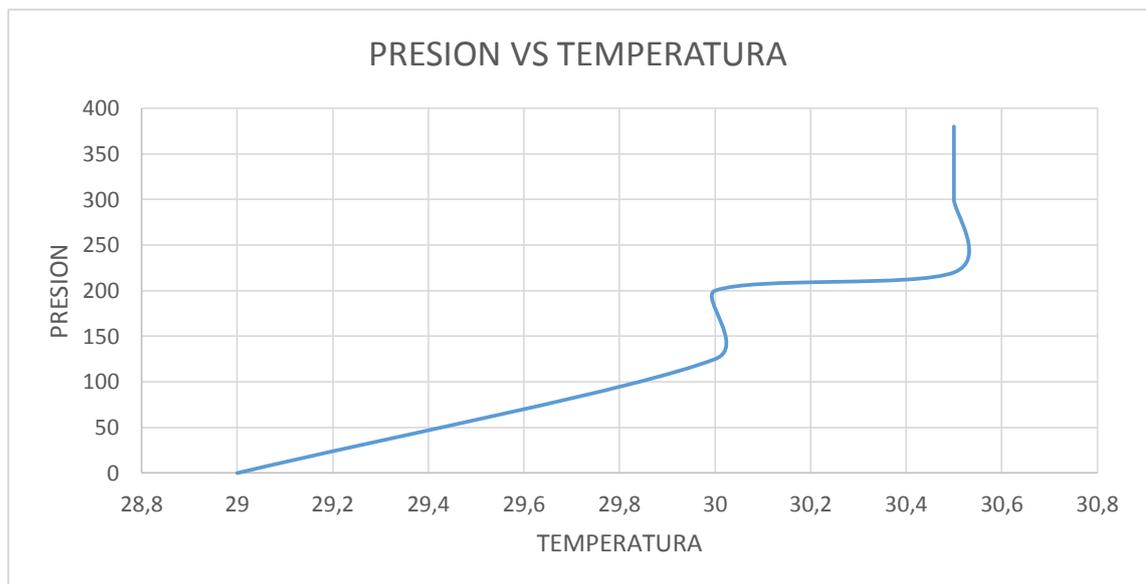
Gráfico 2. Presión en función del volumen en fluidos hidráulicos



Elaborado por- Roxana Gavilánez Quintero

INTERPRETACIÓN.- El resultado puede relacionar con las variables de estado del sistema (p,v) que se encuentran en equilibrio cuando se realiza trabajo sobre él. En este sistema, ejercido sobre un cilindro con pistón se aplica bruscamente un peso extra, de forma que la presión aplicada aumenta. Este concepto es aplicado a procesos cuasi estáticos.

Gráfico 3. Presión en función de la temperatura de un fluido hidráulico



Elaborado por- Roxana Gavilánez Quintero

INTERPRETACIÓN.- En el presente gráfico se observa como la presión ejercida sobre la temperatura incrementan al transcurrir el tiempo, esto sucede cuando el fluido tiene un comportamiento visco elástico.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.3. Conclusiones

- La utilización de semilla de la Voacanga Africana como materia prima para la extracción de aceite multiuso, contribuye a reemplazar a otros aceites de origen minerales.
- La extracción de aceite se realizó en un equipo soxhlet utilizando como solvente el alcohol industrial, el cual dio un rendimiento de 44% en volumen.
- El método con mayor facilidad para controlar variables de presión y temperatura es aplicar el aceite lubricante sobre un gato de botella.
- Se observó que a la temperatura de 60°C los tapones que estaban en el gato de botella no soportaron la presión de aproximadamente 400 PSI. Ésto se debe a la variación de temperatura con respecto al peso o masa constante de un objeto.
- Se demostró que el lubricante utilizado puede levantar el peso de un objeto con una potencia al menos de un 1HP.

4.4. Recomendaciones

- Verificar el nivel de aceite, adicionar o colocar en caso que este en el nivel especificado.
- Chequear que el manómetro esté funcionando correctamente.
- Las variables del proceso se determinó que la presión máxima es 400 Psi y 60°C.
- Se recomienda ponerle un aditivo para aumentar la viscosidad del aceite para futuras investigaciones.
- Dado que en esta investigación se utilizó el aceite de Voacanga en gatas mecánicas o cilindros hidráulicos, se recomienda también probar dicho aceite en maquinaria para equipos pesados.

4.5. Bibliografía

Andrea González . (2004).

Argentina, N. A. (2009). *blogspot.com/2009_03_01_archive.html*.

Badami and Patil. (1980).

Biodegradabilidad. ((2013)). Obtenido de

<http://es.wikipedia.org/wiki/Biodegradabilidad>

Biresaw et al. (2002; 2003).

China, F. o. (1995).

D.Acquaye. (1997).

Departamento de Ing. Agrónomica y Contenidos. ((2014)).

Elhamin, A. ((2005)). *BASF launches biodegradable packaging plastic*.

Espol. ((2014)). Criterio de una tesis del Ing. Raúl Paz Espol.

Fasina et. Al. (2006). *Propiedades de fricción de los aceites vegetales*.

GALL, J.-P. L. (8 de Diciembre de 1977). Obtenido de

http://www.espatentes.com/pdf/0475812_A1.pdf

Gavilánez, R. (s.f.).

Gulf. (2002). Lubricantes . *Lubricantes manual técnico*.

Gulf. (2015).

Gunstone et al. . (2007).

Hageman. (1988). *Punto de fluidez de los lubricantes vegetales*.

Heavenly Products. (s.f.). Obtenido de www.heavenly-products.com/cart/index.php?cPath=316_21

Heavenly Products. (2013). Obtenido de Heavenly Products.

<http://bdigital.uao.edu.co/>. ((2014)).

<http://bdigital.uao.edu.co/bitstream/10614/390/3/TID00303.pdf>.

[http://www.eis.uva.es.](http://www.eis.uva.es/) ((2014)). /~macromol/curso08-09/pla/Pag%20web/introduccion.html.

<http://www.eurotherm.es/industries/life-sciences/>. ((2014)). Obtenido de <http://www.eurotherm.es/industries/life-sciences/applications/fermentation/>

<http://www.scielo.org>. ((2007)). *Scielo Perú*, [pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1727-99332007000300014](http://www.scielo.org/pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1727-99332007000300014).

Jean-Piere LE GALL. (8 de diciembre de 1977). Obtenido de <http://www.espatentes.com/pdf/0475812>

Mang and Dressel. (2001). *aceites vegetales*.

Microbiología Editorial Interamericana. ((2014)).

NCh 2190. Of1993 “*Sustancias Peligrosas Marcas para Información de Riesgos*.(s.f.).

Official Journal of the European Union. (5 de Mayo de 2005). Union europea.

Ohlrogge and Browse. (1995).

Prahamian, D. (s.f.). Obtenido de

http://www.danielaprahamian.com/ayudas_tecnicas/oleohidraulica.pdf

Quinchia et al. (2009). *Aditivos usados para incrementar la viscosidad en aceites vegetales.*

Roxana Gavilánez. (s.f.).

Roxana Gavilánez. (16 de 07 de 2015). Masa variable temperatura constante. Guayaquil.

Servicio ecuatoriano de normalización. (07 de 2011). *Inen*. Obtenido de Inen:

www.inen.gob.ec

Servicio educ. (s.f.).

Shell. (31 de julio de 2009). *Aceites hidráulicos Shell*. Obtenido de Aceites hidráulicos Shell:

<https://es.scribd.com/doc/17883476/Aceites-Hidraulicos-Shell>

Stevens, M. ((1999)). *"Polymer chemistry An Introduction"*. Ed. Oxford University Press.

Tesis de Universidad Politecnica Salesiana. ((2014)).

textoscientificos. ((2014)).

<http://www.textoscientificos.com/polimeros/polihidroxicanoatos>.

Wikipedia la enciclopedia libre. (s.f.). Obtenido de Wikipedia la enciclopedia libre: www.wikipedia.com

www.eis.uva.es. ((2014)). <http://www.eis.uva.es/~macromol/curso05-06/medicina/hidrogeles.htm>.

www.textoscientificos.com. ((2014)).
<http://www.textoscientificos.com/polimeros/introduccion>.

www.yahoo.com. ((2014)). Obtenido de
<https://espanol.answers.yahoo.com/question/index?qid=20110508141654AAIPYOm>.

ANEXOS

ANEXO I: TABLAS DE RESULTADOS

Tabla 8. Clasificación de los aceites lubricantes por su viscosidad cinemática.

Grado de viscosidad SAE	Viscosidad Cinemática a 100°C (m ² /s)	
	Min.	Máx.
0W20	5,6 * 10 ⁻⁶	9,3 * 10 ⁻⁶
0W30	9,3 * 10 ⁻⁶	12,5 * 10 ⁻⁶
0W40	12,5 * 10 ⁻⁶	16,3 * 10 ⁻⁶
5W 20	5,6 * 10 ⁻⁶	9,3 * 10 ⁻⁶
5W 30	9,3 * 10 ⁻⁶	12,5 * 10 ⁻⁶
5W 40	12,5 * 10 ⁻⁶	16,3 * 10 ⁻⁶
5W 50	16,3 * 10 ⁻⁶	21,9 * 10 ⁻⁶
10W 30	9,3 * 10 ⁻⁶	12,5 * 10 ⁻⁶
10W 40	12,5 * 10 ⁻⁶	16,3 * 10 ⁻⁶
15W 40	12,5 * 10 ⁻⁶	16,3 * 10 ⁻⁶
15W 50	16,3 * 10 ⁻⁶	21,9 * 10 ⁻⁶
20W 20	5,6 * 10 ⁻⁶	9,3 * 10 ⁻⁶
20W 30	9,3 * 10 ⁻⁶	12,5 * 10 ⁻⁶
20W 40	12,5 * 10 ⁻⁶	16,3 * 10 ⁻⁶
20W 50	16,3 * 10 ⁻⁶	21,9 * 10 ⁻⁶
25W 50	16,3 * 10 ⁻⁶	21,9 * 10 ⁻⁶
25W 60	21,9 * 10 ⁻⁶	26,1 * 10 ⁻⁶

FUENTE: (Servicio ecuatoriano de normalización, 2011)

Tabla 9. Masa Variable – temperatura constante

T. Ambiente	Tiempo	VARIABLES					
		P (PSI)	T (°C)	CANTIDAD DE SÓLIDOS	NIVEL DE LIQUIDOS (ACEITE DE IMERSION) (ml)	Masa (KG)	
MAÑANA (29°C)	INICIO	0	29	3,08	80		
	10:15 AM	125	30	3,08	75	5	112
	10:30 AM	200	30	3,08	69	6	150
	10:45 AM	220	30,5	3,08	65	4	300
	11:00 AM	300	30,5	3,08	58	7	350
	11:15 AM	320	30,5	3,08	55	3	380
	11:30 AM	380	30,5	3,08	52	3	450
TARDE (29°C)	15:00 PM	172	29	3,08	80		115
	15:15 PM	248	30	3,08	76	4	130
	15:30 PM	265	33	3,08	67	9	250
	15:45 PM	270	33	3,08	62	5	350
	16:00 PM	285	33	3,08	56	6	400
	16:15 PM	385	33	3,08	52	4	480

FUENTE: (Roxana Gavilánez, 2015)

Tabla 10. Temperatura variable – Masa Constante

T. Ambiente	Tiempo	VARIABLES					
		P(PSI)	T (°C)	CANTIDAD DE SÓLIDOS	NIVEL DE LIQUIDOS (ACEITE DE IMERSION) (ml)		Masa (KG)
MAÑANA (29°C)	10:15 AM	310	35	3,08	75		350
	10:30 AM	320	40	3,08	69	6	350
	10:45 AM	325	45	3,08	65	4	350
	11:00 AM	329	55	3,08	58	7	350
	11:15 AM	331,5	55	3,08	55	3	350
	11:30 AM	333,8	60	3,08	52	3	350
TARDE (29°C)	15:00 PM	300	33	3,08	75		350
	15:15 PM	325	38	3,08	66	9	350
	15:30 PM	335	42	3,08	63	3	350
	15:45 PM	360	50	3,08	60	3	350
	16:00 PM	375	54	3,08	58	2	350
	16:15 PM	380	58	3,08	54	4	350

FUENTE: (Roxana Gavilánez, 2015)

Tabla 11. Datos de Presión - Volumen.

PRESIÓN (PSI)	VOLUMEN (ml)
0	80
125	75
200	69
220	65
300	58
320	55
380	52

Elaborado por: Roxana Gavilánez Quintero

Tabla 12. Valores promedio de Trabajo - Potencia en el cilindro o gato hidráulico.

Masa Variable- Temperatura Constante

	PRESION P (PSI)	VOLUMEN V(ft³)	TRABAJO W (BTU)	POTENCIA (HP)
DATOS REALIZADOS EN LA MAÑANA	559,45	0,000177	0,72	1,02
	895,13	0,000212	1,15	1,63
	984,65	0,000141	1,27	1,8
	1342,7	0,000247	1,73	2,45
	1432,21	0,000106	1,84	2,61
	1700,75	0,000106	2,19	3,1
DATOS REALIZADOS EN LA TARDE	769,81	0,000141	0,99	1,4
	1109,97	0,000141	1,43	2,03
	1186,05	0,000318	1,52	2,15
	1208,43	0,000177	1,55	2,2
	1275,56	0,000212	1,64	2,32
	1723,13	0,000141	2,21	3,13
		Σpromedio	1,52	2,15333
		Mínimo	0,72	1,02
		Máximo	2,21	3,13

Elaborado por: Roxana Gavilánez Quintero

Tabla 13. Valores promedio de Trabajo - Potencia en el cilindro o gato hidráulico. Temperatura variable - Masa Constante

	PRESION P (PSI)	VOLUMEN V(ft ³)	TRABAJO W (BTU)	POTENCIA (HP)
DATOS REALIZADOS EN LA MAÑANA	1387,46	0,000212	1,78	2,52
	1432,21	0,000212	1,84	2,61
	1454,59	0,000141	1,87	2,65
	1472,49	0,000247	1,89	2,68
	1483,68	0,000106	1,91	2,7
	1493,98	0,000106	1,92	2,72
DATOS REALIZADOS EN LA TARDE	1342,7	0,000318	1,73	2,45
	1454,59	0,000318	1,87	2,65
	1499,35	0,000106	1,93	2,73
	1611,24	0,000106	2,07	2,93
	1678,37	0,0007	2,16	3,06
	1700,75	0,000141	2,19	3,1
		Σpromedio	1,93	2,733
		Mínimo	1,73	2,45
		Máximo	2,19	3,1

Elaborado por: Roxana Gavilánez Quintero

ANEXO II: Cálculos para determinar el trabajo realizado por el cilindro

TRABAJO

$$W = p \int dV$$

$$W = - \int P dV$$

En este caso el trabajo puede calcularse a partir de la evolución del estado el sistema:

$$W = - p_A (V_B - V_A)$$

PRESIÓN

$$P = 125 \text{ PSI} = 125 \frac{\text{lb}}{\text{pulg}^2} * \frac{1 \text{ lbf}}{32,174 \frac{\text{lbm} \cdot \text{ft}}{\text{s}^2}} * \frac{144 \text{ lbf/ft}^2}{1 \text{ lbf/pulg}^2}$$

$$P = 559,45 \text{ lbf/ft}$$

VOLUMEN

$$\Delta V = 5 \text{ ml} * \frac{0,001 \text{ lt}}{1 \text{ ml}} * \frac{0,03532 \text{ ft}^3}{1 \text{ lt}} = 0,000177 \text{ ft}^3$$

TRABAJO

$$W = - 559,45 \frac{\text{lb} \cdot \text{ft}}{\text{s}^2} * \frac{0,0012854 \text{ BTU}}{1 \text{ lbft}} = 0,72 \text{ BTU /s}^2$$

POTENCIA

$$P = 0,72 \frac{\text{BTU}}{\text{s}^2} * \frac{1 \text{ HP}}{0,706 \frac{\text{BTU}}{\text{s}}}$$

$$P = 1,02 \text{ HP}$$

PRESIÓN

$$P = 200 \text{ PSI} = 200 \frac{\text{lb}}{\text{pulg}^2} * \frac{1 \text{ lbf}}{32,174 \frac{\text{lbm} \cdot \text{ft}}{\text{s}^2}} * \frac{144 \text{ lbf/ft}^2}{1 \text{ lbf/pulg}^2}$$

$$P = 895,13 \text{ lbf/ft}$$

VOLUMEN

$$\Delta V = 6 \text{ ml} * \frac{0,001 \text{ lt}}{1 \text{ ml}} * \frac{0,03532 \text{ ft}^3}{1 \text{ lt}} = 0,000212 \text{ ft}^3$$

TRABAJO

$$W = 895,13 \frac{\text{lb} \cdot \text{ft}}{\text{s}^2} * \frac{0,0012854 \text{ BTU}}{1 \text{ lbf} \cdot \text{ft}} = 1,15 \text{ BTU /s}^2$$

POTENCIA

$$P = 1,15 \frac{\text{BTU}}{\text{s}^2} * \frac{1 \text{ HP}}{0,706 \frac{\text{BTU}}{\text{s}}}$$

$$P = 1,63 \text{ HP}$$

PRESIÓN

$$P = 220 \text{ PSI} = 220 \frac{\text{lb}}{\text{pulg}^2} * \frac{1 \text{ lbf}}{32,174 \frac{\text{lbm} \cdot \text{ft}}{\text{s}^2}} * \frac{144 \text{ lbf/ft}^2}{1 \text{ lbf/pulg}^2}$$

$$P = 984,65 \text{ lbf/ft}$$

VOLUMEN

$$\Delta V = 4 \text{ ml} * \frac{0,001 \text{ lt}}{1 \text{ ml}} * \frac{0,03532 \text{ ft}^3}{1 \text{ lt}} = 0,000141 \text{ ft}^3$$

TRABAJO

$$W = 984,65 \frac{lb \cdot ft}{s^2} * \frac{0,0012854 BTU}{1 lbft} = 1,27 BTU /s^2$$

POTENCIA

$$P = 1,27 \frac{BTU}{s^2} * \frac{1 HP}{0,706 \frac{BTU}{s}}$$

$$P = 1,80 HP$$

PRESIÓN

$$P = 300 PSI = 300 \frac{lb}{pulg^2} * \frac{1 lbf}{32,174 \frac{lbm \cdot ft}{s^2}} * \frac{144 lbf/ft^2}{1 lbf/pulg^2}$$

$$P = 1342,70 lbf/ft$$

VOLUMEN

$$\Delta V = 7ml * \frac{0,001 lt}{1 ml} * \frac{0,03532 ft^3}{1 lt} = 0,000247ft^3$$

TRABAJO

$$W = 1342,70 \frac{lb \cdot ft}{s^2} * \frac{0,0012854 BTU}{1 lbft} = 1,73 BTU /s^2$$

POTENCIA

$$P = 1,73 \frac{BTU}{s^2} * \frac{1 HP}{0,706 \frac{BTU}{s}}$$

$$P = 2,45 HP$$

PRESIÓN

$$P = 320 PSI = 320 \frac{lb}{pulg^2} * \frac{1 lbf}{32,174 \frac{lbm \cdot ft}{s^2}} * \frac{144 lbf/ft^2}{1 lbf/pulg^2}$$

$$P = 1432,21 lbf/ft$$

VOLUMEN

$$\Delta V = 3ml * \frac{0,001 lt}{1 ml} * \frac{0,03532 ft^3}{1 lt} = 0,000106 ft^3$$

TRABAJO

$$W = 1432,21 \frac{lb \cdot ft}{s} * \frac{0,0012854 BTU}{1 lbft} = 1,84 BTU /s$$

POTENCIA

$$P = 1,84 \frac{BTU}{s} * \frac{1 HP}{0,706 \frac{BTU}{s}}$$

$$P = 2,61 HP$$

PRESIÓN

$$P = 380 \text{ PSI} = 380 \frac{\text{lb}}{\text{pulg}^2} * \frac{1 \text{ lbf}}{32,174 \frac{\text{lbm} \cdot \text{ft}}{\text{s}^2}} * \frac{144 \text{ lbf}/\text{ft}^2}{1 \text{ lbf}/\text{pulg}^2}$$

$$P = 1700,75 \text{ lbf}/\text{ft}$$

VOLUMEN

$$\Delta V = 3 \text{ ml} * \frac{0,001 \text{ lt}}{1 \text{ ml}} * \frac{0,03532 \text{ ft}^3}{1 \text{ lt}} = 0,000106 \text{ ft}^3$$

TRABAJO

$$W = 1700,75 \frac{\text{lb} \cdot \text{ft}}{\text{s}} * \frac{0,0012854 \text{ BTU}}{1 \text{ lbft}} = 2,19 \text{ BTU} / \text{s}$$

POTENCIA

$$P = 2,19 \frac{\text{BTU}}{\text{s}} * \frac{1 \text{ HP}}{0,706 \frac{\text{BTU}}{\text{s}}}$$

$$P = 3,10 \text{ HP}$$

PRESIÓN

$$P = 172 \text{ PSI} = 172 \frac{\text{lb}}{\text{pulg}^2} * \frac{1 \text{ lbf}}{32,174 \frac{\text{lbm} \cdot \text{ft}}{\text{s}^2}} * \frac{144 \text{ lbf}/\text{ft}^2}{1 \text{ lbf}/\text{pulg}^2}$$

$$P = 769,81 \text{ lbf}/\text{ft}$$

VOLUMEN

$$\Delta V = 4 \text{ ml} * \frac{0,001 \text{ lt}}{1 \text{ ml}} * \frac{0,03532 \text{ ft}^3}{1 \text{ lt}} = 0,000141 \text{ ft}^3$$

TRABAJO

$$W = 769,81 \frac{lb \cdot ft}{s} * \frac{0,0012854 BTU}{1 lbft} = 0,99 BTU /s$$

POTENCIA

$$P = 0,99 \frac{BTU}{s} * \frac{1 HP}{0,706 \frac{BTU}{s}}$$

$$P = 1,40 HP$$

PRESIÓN

$$P = 248 PSI = 248 \frac{lb}{pulg^2} * \frac{1 lbf}{32,174 \frac{lbm \cdot ft}{s^2}} * \frac{144 lbf/ft^2}{1 lbf/pulg^2}$$

$$P = 1109,97 lbf/ft$$

VOLUMEN

$$\Delta V = 4 ml * \frac{0,001 lt}{1 ml} * \frac{0,03532 ft^3}{1 lt} = 0,000141 ft^3$$

TRABAJO

$$W = 1109,97 \frac{lb \cdot ft}{s} * \frac{0,0012854 BTU}{1 lbft} = 1,43 BTU /s$$

POTENCIA

$$P = 1,43 \frac{BTU}{s} * \frac{1 HP}{0,706 \frac{BTU}{s}}$$

$$P = 2,03 HP$$

PRESIÓN

$$P = 265 \text{ PSI} = 265 \frac{\text{lb}}{\text{pulg}^2} * \frac{1 \text{ lbf}}{32,174 \frac{\text{lbm} \cdot \text{ft}}{\text{s}^2}} * \frac{144 \text{ lbf/ft}^2}{1 \text{ lbf/pulg}^2}$$

$$P = 1186,05 \text{ lbf/ft}$$

VOLUMEN

$$\Delta V = 9 \text{ ml} * \frac{0,001 \text{ lt}}{1 \text{ ml}} * \frac{0,03532 \text{ ft}^3}{1 \text{ lt}} = 0,000318 \text{ ft}^3$$

TRABAJO

$$W = 1186,05 \frac{\text{lb} \cdot \text{ft}}{\text{s}} * \frac{0,0012854 \text{ BTU}}{1 \text{ lbft}} = 1,52 \text{ BTU/s}$$

POTENCIA

$$P = 1,52 \frac{\text{BTU}}{\text{s}^2} * \frac{1 \text{ HP}}{0,706 \frac{\text{BTU}}{\text{s}}}$$

$$P = 2,15 \text{ HP}$$

PRESIÓN

$$P = 270 \text{ PSI} = 270 \frac{\text{lb}}{\text{pulg}^2} * \frac{1 \text{ lbf}}{32,174 \frac{\text{lbm} \cdot \text{ft}}{\text{s}^2}} * \frac{144 \text{ lbf/ft}^2}{1 \text{ lbf/pulg}^2}$$

$$P = 1208,43 \text{ lbf/ft}$$

VOLUMEN

$$\Delta V = 5ml * \frac{0,001 \text{ lt}}{1 \text{ ml}} * \frac{0,03532 \text{ ft}^3}{1 \text{ lt}} = 0,000177 \text{ ft}^3$$

TRABAJO

$$W = 1208,43 \frac{\text{lb. ft}}{\text{s}} * \frac{0,0012854 \text{ BTU}}{1 \text{ lbft}} = 1,55 \text{ BTU /s}$$

POTENCIA

$$P = 1,55 \frac{\text{BTU}}{\text{s}^2} * \frac{1 \text{ HP}}{0,706 \frac{\text{BTU}}{\text{s}}}$$

$$P = 2,20 \text{ HP}$$

PRESIÓN

$$P = 285 \text{ PSI} = 285 \frac{\text{lb}}{\text{pulg}^2} * \frac{1 \text{ lbf}}{32,174 \frac{\text{lbm} \cdot \text{ft}}{\text{s}^2 \text{ lbf}}} * \frac{144 \text{ lbf/ft}^2}{1 \text{ lbf/pulg}^2}$$

$$P = 1275,56 \text{ lbf/ft}$$

VOLUMEN

$$\Delta V = 6ml * \frac{0,001 \text{ lt}}{1 \text{ ml}} * \frac{0,03532 \text{ ft}^3}{1 \text{ lt}} = 0,000212 \text{ ft}^3$$

TRABAJO

$$W = 1275,56 \frac{\text{lb. ft}}{\text{s}} * \frac{0,0012854 \text{ BTU}}{1 \text{ lbft}} = 1,64 \text{ BTU /s}$$

POTENCIA

$$P = 1,64 \frac{BTU}{s} * \frac{1 HP}{0,706 \frac{BTU}{s}}$$

$$P = 2,32 HP$$

PRESIÓN

$$P = 385 PSI = 385 \frac{lb}{pulg^2} * \frac{1 lbf}{32,174 \frac{lbm \cdot ft}{s^2}} * \frac{144 lbf/ft^2}{1 lbf/pulg^2}$$

$$P = 1723,13 lbf/ft$$

VOLUMEN

$$\Delta V = 4ml * \frac{0,001 lt}{1 ml} * \frac{0,03532 ft^3}{1 lt} = 0,000141 ft^3$$

TRABAJO

$$W = 1723,13 \frac{lb \cdot ft}{s} * \frac{0,0012854 BTU}{1 lbft} = 2,21 BTU /s$$

POTENCIA

$$P = 2,21 \frac{BTU}{s} * \frac{1 HP}{0,706 \frac{BTU}{s}}$$

$$P = 3,13HP$$

PRESIÓN

$$P = 310 \text{ PSI} = 310 \frac{\text{lb}}{\text{pulg}^2} * \frac{1 \text{ lbf}}{32,174 \frac{\text{lbm} \cdot \text{ft}}{\text{s}^2}} * \frac{144 \text{ lbf}/\text{ft}^2}{1 \text{ lbf}/\text{pulg}^2}$$

$$P = 1387,46 \text{ lbf}/\text{ft}$$

VOLUMEN

$$\Delta V = 6 \text{ ml} * \frac{0,001 \text{ lt}}{1 \text{ ml}} * \frac{0,03532 \text{ ft}^3}{1 \text{ lt}} = 0,000212 \text{ ft}^3$$

TRABAJO

$$W = 1387,46 \frac{\text{lb} \cdot \text{ft}}{\text{s}} * \frac{0,0012854 \text{ BTU}}{1 \text{ lbft}} = 1,78 \text{ BTU}/\text{s}$$

POTENCIA

$$P = 1,78 \frac{\text{BTU}}{\text{s}^2} * \frac{1 \text{ HP}}{0,706 \frac{\text{BTU}}{\text{s}}}$$

$$P = 2,52 \text{ HP}$$

PRESIÓN

$$P = 320 \text{ PSI} = 320 \frac{\text{lb}}{\text{pulg}^2} * \frac{1 \text{ lbf}}{32,174 \frac{\text{lbm} \cdot \text{ft}}{\text{s}^2}} * \frac{144 \text{ lbf}/\text{ft}^2}{1 \text{ lbf}/\text{pulg}^2}$$

$$P = 1432,21 \text{ lbf}/\text{ft}$$

VOLUMEN

$$\Delta V = 6ml * \frac{0,001 \text{ lt}}{1 \text{ ml}} * \frac{0,03532 \text{ ft}^3}{1 \text{ lt}} = 0,000212 \text{ ft}^3$$

TRABAJO

$$W = 1432,21 \frac{\text{lb. ft}}{\text{s}^2} * \frac{0,0012854 \text{ BTU}}{1 \text{ lbft}} = 1,84 \text{ BTU /s}^2$$

POTENCIA

$$P = 1,84 \frac{\text{BTU}}{\text{s}^2} * \frac{1 \text{ HP}}{0,706 \frac{\text{BTU}}{\text{s}}}$$

$$P = 2,61 \text{ HP}$$

PRESIÓN

$$P = 325 \text{ PSI} = 325 \frac{\text{lb}}{\text{pulg}^2} * \frac{1 \text{ lbf}}{32,174 \frac{\text{lbm. ft}}{\text{s}^2} \text{ lbf}} * \frac{144 \text{ lbf/ft}^2}{1 \text{ lbf/pulg}^2}$$

$$P = 1454,59 \text{ lbf/ft}$$

VOLUMEN

$$\Delta V = 4ml * \frac{0,001 \text{ lt}}{1 \text{ ml}} * \frac{0,03532 \text{ ft}^3}{1 \text{ lt}} = 0,000141 \text{ ft}^3$$

TRABAJO

$$W = 1454,59 \frac{\text{lb. ft}}{\text{s}^2} * \frac{0,0012854 \text{ BTU}}{1 \text{ lbft}} = 1,87 \text{ BTU /s}^2$$

POTENCIA

$$P = 1,87 \frac{BTU}{s^2} * \frac{1 HP}{0,706 \frac{BTU}{s}}$$

$$P = 2,65 HP$$

PRESIÓN

$$P = 329 PSI = 329 \frac{lb}{pulg^2} * \frac{1 lbf}{32,174 \frac{lbm \cdot ft}{s^2}} * \frac{144 lbf/ft^2}{1 lbf/pulg^2}$$

$$P = 1472,49 lbf/ft$$

VOLUMEN

$$\Delta V = 7ml * \frac{0,001 lt}{1 ml} * \frac{0,03532 ft^3}{1 lt} = 0,000247 ft^3$$

TRABAJO

$$W = 1472,49 \frac{lb \cdot ft}{s^2} * \frac{0,0012854 BTU}{1 lbft} = 1,89 BTU /s^2$$

POTENCIA

$$P = 1,89 \frac{BTU}{s^2} * \frac{1 HP}{0,706 \frac{BTU}{s}}$$

$$P = 2,68 HP$$

PRESIÓN

$$P = 331,5 \text{ PSI} = 331,5 \frac{\text{lb}}{\text{pulg}^2} * \frac{1 \text{ lbf}}{32,174 \frac{\text{lbm} \cdot \text{ft}}{\text{s}^2}} * \frac{144 \text{ lbf/ft}^2}{1 \text{ lbf/pulg}^2}$$

$$P = 1483,68 \text{ lbf/ft}$$

VOLUMEN

$$\Delta V = 3 \text{ ml} * \frac{0,001 \text{ lt}}{1 \text{ ml}} * \frac{0,03532 \text{ ft}^3}{1 \text{ lt}} = 0,000106 \text{ ft}^3$$

TRABAJO

$$W = 1483,68 \frac{\text{lb} \cdot \text{ft}}{\text{s}} * \frac{0,0012854 \text{ BTU}}{1 \text{ lbft}} = 1,91 \text{ BTU /s}$$

POTENCIA

$$P = 1,91 \frac{\text{BTU}}{\text{s}} * \frac{1 \text{ HP}}{0,706 \frac{\text{BTU}}{\text{s}}}$$

$$P = 2,70 \text{ HP}$$

PRESIÓN

$$P = 333,8 \text{ PSI} = 333,8 \frac{\text{lb}}{\text{pulg}^2} * \frac{1 \text{ lbf}}{32,174 \frac{\text{lbm} \cdot \text{ft}}{\text{s}^2}} * \frac{144 \text{ lbf/ft}^2}{1 \text{ lbf/pulg}^2}$$

$$P = 1493,98 \text{ lbf/ft}$$

VOLUMEN

$$\Delta V = 3ml * \frac{0,001 \text{ lt}}{1 \text{ ml}} * \frac{0,03532 \text{ ft}^3}{1 \text{ lt}} = 0,000106 \text{ ft}^3$$

TRABAJO

$$W = 1493,98 \frac{\text{lb. ft}}{\text{s}} * \frac{0,0012854 \text{ BTU}}{1 \text{ lbft}} = 1,92 \text{ BTU /s}$$

POTENCIA

$$P = 1,92 \frac{\text{BTU}}{\text{s}} * \frac{1 \text{ HP}}{0,706 \frac{\text{BTU}}{\text{s}}}$$

$$P = 2,72 \text{ HP}$$

PRESIÓN

$$P = 300 \text{ PSI} = 300 \frac{\text{lb}}{\text{pulg}^2} * \frac{1 \text{ lbf}}{32,174 \frac{\text{lbm} \cdot \text{ft}}{\text{s}^2 \text{ lbf}}} * \frac{144 \text{ lbf/ft}^2}{1 \text{ lbf/pulg}^2}$$

$$P = 1342,70 \text{ lbf/ft}$$

VOLUMEN

$$\Delta V = 9 \text{ ml} * \frac{0,001 \text{ lt}}{1 \text{ ml}} * \frac{0,03532 \text{ ft}^3}{1 \text{ lt}} = 0,000318 \text{ ft}^3$$

TRABAJO

$$W = 1342,70 \frac{lb \cdot ft}{s} * \frac{0,0012854 BTU}{1 lbft} = 1,73 BTU /s$$

POTENCIA

$$P = 1,73 \frac{BTU}{s} * \frac{1 HP}{0,706 \frac{BTU}{s}}$$

$$P = 2,45 HP$$

PRESIÓN

$$P = 325 PSI = 325 \frac{lb}{pulg^2} * \frac{1 lbf}{32,174 \frac{lbm \cdot ft}{s^2}} * \frac{144 lbf/ft^2}{1 lbf/pulg^2}$$

$$P = 1454,59 lbf/ft$$

VOLUMEN

$$\Delta V = 9ml * \frac{0,001 lt}{1 ml} * \frac{0,03532 ft^3}{1 lt} = 0,000318ft^3$$

TRABAJO

$$W = 1454,59 \frac{lb \cdot ft}{s} * \frac{0,0012854 BTU}{1 lbft} = 1,87 BTU /s$$

POTENCIA

$$P = 1,87 \frac{BTU}{s} * \frac{1 HP}{0,706 \frac{BTU}{s}}$$

$$P = 2,65 HP$$

PRESIÓN

$$P = 335 \text{ PSI} = 335 \frac{\text{lb}}{\text{pulg}^2} * \frac{1 \text{ lbf}}{32,174 \frac{\text{lbm} \cdot \text{ft}}{\text{s}^2}} * \frac{144 \text{ lbf/ft}^2}{1 \text{ lbf/pulg}^2}$$

$$P = 1499,35 \text{ lbf/ft}$$

VOLUMEN

$$\Delta V = 3 \text{ ml} * \frac{0,001 \text{ lt}}{1 \text{ ml}} * \frac{0,03532 \text{ ft}^3}{1 \text{ lt}} = 0,000106 \text{ ft}^3$$

TRABAJO

$$W = 1499,35 \frac{\text{lb} \cdot \text{ft}}{\text{s}} * \frac{0,0012854 \text{ BTU}}{1 \text{ lbft}} = 1,93 \text{ BTU/s}$$

POTENCIA

$$P = 1,93 \frac{\text{BTU}}{\text{s}^2} * \frac{1 \text{ HP}}{0,706 \frac{\text{BTU}}{\text{s}}}$$

$$P = 2,73 \text{ HP}$$

PRESIÓN

$$P = 360 \text{ PSI} = 360 \frac{\text{lb}}{\text{pulg}^2} * \frac{1 \text{ lbf}}{32,174 \frac{\text{lbm} \cdot \text{ft}}{\text{s}^2}} * \frac{144 \text{ lbf/ft}^2}{1 \text{ lbf/pulg}^2}$$

$$P = 1611,24 \text{ lbf/ft}$$

VOLUMEN

$$\Delta V = 3ml * \frac{0,001 \text{ lt}}{1 \text{ ml}} * \frac{0,03532 \text{ ft}^3}{1 \text{ lt}} = 0,000106 \text{ ft}^3$$

TRABAJO

$$W = 1611,24 \frac{\text{lb. ft}}{\text{s}} * \frac{0,0012854 \text{ BTU}}{1 \text{ lbft}} = 2,07 \text{ BTU /s}$$

POTENCIA

$$P = 2,07 \frac{\text{BTU}}{\text{s}^2} * \frac{1 \text{ HP}}{0,706 \frac{\text{BTU}}{\text{s}}}$$

$$P = 2,93 \text{ HP}$$

PRESION

$$P = 375 \text{ PSI} = 375 \frac{\text{lb}}{\text{pulg}^2} * \frac{1 \text{ lbf}}{32,174 \frac{\text{lbm} \cdot \text{ft}}{\text{s}^2 \text{ lbf}}} * \frac{144 \text{ lbf/ft}^2}{1 \text{ lbf/pulg}^2}$$

$$P = 1678,37 \text{ lbf/ft}$$

VOLUMEN

$$\Delta V = 2ml * \frac{0,001 \text{ lt}}{1 \text{ ml}} * \frac{0,03532 \text{ ft}^3}{1 \text{ lt}} = 0,0007 \text{ ft}^3$$

TRABAJO

$$W = 1678,37 \frac{lb \cdot ft}{s} * \frac{0,0012854 BTU}{1 lbft} = 2,16 BTU /s$$

POTENCIA

$$P = 2,16 \frac{BTU}{s} * \frac{1 HP}{0,706 \frac{BTU}{s}}$$

$$P = 3,06 HP$$

PRESIÓN

$$P = 380 PSI = 380 \frac{lb}{pulg^2} * \frac{1 lbf}{32,174 \frac{lbm \cdot ft}{s^2}} * \frac{144 lbf/ft^2}{1 lbf/pulg^2}$$

$$P = 1700,75 lbf/ft$$

VOLUMEN

$$\Delta V = 4ml * \frac{0,001 lt}{1 ml} * \frac{0,03532 ft^3}{1 lt} = 0,000141 ft^3$$

TRABAJO

$$W = 1700,75 \frac{lb \cdot ft}{s} * \frac{0,0012854 BTU}{1 lbft} = 2,19 BTU /s$$

POTENCIA

$$P = 2,19 \frac{BTU}{s} * \frac{1 HP}{0,706 \frac{BTU}{s}}$$

$$P = 3,10 HP$$

ANEXO III: Pruebas Físico – Químicas realizadas en el laboratorio de la Facultad.

FOTOS:



Figura No.9. Pesado de la muestra seca



Figura No.10. Preparación del cartucho



Figura No.11. Armado del Equipo de extracción Soxhlet



Figura No.12. Puesta en Marcha del Equipo



Figura 13. Materiales de laboratorio para medir la viscosidad



Figura14. Llenado de aceite en el viscosímetro



Figura15. Viscosímetro



Figura16. Pruebas de Viscosidad

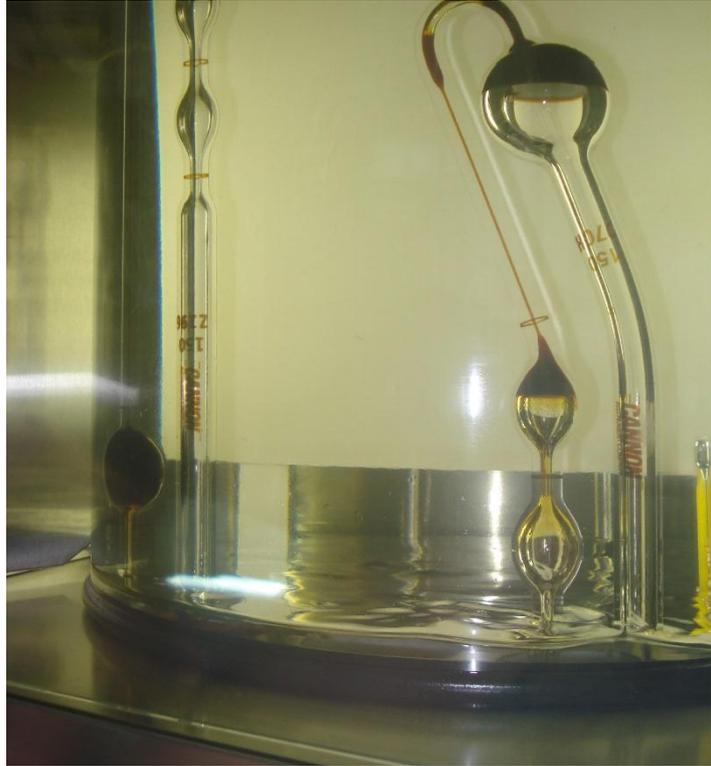


Figura17. Pruebas de viscosidad



ANEXO IV: NORMAS SNE 439, SNE 440 Y ASTM D445

INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN

Quito – Ecuador

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 2 266:2010

Primera revisión

TRANSPORTE, ALMACENAMIENTO Y MANEJO DE MATERIALES PELIGROSOS. REQUISITOS.

Primera Edición

TRANSPORT STORAGE AND HANDLING OF HAZARDOUS MATERIALS. SPECIFICATIONS.

First Edition

Norma Técnica	TRANSPORTE, ALMACENAMIENTO Y MANEJO DE MATERIALES PELIGROSOS. REQUISITOS.	NTE INEN
Ecuatoriana		2 266:2010
Obligatoria		Primera revisión 2010-01

0. INTRODUCCIÓN

La creciente producción de bienes y servicios requiere de una inmensa y variada gama de materiales peligrosos que han llegado a ocupar un destacado lugar por su cantidad y diversidad de aplicaciones y en el afán de cumplir con las responsabilidades y tomar decisiones oportunas sobre la gestión, se deben conocer todas las fases de su manejo, incluyendo las actividades que se realizan fuera del establecimiento como el transporte y disposición final. No se debe olvidar que la responsabilidad del establecimiento no habrá concluido hasta que los materiales peligrosos sean tratados o dispuestos de acuerdo a la normativa ambiental vigente, por lo que es necesaria la formulación de normas que dirijan estas tareas con eficiencia técnica y económica para evitar los riesgos y accidentes que involucren daños a las personas, propiedad privada y ambiente.

Esta Norma se ha desarrollado siguiendo los lineamientos del Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos (SGA), las Recomendaciones relativas al transporte de

materiales peligrosos, Reglamentación Modelo de Naciones Unidas y la Normativa Nacional vigente.

1. OBJETO

1.1 Esta norma establece los requisitos que se deben cumplir para el transporte, almacenamiento y manejo de materiales peligrosos.

2. ALCANCE

2.2 Esta norma se aplica a las actividades de producción, comercialización, transporte, almacenamiento y manejo de materiales peligrosos

3. DEFINICIONES

3.1 Para los efectos de esta norma se adoptan las definiciones tanto del SGA, como de la reglamentación para el Transporte de Materiales Peligrosos de Naciones Unidas, las establecidas en las NTE INEN 439, 1 838, 1 898, 1 913, 1 927, 1 962, 2 078, 2 168, 1 076, 2 288, TULSMA y las que a continuación se detallan:

3.1.1 *Agente infeccioso.* Microorganismo (virus, bacteria, hongo, rickettsia, protozooario o helminto) capaz de producir una infección o enfermedad infecciosa. Hay factores que aumentan su capacidad para causar enfermedad y varían entre las categorías de los agentes,

incluyendo: la especificidad del huésped, la capacidad de reproducción o sobrevivencia fuera del huésped y su virulencia (capacidad de causar enfermedad grave o muerte).

3.1.2 *Bidón.* Embalaje/envase cilíndrico de fondo plano o convexo, hecho de metal, cartón, plástico, madera contrachapada u otro material apropiado. Esta definición incluye también los embalajes/envases que tengan otras formas, por ejemplo los embalajes/envases redondos de cuello cónico o los embalajes/envases en forma de cubo. Los toneles de madera y los jerricanes no están incluidos en esta definición.

3.1.3 *Cantidad limitada.* Límite cuantitativo máximo de los materiales peligrosos de ciertas clases, que pueden ser transportados representando un peligro menor en envases y embalajes de los tipos especificados en la normatividad correspondiente.

3.1.4 *Caja.* Embalaje/envase de caras compactas rectangulares o poligonales, hecho de metal, madera, madera contrachapada, aglomerado de madera, cartón, plástico u otro material apropiado. Se podrán realizar pequeños orificios para facilitar la manipulación o la apertura o para responder a los criterios de clasificación, siempre que no pongan en peligro la integridad del embalaje/envase durante el transporte.

3.1.5 *Cilindro.* Recipiente de acero o aluminio en el cual se envasa gas a alta presión.

3.1.6 *Conductor.* Persona que conduce o guía un automotor.

3.1.7 *Comercializador.* Toda persona natural o jurídica de derecho público o privado que comercializa materiales peligrosos previamente autorizados y registrados.

3.1.8 *Daño a la salud.* Es todo trastorno que provoca alteraciones orgánicas o funcionales, reversibles o irreversibles, en un organismo o en algunos de los sistemas, aparatos u órganos que lo integran.

3.1.9 *Desechos peligrosos.* Son aquellos desechos sólidos, pastosos, líquidos o gaseosos resultantes de un proceso de producción, transformación, reciclaje, utilización o consumo y que contengan algún compuesto que tenga características reactivas, inflamables, corrosivas, infecciosas, o tóxicas, que represente un riesgo para la salud humana, los recursos naturales y el ambiente de acuerdo a las disposiciones legales vigentes.

3.1.10 *Detonador.* Fulminante, constituido por un casquillo metálico, que puede ser de latón, aluminio o cobre, en cuyo interior se encuentra una pequeña cantidad de un explosivo primario, capaz de hacer detonar una carga explosiva. Se incluyen las cápsulas regulares, eléctricas y no eléctricas.

3.1.11 *Dinamita.* Explosivo de alta potencia, compuesto básicamente de nitroglicerina, material oxidante (nitrato de amonio o sodio) y elementos combustibles (aserrín, cáscara de arroz, afrecho de trigo, otros), que se utiliza en voladuras.

3.1.12 *Disposición final.* Es la acción de depósito permanente de los desechos en sitios y condiciones adecuadas para evitar daños a la salud y al ambiente.

3.1.13 *Documentos de transporte.* Son aquellos documentos obligatorios requeridos como requisitos para el transporte de mercancías peligrosas y que pueden ser solicitados en cualquier momento y lugar por la autoridad competente.

3.1.14 *Eliminación.* Se entiende cualquiera de las operaciones especificadas por la autoridad competente con el fin de disponer de manera definitiva los desechos peligrosos.

3.1.15 *Embalaje/envase.* Recipiente y todos los demás elementos o materiales necesarios para que el recipiente pueda desempeñar su función de contención.

3.1.16 *Embalaje/envase compuesto.* Un embalaje/envase constituido

por un embalaje/envase exterior y un recipiente interior unidos de modo que el recipiente interior y el embalaje/envase exterior formen un embalaje/envase integral; una vez montado, dicho embalaje/envase constituye un todo indisociable que se llena, se almacena, se transporta y se vacía como tal.

3.1.17 *Envasado.* Acción de introducir un material peligroso en un recipiente, para evitar su dispersión o propagación, así como facilitar su manejo.

3.1.18 *Etiqueta.* Es un conjunto de elementos de información escritos, impresos o gráficos relativos a un producto peligroso, elegidos en razón de su pertinencia para el sector o los sectores de que se trate, que se adhieren o se imprimen en el recipiente que contiene el material peligroso o en su embalaje / envase exterior, o que se fijan en ellos.

3.1.19 *Gas.* Es una sustancia o una mezcla que a 50°C, posee una presión de vapor superior a 300kPa (3 bares); o es completamente gaseosa a 20 °C y a una presión de referencia de 101,3 kPa.

3.1.20 *Gas ácido.* Gas que forma una solución ácida cuando se mezcla con el agua. Ejemplo: Óxido nítrico

3.1.21 *Gas básico.* Gas que forma una solución alcalina cuando es mezclada con agua. Ejemplo: Amoníaco.

3.1.22 Gases asfixiantes. Gases que diluyen o sustituyen el oxígeno presente normalmente en la atmósfera.

Ejemplo: Nitrógeno, dióxido de carbono.

3.1.23 Gas comburente. Un gas que, generalmente liberando oxígeno, puede provocar o facilitar la combustión de otras sustancias en mayor medida que el aire.

Ejemplo: Oxígeno, óxido nitroso.

3.1.24 Gas combustible. Gas que se emplea generalmente para ser quemado, combinado con aire, para producir calor para sistemas de calefacción o para procesos industriales, como fuente de energía o iluminación.

Ejemplo: GLP, hidrógeno, acetileno.

3.1.25 Gas comprimido. Es un gas que, cuando se envasa a presión, es totalmente gaseoso a -50°C ; en este grupo se incluyen todos los gases con una temperatura crítica inferior o igual a -50°C .

Ejemplo: Oxígeno, argón, nitrógeno.

3.1.26 Gas criogénico. Gas licuado que está dentro de un envase a temperaturas muy por debajo de las temperaturas atmosféricas normales, generalmente algo por encima de su punto de ebullición a temperatura y presión normales.

Ejemplo: Aire, nitrógeno líquido, oxígeno líquido, helio líquido, hidrógeno

líquido.

3.1.27 Gas disuelto. Un gas que, cuando se envasa a presión, está disuelto en un disolvente en fase líquida.

Ejemplo: Acetileno disuelto en acetona en masa porosa, gases en aerosoles, etc.

3.1.28 Gas medicinal. Todo producto constituido por uno o más componentes gaseosos apto para entrar en contacto directo con el organismo humano, de concentración e impurezas conocidas y elaborado de acuerdo a especificaciones.

Ejemplo: Oxígeno, aire, óxido nitroso

3.1.29 Gas licuado. Es un gas que, cuando se envasa a presión, es parcialmente líquido a temperaturas superiores a -50°C . Hay que distinguir entre: gas licuado a alta presión: un gas con una temperatura crítica comprendida entre -50°C y $+65^{\circ}\text{C}$; y gas licuado a baja presión: un gas con una temperatura crítica superior a $+65^{\circ}\text{C}$.

Gas reactivo. Gas que puede estar destinado a reaccionar químicamente con otras sustancias bajo ciertas condiciones.

Ejemplo: Flúor, cloro, hidrógeno, oxígeno.

3.1.31 Gestión de materiales peligrosos. Es la actividad o conjuntos de actividades realizadas por las distintas personas naturales o jurídicas, que

comprenden todas las fases del ciclo de vida de las sustancias químicas peligrosas y/o desechos peligrosos.

3.1.32 *Grado diamante*. De elevado índice de reflexión.

3.1.33 *Jerricán*. Un embalaje/envase de metal o de plástico de sección transversal rectangular o poligonal.

3.1.34 *Líquido comburente*. Un líquido que, sin ser necesariamente combustible en sí, puede, por lo general al desprender oxígeno, provocar o favorecer la combustión de otras sustancias.

3.1.35 *Líquido criogénico*. Gas licuado refrigerado cuyo punto de ebullición está bajo los $-90\text{ }^{\circ}\text{C}$ a una presión de 101,3 kPa (1,013 bares).

Ejemplo: Nitrógeno líquido.

3.1.36 *Manejo de materiales peligrosos*. Son las operaciones de recolección, envasado, etiquetado, almacenamiento, rehúso y/o reciclaje, transporte, tratamiento y su disposición final.

3.1.37 *Materiales peligrosos*. Es todo aquel producto químico peligroso y/o desecho peligroso que por sus características físico-químicas, corrosivas, tóxicas, reactivas, explosivas, inflamables, biológico infecciosas, representa un riesgo de afectación a la salud humana, los recursos naturales y el ambiente o destrucción de bienes, lo cual obliga a controlar su uso y limitar la

exposición al mismo, de acuerdo a las disposiciones legales.

3.1.38 Mercancía peligrosa. Son productos químicos, desechos y objetos, que en el estado en que se presentan para el transporte pueden explotar, reaccionar peligrosamente, producir una llama o un desprendimiento peligroso de calor, emisión de gases o vapores tóxicos, corrosivos o inflamables, incluyendo radiaciones ionizantes, en las condiciones normales de transporte.

3.1.39 Mezcla. Combinación de dos o más sustancias que no reaccionan entre ellas.

3.1.40 Producto químico peligroso. Todo producto químico que por sus características físico-químicas presenta o puede presentar riesgo de afectación a la salud, al ambiente o destrucción de bienes, lo cual obliga a controlar su uso y limitar la exposición al producto.

3.1.41 Punto de inflamación. Es la temperatura mínima (corregida a la que la presión de referencia de 101,3 kPa), en la que los vapores de un líquido se inflaman cuando se exponen a una fuente de ignición en unas condiciones determinadas de ensayo.

3.1.42 Recipiente. Receptáculo destinado a contener sustancias u objetos, incluido cualquier dispositivo de cierre.

Recipiente interior. Un recipiente que ha de estar provisto de un

embalaje/envase exterior para desempeñar su función de contención

3.1.44 Recipiente a presión. Categoría genérica que incluye botellas, tubos, bidones a presión, recipientes criogénicos cerrados y bloques de botellas.

3.1.45 Recipiente criogénico. Recipiente transportable y térmicamente aislado destinado al transporte de gases licuados refrigerados.

Ejemplo: Termos ganaderos, termos de líquidos criogénicos.

3.1.46 Recolección. Acción de transferir el material peligroso a un contenedor o envase para transportarlo a las instalaciones de almacenamiento, tratamiento, reciclaje, o a los sitios de disposición final.

3.1.47 Remanente. Productos químicos peligrosos o desechos peligrosos que persisten en los contenedores, envases o embalajes después de su vaciado o desembalaje.

3.1.48 Saco. Embalaje/envase flexible de papel, láminas de plástico, textil, material tejido u otro material apropiado.

3.1.49 Sustancia pirofórica. Es aquella que, se inflama al cabo de cinco minutos de entrar en contacto con el aire.

Ejemplos: Disulfuro de titanio, haluro de litio, dinitrotolueno.

3.1.50 Sustancia pirotécnica. Es una sustancia (o mezcla de sustancias)

destinada a producir un efecto calorífico, luminoso, sonoro, gaseoso o fumígeno, o una combinación de tales efectos, como consecuencia de reacciones químicas exotérmicas auto sostenidas no detonantes.

3.1.51 Sustancia explosiva. Sustancia sólida o líquida (o mezcla de sustancias) que, por reacción química, puede desprender gases a una temperatura, presión y velocidad tales que puedan ocasionar daños a su entorno. En esta definición quedan comprendidas las sustancias pirotécnicas aun cuando no desprendan gases.

3.1.52 Sustancia autoreactiva. Es una sustancia líquida o sólida térmicamente inestable que puede experimentar una descomposición exotérmica intensa, incluso en ausencia de oxígeno (aire). Esta definición excluye las sustancias o mezclas clasificadas como explosivas o comburentes o como peróxidos orgánicos.

3.1.53 Toxicidad. Propiedad que tiene una sustancia y sus productos metabólicos o de degradación, de provocar por acción química o físico-química, un daño al ambiente, a la salud humana o animal, temporal o permanente o incluso la muerte, si se ingieren, inhalan o entran en contacto con la piel.

3.1.54 Transportista. Cualquier persona natural o jurídica, debidamente autorizado por la autoridad competente, que se dedica al transporte de mercancías peligrosas por cualquier medio.

4. CLASIFICACIÓN

Los materiales se clasifican de acuerdo al peligro en las siguientes clases (ver nota 1):

CLASE

1. **EXPLOSIVO** : Sustancias y objeto que presentan un riesgo de explosión
 - División 1.1 en masa
 - División 1.2 Sustancias y objetos que tiene un riesgo de proyección sin riesgo de explosión en masa.
Sustancias y objetos que presentan un riesgo de incendio y
 - División 1.3 un riesgo menor de explosión o un riesgo menor de proyección, o ambos, pero no un riesgo de explosión en masa.
 - División 1.4 Sustancias y objetos que no presentan riesgo apreciable.
Sustancias muy insensibles que tienen un riesgo de
 - División 1.5 explosión en masa.
Objetos sumamente insensibles, que no tienen riesgo de
 - División 1.6 explosión en masa.

CLASE

2. GASES

División

2.1 Gases inflamables

División

2.2 Gases no inflamables, no tóxicos.

División

2.3 Gases tóxicos.

CLASE

3. LÍQUIDOS INFLAMABLES.

CLASE SÓLIDO INFLAMABLES Sustancias que pueden experimentar

4. S combustión

espontánea, sustancias que en contacto con el agua, desprenden gases inflamables.

División Sólidos inflamables; sustancias de reacción espontánea y

4.1 sólidos

explosivos insensibilizados.

División Sustancias que pueden experimentar combustión

4.2 espontánea.

División Sustancias que en contacto con el agua desprenden gases

4.3 inflamables.

CLASE 5. SUSTANCIAS COMBURENTES Y PERÓXIDOS ORGÁNICOS

División

5.1 Sustancias comburentes

División

5.2 Peróxidos orgánicos.

CLASE

6. SUSTANCIAS TÓXICAS Y SUSTANCIAS INFECCIOSAS (ver nota 2)

División

6.1 Sustancias tóxicas

División

6.2 Sustancias infecciosas.

CLASE 7. MATERIAL RADIOACTIVO

CLASE 8. SUSTANCIAS CORROSIVAS

CLASE 9. SUSTANCIAS Y OBJETOS PELIGROSOS VARIOS.

4.1 Clase 1. Explosivos

4.1.1 División 1.1. Sustancias y objetos que presentan un riesgo de explosión en masa (se entiende por explosión en masa la que afecta de manera prácticamente instantánea a casi toda la carga);

Ejemplo:

Dinamita, nitroglicerina, pólvora negra, fulminantes, cápsulas detonantes

*División 1.2.*Sustancias y objetos que presentan un riesgo de proyección sin riesgo de explosión en masa.

Ejemplo:

Ácido pícrico, ammonita para peñas, peróxido con secantes metálicas.

4.1.3 *División 1.3.*Sustancias y objetos que presentan un riesgo de incendio con ligero riesgo de que se produzcan pequeños efectos de onda expansiva o de proyección, o ambos efectos, pero sin riesgo de explosión en masa. Se incluyen aquellos cuya combustión da lugar a una radiación térmica considerable; o los que arden sucesivamente, con pequeños efectos de onda expansiva o de proyección o de ambos efectos.

Ejemplo:

Dinitroetano, dinitrosobenceno, cartuchos para perforación de pozos de petróleo.

4.1.4 *División 1.4.*Sustancias y objetos que sólo presentan un pequeño riesgo en caso de ignición o cebado durante el transporte. Los efectos se limitan en su mayor parte al bulto, y normalmente no se proyectan a distancia elementos de tamaño apreciable. Los incendios exteriores no habrán de provocar la explosión prácticamente instantánea de casi todo el contenido del bulto.

Ejemplo: Detonadores eléctricos para voladuras.

4.1.5 División 1.5. Sustancias muy insensibles que presentan un riesgo de explosión en masa. Se incluyen en esta división las sustancias que presentan un riesgo de explosión en masa, pero que son tan insensibles que, en condiciones normales de transporte, presentan una probabilidad muy reducida de provocar la detonación, o de que su combustión se transforme en detonación.

4.1.6 División 1.6. Objetos extremadamente insensibles que no presentan riesgo de explosión en masa. Se incluyen en esta división los objetos que contienen solamente sustancias detonantes sumamente insensibles y que presentan una probabilidad ínfima de provocar la detonación, o de propagación accidental.

4.2 Clase 2. Gases

4.2.1 División 2.1. Gases Inflamables. Son aquellos que a 20°C y a una presión de referencia de 101,3 kPa: Son inflamables en mezcla de proporción igual o inferior al 13 %, en volumen, con el aire o que tienen una gama de inflamabilidad con el aire de al menos el 12 %, independientemente del límite inferior de inflamabilidad.

Ejemplo:GLP.

4.2.2 División 2.2. Gases no Inflamables y no tóxicos.Gases que son

asfixiantes, comburentes, o que no pueden incluirse en ninguna otra división.

Ejemplo: Dióxido de carbono, nitrógeno helio, argón.

4.2.3 División 2.3. Gases Tóxicos. Gases respecto a los cuales existe constancia de su toxicidad o su corrosividad para los seres humanos, hasta el punto que entrañan un riesgo para la salud; o se presume que son tóxicos o corrosivos para los seres humanos, porque presentan una CL_{50} igual o inferior a $5\ 000\ \text{ml/m}^3$ (ppm).

Ejemplo: Cloro, sulfuro de hidrógeno, monóxido de carbono, dióxido de azufre, amoníaco.

4.3 Clase 3. Líquidos inflamables

4.3.1 Son los líquidos, mezclas de líquidos o líquidos que contienen sustancias sólidas en solución o suspensión (pinturas, barnices, lacas, etc., siempre que no se trate de sustancias incluidas en otras clases por sus características peligrosas) que desprenden vapores inflamables a una temperatura no superior a $60\ ^\circ\text{C}$ en ensayos en crisol/vaso cerrado o no superior a $65,6\ ^\circ\text{C}$ en ensayos en crisol/vaso abierto, comúnmente conocida como su punto de inflamación.

Ejemplo: Gasolina, tolueno.

4.4 Clase 4. Sólidos inflamables, sustancias que presentan riesgo de combustión espontánea y sustancias que en *contacto* con el agua desprenden gases inflamables.

4.4.1 División 4.1. Sólidos inflamables. Sustancias de reacción espontánea y sólidos explosivos insensibilizados. Sustancias sólidas que, en las condiciones que se dan durante el transporte, se inflaman con facilidad o pueden provocar o activar incendios por rozamiento; sustancias que reaccionan espontáneamente que pueden experimentar una reacción exotérmica intensa; explosivos sólidos insensibilizados que pueden explotar si no están suficientemente diluidos;

4.4.2 División 4.2. Sustancias que pueden experimentar combustión espontánea. Sustancias que pueden calentarse espontáneamente en las condiciones normales de manejo o al entrar en contacto con el aire pueden inflamarse.

Ejemplo:

Nitrocelulosa, fósforo blanco.

4.4.3 División 4.3. Sustancias que en contacto con el agua desprenden gases inflamables.

Sustancias o mezclas que, en contacto con el agua, tienden a volverse espontáneamente inflamables o a desprender gases inflamables en cantidades peligrosas.

Ejemplo: Carburo de calcio más agua, sodio metálico.

4.5 Clase 5. Sustancias comburentes y peróxidos orgánicos.

4.5.1 División 5.1: Sustancias comburentes. Sustancias que, sin ser necesariamente combustibles por sí mismas, pueden generalmente liberando oxígeno, causar la combustión de otras materias o contribuir a ello.

Ejemplo: Nitratos en general, permanganato de potasio.

4.5.2 División 5.2: Peróxidos orgánicos. Sustancias orgánicas que contienen la estructura bivalente $-O-O-$ y pueden considerarse derivados del peróxido de hidrógeno, en el que uno o ambos átomos de hidrógeno han sido sustituidos por radicales orgánicos. Los peróxidos orgánicos son sustancias térmicamente inestables que pueden sufrir una descomposición exotérmica autoacelerada. Además pueden ser susceptibles de experimentar una descomposición explosiva, arder rápidamente, ser sensibles a los choques o a la fricción, reaccionar peligrosamente con otras sustancias y producir lesiones en los ojos.

Ejemplo: Peróxido de benzoilo.

Clase 6. Sustancias tóxicas y sustancias infecciosas

4.6.1 División 6.1: Sustancias tóxicas(venenosas). Sustancias que pueden causar la muerte o lesiones graves o pueden producir efectos perjudiciales para la salud del ser humano si se ingieren o inhalan o si entran en contacto con la piel.

Ejemplo: Benceno, cianuro.

4.6.2 División 6.2: Sustancias infecciosas. Sustancias respecto de las cuales se sabe o se cree fundamentalmente que contienen agentes patógenos. Los agentes patógenos se definen como microorganismos (tales como las bacterias, virus, parásitos, y hongos) o microorganismos recombinados (híbridos o mutantes), respecto de los cuales se sabe o se cree fundamentalmente que causan enfermedades infecciosas en los animales o en los seres humanos.

Ejemplo: Residuos de fluidos humanos, medios de cultivo, agentes infecciosos, desechos hospitalarios.

4.7 Clase 7. Material radiactivo

4.7.1 Sustancia que emite espontáneamente radiaciones y cuya actividad específica es superior a 0,002 microcuries por gramo. Pueden causar

lesiones, pérdida de vida y daños o desperfectos en los materiales, equipos y edificios.

Ejemplo: Compuestos yodados, cobalto.

4.8 Clase 8. Sustancias corrosivas

4.8.1 Sustancias que por su acción química, causan lesiones graves a los tejidos vivos con los que entran en contacto o que, si se produce un escape, pueden causar daños de consideración o destrucción en las superficies con las que toma contacto.

Ejemplo: Ácidos, álcalis, halógenos (F, Cl, Br).

4.9 Clase 9. Sustancias y objetos peligrosos varios

4.9.1 Son aquellos que podrían constituir un riesgo al ser transportados o almacenados en una forma o cantidad determinada y no pueden ser incluidos en ninguna de las clases antes mencionadas. Dentro de este grupo se incluyen además las sustancias ambientalmente peligrosas y los residuos peligrosos.

5. CLASIFICACIÓN DE LOS ENVASES/EMBALAJES

5.1 Clasificación

5.1.1 Por su tipo. Se utilizarán los siguientes códigos para indicar el tipo de envase /embalaje:

1. Bidón
2. Tonel de madera (reservado) (ver nota 3)
3. Jerricán
4. Caja
5. Saco
6. Embalaje / Envase compuesto

5.1.2 Por su material. Se utilizarán las siguientes letras mayúsculas para indicar el material:

- A. Acero (incluye todos los tipos y todos los tratamientos de superficie)
- B. Aluminio
- C. Madera natural
- D. Madera contrachapada
- F. Aglomerado de madera
- G. Cartón
- H. Plástico
- L. Tela
- M. Papel de varias hojas
- N. Metal (distinto del acero o el aluminio)
- P. Vidrio, porcelana o gres.

5.1.3 Las prescripciones indicadas en 5.1.1 y 5.1.2 no se aplican:

- a) A los bultos que contienen materiales radiactivos que se regirán por el Reglamento del Organismo Internacional de Energía Atómica (O.I.E.A.)
- b) A los recipientes a presión.
- c) A los bultos cuya masa neta exceda de 400 kg.
- d) A los embalajes /envases cuya capacidad exceda de 450 litros.

5.1.4 *Por su origen:*

5.1.4.1 *Nuevo.* Envase o embalajes elaborados con materias primas vírgenes.

5.1.4.2 *Reusable.* Envase o embalaje que puede ser utilizado varias veces previo proceso de lavado.

5.1.4.3 *Reciclable.* Envases o embalajes que retornan a un proceso de fabricación.

5.1.5 *Por su capacidad.* De acuerdo al tipo y material del envase/embalaje, de conformidad con los tamaños normalizados establecidos en las respectivas normas técnicas y regulaciones.

6. REQUISITOS

6.1 Requisitos específicos

6.1.1 *Personal*

6.1.1.1 El manejo de materiales peligrosos debe hacerse cumpliendo lo dispuesto en las Leyes y Reglamentos nacionales vigentes y convenios internacionales suscritos por el país.

Todas las personas naturales o jurídicas que almacenen, manejen y transporten materiales peligrosos, deben garantizar que cuando se necesite cargar o descargar la totalidad o parte de su contenido, el transportista y el usuario deben instalar señalización o vallas reflectivas de alta intensidad o grado diamante con la identificación del material peligroso, que aislen la operación, con todas las medidas de seguridad necesarias

6.1.1.3 Toda empresa que maneje materiales peligrosos debe contar con procedimientos e instrucciones operativas formales que le permitan manejar en forma segura dichos materiales a lo largo del proceso:

- a) Embalaje. Rotulado y etiquetado.
- b) Producción
- c) Carga
- d) Descarga
- e) Almacenamiento

- f) Manipulación
- g) Disposición adecuada de residuos
- h) Descontaminación y limpieza

6.1.1.4 Quienes manejen materiales peligrosos deben garantizar que todo el personal que esté vinculado con la operación cumpla con los siguientes requisitos:

6.1.1.5 Contar con los equipos de seguridad adecuados y en buen estado, de acuerdo a lo establecido en la Hoja de Seguridad de Materiales.

6.1.1.6 Instrucción y entrenamiento específicos , documentados, registrados y evaluados de acuerdo a un programa, a fin de asegurar que posean los conocimientos y las habilidades básicas para minimizar la probabilidad de ocurrencia de accidentes y enfermedades ocupacionales. Se recomienda que el programa de capacitación incluya como mínimo los siguientes temas:

- a) Reconocimiento e identificación de materiales peligrosos.
- b) Clasificación de materiales peligrosos.
- c) Aplicación de la información que aparece en las etiquetas, hojas de seguridad de materiales, tarjetas de emergencia y demás documentos de transporte.
- d) Información sobre los peligros que implica la exposición a estos materiales.
- e) Manejo, mantenimiento y uso del equipo de protección personal.
- f) Planes de respuesta a emergencias.
- g) Manejo de la guía de respuesta en caso de emergencia en el transporte

6.1.1.7 Todo el personal vinculado con la gestión de materiales peligrosos debe tener conocimiento y capacitación acerca del manejo y aplicación de las hojas de seguridad de materiales (Anexo B), con la finalidad de conocer sus riesgos, los equipos de protección personal y cómo responder en caso de que ocurran accidentes con este tipo de materiales. La información debe estar en idioma español y contendrá 16 secciones:

1. Identificación del material y del proveedor
2. Identificación de peligros
3. Composición e información de los ingredientes peligrosos.
4. Primeros auxilios.
5. Medidas de lucha contra incendios.

Medidas que deben tomarse en caso de derrame accidental

7. Manejo y almacenamiento.
8. Control de exposición / protección individual.
9. Propiedades físicas y químicas.
10. Estabilidad y reactividad
11. Información toxicológica.
12. Información ecotoxicológica.
13. Información relativa a la eliminación de los productos.
14. Información relativa al transporte.
15. Información sobre la reglamentación.
16. Otras informaciones.

6.1.2 *Transportistas*

6.1.2.1 Los transportistas, deben capacitar a sus conductores mediante un programa anual que incluya como mínimo los siguientes temas:

- a) Leyes, disposiciones, normas, regulaciones sobre el transporte de materiales peligrosos.
- b) Principales tipos de riesgos, para la salud, seguridad y ambiente.
- c) Buenas prácticas de envase /embalaje.
- d) Procedimientos de carga y descarga.
- e) Estibado correcto de materiales peligrosos.
- f) Compatibilidad y segregación.
- g) Planes de respuesta a emergencias.
- h) Conocimiento y manejo del kit de derrames.
- i) Mantenimiento de la unidad de transporte.
- j) Manejo defensivo.
- k) Aplicación de señalización preventiva.
- l) Primeros auxilios.

6.1.2.2 Los transportistas que manejen materiales peligrosos deben contar con los permisos de funcionamiento de las autoridades competentes.

6.1.2.3 El transportista debe garantizar que los conductores y el personal auxiliar reciban de forma inmediata a su admisión, la inducción de seguridad que abarque los temas específicos de su operación.

6.1.2.4 Los transportistas deben revisar y observar periódicamente con la autoridad competente la estructura de las rutas de tránsito, que podrían ser causas de problemas que afecten al conductor, al vehículo, la carga y el ambiente.

6.1.2.5 Todo vehículo para este tipo de transporte debe ser operado al menos por dos personas: el conductor y un auxiliar. El auxiliar debe poseer los mismos conocimientos y entrenamiento que el conductor. El transportista es responsable del cumplimiento de este requisito.

6.1.2.7 En caso de daños o de fallas del vehículo en ruta, el transportista llamará a empresas especializadas garantizando el manejo de la carga dentro de normas técnicas y de seguridad según instrucciones del fabricante y del comercializador, de igual manera debe informar inmediatamente el daño y la presencia de materiales peligrosos a las autoridades. Los conductores deben informar al transportista de forma frecuente y regular todo lo acontecido durante el transporte. Deben comunicar así mismo posibles retrasos en la entrega de la carga.

6.1.2.8 Los conductores deben contar con licencia de conducir tipo E.

6.1.2.9 Antes de cada recorrido el transportista debe elaborar y entregar al conductor un plan de transporte, de tal forma que se tenga un control y seguimiento de la actividad. Un plan de transporte debe incluir:

- a) Hora de salida de origen.
- b) Hora de llegada al destino.
- c) Ruta seleccionada.

6.1.2.10 Los conductores deben tener un listado de los teléfonos para notificación en caso de una emergencia: del transportista, del comercializador, destinatarios y organismos de socorro, localizados en la ruta a seguir.

6.1.2.11 El transportista debe garantizar que los conductores conozcan las características generales de la carga que se transporta, sus riesgos, grado de peligrosidad, normas de actuación frente a una emergencia y comprobar que la carga y los equipos se encuentren en buenas condiciones para el viaje.

6.1.2.12 El transportista debe verificar que la carga se encuentre fija y segura con soportes adecuados. Antes de realizar cualquier envío revisar los siguientes aspectos, que se ilustran en el Anexo J:

- a) Distribuir uniformemente la carga en el vehículo (ver figura J.1).
- b) Balancear el peso de la carga (ver figura J.2 y J.3).
- c) Afianzar correctamente la carga. Dependiendo del tipo de envase existen entre otros los siguientes métodos:
 - c.1) Aseguramiento con bandas para cargado de tambores (ver figura J.4)
 - c.2) Método para cargado de canecas (ver figura J.5)
 - c.3) Cargado de camas de sacos (ver figura J.6)

6.1.2.13 Si existiese necesidad de refrigeración para la carga, el transportista se asegurará del adecuado funcionamiento de los sistemas de refrigeración del vehículo.

6.1.2.14 El transportista controlará que los vehículos que transporten materiales peligrosos, estén dotados del equipamiento básico destinado a enfrentar emergencias, consistente en al menos de: 1 extintor tipo ABC, con una capacidad de 2,5 kg ubicado en la cabina del vehículo y 2 extintores PQS (Polvo Químico Seco), tipo ABC (u otro agente de extinción aceptable al tipo de carga que transporte) con una capacidad mínima de 9 kg de carga neta, dependiendo del volumen de carga, ubicados en el exterior de la unidad, equipo de primeros auxilios, 2 palas, 1 zapapico, 2 escobas, fundas plásticas resistentes, cintas de seguridad, kit de cuñas para taponamiento, aserrín o material absorbente, equipo de comunicación y equipo de protección personal adecuado según la hoja de seguridad. En caso de vehículos tipo cisterna se debe adicionar un arnés con su respectiva línea de vida.

6.1.2.15 En la ruta el conductor debe velar por:

- a) Su seguridad, del vehículo y de la carga.
- b) Que la carga se encuentre en todo momento correctamente fija en el interior del vehículo.

Que la carga sea transportada a temperaturas adecuadas de acuerdo con

las indicadas en las etiquetas y hojas de seguridad de los materiales a transportar

7.1.2.16 Mientras la carga permanezca en el vehículo, y de ser necesario, debe proporcionarse enfriamiento a través de un mecanismo acorde al material que se transporta.

6.1.2.17 Los Conductores deben cumplir estrictamente todas las regulaciones de tránsito vigentes.

6.1.2.18 *Del estacionamiento:*

a) *En carretera.* El conductor debe efectuar lo siguiente:

a.1) Instalar señales reflectivas de seguridad de alta intensidad o grado diamante; anteriores, posteriores y laterales, con la identificación de la mercancía peligrosa que transporta, de acuerdo a los códigos de colores del Anexo E.

a.2) Verificar que el vehículo y la carga no generen problemas en caso que los conductores tengan que alejarse del vehículo.

a.3) El estacionamiento debe efectuarse lo más alejado posible de áreas pobladas, de acuerdo a las leyes y regulaciones vigentes.

a.4) En caso de que el vehículo deba ser abandonado por cualquier motivo, notificar inmediatamente a los teléfonos indicados en el plan de emergencias, su localización y tipo de material transportado.

b) *En lugares públicos.* El conductor debe:

- b.1) Verificar que el vehículo y la carga no generen problemas en caso de que los conductores tengan que alejarse del mismo.
 - b.2) El estacionamiento debe efectuarse lo más alejado posible de áreas pobladas, escuelas, hospitales, cárceles, aeropuertos y lugares de concentraciones masivas (al menos 500 m).
 - b.3) En caso de que el vehículo deba ser abandonado, por cualquier motivo, notificar inmediatamente a los teléfonos indicados en el plan de emergencias, su localización y tipo de material transportado.
- c) *Temporal*. El conductor no debe estacionar por motivos diferentes a su operación, en lugares cercanos a:
- c.1) Supermercados, mercados.
 - c.2) Vías de ferrocarril.
 - c.3) Centros de abastecimientos de combustibles, o de sus líneas de distribución, subterráneas o aéreas
 - c.4) Fábricas de materiales o desechos peligrosos ajenos a la empresa expedidora o de destino de la carga.
 - c.5) Obras de infraestructura urbana de gran envergadura: sistemas de agua potable, entre otras.
 - c.6) Terminales terrestres.
 - c.7) Paradas de la transportación urbana de pasajeros.
 - c.8) Centros de diversión o esparcimiento.
 - c.9) Centros culturales.
 - c.10) Edificios públicos

c.11) Zonas ambientalmente frágiles o de reserva.

c.12) Zonas de cultivos y de cosecha

c.13) Establecimientos educacionales

c.14) Centros de salud.

c.15) Centro de culto religioso.

c.16) Centros deportivos

c.17) Aeropuertos

c.18) Recintos militares y policiales

6.1.2.19 El transportista en coordinación con la autoridad competente, establecerán las paradas que sean necesarias para que se lleven a cabo en lugares previamente analizados que brinden la seguridad del transporte, del conductor y del ambiente.

6.1.2.20 Los conductores son responsables de que en vehículos de carga y transporte de materiales peligrosos no se transporten pasajeros, solamente se aceptará al personal asignado al vehículo.

6.1.2.21 El transportista y los conductores son responsables de acatar y de hacer respetar la prohibición de fumar y comer durante el traslado de materiales peligrosos y en presencia de vehículos de carga peligrosa.

6.1.2.22 El conductor no debe recibir carga de materiales peligrosos, si el expedidor no le hace entrega de la documentación de embarque que consta

de: Guía de embarque (ver Anexo A), hoja de seguridad de materiales peligrosos en idioma español (ver Anexo B) y tarjeta de emergencia (ver Anexo C).

6.1.3 Comercialización

6.1.3.1 El Comercializador debe entregar al conductor la documentación de embarque completa que certifique las características de los materiales transportados.

6.1.3.2 Todas aquellas personas naturales o jurídicas que comercializan materiales peligrosos deben garantizar que los vehículos de los transportistas no sean abandonados, sin notificación a las autoridades respectivas.

6.1.3.3 El Comercializador está en la obligación de entregar al conductor toda la información necesaria sobre las normas y precauciones a tomar con respecto a los materiales peligrosos que transportan, y el procedimiento de emergencia en caso de accidentes.

6.1.4 Selección de ruta

6.1.4.1 El transportista solicitará a las autoridades competentes la determinación de la ruta del transporte, y de acuerdo a la peligrosidad del producto se le proporcionará resguardo, con relación a las regulaciones pertinentes.

6.1.4.2 Para la determinación de la ruta se seleccionarán las horas de menor congestión vehicular y peatonal que ofrezca un mínimo riesgo al tráfico o a terceros. Se evitará en lo posible zonas densamente pobladas o especialmente vulnerables a la contaminación.

6.1.4.3 Cuando inevitablemente se tenga que cruzar centros poblados se eliminarán las paradas innecesarias.

Las vías escogidas deben ser marginales y en lo posible se deben evitar: curvas cerradas, vías estrechas, declives pronunciados o tramos que presenten especial dificultad al conductor

ANEXO D-1

MATRIZ COMPARATIVA CLASES (SGA) PELIGROS FISICOS vs. CLASES TRANSPORTE

FUENTE: UNECE (COMISIÓN ECONÓMICA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EUROPA)

CLASES (SGA) : PELIGROS FÍSICOS	CATEGORIAS (SGA)	CLASES (TRANSPORTE)
Explosivos	Divisiones 1 a 6	Clase 1, División 1 a 6
Gases Inflamables	Categoría 1	Clase 2, División 2.1
	Categoría 2	No Aplicable
Aerosoles Inflamables	Categorías 1 y 2	Clase 2
Gases Comburentes	Categoría 1	Clase 2, División 2.2
Gases a Presión	Comprimido	Clase 2
	Licuido	
	Licuido Refrigerado	
	Disuelto	
Líquidos Inflamables	Categoría 1	Clase 3, GE I
	Categoría 2	Clase 3, GE II
	Categoría 3	Clase 3, Ge III

	Categoría 4	No Aplicable
Sólidos Inflamables	Categoría 1	Clase 4, División 4.1, GE II
	Categoría 2	Clase 4, División 4.1, GE III
Sustancias autorreactivas	Tipos A a G	Clase 4, División 4.1, Tipos A a G
Líquidos pirofóricos	Categoría 1	Clase 4, División 4.2, GE I
Sólidos pirofóricos	Categoría 1	Clase 4, División 4.2, GE I
Sustancias que Experimentan calentamiento espontáneo	Categoría 1	Clase 4, División 4.2, GE II
	Categoría 2	Clase 4, División 4.2, GE III
Sustancias que con agua Desprenden gases inflamables	Categoría 1	Clase 4, División 4.3, GE I
	Categoría 2	Clase 4, División 4.3, GE II
	Categoría 3	Clase 4, División 4.3, GE III
Líquidos Comburentes	Categoría 1	Clase 5, División 5.1, GE I
	Categoría 2	Clase 5, División 5.1, GE II
	Categoría 3	Clase 5, División 5.1, GE III
Sólidos Comburentes	Categoría 1	Clase 5, División 5.1, GE I
	Categoría 2	Clase 5, División 5.1, GE II
	Categoría 3	Clase 5, División 5.1, GE III
Peróxidos orgánicos	Tipo a G	Clase 5, División 5.2, Tipos A a G
Sustancias corrosivas para los Metales	Categoría 1	Clase 8, GE III (si no es corrosivo para la piel)

*GE: Grupo de embalaje

ANEXO D.2

ASIGNACIÓN DE LOS ELEMENTOS DE ETIQUETADO

En el SGA se indican, por este orden, el pictograma, la palabra de advertencia y la indicación de peligro para cada categoría de la clase de peligro correspondiente. Cuando la clase y/o la categoría figuran en las Recomendaciones relativas al transporte de mercancías peligrosas, Reglamentación Modelo, debajo de los requisitos del SGA se añade para cada categoría el pictograma correspondiente.

EXPLOSIVOS						
Explosivos inestables	División 1.1	División 1.2	División 1.3	División 1.4	División 1.5	División 1.6
					Número 1.5 sobre fondo anaranjado	Número 1.6 sobre fondo anaranjado
Peligro	Peligro	Peligro	Peligro	Atención	Peligro	<i>Sin palabra de advertencia</i>
Explosivo inestable	Explosivo; peligro de explosión en masa	Explosivo; grave peligro de proyección	Explosivo; peligro de incendio, de onda explosiva o de proyección	Peligro de incendio o de proyección	Peligro de explosión en masa en caso de incendio	<i>Sin indicación de peligro</i>
Sin pictograma en la Reglamentación Modelo de las Naciones Unidas (Transporte no autorizado)						

Notas sobre los colores de los elementos de los pictogramas según las *Recomendaciones relativas al Transporte de Mercancías Peligrosas, Reglamentación Modelo*:

- 1) Para las Divisiones 1.1, 1.2 y 1.3: símbolo (bomba explotando): negro; fondo: anaranjado; número de la División (1.1, 1.2 o 1.3, según corresponda) y grupo de compatibilidad (*) en la mitad inferior y cifra "1" en el ángulo inferior: negro.
- 2) Para las Divisiones 1.4, 1.5 y 1.6: fondo: anaranjado; números: negro; grupo de compatibilidad (*) en la mitad inferior y cifra "1" en el ángulo inferior: negro.
- 3) El pictograma para las Divisiones 1.1, 1.2 y 1.3 está asignado también a sustancias que presentan un riesgo subsidiario de explosión, pero sin el número de la División ni el grupo de compatibilidad (véanse también "Sustancias y mezclas que reaccionan espontáneamente" y "Peróxidos orgánicos").

2. OBJETO

1.2 Esta norma define los colores, su significado y aplicación, que deben usarse para identificar tuberías que transportan fluidos, en instalaciones en tierra y a bordo de barcos.

2. ALCANCE

2.1 Esta norma se aplica según la importancia de las tuberías que se marcará y a la

naturaleza del fluido, de acuerdo a una de las modalidades siguientes:

- 2 Solamente por los colores de identificación (ver numeral 4.2).
- 3 Mediante el color de identificación y nombre del fluido.
- 4 Mediante el color de identificación, nombre del fluido, indicaciones de código (ver 4.3).

3. TERMINOLOGIA

3.1.21 Color de identificación. Cualquiera de los definidos en esta norma utilizados para tuberías.

3.1.22 Tubo/tubería. Para efectos de esta norma, cualquier conducto para fluidos con su recubrimiento exterior, incluyendo accesorios, válvulas, etc.

3.1.23 Fluido. Para efectos de esta norma, toda sustancia líquida o gaseosa que se transporta por tuberías.

3.1.24 Otros términos aplicables a esta norma se definen en la Norma INEN 439.

DISPOSICIONES GENERALES

4.1 Clasificación de los fluidos

4.1.1 Los fluidos transportados por tuberías se dividen, para efectos de identificación, en diez categorías, a cada una de las cuales se le asigna un color específico, según la Tabla 1.

TABLA 1. Clasificación de fluidos.

FLUIDO	CATEGORIA	COLOR
Agua	1	verde
Vapor de agua	2	gris-plata
Aire y oxígeno	3	azul
Gases combustibles	4	amarillo ocre
Gases no combustibles	5	amarillo ocre
Ácidos	6	anaranjado

Álcalis	7	violeta
Líquidos combustibles	8	café
Líquidos no combustibles	9	negro
Vacío	0	gris
Agua o vapor contra incendios	-	rojo de seguridad
GLP (gas licuado de petróleo)	-	blanco

.2 Colores de

identificación 4.2.1

Definición

4.2.1.1 Los colores de identificación para tuberías se definen en la Tabla 2, en función de las coordenadas cromáticas CIE y el factor de luminancia (β), y se incluye una muestra de cada color.

4.2.2 Aplicación de los colores de identificación.

4.2.2.1 El color de identificación indica la categoría a la que pertenece el fluido conducido en la tubería. Se aplicará según una de las modalidades:

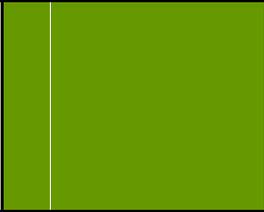
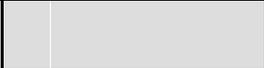
- Sobre la tubería en su longitud total,
- Sobre la tubería como banda (mínimo 150 mm de longitud dependiendo del diámetro del tubo).

4.2.2.2 La aplicación del color puede efectuarse por pintado o mediante bandas adhesivas alrededor del tubo.

4.2.2.3 En caso de usarse bandas, el color decorativo o protector de la tubería no deberá ser ninguno de los colores de identificación.

En caso de no pintarse la tubería totalmente, las bandas con el color de identificación deberán situarse en todas las uniones, a ambos lados de las válvulas, en dispositivos de servicio, tapones, penetraciones en paredes, y otros sitios donde tenga sentido la identificación del fluido.

TABLA 2. Definición de los colores de identificación.

COLOR	COORDENADAS CIE	MUESTRA
Verde	$y > -0,1x + 0,412$ $y > 2,8x - 0,052$ $y < 0,474 - 0,1x$ $x > 0,357 - 0,15y$ $0,09 < \beta < 0,17$	
gris-plata	$\beta > 0,50$	
Café	$x > 0,545 - 0,35y$ $y > 0,19x + 0,257$	

	$x < 0,588 - 0,25 y$ $y < 0,39 x + 0,195$ $0,09 < \beta < 0,17$	
amarillo ocre	$y > 0,840 - 1,07 x$ $y > 0,77 x + 0,075$ $y < 0,823 - 0,94 x$ $y < x + 0,006$ $0,30 < \beta < 0,45$	
violeta	$y < 0,17 x + 0,223$ $y < 2,6 x - 0,49$ $y > 0,25 x + 0,185$ $y > 7 x - 1,854$ $0,36 < \beta < 0,50$	
azul	$y < 0,550 - x$ $y < 0,64 x + 0,118$ $y > 0,994 - 3 x$ $y > 0,94 x + 0,024$ $0,36 < \beta < 0,50$	
anaranjado	$y > 0,380$ $y > 0,204 + 0,362 x$ $x < 0,669 - 0,294 y$ $0,224 < \beta$	
gris	$\beta > 0,75$	

4.2.2.5 El cuerpo y órganos de accionamiento de las válvulas pueden pintarse también con el color de identificación.

4.3 Indicaciones de código

4.3.1 El fluido transportado por una tubería queda identificado por el color, en cuanto a la categoría y por el nombre del fluido (ver Tabla 1).

4.3.1.1 Adicionalmente se podrá identificar el

fluido mediante: a) fórmula química,

b) número de identificación según la Tabla 3.

4.3.1.2 El número de identificación de la Tabla 3 consta del número que indica la categoría de fluido y, además, especifica con la segunda cifra la naturaleza exacta del fluido. La numeración a continuación del punto podrá ampliarse en caso de necesidad interna de cada usuario. Deberá, sin embargo, respetarse los significados ya asignados a los números que se incluyen en la Tabla 3.

TABLA 3. Números característicos para identificación de fluidos en tuberías.

No.	CLASE DE FLUIDO
1	AGUA

1.0	Agua potable	
1.1	Agua impura	
1.3	Agua utilizable, agua limpia	
1.4	Agua destilada	
1.5	Agua a presión, cierre hidráulico	
1.6	Agua de circuito	
1.7	Agua pesada	
1.8	Agua de mar	
1.9	Agua residual	
1.10	Agua de condensación	
2	VAPOR DE AGUA	
2.0	Vapor de presión nominal hasta 140 kPa .	
2.1	Vapor saturado de alta presión	con indicación de la
2.2	Vapor recalentado de alta presión	presión y/o de la
2.3	Vapor de baja presión	temperatura
2.4	Vapor sobrecalentado	
2.5	Vapor de vacío (con presión absoluta)	
2.6	Vapor en circuito	
2.7		
2.8		
2.9	Vapor de descarga	
3	AIRE Y OXIGENO	
3.0	Aire fresco	
3.1	Aire comprimido (indicar la presión)	
3.2	Aire caliente	
3.3	Aire purificado (acondicionado)	
3.4		
3.5		
3.6	Aire de circulación, aire de barrido	
3.7	Aire de conducción	
3.8	Oxígeno	
3.9	Aire de escape	
4	GASES COMBUSTIBLES - INCLUSO GASES LICUADOS	
4.0	Gas de alumbrado	
4.1	Acetileno	
4.2	Hidrógeno y gases conteniendo H ₂	
4.3	Hidrocarburos y sus derivados	
4.4	Monóxido de carbono y gases conteniendo CO	
4.5	Gases de mezcla (gases técnicos)	
4.6	Gases Inorgánicos. NH ₃ ; H ₂ S	
4.7	Gases calientes para fuerza motriz	
4.8	Gas licuado de petróleo (GLP) (ver nota 1)	
4.9	Gases de escape combustible	

NOTA 1. GLP en estado gaseoso se identifica con el color amarillo; en estado líquido con el color blanco. El número característico es en todo caso el 4.8.

No.	CLASE DE FLUIDO
5	GASES NO COMBUSTIBLES - INCLUSO GASES LICUADOS
5.0	Nitrógeno y gases conteniendo nitrógeno
5.1	Gases inertes
5.2	Dióxido de carbono y gases conteniendo CO ₂
5.3	Dióxido de azufre y gases conteniendo SO ₂
5.4	Cloro y gases conteniendo cloro
5.5	Otros gases inorgánicos
5.6	Mezclas de gases
5.7	Derivados de hidrocarburos (halogenados y otros)
5.8	Gases de calefacción no combustibles
5.9	Gases de escape no combustible
6	ACIDOS
6.0	Ácido sulfúrico

6.1	Ácido clorhídrico
6.2	Ácido nítrico
6.3	Otros ácidos inorgánicos
6.4	Ácidos orgánicos
6.5	Soluciones salinas ácidas
6.6	Soluciones oxidantes
6.7	
6.8	
6.9	Descarga de soluciones ácidas
7	ÁLCALIS
7.0	Sosa cáustica
7.1	Agua amoniacal
7.2	Potasa cáustica
7.3	Lechada de cal
7.4	Otros líquidos inorgánicos alcalinos
7.5	Líquidos orgánicos alcalinos
7.6	
7.7	
7.8	
7.9	Descarga de soluciones alcalinas
8	LÍQUIDOS COMBUSTIBLES
8.0	
8.1	(ver nota 2)
8.2	
8.3	fi
8.4	Grasas y aceites no comestibles
8.5	Otros líquidos orgánicos y pastas
8.6	Nitroglicerina
8.7	Otros líquidos; también metales líquidos
8.8	Grasas y aceites comestibles
8.9	Combustibles de descarga
9	LÍQUIDOS NO COMBUSTIBLES
9.0	Alimentos y bebidas líquidas
9.1	Soluciones acuosas
9.2	Otras soluciones
9.3	Maceraciones acuosas (malta remojada)
9.4	Otras maceraciones
9.5	Gelatina (cola)
9.6	Emulsiones y pastas
9.7	Otros líquidos
9.8	
9.9	Descarga no combustible

NOTA 2. Números característicos reservados para líquidos inflamables cuya clasificación se establece en la Norma INEN 1 076

(Continuación de Tabla 3)

No.	CLASE DE FLUIDO
0	VACIO
0.0	Vacío industrial - de presión atmosférica a 600 Pa
0.1	Vacío técnico - de 600 Pa a 0,133 Pa
0.2	Alto vacío - Inferior a 0,133 Pa
0.3	
0.4	
0.5	
0.6	
0.7	
0.8	Ruptura de vacío

4.4 Indicaciones adicionales

4.4.1 En caso pertinente, deberán identificarse, además, las siguientes características del fluidotransportado o de las tuberías:

- Presión en pascales,
- Temperatura en grados centígrados,
- Otros parámetros propios del fluido (acidez, concentración, densidad, etc.),
- Radiactividad, mediante el símbolo normalizado (ver INEN 439),
- Peligro biológico, mediante el símbolo normalizado (ver INEN 439),
- Otros riesgos, mediante símbolos y colores de seguridad normalizada, (inflamabilidad, baja altura de la tubería, toxicidad, etc.) (ver INEN 439).

4.5 Aplicación de indicaciones de código e indicaciones adicionales

4.5.1 La señalización de las indicaciones de código según 4.3 y de las indicaciones adicionales según 4.4 se efectuarán, según convenga, de acuerdo a una de las modalidades siguientes:

- sobre la tubería,
- sobre placas rectangulares o cuadradas adosadas a la tubería, normalizadas por el INEN o modificadas según figura 1. (Ver Norma INEN 878)



FIGURA 1. Rótulos para la identificación de fluidos.

4.5.2 Las indicaciones escritas sobre la tubería o sobre las placas deben ser claramente legibles en idioma español, pintadas en color de contraste sobre el color de identificación de la tubería.

4.5.3 Los caracteres escritos deben corresponder con los normalizados en el Código INEN 2, Código de Práctica para Dibujo Técnico Mecánico.

4.5.4 Las indicaciones sobre la tubería tendrán las alturas mínimas de acuerdo al diámetro del tubo, según se establece en la Tabla 4.

TABLA 4. Tamaño de la escritura según el diámetro de la tubería (mm).

Diámetro de tubería (mm)	Hasta						Más De
	30	60	80	130	160	240	240
Altura de la escritura (mm)	12,5	20	25	40	50	63	100

4.5.5 El tamaño de los rótulos, tanto rectangulares como cuadrados, así como de la

escritura que debe utilizarse en los mismos, se escogerá de modo que se cumpla la condición establecida en la Norma INEN 439.

4.5.6 Las indicaciones mediante símbolos de seguridad, en especial la indicación de radiación ionizante y la indicación de peligro biológico se aplicarán como sigue:

- a) para tuberías de diámetro menor a 50 mm, solamente mediante placas que lleven la señal de seguridad,
- b) para tuberías con diámetro desde 50 mm en adelante, mediante placas que lleven la señal de seguridad o por aplicación directa de la señal sobre la tubería.

4.5.7 En todo caso, la señal de seguridad debe colocarse inmediatamente a la zona con el color de identificación y no debe interferir con otras indicaciones, ya sea en placas o sobre la tubería.

4.5.8 Los símbolos de seguridad pueden incluirse en las placas que llevan las indicaciones escritas, no debiendo interferir con éstas.

4.5.9 Las indicaciones mediante colores de seguridad se aplicarán de tal modo que no interfieran con otras indicaciones ni con el color de identificación (indicación de tuberías a baja altura, por ejemplo).

4.6 Dirección de flujo

4.6.1 La dirección de flujo se indicará mediante flechas pintadas con uno de los colores de contraste sobre la tubería, cuando el color de identificación y las indicaciones han sido aplicados sobre la tubería. En caso de utilizarse placas, se indicará la dirección de flujo por modificación del rectángulo básico, según la figura 1.

4.6.2 Para sistemas de circuito cerrado se indicarán el flujo y retorno, mediante las palabras *Flujo* y *Retorno* o mediante las abreviaciones F y R, respectivamente.

4.7 Las tuberías destinadas a transportar agua, vapor u otros fluidos utilizados para la extinción de incendios, se identificarán en toda su longitud mediante el color rojo de seguridad, incluyendo accesorios y válvulas (ver INEN 43

MÉTODO ESTÁNDAR DE PRUEBA PARA VISCOSIDAD CINEMÁTICA DE LÍQUIDOS TRANSPARENTES Y OPACOS (Y CÁLCULO DE LA VISCOSIDAD DINÁMICA) ASTM D445

Esta norma es publicada bajo la designación d445 arreglada; el número inmediatamente continuo a la designación indica el año de la adopción original o, en caso de revisión, el año

de la última revisión. Un número en paréntesis indica el año de la última reaprobación. Un epsilon (ϵ) sobrescrito indica un cambio editorial desde la última revisión o reaprobación.

1. CAMPO DE APLICACIÓN

1.1. Este método de prueba describe un procedimiento para la determinación de la viscosidad cinemática, ν , de productos líquidos derivados del petróleo, transparente y opacos, midiendo el tiempo para que un volumen de líquido fluya por gravedad a través de un viscosímetro capilar de vidrio calibrado. La viscosidad dinámica, η , puede ser obtenida multiplicando la viscosidad cinemática, ν , por la densidad, ρ , del líquido.

1.2. El resultado obtenido desde este método de prueba es dependiente del comportamiento de la muestra y está destinado para la aplicación a líquidos para los cuales fundamentalmente el esfuerzo cortante y la velocidad de cizalla son proporcionales (comportamiento de flujo newtoniano). Si, sin embargo, la viscosidad varía significativamente con la velocidad de cizallamiento, resultados diferentes podrían ser obtenidos desde viscosímetros de diferentes diámetros de capilar. El procedimiento y los valores de precisión para los combustibles residuales de petróleo, los cuales bajo algunas condiciones exhiben comportamiento no-Newtoniano, han sido incluidos.

1.3. El rango de viscosidades cinemáticas cubierto por este método de prueba es desde 0,2 a 300 000 mm^2/s (véase la Tabla A1.1) en todas las temperaturas (ver 6.3 y 6.4). La precisión ha sido únicamente determinada para esos materiales, los rangos de viscosidad cinemática y temperaturas como se muestra en las notas al pie de la sección de precisión. **1.4.** Los valores indicados en unidades SI deben ser considerados como estándar. La unidad del SI utilizada en este método de ensayo para la viscosidad cinemática es mm^2/s , y

la unidad SI utilizada en este método de ensayo para viscosidad dinámica es mPa · s. Para referencia del usuario,

$$1 \text{ mm}^2/\text{s} = 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s} = 1 \text{ cSt} \text{ y } 1 \text{ mPa} \cdot \text{s} = 1 \text{ cP} = 0.001 \text{ Pa} \cdot \text{s}. 1.5.$$

Advertencia-

Mercurio ha sido designado por muchas agencias reguladoras como un material peligroso que puede causar daño al sistema nervioso central, renal y hepático. Mercurio, o su vapor, puede ser peligroso para la salud y corrosivo para materiales. Se debe tener cuidado al manipular el mercurio y productos que contienen mercurio. Ver el material producto aplicable Hoja de Datos de Seguridad (MSDS) para conocer detalles y la EPA de web-<http://www.epa.gov/Mercury/faq.htm> para obtener información adicional. Los usuarios deben ser conscientes de que la venta de mercurio y / o productos que contienen mercurio en su estado o país puede estar prohibido por la ley. 1.6. Esta norma no pretende abordar todas las inquietudes sobre seguridad, si las hay, así como las con su uso. Es responsabilidad del usuario de esta norma establecer prácticas apropiadas de seguridad y salud y determinar la aplicabilidad de las limitaciones reglamentarias antes de su uso

2. DOCUMENTOS DE REFERENCIA

2.1. Normas ASTM:

D 446. Especificaciones e instrucciones de operación para Viscosímetros cinemáticos de capilares de vidrio.

D 1193. Especificación para el agua de grado reactivo.

D 1217. Método de prueba para determinar la densidad y densidad relativa (gravedadespecífica) de líquidos por Picnómetro de Bingham

D 1480. Método de prueba para determinar la densidad y densidad relativa (gravedadespecífica) de los materiales viscosos por Picnómetro de Bingham

D 1481. Método de prueba para determinar la densidad y densidad relativa (gravedadespecífica) de los materiales viscosos por Picnómetro Bicapillar de Lipkin

D 2162. Práctica para la calibración básica de patrones de viscosímetros y normas de viscosidad del petróleo

D 2170. Método de prueba para la viscosidad cinemática de Asfaltos (betunes)

D 2171. Método de prueba para la viscosidad de Asfaltos por viscosímetro capilar alvacío

D 6071Método de prueba de bajo nivel de sodio en el agua de alta pureza por espectrometría de absorción atómica en horno de grafito

D 6074. Guía para la caracterización bases lubricantes de hidrocarburos de petróleo

D 6617. Práctica para el Laboratorio de Detección de sesgo mediante único resultado de prueba del material normalizado

E 1. Especificaciones de ASTM para termómetros de líquido en vidrio

E 77. Método de prueba para la inspección y verificación de los termómetros
2.2. Normas ISO:

ISO 3104. Productos derivados del petróleo- Líquidos transparentes y opacos - Determinación de la viscosidad cinemática y cálculo de la viscosidad dinámica

ISO 3105. Viscosímetros cinemáticos de capilar de vidrio -Especificación e instrucciones de Operación

ISO 3696. Agua para uso analítico en laboratorio-Especificaciones y métodos de pruebas analíticas

ISO 5725. Exactitud (veracidad y precisión) de los métodos de medición y resultados.

ISO 9000. Gestión de Calidad y Aseguramiento de Calidad-Normas Directrices para la Selección y Uso

ISO 17025. Requisitos Generales para la Competencia de Laboratorios de Ensayo y Calibración
2.3. Normas NIST: NIST Nota Técnica 1297, Guía para la evaluación y expresión de la incertidumbre
NIST GMP 11
NIST publicación especial 819

3. TERMINOLOGÍA

3.1. Definiciones de términos específicos de esta norma:

3.1.1. Viscosímetro automatizado: Aparato que, en parte o en su totalidad, ha mecanizado una o más de las etapas del procedimiento indicado en la Sección 11 o 12 sin cambiar el principio o técnica del manual básico del aparato. Los elementos esenciales del aparato con respecto a las dimensiones,

las características de diseño y funcionamiento son los mismos que los del método manual.

3.1.1.1. Discusión: Los viscosímetros automáticos tienen la capacidad de imitar algunas operaciones del método de prueba mientras reducen o eliminan la necesidad de la intervención o interpretación manual. El aparato que determinar la viscosidad cinemática mediante técnicas físicas que son diferentes a los utilizados en este método de prueba no se consideran viscosímetros automatizados.

3.1.2. Densidad: La masa por unidad de volumen de una sustancia a una temperatura dada.

3.1.3. Viscosidad dinámica: Es la relación entre el esfuerzo cortante aplicado y la velocidad de cizalla de un líquido

3.1.3.1. Discusión- A veces se llama el coeficiente de viscosidad dinámica o viscosidad absoluta. Viscosidad dinámica es una medida de la resistencia al flujo de deformación que constituye la capacidad de un material para transferir impulso en respuesta a la constante o fuerzas de cizallamiento externos que dependen del tiempo. Viscosidad dinámica tiene la dimensión de la masa dividida por la longitud y el tiempo y su SI unidad pascal veces segundo ($\text{Pa} \cdot \text{s}$). Entre el transporte de propiedades de calor, masa y cantidad de movimiento, viscosidad dinámica es la conductividad impulso.

3.1.3.2. Discusión: El término viscosidad dinámica también se puede utilizar en un contexto diferente para indicar una cantidad dependiente de la frecuencia en la que el esfuerzo cortante y la velocidad de cizalla tiene una dependencia sinusoidal con el tiempo.

3.1.4. Viscosidad cinemática: Es la resistencia a fluir de un fluido por gravedad.

3.1.4.1. Discusión: Para el flujo por gravedad bajo una presión hidrostática dada, la presión de un líquido es proporcional a su densidad, ρ .

Para cualquier viscosímetro particular, el tiempo de flujo de un volumen fijo de fluido es directamente proporcional a su viscosidad cinemática, ν , donde $\nu = \eta/\rho$, y η es el coeficiente de viscosidad dinámica.

4. RESÚMEN DEL MÉTODO DE PRUEBA

El tiempo es medido para un volumen fijo de líquido que fluye por gravedad a través del capilar de un viscosímetro calibrado bajo una reproducible impulsión y a una estrechamente controlada y conocida temperatura. La viscosidad cinemática (valor determinado) es el producto del tiempo de flujo medido y la constante de calibración del viscosímetro. Dos determinaciones son necesarias para calcular una viscosidad cinemática resultante que es la media de dos valores aceptables determinados.

5. IMPORTANCIA Y USO.

Muchos de los productos derivados del petróleo, y algunos materiales no derivados del petróleo, se utilizan como lubricantes, y el correcto funcionamiento del equipo depende de la viscosidad adecuada del líquido que se utiliza. Además, la viscosidad de muchos combustibles derivados del petróleo es importante para la estimación de un almacenamiento óptimo, la manipulación, y las condiciones operativas. Así, la determinación precisa de la viscosidad es esencial para muchas especificaciones de los productos.

6. APARATOS

6.1. Viscosímetros: Usar sólo viscosímetros calibrados del tipo capilar de vidrio, capaces de ser utilizados para determinar la viscosidad cinemática dentro de los límites de la precisión indicada en la sección de precisión.6.1.1. Viscosímetros listados en la Tabla A1.1, cuyas especificaciones se ajustan a las indicadas en las Especificaciones D 446 y en las normas ISO 3105 cumplen con estos requisitos. No es la intención de restringir este método de prueba para el uso de sólo los viscosímetros enumerados en la Tabla A1.1. Anexo A1 da más orientación.6.1.2. **Viscosímetro automatizado:** Aparato automatizado que puede ser usado siempre que imiten las condiciones físicas, operaciones o procesos del aparato manual. Cualquier viscosímetro, dispositivo de medición de temperatura, controlador de temperatura, baño de temperatura controlada o dispositivo temporizador incorporado en el aparato automatizado se ajustarán a las especificaciones de estos componentes como se indica en la Sección 6 de este método de prueba. Los tiempos de flujo de menos de 200 s son permitidos, sin embargo, una corrección de la energía cinética se aplicará de acuerdo con el artículo 7 del cálculo de la viscosidad cinemática de las especificaciones D446. La corrección de energía cinética no será superior a 3,0% de la viscosidad medida. El aparato automático será capaz de determinar la viscosidad cinemática de un estándar de viscosidad de referencia certificado dentro de los límites establecidos en el apartado en 9.2.1 y la Sección 17. La precisión será de equivalencia estadística a, o mejor (tiene menor variabilidad) que el aparato manual.

Nota: Precisión y sesgo de las mediciones de viscosidad cinemática de tiempos de flujo de menos de 200 s no han sido determinados. La precisión indicada en la Sección 17 no se sabe que es válido para las mediciones de viscosidad

cinemática contiempos de flujo de menos de 200 s.6.2. Soportes de viscosímetro: Use soportes de viscosímetro para permitir que todos los viscosímetros que tienen el menisco superior directamente encima del menisco inferior se suspendan verticalmente dentro de 1° en todas las direcciones. Estos viscosímetros cuyo menisco superior está desplazado directamente por encima del menisco inferior serán suspendidos verticalmente dentro de $0,3^\circ$ en todas las direcciones (ver especificaciones D 446 y ISO 3105).6.2.1. Los viscosímetros deberán estar montados en el baño de temperatura constante en la misma forma que cuando se calibra y figura en el certificado de calibración. Ver especificaciones D 446, ver Instrucciones de Operación en los anexos A1- A3. Para aquellos viscosímetros que tienen tubo L (ver especificaciones D 446) sostenido verticalmente, la alineación vertical deberá ser confirmada mediante el uso de (1) un soporte garantizado para sostener el tubo L vertical, o (2) un nivel de burbuja montado en una barra diseñada para encajar en tubo L, o (3) una plomada suspendida desde el centro del tubo L, o (4) otros medios internos de apoyo en el baño de temperatura constante.6.3. Baño de Temperatura Controlada: Use un baño de líquido transparente de profundidad suficiente tal que en ningún momento durante la medición del tiempo de flujo, cualquier porción de la muestra en el viscosímetro sea menos de 20 mm por debajo de la superficie del líquido del baño o de menos de 20 mm por encima de la parte inferior del baño.6.3.1. Control de Temperatura: Para cada serie de mediciones de tiempo de flujo, el control de la temperatura del baño del líquido deberá ser tal que dentro del rango de 15 a 100 °C, la temperatura del baño promedio no varíe por más de $\pm 0,02^\circ\text{C}$ de la temperatura seleccionada sobre la longitud del viscosímetro, o entre la posición

de cada viscosímetro, o en la ubicación del termómetro. Para temperaturas fuera de este rango, la desviación de la temperatura deseada no debe exceder de $\pm 0,05$ °C. 6.4. Dispositivo de medición de temperatura en el rango de 0°C a 100 °C: Utilice ya sea termómetros calibrados de líquido en tubo de vidrio (Anexo A2) de una precisión por corrección de $\pm 0,02$ ° C o superior, o cualquier otro dispositivo termométrico de precisión igual o mayor a $\pm 0,02$. 6.4.1. Si los termómetros calibrados de líquido en tubo de vidrio son usados, el uso de dos termómetros se recomienda. Los dos termómetros deben coincidir cerca de $0,04$ °C.

6.4.2. Fuera del rango de 0 a 100 ° C, o bien utilizar termómetros calibrados de líquido en tubo de vidrio de una precisión por corrección de $\pm 0,05$ ° C o superior, o cualquier otro dispositivo termométrico de precisión igual o mejor. Cuando dos dispositivos de medición de temperatura son utilizados en el mismo baño, deben coincidir cerca de $\pm 0,1$ °C. 6.4.3. Cuando se usa termómetros de líquido en vidrio, como los de la Tabla A2.1, utilice un dispositivo de aumento para leer el termómetro con una precisión de división de 1/5 (por ejemplo, 0,01 °C o 0,02 °F) para asegurar que la temperatura de prueba requerida y la temperatura de control sean capaces de coincidir (véase 10,1). Se recomienda que las lecturas del termómetro (y cualquier corrección suministrados en los certificados de calibración de los termómetros) se registrarán en una base periódica para demostrar el cumplimiento de los requisitos de ensayo de métodos. Esta información puede ser muy útil, especialmente cuando se investigan cuestiones o causas relacionadas con las pruebas de precisión y exactitud.

6.5. Dispositivo de cronometraje: Utilizar cualquier dispositivo de cronometraje que sea capaz de tomar las lecturas con una discriminación de

0,1 s o mejor, y tenga una exactitud cerca del $\pm 0,07\%$ (véase el anexo A3) de la lectura cuando se probó en los intervalos mínimo y máximo de los tiempos de flujo esperados. 6.5.1. Los dispositivos eléctricos de cronometraje pueden ser utilizados si la frecuencia actual está controlada con una precisión de 0,05% o mejor. Corrientes alternas, según lo previsto por algunos sistemas de suministro público, son intermitentemente y no continuamente controladas. Cuando se utiliza para accionar dispositivos eléctricos de cronometraje, este control puede producir grandes errores en las mediciones de del tiempo de flujo en la viscosidad cinemática.

7. REACTIVOS Y MATERIALES

7.1. Solución limpiadora de ácido crómico o solución limpiadora ácida fuertemente oxidante sin contenido de cromo (Advertencia: El ácido crómico es un peligro para la salud. Es tóxico, cancerígeno reconocido y muy corrosivo, y potencialmente peligrosos en contacto con materiales orgánicos. Si se usa, usar una máscara facial completa y una ropa protectora de cuerpo entero, incluyendo guantes adecuados. Evite respirar los vapores. Deseche el ácido crómico con cuidado ya que sigue siendo peligroso. Solución limpiadora ácida fuertemente oxidante sin contenido de cromo también es muy corrosivos y potencialmente peligrosa en contacto con materiales orgánicos, pero no contienen cromo, el cual tiene problemas especiales de eliminación.

7.2. Disolvente de muestra: Es completamente miscible con la muestra. Filtrar antes de su uso.

7.2.1. Para la mayoría de las muestras una solución de bencina volátil o nafta es adecuado. Para combustibles residuales, un prelavado con un

disolventearomático tal como tolueno o xileno puede ser necesario para eliminar el material asfáltico.

7.3. Disolvente de secado: Es un disolvente volátil miscible con el disolvente de la muestra (ver 7.2) y agua (ver 7.4). Filtrar antes de su uso. 7.3.1. La acetona es adecuada. (Advertencia: Extremadamente inflamable.) 7.4. Agua: Desionizada o destilada y conforme a la Especificación D1193 o Grado 3 de la norma ISO 3696. Filtrar antes de su uso.

8. NORMAS CERTIFICADAS REFERENTES A LA VISCOSIDAD

8.1. Las normas certificadas referentes a la viscosidad deben ser certificadas por un laboratorio que demuestre cumplir con los requisitos de la norma ISO 17025 por la evaluación independiente. Las normas de viscosidad deben estar conforme con el patrón del procedimiento en el viscosímetro descrito en el Método de Ensayo D2162. 8.2. La incertidumbre de la norma certificada referente a la viscosidad deberá figurar para cada valor certificado ($k = 2$, 95% de confianza). Según la norma ISO 5725 o NIST 1297.