



---

---

**INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL**

---

---

**ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERIA QUÍMICA  
E INDUSTRIAS EXTRACTIVAS**

**TESIS**

**“Evaluación de las propiedades de candelilla y carnauba para su  
aplicación en emulsiones ceras de uso comercial”**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO QUÍMICO INDUSTRIAL**

**P R E S E N T A**

**MOISES MORALES HERNANDEZ**

**ASESOR**

**M. en C. JESUS TORRES CALDERON**

**MÉXICO D.F.**

**Diciembre 2015**



## RECONOCIMIENTOS

Somos simples engranes de un enorme complejo llamado **México**, a pesar de las carencias y problemas que se puedan presentar los mexicanos siempre estaremos orgullosos de nuestra nacionalidad, nuestras costumbres, nuestras tradiciones y nuestra población.

Parte de este gran país es el **Instituto Politécnico Nacional** del que nos hemos cultivado muchos profesionistas y al cual le debemos el conocimiento, disciplina, orgullo y dedicación pues gracias a esta maravillosa institución podemos llegar a lograr todo lo que nos propongamos.

A mí amada **Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas** a la cual siempre recuerdo con mucho cariño por las enseñanzas científicas, empíricas y de vida que me ha otorgado por lo que me comprometo a dar mi mejor esfuerzo por poner su nombre en alto.

**A mis profesores y mentores** que directa e indirectamente han despertado en mí una curiosidad insaciable de conocimiento que siempre procuraré satisfacer y aplicar en la vida profesional.

**A las instalaciones** de mi escuela que nos preparan adecuadamente para enfrentar los retos más desafiantes en un futuro cercano y nos permiten conocer a lo que nos enfrentamos en la industria.

## **AGRADECIMIENTOS**

A mis padres porque les debo a ellos todo lo que soy ahora y llegaré a ser en un futuro, por su cariño y apoyo, sus ejemplos y valores éticos, morales y espirituales; por sus sabidurías y modales, por tantas cosas que no caben en un libro entero, gracias Moisés y Bianney.

A mi hermano Josué porque me inspira a ser un ejemplo para él, a mejorar día con día, a no darme por vencido, por su eterno apoyo y confianza que nunca defraudaré pues aunque a veces no estemos de acuerdo siempre seremos unidos.

A mi familia por ser un apoyo incondicional durante toda mi vida no solamente en la carrera profesional, por sus desvelos cuando tenía proyectos por entregar, por su atenta atención cuando mi salud no fue la mejor, por ser parte de mi vida y muchas veces ser la vida misma les doy las gracias.

A mis compañeros, amigos y amigas que durante este camino que recorrimos juntos los recuerdo con una sonrisa, con una grata experiencia, con una palabra de aliento, con una frase inolvidable y que han legado a convertirse en mis mejores amigos.

A Esmeralda porque soy su inspiración y ejemplo a seguir, es la prueba de que existe el amor verdadero incondicional y que por siempre estaremos juntos.

A mis profesores porque me han compartido parte de su vida y tiempo dedicándose a mi enseñanza en muchos aspectos no sólo educativos sino profesionales, morales, éticos, de trabajo en equipo y de autocrítica. Les debo en gran parte mi criterio científico pues las decisiones que tomamos si son nuestras pero en base a lo que conocemos y aseveramos que es cierto.

No pongo nombres pues con todas personas que intentaría mencionar llenaría ampliamente este espacio y no quisiera omitir a nadie, simplemente les doy las gracias por ser parte de mi vida y compartir sus vidas y experiencias conmigo.

## ÍNDICE

<b>RECONOCIMIENTOS</b>	<b>- 2 -</b>
<b>AGRADECIMIENTOS</b>	<b>- 3 -</b>
<b>ÍNDICE</b>	<b>- 4 -</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>- 5 -</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>- 6 -</b>
<b>CAPITULO I</b>	
<b>Antecedentes</b>	<b>- 7 -</b>
1.1 <i>ORIGEN Y TIPOS DE CERAS</i>	<i>- 8 -</i>
1.2 <i>APLICACIONES DE LAS CERAS</i>	<i>- 17 -</i>
1.3 <i>PRODUCCIÓN MUNDIAL DE CERAS</i>	<i>- 23 -</i>
<b>CAPITULO II</b>	
<b>Propiedades físico-químicas</b>	<b>- 27 -</b>
2.1 <i>APARIENCIA Y COMPOSICIÓN QUÍMICA</i>	<i>- 28 -</i>
2.2 <i>PRINCIPALES PROPIEDADES DE LAS CERAS</i>	<i>- 30 -</i>
<b>CAPITULO III</b>	
<b>Emulsificación de ceras</b>	<b>- 39 -</b>
3.1 <i>DEFINICIÓN DE EMULSIÓN</i>	<i>- 40 -</i>
3.2 <i>TIPOS DE EMULSIONES Y EMULSIFICANTES DE CERAS</i>	<i>- 42 -</i>
3.3 <i>TÉCNICAS DE EMULSIFICACIÓN</i>	<i>- 47 -</i>
3.4 <i>FACTORES CRÍTICOS QUE AFECTAN LA ESTABILIDAD DE LAS EMULSIONES</i>	<i>- 54 -</i>
3.5 <i>EQUIPO DE PROCESO DE FABRICACIÓN DE EMULSIONES</i>	<i>- 56 -</i>
<b>CAPITULO IV</b>	
<b>Pruebas de aplicación de 3 tipos de ceras de uso doméstico.</b>	<b>- 59 -</b>
4.1 <i>CERAS PARA AUTOMÓVIL.</i>	<i>- 60 -</i>
4.2 <i>CERAS PARA CALZADO.</i>	<i>- 65 -</i>
4.3 <i>CERAS PARA MUEBLES.</i>	<i>- 68 -</i>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>- 71 -</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>- 72 -</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>- 73 -</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	<b>- 83 -</b>
<b>INDICE DE TABLAS Y GRÁFICAS.</b>	<b>- 86 -</b>

## **RESUMEN**

En el estudio de las ceras nos encontramos con gran variedad de información, sin embargo no existe como tal un estudio completo desde su origen hasta su aplicación comercial que nos lleve secuencial y detalladamente al producto final. Este trabajo tiene como propósito sentar las bases para realizar investigaciones o aportaciones en materia de productos céreos o derivados de los mismos.

También se busca establecer las bases, mediante comparaciones de las propiedades físico-químicas, para la creación de nuevas formulaciones o mercados en la industria química.

El primer capítulo explica ampliamente la obtención de las ceras más importantes así como la diversidad de productos céreos obtenidos de la naturaleza o en el laboratorio, también una breve información acerca de su valor comercial y los países que lideran el mercado de las ceras.

En el segundo capítulo nos adentramos en la composición química y las características que estas deben tener para ser consideradas en este vasto grupo, conoceremos cuales son las propiedades de mayor importancia para ser considerados en la manufactura de productos cosméticos, farmacéuticos, de hogar e higiene entre otros.

En el tercer capítulo conoceremos la emulsificación que es el proceso mediante el cual se incorporan las ceras con otros ingredientes a fin de crear un producto con mejores características, el producto depende del método empleado en su elaboración, hay factores que cuidar como en todos los procesos industriales los cuales en el caso de las ceras son la temperatura, agitación, formulación, por mencionar los más importantes.

En el cuarto capítulo nos enfocamos en pruebas de aplicación con el objetivo de comparar los productos disponibles en el mercado con su composición, aspecto y formulación. En muchos casos las pruebas de aplicación no están especificadas o concretadas y para efectuar un correcto análisis es necesario tener un control del procedimiento para su correcta ejecución.

Finalmente al haber realizado todas las observaciones, investigado la información necesaria y formar una opinión con bases sustentadas; podemos hacer una determinación de los puntos específicos acerca de las ceras, su análisis, su producción, sus aplicaciones, su panorama económico y su importancia en general, todo eso será presentado en el último capítulo a manera de conclusión.

## **INTRODUCCIÓN**

El término cera se aplica generalmente a todos los productos de tipo céreo que se presentan en la naturaleza, así como productos sintéticos de naturaleza cerosa, se basan en sus propiedades físicas: resistencia al agua y al vapor de agua, resistencia a la tracción, ductilidad, brillo, dureza, capacidad emulsiva, retención de disolventes, maleabilidad e intervalo de fusión.

Las clases más importantes de ceras son las vegetales, las de origen animal, las minerales y las parafinas. Estas tienen una gama amplia de aplicación en las industrias químicas, sin embargo sus usos en mayor cantidad son para el recubrimiento de papel, en la fabricación de bujías, en ceras de lustrar y betunes, como aislamiento y recubrimiento eléctrico, en la elaboración del papel carbón, en industrias textiles y artículos de limpieza en general.

Las ceras han alcanzado una situación importante como materias primas industriales. La industria del petróleo es el proveedor principal con una producción del 94% de consumo norteamericano y 60% del valor comercial. Aunque las parafinas tienen un bajo costo en el mercado, las ceras micro cristalinas alcanzan valores altos en el mercado debido a su campo de aplicación y propiedades que poseen.

La emulsificación es el proceso mediante el cual la cera y otros ingredientes se incorporan, ya que no son completamente miscibles tiene cierta dificultad y hay parámetros que cuidar y especificar para obtener el producto deseado.

Las emulsiones se formulan de acuerdo a la necesidad del cliente, se hace una mezcla de una gran variedad de productos entre los cuales se encuentran solventes, emulsificantes, álcalis, silicones y/o acrílicos, y por supuesto la cera que es la que dará el brillo si eso se requiere, en ese aspecto se escoge cuidadosamente y la más consumida es la cera de carnauba y candelilla, sin embargo, las ceras polietilénicas y micro cristalinas también compiten en la composición de ceras para pisos.

El tipo de emulsificante define el tipo de emulsión que se va a formular así como el proceso adecuado para sus componentes, algunos más complejos y menos económicos que otros pero siempre cuidando los parámetros críticos de una buena emulsión de cera.

Las propiedades de los componentes de una emulsión influyen mucho en la obtención de una mezcla de buena calidad, también cabe aclarar que la cera que se debe seleccionar va en función del producto que se desea elaborar.

La información sobre pruebas de aplicación si bien no es clasificada, es escasa pues cada quién tiene sus métodos y pruebas para conocer la eficiencia de su producto.

# **CAPITULO I**

## **Antecedentes**

## 1.1 ORIGEN Y TIPOS DE CERAS

Las ceras son ésteres de ácidos carboxílicos y alcoholes de cadena larga, son compuestos sólidos que se ablandan y funden a temperaturas bajas, solubles en compuestos poco polares e insolubles en agua. Entre sus principales propiedades podemos encontrar su resistencia al agua en estado líquido y vapor, resistencia a la tracción, ductilidad, brillo, dureza, capacidad emulsiva, retención de solventes, maleabilidad e intervalo de fusión bajo.



Fig. 1 Cera de abeja

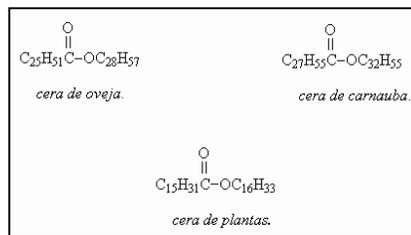


Fig. 2 Estructura química de algunas ceras

Se diferencian de las grasas porque tienen mayor dureza y fragilidad además de tener una menor untuosidad, las ceras de los lípidos contienen ésteres, hidrocarburos saturados, ácidos y alcoholes de peso molecular más alto que las grasas; se diferencian de las parafinas porque estas son mezclas de hidrocarburos de altos pesos moleculares.

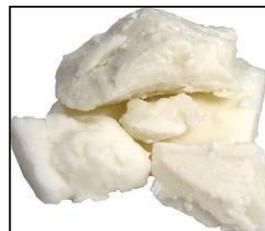


Fig. 3 y 4. Ejemplos de aceites y grasas

Las parafinas se constituyen esencialmente por alcanos lineales con una proporción muy baja de iso-alcanos y ciclo alcanos. Sus puntos de fusión están comprendidos entre los 30°C y 70°C con un peso molecular promedio del orden de 350 y suelen presentar compuestos aromáticos a nivel de trazas.



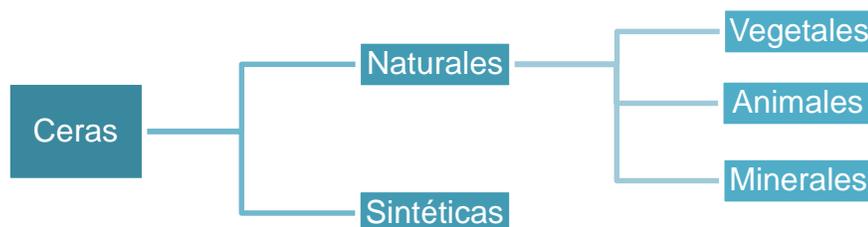
Fig. 4 Parafinas usadas para la elaboración de velas.

Tabla 1. Diferencias entre ceras, grasas, aceites y parafinas.

	Ceras	Grasas	Aceites	Parafinas
Origen	Se extraen de la naturaleza y sintéticas.	Se extraen de la naturaleza.	Se extraen de la naturaleza.	De la refinación del petróleo.
Composición	Ésteres de ácidos grasos y alcoholes de alto peso molecular.	Ésteres de ácidos grasos, mono, di, triglicéridos.	Ácidos grasos y triglicéridos saturados e insaturados.	Alcanos de alto peso molecular $C_{20}-C_{40}$ .
Características principales	Mayor dureza y fragilidad.	Sólidas a temperatura ambiente	Líquidas a temperatura ambiente	Sólidas, son residuos de destilados ligeros y medianos del petróleo
Aplicaciones	Lustres, cosméticos, productos de limpieza entre otros.	Productos de limpieza, industria cosmética, farmacéutica, etc.	Industria cosmética, limpieza y hogar, etc.	Velas y consumo industrial.

### Clasificación de ceras

Son compuestos encontrados en la naturaleza que cumplen con funciones específicas o pueden fabricarse en un laboratorio a partir de la refinación del petróleo. Las ceras se pueden clasificar por su propósito en la industria como:



### Ceras vegetales

Estas se presentan en las plantas principalmente como recubrimiento de hojas y tallos, en ciertas bayas y hierbas; algunas de las ceras más raras aparecen sobre flores, raíces y frutos. La mayor parte de las plantas de las cuales se obtienen estas ceras crecen silvestres en diferentes partes del mundo.

Las plantas que producen mayor cantidad de cera en relación con su peso se encuentran en los climas cálidos o tropicales, particularmente en regiones áridas; en estos puntos la cera actúa como protección para impedir la evaporación de la humedad.

## Cera de Carnauba

Esta cera se obtiene de las hojas de la *Copernicia cerífera*, palmera que crece en diversas partes del mundo, pero que sólo produce cera en cinco o seis estados de la parte noreste semiárida del Brasil.



*Fig. 6. Palma de carnauba.*

Su alto punto de fusión, su dureza, su capacidad para dar un lustre de gran calidad y duración, así como su compatibilidad en las mezclas hacen de la carnauba la cera más importante del grupo vegetal.

La palma silvestre de carnauba crece aproximadamente 15 m de altura, forma escamas de cera en sus hojas en forma de abanico, que miden aproximadamente 2 m de longitud.

La cera forma una película continua sobre las hojas para conservar la humedad durante la estación seca de junio a diciembre. La recolección de la cera se efectúa por lo general de octubre a febrero por obreros que cortan hojas con largos cuchillos en forma de hoz.



*Fig. 7 y 8. Recolección de palma de carnauba.*

Un hombre corta de 3000 a 5000 hojas por jornada de trabajo. Una vez que se han cortado las grandes hojas, se transportan cuidadosamente a una terraza central para secarlas en el campo.



*Fig. 9 y 10. Secado y triturado de la hoja de carnauba.*

Las hojas se quebrantan primero haciéndolas pasar por unas cuchillas en forma de sierra que apartan las venas que contienen la cera y abren el tejido de la hoja. Después se golpean contra caballetes para separar el polvillo de cera.



*Fig. 11, 12, 13 y 14. Proceso de obtención de la cera de carnauba.*

A continuación se funde el polvo de cera y se filtra a través de una prensa de bloque con tornillo sin fin operada a mano; el residuo se denomina “borra”. Una vez que la cera se solidifica, se rompe en terrones y es transportada a la costa para su exportación.



*Fig. 15 Fundición de cera de carnauba.*

La cera de carnauba se clasifica por su grado de refinación, dado que esto le da valor agregado al producto es una clasificación que se ha adoptado en las industrias de las ceras, a continuación se muestra una tabla con los diferentes tipos de cera carnauba y sus características:

Tabla 3. Tipos de cera de carnauba y sus propiedades.

Por su grado de pureza se clasifica en los tipos 1, 2, 2A, 3, 4 y 5; siendo los de mejor calidad el tipo 1 y 2.

Propiedades	Cera de Carnauba Cruda		
	Tipos 1, 2 y 2A	Tipos 3 y 4	Tipo 5
Punto de fusión	83°C	82.5°C	82.5°C
Punto de inflamabilidad	310°C	299°C	299°C
Materia volátil	2%	1.50%	6%
Impurezas insolubles	1-2%	2-4%	1.5-4%
Índice de acidez	6	10	10
Índice de saponificación	78-88	78-88	78-88
Hidrocarburos parafínicos	2%	2%	2%
Materia resinosa soluble en acetona a 50°C	5%	3.50%	3.5%
Solubilidad en benceno a 25°C	8%	8%	8%

Tabla 2. Composición aproximada de la cera de carnauba.

Es una composición lo más aproximada posible de la carnauba tipo 1 o también llamada cera cruda de carnauba.

Ésteres alquílicos de ácidos de ceras . . . . .	84-85
Ésteres simples de ácidos normales . . . . .	8-9
Araquidato cerílico, $C_{19}H_{39}COOC_{26}H_{53}$ (p.f. 74° C.) y behenato miricílico, $C_{21}H_{43}COOC_{26}H_{53}$ (p.f. 80° C.) . . . . .	1.5
Lignocerato montanílico, $C_{23}H_{47}COOC_{28}H_{57}$ (p.f. 81° C.), lignocerato miricílico, $C_{23}H_{47}COOC_{30}H_{61}$ (p.f. 83° C.) y lignocerato laquerílico, $C_{23}H_{47}COOC_{32}H_{65}$ (p.f. 87° C.) . . . . .	4
Cerotato laquerílico, $C_{25}H_{51}COOC_{32}H_{65}$ (p.f. 87.5° C.) . . . . .	1
Lignocerato gedílico, $C_{23}H_{47}COOC_{34}H_{69}$ (p.f. 88° C.), montanato gedílico, $C_{27}H_{55}COOC_{34}H_{69}$ (p.f. 91.5° C.) y melisato gedílico, $C_{29}H_{59}COOC_{34}H_{69}$ (p.f. 94° C.) . . . . .	1.5
Ésteres ácidos (ácidos $C_{18}-C_{20}$ ) . . . . .	8-9
Diésteres . . . . .	19-21
Ésteres de ácidos hidroxilados . . . . .	50-53
Saturados . . . . .	36-38
$\omega$ -Hidroxicerotato cerílico, $HOCH_2(CH_2)_{24}COOC_{26}H_{53}$	
$\omega$ -Hidroxicarnaubato cerílico, $HOCH_2(CH_2)_{20}CH(CH_3)COOC_{26}H_{53}$	
Hidroxilignocerato miricílico, $C_{23}H_{46}(OH)COOC_{30}H_{61}$	
No saturados (índice de yodo: 5.3-5.5) . . . . .	14-16
Ácidos libres . . . . .	<3
Ácido carnáubico, $CH_3(CH_2)_{20}CH(CH_3)COOH(?)$ (p.f. 72-73.5° C.)	
Ácido cerótico, $CH_3(CH_2)_{24}COOH$ (p.f. 87.7° C.)	
Lactidas . . . . .	2-3
Lactona (dímera) (p.f. 103.5° C.) del ácido $\omega$ -hidroximedúlico, $HOCH_2(CH_2)_{19}COOH$	
Alcoholes polihídricos y epoxialcoholes libres . . . . .	2-3
Pentacosileno-glicol, $C_{23}H_{46}(CH_2OH)_2$ (actualmente considerado como una mezcla de los glicoles $C_{23}$ , $C_{25}$ y $C_{27}$ ), p.f. 103.6° C.	
Epoxialcohol derivado del alcohol carnaubenílico no saturado.	
$CH_3(CH_2)_{18}CH(CH_2OH)CH_2CH_2CH_3$ (p.f. 39° C.)	
Resinas (solubles en alcohol) . . . . .	4-6
Hidrocarburos . . . . .	1.5- <6
n-Heptacosano (p.f. 59.5° C.), n-nonacosano (p.f. 63.5° C. y n-entriacontano (p.f. 68° C.)	
Humedad y materia mineral . . . . .	0.5-1

## Cera de Candelilla

De las ceras obtenidas de los tallos, hojas o frutos de plantas pequeñas, la más importante en México es la cera de candelilla. Su fuente es una hierba que pertenece a la familia de las euforbiáceas, silvestre en las regiones secas del norte de México y del sur de Texas.



*Fig. 16. Planta de Candelilla (Euphorbia antisyphilitica).*

La colecta de la candelilla para la extracción de cera natural es tan intensa que ha representado desde hace mucho tiempo una de las principales actividades económicas para los habitantes de las zonas desérticas del norte de México.

La candelilla está constituida por numerosos tallos cilíndricos, esbeltos cuya altura varía entre 60 y 150 cm., cubiertos de una cera pulverulenta que da a la palma el color verde azulado.

Las plantas se arrancan a mano o se cortan a la altura del suelo y se transportan para la posterior extracción de la cera. Se introducen en tanques y se hierven con agua acidulada con ácido sulfúrico.

Las plantas quedan sumergidas y la cera fundida que flota se traslada a otros tanques forrados de plomo. En estos tanques se conserva para eliminar el agua y se deja sedimentar para separar la suciedad.



*Fig. 17 y 18 Extracción de cera de candelilla.*

El rendimiento de cera clarificada es aproximadamente de 1.5 a 3 % del peso de la planta secada al aire. Es posible extraer la cera de la planta con disolventes, pero la economía de esta técnica con objeto de proceso resulta dudosa.

La alta demanda de la cera de la candelilla ha derivado en una sobreexplotación de la especie que dificulta hoy en día su preservación sin embargo por sus propiedades únicas es un recurso natural preciado en la región e incluso exportado a la unión americana.

*Tabla 4. Composición de cera de candelilla*

% Peso	Cruda	Refinada
<i>Hidrocarburos</i>	46	57
<i>Alcoholes libres</i>	13	14
<i>Ácidos libres</i>	7	7
<i>Ésteres libres</i>	2	21
<i>Ésteres hidroxilados</i>	8	8
<i>Ésteres ácidos</i>	10	0
<i>Di ésteres</i>	9	0

**Cera uricuri**, es similar a la de la carnauba con la diferencia de que es menos costosa, de origen brasileño de igual forma se obtiene de las hojas de la palma se funde y se cuele, sin embargo por su baja calidad por su alto contenido de impurezas le impide ser un recurso indispensable o importante en el ramo céreo, sus usos son similares a la de la carnauba y en su mayoría como sustituto de la misma.

**Cera de palma**, conocida como cera de Cerxilon, se obtiene de una palmera originaria de los Andes colombianos. La cera cubre el tronco de la palma como un recubrimiento blanco brillante. Esta cera tiene mala reputación debido a que los comerciantes la adulteraban con parafina utilizada como sustituto de la cera de carnauba.

**Cera de caña de azúcar**, una cera de importancia potencial ya que su producción es notable por ser residuo de la industria azucarera. Su uso es similar al de la carnauba en emulsiones, como dispersante de pigmentos y elaboración de papel carbón.

**Cera de Japón**, obtenida de un árbol originario de Japón y China. La cera se presenta entre el epicarpio y el grano de la baya, se obtiene por proceso de fusión con vapor y sus aplicaciones van desde el lustre de calzado, vulcanización de caucho hasta acabados textiles.

## **Ceras animales**

Entre las principales o de mayor importancia se encuentra la cera de abeja, que se remonta hasta los antiguos egipcios, comercialmente hablando es la más importante de todas las ceras animales.

La cera en escamas es una secreción digestiva formada por el estómago de la abeja obrera a partir de miel y de polen de flores y que se segrega por ocho glándulas situadas en la parte inferior del abdomen de la abeja.

La escama es arrancada por otra abeja obrera, masticada y depositada en la celdilla de un panal. Por cada kilo de cera es necesario hasta 8 kilos de la miel que producen. Su uso principal se encuentra en la industria cosmética, cirios y velas así como en la fabricación de lustres y moldeo de maquetas.



*Fig. 19 Cera de abeja.*

**El aceite o esperma de ballena**, se obtiene de la grasa subcutánea y de la contenida en la cavidad craneal del cachalote, el aceite se encuentra mezclado con el esperma de la misma el cual se obtiene principalmente de la cavidad craneana que contiene 2000 litros de la mezcla. Su uso principal es como lubricante especializado, cosméticos y alcohol cetílico.

## **Ceras Minerales**

Cera de lignitos, es una cera bituminosa que se presenta en los lignitos de los cuales se pueden extraer fácilmente también llamada *cera montana*. El carbón se granula, se seca y se trata con disolventes para separar la cera, la cera cruda se somete luego a la refinación para obtener un producto aceptable para el mercado.

Su refinación consiste en la destilación al vacío por medio de arrastre de vapor, un segundo proceso la cera se desresinifica con un disolvente y después se trata con ácido crómico para su oxidación, posteriormente se esterifica con glicoles alifáticos. El uso de estas ceras es relevante en la industria de ceras para lustre de calzado, papel carbón, aislamiento eléctrico, acabado de cueros, tintas y grasas.



*Fig. 20. Lignito bituminoso.*

**La ozoquerita** es una cera obtenida de los hidrocarburos que se beneficia principalmente en el este de Europa extrayéndola de las vetas de esquistos ceríferos que por lo general se presentan en la superficie de la tierra.

La cera pura se purifica por tratamiento con ácido sulfúrico y filtración con arcilla, esta cera debe su extenso uso a su afinidad y compatibilidad con muchas sustancias o capacidad de absorción de disolventes.



*Fig. 21. Ceresina es el nombre que se le da a la ozoquerita refinada.*

### **Ceras sintéticas**

La aparición de las ceras sintéticas recientemente es un desarrollo de gran importancia ya que poseen características y propiedades similares a las de las ceras naturales. La esterificación de ácidos grasos y alcoholes de peso molecular alto nunca ha sido comercialmente factible por su elevado costo y falta de disponibilidad comercial de las materias primas.

De los ésteres producidos que se asemejan a las ceras en las propiedades físicas son principalmente ésteres de alcoholes poli hídricos. La esterificación del etilenglicol, di etilenglicol y sorbitol con ácido esteárico da productos cerosos de elevado peso molecular.

La oxidación de parafinas micro cristalinas es un proceso utilizado para formar un producto emulsionante para sustituir y diluir la carnauba en ceras para lustrar muebles, zapatos, pisos, etc.



Fig. 22. Cera micro cristalina.

## 1.2 APLICACIONES DE LAS CERAS

### ***Betunes para Calzado***

Por sus propiedades físicas y químicas distintivas, la cera es una materia prima esencial en la elaboración de betunes para calzado, esta realiza dos funciones primordiales en esta aplicación:

- *Conservar en buen estado la piel del calzado.*
- *Dar brillo a la piel del calzado.*

Los primeros betunes para calzado, elaborados en forma de pasta con ceras naturales, aparecieron a finales del siglo XVIII. En la actualidad, para la formulación de estos productos pueden utilizarse ceras naturales, tales como candelilla y carnauba, ceras del petróleo, ceras minerales y ceras sintéticas.

*Betunes sólidos:* Las ceras utilizadas en este caso son normalmente duras y se combinan con solventes y con otras cargas sólidas, para obtener un betún de firme consistencia, el cual permite preservar la piel del calzado y proporcione un excelente brillo.

*Betunes cremosos:* Están emulsionados de manera que tengan una apariencia cremosa y normalmente incluyen aditivos de silicones en su composición. Dan un acabado tan profesional como los betunes sólidos, pero presentan una mayor facilidad de aplicación por su consistencia y presentación.

*Betunes líquidos:* Para este tipo de betunes se utilizan ceras emulsionadas en agua, mezclándolas apropiadamente con emulsionantes iónicos y no iónicos. Los betunes líquidos presentan características esenciales de preservación de la piel y dan un excelente brillo al calzado, además de mostrar una inherente facilidad de aplicación por su naturaleza líquida.



*Fig. 23. Betunes para calzado.*

### **Pulimentos para Pisos.**

La aplicación de ceras para la preservación de pisos de madera data de varios siglos atrás. En el caso de los pisos modernos, cubiertos con materiales flexibles como hules y plásticos, así como con fibras interiores que sirven como amortiguadores, la aplicación de ceras retarda la penetración del aire y la humedad, incrementando así la vida de los materiales y previniendo el deterioro de la superficie por abrasión y raspaduras.

Los estándares actuales de limpieza exigen mezclar las ceras con emulsiones acrílicas, para la formación de mezclas que protejan y acondicionen la superficie de los pisos.



*Fig. 24. Ceras para pisos.*

### **Adhesivos**

Las ceras juegan un papel preponderante en la producción, procesamiento y desempeño de los adhesivos termo-fundentes. Los productos elaborados específicamente para esta aplicación son de naturaleza cristalina y sus propiedades permiten disminuir la viscosidad del adhesivo y controlar con precisión el tiempo abierto, la flexibilidad y la elongación.

La cera más apropiada se selecciona en función de la compatibilidad con las resinas y polímeros que se van a utilizar en la formulación, así como en función de las características finales que requiere el adhesivo a fabricar. Las ceras constituyen hasta un 70% del total de la formulación de adhesivos termo-fundentes, dependiendo básicamente de la forma de aplicación y de las propiedades que se requieren en el adhesivo.



*Fig. 25. Aplicación de un adhesivo termo-fundente.*

## **Plásticos**

Los lubricantes se utilizan en los procesos de transformación de plásticos como inyección, extrusión, soplado y otros. Sus funciones comprenden el minimizar el calor generado en el polímero por fricción con el husillo, reducir la viscosidad y evitar la adhesión de la masa fundida con el husillo.



*Fig. 26 Cera parafínica en tablillas.*



*Fig. 27 Cera polietilénica en polvo.*

## **Goma base**

La sustancia conocida como “goma base” es un compuesto constituido por elastómeros, resinas y ceras, al cual se le pueden agregar otros materiales para la producción de goma de mascar.

Generalmente, las ceras empleadas para formular goma base son duras y de alto punto de fusión. Es muy común encontrar ceras micro cristalinas en este tipo de formulaciones así como cera natural de Candelilla.

## **Agricultura**

En este sentido, los productos de cera cumplen con la función de retardar la maduración y el envejecimiento de frutas y hortalizas, manteniendo una atmósfera controlada en la superficie exterior, que permita la protección del producto ante las condiciones ambientales de transporte y almacenamiento.

En particular, las emulsiones de cera permiten asegurar una impregnación y un depósito uniformes de la cera en la superficie de las frutas y hortalizas, retardando de manera muy eficiente su deshidratación, la transferencia de gases (oxígeno, dióxido de carbono), la migración de aceites y el transporte de solutos.



*Fig. 28 Variedad de frutas en el mercado.*

## **Anticorrosivos**

Las ceras funcionan como una excelente barrera contra la humedad, por lo que son muy efectivas en los sistemas de protección contra la corrosión. Para el desarrollo de propiedades específicas, pueden ser utilizadas en formulaciones con compuestos bituminosos, aceites base y otros inhibidores de la oxidación.



*Fig. 29. Aplicación de recubrimientos anticorrosivos.*

## Industria electrónica eléctrica

En este sector industrial las ceras se utilizan para tres propósitos fundamentales, para el recubrimiento de cables y superficies planas o irregulares, como aglomerante de otros materiales tales como papel, madera, asbesto, que permitan mejorar las propiedades del aislamiento y en la manufactura de capacitores.



*Fig. 30 y 31. Aplicaciones de cera electrónica.*

## Cosméticos

Gracias a sus propiedades únicas de protección, brillo y consistencia, las ceras son productos esenciales para la manufactura de cosméticos, tales como cremas para la piel (humectantes, limpiadoras, rejuvenecedoras y protectoras), lápices y protectores labiales, máscaras para pestañas, maquillajes y productos para el cuidado del cabello, entre otros.



*Fig. 32 y 33 Aplicación de ceras en la industria cosmética*

## Farmacéutica

Los petrolatos resultan de la combinación de aceites con ceras micro cristalinas y con parafinas, con las cuales se forma un producto de consistencia plástica, translúcido y amorfo que mejora sus propiedades de aplicación y suavidad.



*Fig. 34 Pomadas y Ungüentos*

## Papel

Las ceras mejoran las propiedades y características del papel en su función de empaque, confiriendo estructura, sello y protección, elementos que se vuelven críticos cuando el producto se expone a medios húmedos o a condiciones de congelación.

La cera modifica la estructura del papel, permitiendo mejorar las siguientes propiedades:

- Resistencia a la humedad y grasas.
- Capacidad como sellador o aislante.
- Peso de la estructura.
- Brillo.
- Capacidad de deslizamiento.
- Características adhesivas.

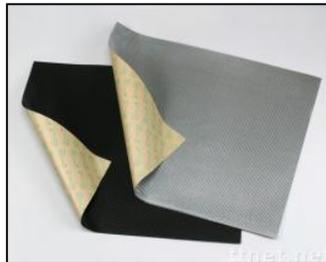


*Fig. 35 Papel grado alimenticio.*

## Papel Carbón

Las tintas que se utilizan en la fabricación de papel carbón se formulan con una base que incluye tres ingredientes principales: Ceras, aceites y pigmentos.

Una de las funciones principales que cumplen las ceras es la de actuar como vehículo para transportar el color y evitar la absorción completa de la tinta en la superficie interna del papel. En formulaciones típicas de tintas para papel carbón, las ceras pueden llegar a representar hasta un 40 % del total de la formulación.



*Fig. 36 Hojas de papel carbón*

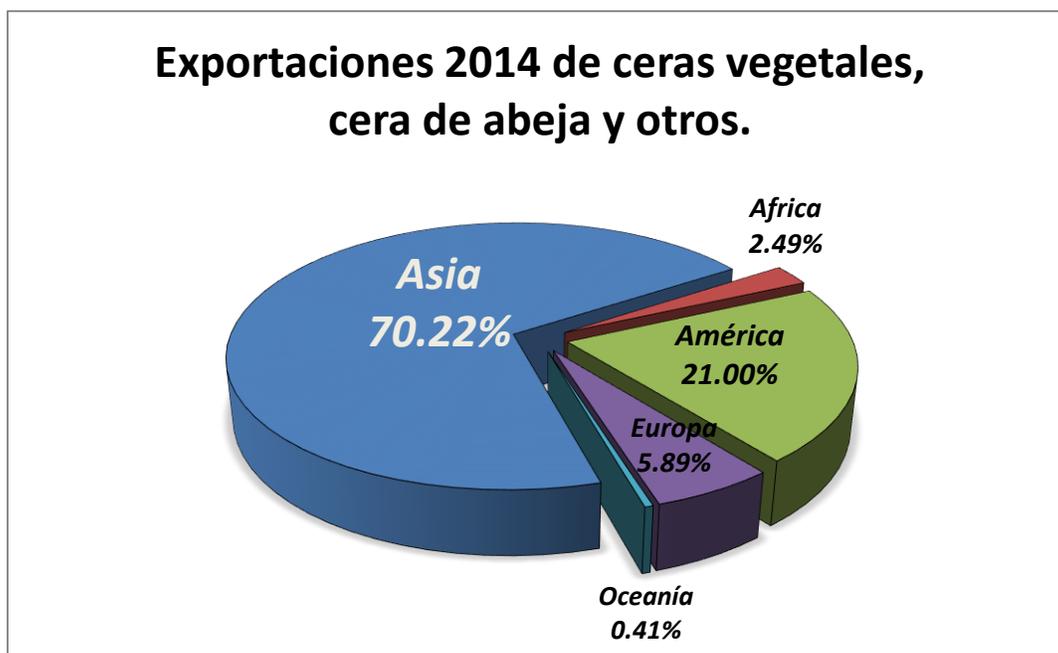
### 1.3 PRODUCCIÓN MUNDIAL DE CERAS

Las ceras tienen un papel importante económicamente hablando, es importante saber que las ceras a pesar de ser extraídas en grandes volúmenes poseen propiedades y calidades que las diferencian en el aspecto de valor monetario.

Como se muestra en las siguientes gráficas a pesar de producir grandes cantidades de ceras naturales y de abeja, la de mayor poder adquisitivo es la cera de carnauba de Brasil.

Tabla 5. Exportaciones por continente ceras vegetales, de abeja y otros.

<i>Exportaciones 2014 de ceras vegetales, cera de abeja y otros.</i>	
Región geográfica	Exportaciones anuales (Ton.)
Asia	79,671
África	2,822
América	23,832
Europa	6,679
Oceanía	461
TOTAL	113,465



Gráfica 1. Exportaciones de ceras naturales, de abeja y otros.

Tabla 6. Importaciones por continente de ceras vegetales, de abeja y otros.

<i>Importaciones 2014 de ceras vegetales, cera de abeja y otros.</i>	
Región geográfica	Importaciones anuales (Ton.)
Asia	18,674
África	8,393
América	19,282
Europa	42,214
Oceanía	2,340
TOTAL	90,903

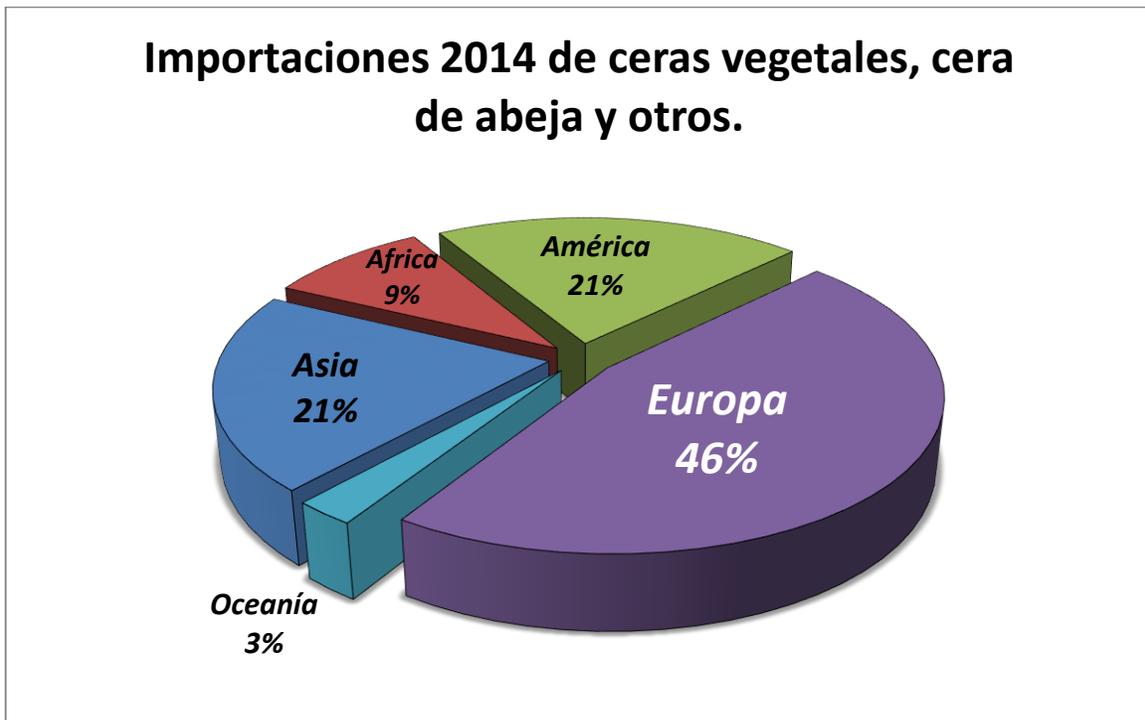
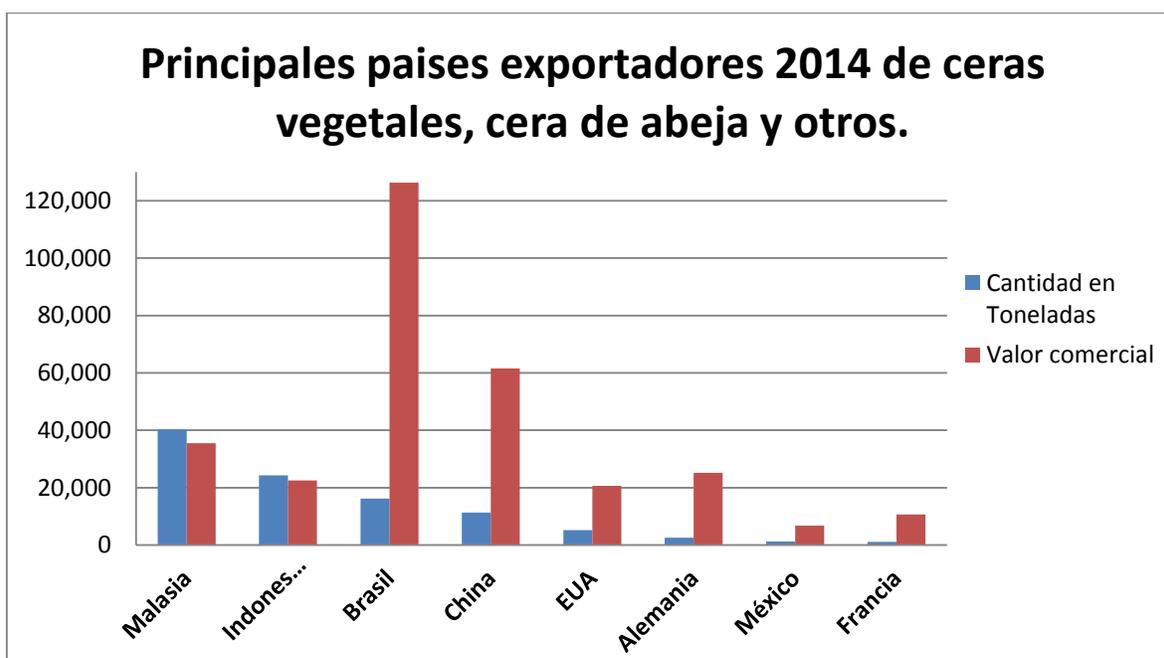


Gráfico 2. Importaciones de ceras por continente

Como podemos apreciar en los gráficos los países europeos necesitan de las ceras y los principales productores son Asia y América a pesar de ser una producción baja su valor comercial es alto como veremos en los siguientes gráficos.

Tabla 7. Principales países exportadores de ceras.

Exportadores de ceras vegetales, cera de abeja y otros 2014		
País	Exportaciones anuales (Ton).	Valor de dólares.
Malasia	40,298	35,486
Indonesia	24,298	22,465
Brasil	16,168	126,242
China	11,271	61,586
EUA	5,247	20,612
Alemania	2,561	25,168
México	1,187	6,801
Francia	1,116	10,670



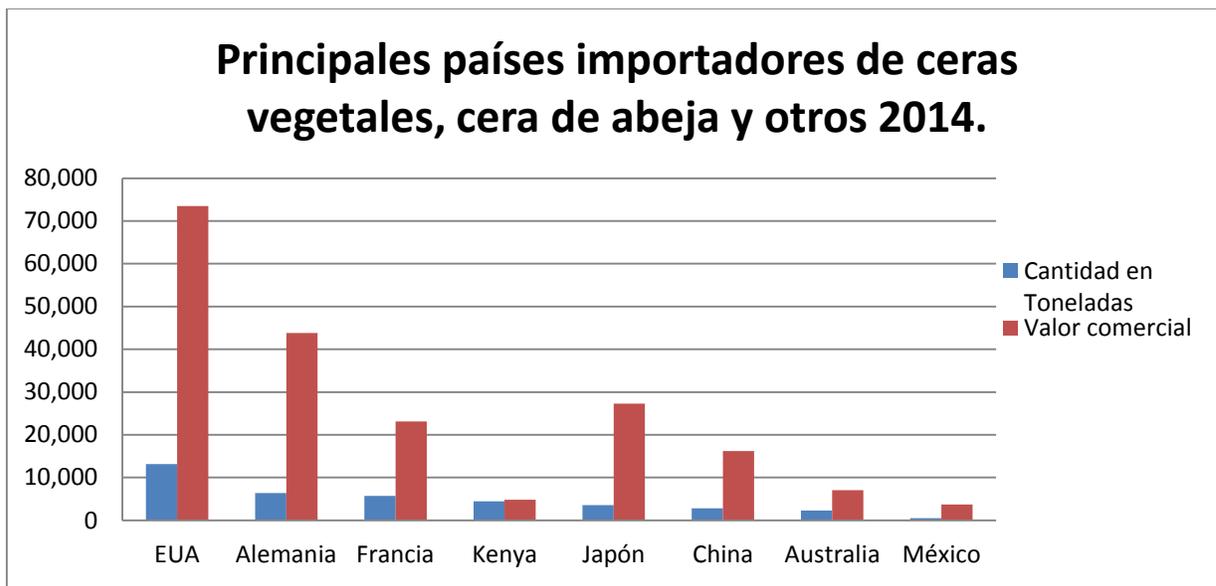
Gráfica 3. Comparación cantidad-valor comercial de los principales países exportadores de ceras en el mundo.

Como podemos apreciar en los gráficos existen varios países que producen determinada cantidad de ceras pero no por eso son las más valiosas, pues la calidad y características de la materia prima es lo que fija el verdadero valor de la misma.

Podemos comparar a Brasil y Malasia, la enorme cantidad de producción de cera del país asiático no compensa el valor que tienen las ceras sudamericanas pues el valor de la cera de carnauba es bien apreciado en todo el mundo.

Tabla 8. Tabla de los principales países importadores de ceras en el mundo.

Países importadores de ceras vegetales, cera de abeja y otros 2014		
País	Cantidades anuales (Ton).	Valor en miles de dólares.
EUA	13,184	73,458
Alemania	6,347	43,834
Francia	5,692	23,126
Kenia	4,479	4,788
Japón	3,542	27,267
China	2,806	16,229
Australia	2,273	7,024
México	530	3,704



Gráfica 4. Comparación entre cantidad-valor comercial de los principales países importadores de ceras.

Por otra parte, al revisar las importaciones encontramos a un país que como Estados Unidos de América que compra materia prima como ceras naturales y otras que convierte en productos con un valor agregado, entre éstas podemos mencionar a SC Johnson una cadena transnacional de productos de limpieza y cuidado del hogar que sigue diversificándose.

Cabe mencionar que las ceras micro cristalinas obtenidas a partir de la destilación del petróleo superan en gran medida a las naturales principalmente por su durabilidad debido a que las ceras naturales se degradan con mayor facilidad.

# **CAPITULO II**

## **Propiedades físico-químicas**

## 2.1 APARIENCIA Y COMPOSICIÓN QUÍMICA

La mayoría de las ceras son obtenidas de la naturaleza y sus propiedades físicas y químicas varían en amplios rangos, se diferencian en la calidad y el proceso de extracción

Tabla 9. Principales ceras naturales.

Cera	Fuente	Lugar de origen	Aspecto general	Calidad comercial
De abejas	<i>Apis mellifica</i> , <i>Ghedda</i> , <i>melipona</i> .	Todo el mundo.	De amarillo claro a verdoso oscuro.	Cruda amarilla o refinada blanqueada.
De China	<i>Cocus ceriferus</i> .	China occidental.	Blanca y opaca.	Cruda y refinada.
Esperma de ballena	<i>Physeter macrocephalus</i> .	-	Amarilla, blanca y cristalina.	Técnica.
De lignito	<i>Lignito</i> .	Alemania y California.	Parda, oscura, negra pardusca.	Cruda, refinada y destilada.
Ozoquerita	<i>Lignito</i> .	Galitzia, islas Cheleken, Utah, Austria, Egipto, Serbia.	Amarilla, parda oscura, ámbar oscuro.	Cruda, amarilla, natural, blanca, purificada (ceresina).
Candelilla	<i>Pedilanthus pavonis</i> .	México y sudoeste de Texas.	Parda oscura a verdosa.	Técnica, refinada y blanqueada.
Carnauba	<i>Copernicia cerifera</i> .	Noreste de Brasil.	Amarilla azufre a negra pardusca oscura.	Amarilla, Gris clara, Tizosa, cruda y refinada.
Del Japón	<i>Rhus succedanea</i> , <i>Rhus vernicifera</i> , <i>Rhus sylvestris</i> .	Oeste de Japón y China.	Verdosa, amarilla pálida o parda clara.	-
Uricuri	<i>Syageus coronata</i> .	Brasil.	Parda oscura y negra.	Cruda, refinada y blanqueada.
De palma	<i>Ceroxylon andicolum</i> .	Andes colombianos.	Blanca.	Terrón, polvo y cruda.
De caña de azúcar	<i>Saccharum officinarum</i> .	Cuba, Puerto Rico, Luisiana.	Parda oscura.	Cruda y refinada.

Los principales componentes de las ceras vegetales y animales son ácidos, alcoholes, ésteres e hidrocarburos saturados, todos ellos de alto peso molecular predominando ordinariamente los ésteres.

En la siguiente tabla se muestran los principales compuestos encontrados en las ceras naturales:

*Tabla 10. Principales compuestos de algunas ceras naturales.*

Nombre	Fórmula	Punto de fusión °C	Presentación en la naturaleza
Ácido cerótico	C <sub>25</sub> H <sub>51</sub> COOH	87.7	Libre en la cera de abejas, de lignito y de carnauba; como éster en la cera de China y de carnauba.
Ácido laúrico	C <sub>11</sub> H <sub>23</sub> COOH	44.2	Como laurina en la cera de Japón.
Ácido montánico	C <sub>27</sub> H <sub>55</sub> COOH	90	Libre en la cera de lignito.
Ácido melísico	C <sub>29</sub> H <sub>59</sub> COOH	93.6	Libre en la cera de abejas y lignito.
Ácido palmítico	C <sub>15</sub> H <sub>31</sub> COOH	63.1	Como palmitina en la cera de Japón; palmitato de cetilo en la esperma de ballena; palmitato de miricilo en la cera de abejas.
Alcohol cetílico	C <sub>16</sub> H <sub>33</sub> OH	49	Como palmitato de cetilo en la esperma de ballena.
Alcohol cerílico	C <sub>26</sub> H <sub>53</sub> OH	79	Como cerotato de cerilo en la cera de China.
Alcohol n-octadecílico	C <sub>18</sub> H <sub>37</sub> OH	59	En la esperma de ballena.
Alcohol montánico	C <sub>28</sub> H <sub>57</sub> OH	-	En la cera de lignito.
Alcohol miricílico	C <sub>30</sub> H <sub>61</sub> OH	85	Como ésteres en la cera de abejas y de carnauba.

En general las ceras pueden obtenerse en varios grados de refinado como en el caso de la carnauba que se presentó en el capítulo I pues su calidad varía y mejora de acuerdo al refinado y tratamiento que ésta reciba.

El refinado de las ceras en la mayoría de los casos viene acompañada con un aclarado de la misma para eliminar impurezas o compuestos que afectan la calidad y eficiencia de los productos deseados. Por otra parte las ceras sintéticas en su mayoría derivadas de polímeros y de parafinas obtenidas del petróleo, tienen colores claros o blancos como las ceras polietilénicas micro cristalinas esto debido a sus componentes y la especificación que el cliente requiere.

## 2.2 PRINCIPALES PROPIEDADES DE LAS CERAS

La apariencia y composición química de las ceras es algo que las caracteriza sin embargo lo que les da mayor importancia son las propiedades que poseen para reaccionar o mezclarse con otros compuestos químicos.

Para saber si son compatibles o no para realizar otros productos que requieren actuar en conjunto como emulsivos, álcalis, ácidos, solventes, etc.; es necesario remitirnos a sus propiedades tales como los índices de acidez, yodo, saponificación, punto de fusión, entre los más importantes.

Aquí presentamos una tabla con las principales ceras naturales comerciales:

*Tabla 11. Propiedades físico-químicas de algunas ceras de origen natural.*

Cera	Intervalo de fusión (°C)	Índice de saponificación (mgKOH/mg de cera)	Índice de acidez (mgKOH/mg de cera)	Índice de yodo (gr Yodo/gr cera)
De abejas	62-70	86-96	17-21	8-11
Candelilla	65-69	46-65	15-16	14-37
Carnauba	83-91	73-86	1-7	8-13
Ceresina	64-77	0	0	0
De China	65-80	78-93	0.2-13	1.4-2
Del Japón	50-56	207-237	20	4-45
De lignito	76-92	58	25	16
Uricuri	79-84	62-85	3-24	7-15
Ozoquerita	58-100	0	0	0
Esperma de ballena	41-49	121-135	0.5	2.6-3.8
Caña de azúcar	76-79	65-77	23-28	5-10
Lanolina	31-42	82-140	0.2-40	15-47

Estas propiedades nos indican si pueden ser de utilidad para emulsificar o saponificarse en un producto, conociendo previamente sus características físicas y las propiedades que nos pueden aportar, o bien si se pueden combinar unas con otras para afectar sus propiedades químicas como se hace al aumentar el punto de fusión agregando la cera de carnauba a otras mezclas.

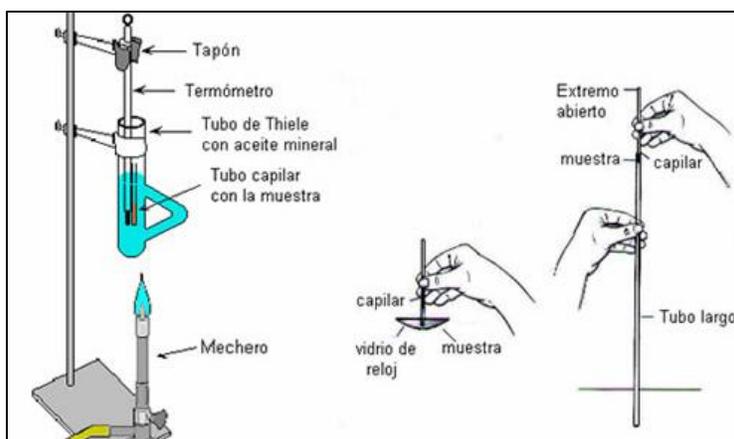
Cabe aclarar que a las ceras se les pueden hacer más análisis, sin embargo estos son los de más utilidad o más estudiados para su propósito en la fabricación de productos en la industria.

## Punto de fusión

Es la temperatura o rango de temperaturas en el cual la muestra pasa de estado sólido a líquido, las ceras en su estado natural se obtienen en forma sólida como terrones, polvos, escamas, tablillas, etc.

Este parámetro es importante pues en base a él se manejan las temperaturas que se deben controlar para que el producto este fundido todo el tiempo, puntos de fusión altos necesitan mayor energía calorífica y es necesario conocerlos para llevar a cabo un procedimiento correctamente, se han visto fracasar muchos intentos de emulsionar ceras por no controlar correctamente la temperatura durante el proceso de emulsificación.

El método más conocido y sencillo para conocer esta propiedad de la materia es el método del tubo de Thiele que se muestra a continuación.



*Fig. 37 Método del tubo de Thiele.*

1. El tubo de Thiele se llena de un líquido de alto punto de fusión, más alto del de la muestra a analizar. La forma del tubo permite mantener una temperatura constante en el sistema debido a las corrientes convectivas del líquido.
2. La muestra se encierra en un tubo capilar cerrado unido al termómetro con una banda de caucho que se encuentra inmersa en el tubo de Thiele.
3. Cuando inicia el calentamiento se puede observar el rango de temperaturas para el cual se funde la muestra.
4. Durante el calentamiento el punto en el que se observa la fusión mientras la temperatura permanece constante es el punto de fusión de la muestra.

## Índice de acidez

Este parámetro representa la presencia natural de la acidez en las grasas, es decir, la suma de los ácidos grasos no combinados resultado de la hidrólisis o descomposición lipótica de algunos triglicéridos.

El índice de acidez se define como el número de miligramos de hidróxido de potasio necesarios para neutralizar los ácidos grasos libres contenidos en un gramo de muestra.

La evaluación de este parámetro es importante pues se consideran a los ácidos grasos libres en una muestra como impurezas que pueden afectar el desarrollo de productos posteriormente.

El procedimiento para conocer este índice es el siguiente:

1. Se debe disolver la muestra en una mezcla de disolventes, se sugiere alcohol-éter sin embargo para las ceras esta mezcla no funcionó como se puede apreciar en la foto.

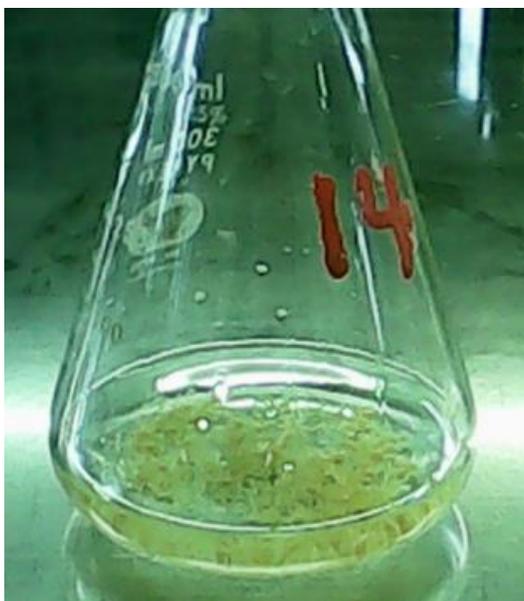


Figura 38. Cera de carnauba en mezcla alcohol-éter.

2. Se agregan 50mL de la solución de solventes y 1 gr de la muestra cerosa.
3. Se titula con hidróxido de sodio 0.1 N en presencia de fenolftaleína hasta un vire de amarillo a ligeramente rosa que persista alrededor de 60 segundos.
4. Finalmente se calcula el índice de acidez con la siguiente fórmula

$$I_A = \frac{V * N * PeqKOH}{m} = \left[ \frac{mg KOH}{gr muestra} \right]$$

Tabla 12. Resultados de la obtención del índice de acidez.

Muestra	Cantidad de muestra	Volumen de titulación	Índice de acidez
Candelilla	1.0172 gr	5.4 mL	23.615
Carnauba	1.2428 gr	1 mL	3.5793

El resultado no concuerda con el de la bibliografía, puede deberse a que las muestras no lograron disolverse aun aplicándoles calor o que el método no sea el indicado para el análisis de las mismas.

### Índice de yodo

Es una medida de las insaturaciones o dobles enlaces presentes en los ácidos grasos que conforman un triglicérido.

Es directamente proporcional al índice de refracción y densidad, pues si el indicador de yodo aumenta las otras 2 propiedades también lo harán.

En las ceras encontramos valores bajos de este parámetro ya que en su mayoría a pesar de ser compuestos de cadenas largas no poseen muchos dobles enlaces lo que evita que sean propensos a la oxidación.

Se hizo el intento de realizar este análisis en la cera de candelilla y carnauba de acuerdo al procedimiento de Kaufmann:

1. Se pesó 0.1600 gr de las ceras de carnauba y candelilla, se les agregó 5mL de cloroformo, 5 mL de reactivo de Kaufmann y se colocó un sello de ioduro de potasio al 10%.



Figura 39. Preparación de muestras para obtención del índice de yodo.

2. Se colocan los matraces junto con un testigo en la oscuridad durante 30 min agitando cada 5 minutos.



*Figura 40. Matraces en la oscuridad.*

3. Finalmente se deja caer el sello de ioduro de potasio y se agregan 7 mL más para titularlo posteriormente con Tiosulfato de sodio 0.1 N hasta amarillo claro.



*Figuras 41 y 42. Titulación y obtención del índice de yodo.*

4. Agregar 1 mL de almidón y continuar la titulación hasta decolorar la muestra u obtener un aspecto semitransparente.



*Figura 43. Cambio de coloración de amarillo a incoloro*

$$I_I = \frac{12.7xNx(V_T - V_M)}{m} = \left[ \frac{\text{ctg de Yodo}}{\text{gr muestra}} \right]$$

Los resultados fueron los siguientes:

Tabla 13. Tabla de resultados de índice de yodo.

Muestra	Cantidad de muestra (m)	Volumen de Tiosulfato ( $V_M$ )	Índice de yodo
Candelilla	0.1652 gr	11.5 mL	7.0957
Carnauba	0.1619 gr	12.3 mL	1.448

Los valores obtenidos no fueron los deseados debido a que las muestras no lograron disolverse en el cloroformo o que el método tal vez no fue el indicado para las muestras ceras.

### Índice de saponificación

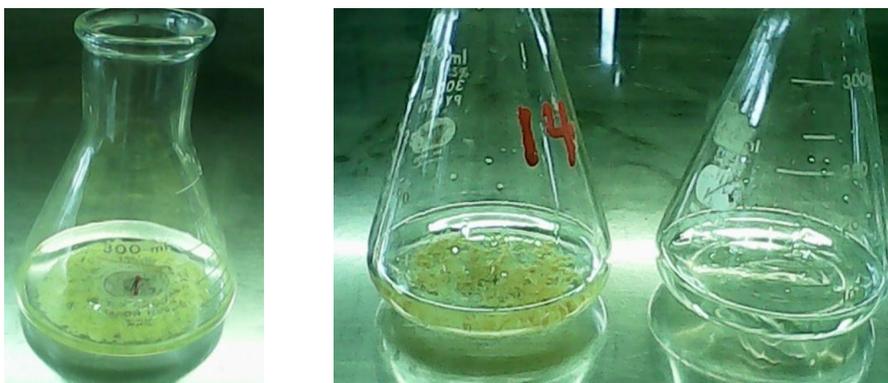
Esta propiedad es particularmente más importante en la producción de productos industriales como jabones y emulsiones para ceras. Determina la cantidad necesaria para saponificar los ácidos grasos en las materias primas a utilizar, es decir, la cantidad de álcali necesario para efectuar la saponificación por completo bajo condiciones específicas.

También es utilizado para conocer el peso molecular promedio aproximado de los ácidos grasos una grasa que contenga ácidos grasos más cortos poseerá un número de saponificación mayor. Como consecuencia es posible medir la materia insaponificable de la muestra sabiendo cuanta logró reaccionar.

La saponificación es la reacción química que existe entre un éster y un hidróxido alcalino obteniéndose una sal alcalina del ácido orgánico (el jabón) y un alcohol.

El procedimiento a utilizar fue el siguiente:

1. Se pesó un gramo de la muestra a analizar y se introduce en un matraz Erlenmeyer de 250 mL junto con 50 mL de potasa alcohólica 0.5.



*Figuras 44 y 45. Muestras de cera de carnauba, candelilla y testigo respectivamente.*

2. Se monta el equipo como se muestra en la figura 46.



*Figura 46. Montaje de equipo para obtener índice de saponificación.*

3. Se corre un testigo con 50 mL de potasa alcohólica únicamente, una vez armado el sistema se comienza a reflujar de 45-60 minutos.



*Figuras 47, 48 y 49. Calentamiento de las muestras y reflujamiento de las mismas.*

4. Se dejan enfriar los matraces y se enjuaga con un lavado de agua destilada por la parte superior de los refrigerantes a modo de que este caiga en los matraces.



*Figura 50. Muestras al final de la saponificación.*

5. Titular el exceso de potasa con ácido clorhídrico en presencia de fenolftaleína hasta un vire de rosa al amarillo.



*Figuras 51 y 52. Titulación en caliente de las muestras.*

### **Observaciones:**

Durante la saponificación a los 30 minutos del proceso se comenzó a notar un cambio en coloración de la muestra de cera de candelilla a café oscuro hasta que se logró disolver por completo, por otra parte, la cera de carnauba se disolvió fácilmente.

La cera de candelilla fue más difícil de saponificar pero se logró con 1 hora a fuego alto, la titulación de las mismas fue en caliente para que no se solidificaran al momento de agregar el ácido clorhídrico.

La titulación se realizó en caliente debido a que el producto a temperatura ambiente se solidificaba, por lo que era necesario mantener la muestra en el baño maría para poder obtener el cambio de coloración en la muestra homogénea.



Figura 53. Muestras después de la saponificación.

El tamaño de partícula también es muy importante pues las escamas de la carnauba se saponificaron más fácilmente debido a que el área de contacto en la muestra fue mayor y la muestra de candelilla tuvo que ser fragmentada en trozos más pequeños para una completa saponificación.



Figura 54. Ceras de carnauba y candelilla.

Finalmente se obtuvieron los siguientes resultados:

$$I_s = \frac{(V_T - V_M)(N)P_{eq}KOH}{m} = \left[ \frac{mg\ KOH}{gr\ muestra} \right] \quad PM_{Aprox} = \frac{56110}{I_s} = \left[ \frac{mg\ cera\ muestra}{mmol\ cera\ muestra} \right]$$

Tabla 14. Tabla de resultados de índice de saponificación.

Muestra	Volumen de HCl	Peso de la muestra (gr.)	Índice de saponificación	Peso molecular aproximado
Candelilla	38.9 mL	1.0097	75.43	838.84
Carnauba	38.1 mL	1.0073	66.89	743.87

\*El volumen de testigo para la candelilla fue de 41.2 mL de HCl

\*El volumen de testigo para la carnauba fue de 40.7 mL de HCl

\*La normalidad del HCl fue de 0.5221

# **CAPITULO III**

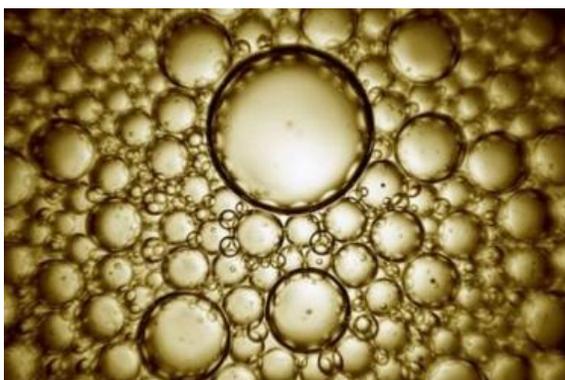
## **Emulsificación de ceras**

### 3.1 DEFINICIÓN DE EMULSIÓN

Es un sistema de dos fases que consta de dos líquidos parcialmente miscibles, uno de los cuales es dispersado en la otra en forma de glóbulos.

La fase dispersa, discontinua o interna es el líquido desintegrado en glóbulos. El líquido circundante es la fase continua o externa.

Por otra parte hay que diferenciar a las emulsiones de sistemas similares, tales como una suspensión, en la cual la fase dispersa es un sólido; la espuma donde un gas es la fase dispersa y el aerosol donde la fase dispersa es un líquido y la fase continua un gas como el aire.



Figuras 55, 56, 57 y 58. Emulsión, espuma, suspensión y aerosol respectivamente.

Por otra parte los agentes emulsivos son sustancias que se le suelen agregar a una de las fases para facilitar la formación de una dispersión estable.

Entre las emulsiones más estudiadas y desarrolladas en la industria se encuentran las oleo acuosas, las que tiene aceite como fase dispersa en agua que es la fase continua y las emulsiones hidro oleosas o de agua en aceite.

## **Propiedades**

Las emulsiones poseen propiedades físicas y químicas únicas lo que las hacen atractivas para presentar un producto, principalmente es la cualidad de transportar y conservar una cera que por sí sola no puede aplicarse en una superficie pues la dañaría o no cumpliría con su objetivo la materia prima.

Las propiedades más evidentes y por lo general las más importantes son:

- Facilidad de dilución
- Viscosidad
- Color
- Estabilidad

Para un tipo específico de emulsificación depende de los siguientes factores:

- Las propiedades de la fase continua
- La razón entre la fase externa e interna
- El tamaño de partícula de la emulsión
- La relación entre la fase continua y las partículas
- Las propiedades de la fase discontinua

### **La dispersabilidad**

En emulsión se determina por la fase continua, si la fase continua es hidrosoluble la emulsión puede ser diluida con agua pero si la fase continua es oleo soluble esta puede ser diluida con aceite.

### **La viscosidad**

Cuando existe exceso de fase continua es virtualmente la viscosidad de dicha fase, al aumentar la proporción de la fase interna aumenta la viscosidad de la emulsión hasta un punto en el que la emulsión deja de ser líquida. Cuando el volumen de la fase interna sobrepasa el de la externa se aglomeran las partículas de la emulsión y la viscosidad aumenta.

Hay varias formas de regular la viscosidad de una emulsión, aumentar la proporción de la fase continua, agregar agentes tenso activos o emulsificantes aumenta la viscosidad del producto, este tipo de regulaciones en la propiedad viscosa es aplicable en cosméticos por ejemplo, esto aumenta el valor de la viscosidad aparente pero conserva su estado líquido en reposo y durante un periodo de tiempo largo.

## **Apariencia física**

También es importante mencionar que esta propiedad de la emulsión depende del tamaño de partícula, los glóbulos macroscópicos son aquellos que se distinguen claramente, más de  $1\mu\text{m}$  la emulsión se torna lechosa blanca; entre  $1\mu\text{m}$  y  $0.1\mu\text{m}$  la emulsión es de color blanca azulada, de  $0.1\mu\text{m}$  a  $0.05\mu\text{m}$  es gris semi transparente al secarse se vuelve brillante, finalmente menos de  $0.05\mu\text{m}$  es del tipo transparente.

## **La estabilidad**

Depende de diversos factores, tales como el tamaño de partícula, la diferencia de densidad de ambas fases, la viscosidad de la fase continua y de la emulsión acabada, las cargas de las partículas, la naturaleza, eficacia y cantidad de emulsivo.

## **El tamaño y la distribución de tamaño de partícula**

Estas propiedades se definen por la cantidad y la eficiencia del emulsivo, el orden de mezclado y la clase de agitación que se haga, en una emulsión cuanto mayor es el tamaño de partícula tanta más tendencia hay de una unión y al aumento de tamaño de partículas.

Los tamaños pequeños favorecen la estabilidad, para evitar la coalescencia cuando se agrega algún emulsivo o una goma que tenga acción coloidal protectora, al aumentar la viscosidad en la fase continua se retarda también la unión. Para disminuir el tamaño de partícula se puede aumentar la cantidad de emulsivo, con una mejor agitación o mejorando el equilibrio hidrófilo-lipófilo del emulsivo.

Otras propiedades como la conductividad eléctrica depende de la fase continua o la facilidad de formación es modificada en mayor grado por la eficiencia y la cantidad del emulsivo.

## **3.2 TIPOS DE EMULSIONES Y EMULSIFICANTES DE CERAS**

Probablemente de los ingredientes más importantes que se puede encontrar en una emulsión puede ser el mismo emulsificante, ya que este determina propiedades fundamentales en la mezcla final, propiedades como brillo, apariencia, estabilidad entre otros.

Una emulsión es un sistema de 2 fases que consiste en dos líquidos miscibles de forma incompleta, como la cera fundida y agua, uno es dispersado en finos glóbulos en el otro.

La fase discontinua o dispersa es el líquido que se rompe en glóbulos y el líquido circundante es la fase continua o externa

Oil-in-water (aceite en agua) es una emulsión donde la cera está dispersa en el agua, por el contrario, Water-in-oil (agua en aceite) el agua está dispersa en la cera.

Hay varias teorías del mecanismo de reacción de la emulsificación en ceras, sin embargo la más popular y de mayor aceptación entre los investigadores es la teoría de la cuña de Hildebrande y Harkins.

De acuerdo con sus investigaciones, las moléculas de jabón las cuales se componen de una parte hidrofílica y una parte hidrofóbica, rodean la parte oleosa de forma que la parte hidrofílica se disuelve en el aceite y la parte hidrofóbica se disuelve en la parte acuosa, de esta forma se forman las micelas de forma circular o lamelar en algunos casos.

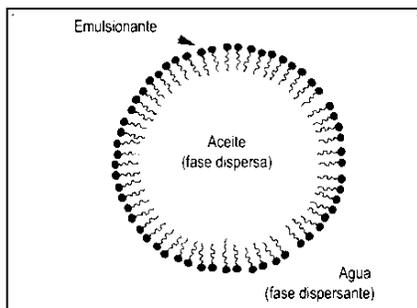


Figura 59. Emulsión aceite en agua

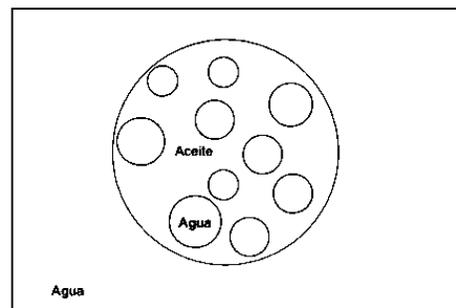


Figura 60. Emulsión agua en aceite.

### **Clasificación de Emulsificantes**

Son una parte de la clasificación de los agentes tenso-activos que de acuerdo a su función ayudan o aumentan la facilidad de que se formen las emulsiones y por otro lado les da estabilidad a las mismas.

Los sistemas emulsificantes se clasifican en 3 tipos básicos para la preparación de emulsiones ceras:

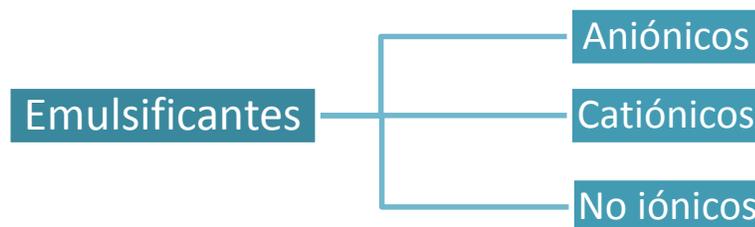


Tabla 15. Ejemplos de emulsificantes.

(HH-Hidrófilo Fuerte; H-Hidrófilo débil; N-Neutro; L- Lipófilo débil; LL- Lipófilo Fuerte.).

Tipo químico	Equilibrio hidrófilo-lipófilo <sup>a</sup>	Sensible a
<b>Aniónico:</b>		
Estearato de sodio	HH	Ácidos, sales, agentes catiónicos
Laurato de potasio	HH	Ácidos, sales, agentes catiónicos
Oleato de morfolina	HH	Ácidos, sales, agentes catiónicos
Laurilsulfato sódico	HH	Agentes catiónicos
2-Etilhexilsulfato sódico	HH	Agentes catiónicos
Xilenosulfonato de sodio	HH	Agentes catiónicos
Naitalenosulfonato de sodio	HH	Agentes catiónicos
Alquilnaftalenosulfonato de sodio	HH	Agentes catiónicos
Sulfosuccinato de sodio	HH	Agentes catiónicos
Sal sódica de ácido oleico sulfonado	H	Agentes catiónicos
Sal sódica del aceite de ricino sulfonado	H	Agentes catiónicos
Monoestearato de glicerol con un sulfato sódico de alcohol graso	H	Agentes catiónicos, álcali caliente
Monoestearato de glicerol con un jabón	N-H	Ácidos, sales, agentes catiónicos
Estearato de litio	L	Ácidos, sales, agentes catiónicos
Oleato de magnesio	LL	Ácidos, sales, agentes catiónicos
Estearato de aluminio	LL	Ácidos, sales, agentes catiónicos
<b>No iónicos:</b>		
Éteres polioxietilénicos de alcoholes grasos	HH-H	—
Ésteres poliglicólicos de ácidos grasos	HH-H	Álcali caliente
Ésteres polioxietilénicos de ácidos grasos modificados	HH-L	Álcali caliente
Ésteres de ácidos grasos de polioxietilenopolioles	HH-LL	Álcali caliente
Éteres de alcoholes grasos y polioxipropileno	H-L	—
Ésteres de glicol polipropilénico y ácidos grasos	H-L	Álcali caliente
Ésteres de polioxipropileno y ácidos grasos modificados	H-L	Álcali caliente
Ésteres de ácidos grasos y polioxipropileno-polioles	H-L	Álcali caliente
Monoésteres de polioles y ácidos grasos	H-LL	Álcali caliente
Lecitina	H-L	—
Diésteres, triésteres, etc., de alcoholes polihídricos y ácidos grasos	L-LL	Álcali caliente
Ésteres de colesterol y ácidos grasos	L-LL	Álcali caliente
Lanolina	L-LL	Álcali caliente
Aceites grasos oxidados	L-LL	Álcali caliente
<b>Catiónicos:</b>		
Sales de amonio cuaternario	HH	Álcalis, ácidos grasos libres, agentes aniónicos
Clorhidratos de aminas	HH	Álcalis, ácidos grasos libres, agentes aniónicos

## Emulsionantes aniónicos

En esta categoría de emulsionantes aniónicos se incluyen muchos tenso activos además del jabón de ácido graso alcalino. Entre estos se encuentran las sales alcalinas de ácidos grasos de peso molecular alto, sales de ácidos grasos de metales divalentes y trivalentes, alcoholes sulfatados, ésteres y aceites, así como sulfonatos alifáticos y aromáticos.

Los ácidos grasos para emulsiones de cera para pisos se seleccionan en base a su facilidad de emulsionar y su eficiencia, viscosidad y translucidez de la emulsión resultante, color de la película seca, entre otras características.

El clásico ejemplo de mayor uso en la actualidad es el ácido oleico, con la refinación de este producto se puede corregir el defecto de oscurecimiento de color en las emulsiones que tenía antes.

El jabón con este ácido graso, el oleato exhibe generalmente grados superiores de brillo y estabilidad. A continuación se muestra una lista de los ácidos grasos más utilizados para la emulsificación de ceras:

*Tabla 15. Ejemplos de emulsificantes aniónicos.*

ACIDO GRASO	INDICE DE ACIDEZ
Ácido Oleico	200
Ácidos grasos de aceite de pino	194
Ácido Mirístico	245
Acido Palmítico	210
Acido Esteárico	197
Ácidos grasos de aceite de palma	203
Ácidos grasos de soya	198
Ácidos grasos de sebo	200
Glicéridos de sebo hidrogenados	195

Las aminas son escogidas en la emulsificación de ceras cuando se requiere un tamaño de partícula más fino, color, volatilidad, y relación costo-eficiencia mejores.

En la tecnología de las emulsiones las aminas más utilizadas son la morfolina, 2-amino, 2-metil, 1-propanol (AMP), 3-Metoxi, n-propanol amina (3-MPA), dietanolamina, Dimetil etanol amina y la trietanolamina (TEA).

Por otra parte las sales de zinc son utilizadas en detergentes, acabados poliméricos para ceras de piso, con el fin de remover impurezas, es decir, como abrasivos.

## **Emulsificantes no iónicos**

Esta categoría tiene características muy particulares, no tienen carga ni poseen un grupo ionizable lo que hace casi imposible su ionización. La terminación hidrofílica de la molécula se compone principalmente con grupos hidroxilo o enlaces de éter.

Un importante método de obtención de emulsificantes no iónicos implica la reacción del óxido de etileno con un grupo hidrófobo que contiene un hidrógeno activo.

Generalmente los emulsificantes no iónicos son de pesos moleculares altos como alcoholes-éteres, poli oxietilenos, alquil aril éteres y ésteres de ácidos grasos de alcoholes polibásicos.

El interés de estos emulsificantes radica en la compatibilidad que tienen con los sistemas de emulsiones aniónicas y en menor proporción sistemas catiónicos, ya que tienen una relativa inmunidad hacia la acción de los electrolitos, esto los hace perfectos para retención de metales, emulsificar polímeros, resistente a detergentes y acabados de pulimentos.

## ***Emulsificantes catiónicos***

Actualmente se encuentran disponibles emulsificantes de este tipo como sales de acetato de 8-18 carbonos, aminas grasas, sales cuaternarias de amonio, imidazolinas, amino amidas y óxidos de aminas.

Este tipo de emulsificantes presenta una afinidad particular debido a su naturaleza química a superficies cargadas negativamente.

Algunos de los problemas que muestran estos sistemas emulsionantes son:

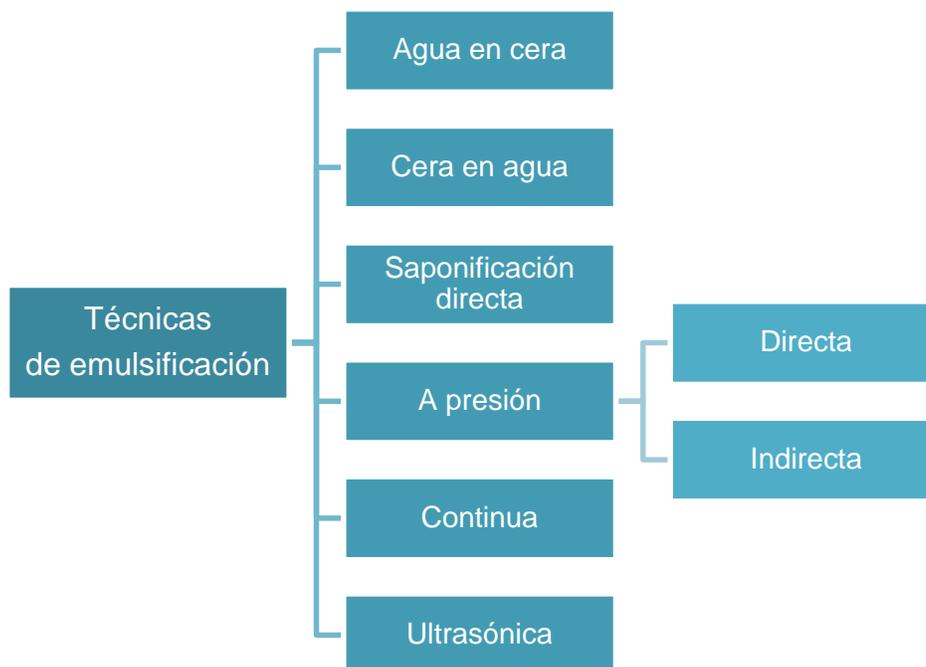
- Color de emulsiones muy oscuras
- Incompatibilidad con los ingredientes, especialmente con los aniónicos

Sin embargo este tipo de emulsificantes no han sido estudiados con mucha profundidad pero se sabe que son compatibles con sistemas no iónicos y anfóteros.

### 3.3 TÉCNICAS DE EMULSIFICACIÓN

Actualmente escoger la técnica de emulsificación a emplear es más importante que nunca, depende de los puntos de ablandamiento y fusión de los sistemas de cera emulsionantes.

Existen varios métodos de emulsificación de ceras que se usan o están siendo investigados como se presentan a continuación.



#### Método Agua-Cera (Técnica de un solo hervidor)

Esta técnica generalmente se limita a emulsificación de ceras de baja viscosidad sistemas que tienen el punto de fusión por debajo del punto de ebullición del agua (100°C).

Las diversas ceras, resinas fenólicas de terpeno (mezclas), ácidos grasos y / o emulsionantes no iónicos se funden simultáneamente mezclando y agitando con uniformidad.

Si queremos emplear por ejemplo bases fuertes como el hidróxido de potasio, bórax, etc., este se debe disolver en agua y llevar a punto de ebullición para adicionarlos a la masa fundida principal.

La adición se hace lentamente y con agitación, calentando y agitando continuamente hasta que el agua del álcali se haya evaporado y la masa fundida tenga una apariencia clarificada.

La parte saponificada se calienta entre 100-110°C, los álcalis volátiles, como la morfina por ejemplo, se pre diluyen con una pequeña parte de agua caliente y se adicionan con agitación.

Esta parte de la preparación y la adición final del agua hirviendo es importante, la baja calidad de la dispersión puede resultar en una excesiva pérdida de la amina por agregarla a una mezcla excesivamente caliente, o también si la agitación se prolonga después de la adición a la masa fundida antes de agregar el agua hirviendo.

El velocidad de adición del agua hirviendo entre 93-100°C es crítico también pues si se le agrega con demasiada rapidez se obtendrá una emulsión pobre.

El agua debe agregarse con pequeños incrementos permitiendo o dándole tiempo a que se incorpore a la masa fundida uniformemente, la agitación en este punto debe ser continua y potente. La masa ceras oscurecerá gradualmente, la espuma se aclarará apareciendo vapor y la viscosidad disminuye drásticamente.

En esta parte del proceso ocurre la fase de inversión, haciendo el cambio de una emulsión tipo agua-en-aceite a aceite-en-agua, finalmente el enfriamiento de la emulsión se debe hacer lo más rápido posible.

#### Ejemplo de una emulsión Agua-Cera.

*Tabla 16. Formulación y procedimiento de una emulsión Agua-Cera. Adicionar la Parte “B” a la parte “A” con agitación y calentamiento continuo hasta que la espuma desaparezca, posteriormente adicionar la parte “C” a la parte “BA”.*

<b>Parte “A” (90°C - 100°C)</b>	
Cera de carnauba	40 lb.
Ácido Oleico	4.5 lb
Trietanolamina	6.6 lb.
<b>Parte “B” (99°C – 100°C)</b>	
Borax	3 lb.
Agua	10 lb.
<b>Parte “C” (98°C – 100°C)</b>	
Agua	378.9 lb.
Total	443 lb.

## **Método de emulsificación Cera-agua (Técnica con 2 hervidores)**

Este método es para la preparación de emulsiones de ceras con alta viscosidad y sistemas con puntos de reblandecimiento entre 90-105°C. Los ácidos grasos y/o emulsificantes no iónicos pueden fundirse y mezclarse simultáneamente con las ceras o pueden ser agregadas a las ceras ya fundidas.

Los álcalis son disueltos previamente en agua hirviendo, esta solución es adicionada a la mezcla fundida (que se debe encontrar entre 105-110°C) muy lentamente y con agitación moderada evitando o previniendo que se forma una espuma por el hervor.

Al terminar de adicionar la solución alcalina se debe calentar y agitar continuamente la nueva mezcla hasta que la espuma desaparezca y la mezcla fundida clarifique su color.

La amina es agregada a la mezcla fundida con agitación continua por un corto periodo de tiempo, en este punto la cera fundida a una temperatura no menor a 105°C debe ser adicionada al agua cerca de su punto de ebullición (96°C aprox.) en un hervidor grande a manera que escurra en el centro del vórtice de agitación del hervidor. Cuando todos materiales fundidos fueron agregados al agua la emulsión final debe ser enfriada lo más rápido posible.



*Figura 61. Método del embudo.*

Tabla 18. Ejemplo de emulsión Cera en agua. (Agregar la parte B a la parte A con agitación continua hasta que desaparezca la espuma y ajustar la temperatura de la mezcla de 125-130°C; la parte B-A debe ser agregada por debajo de la superficie del agua cerca del punto de agitación o vórtice.)

Parte “A” (125-130°C)	
AC-540	40 lb.
Igepal CO-710	10 lb.
Parte “B” (125°C)	
Hidróxido de potasio	0.85 lb.
Etilenglicol	1.7 lb.
Agua	153 lb.

### Método de saponificación directa

Este método tiene aplicaciones para cualquier cera emulsificable o material céreo que contenga grupos polares y tenga puntos de fusión por debajo de los 110°C. Las ceras en bruto, sin fundir, los ácidos grasos e incluso los álcalis son cargados en el hervidor con una pequeña porción de agua entre el 40-100% en peso de los sólidos.

Se le suministra calor con un poco de agitación hasta el punto de fusión, en ese momento los álcalis atacan a los ácidos grasos y la cera sin fundir se dispersa en ellos. Una dispersión de aceite- agua se forma y gradualmente se invierte a un sistema agua-aceite. Una pequeña porción de álcali al 20% en peso de los sólidos totales es agregada a la mezcla con agitación normal.

El calentamiento y agitación es continuo hasta que la mezcla clarifica. El resto del agua en punto de ebullición es agregada con vigorosa agitación, en este punto la mezcla se convierte a un sistema aceite-agua. La gran diferencia de este método es la reducción del jabón contenido en la mezcla lo que hace de este método eficiente y económico con respecto al uso de los álcalis.

Tabla 18. Formulación y procedimiento de una emulsión por saponificación. (Calentar con agitación la mezcla “A” lentamente hasta la uniformidad, adicionar la parte “B” en “A” con agitación y calentamiento continuo hasta el aclarado de la mezcla, finalmente agregar “C” en “B-A” a flujo constante y agitación vigorosa).

Parte “A” a 100°C	
Duroxon J324	97 lb.
Emuphor ON870	3 lb.
Ácido Oleico	3 lb.
Morfolina	5 lb.
Agua	60 lb.
Parte “B” a 100°C	
Morfolina	5 lb.
Agua	20 lb.
Parte “C” a 100°C	
Morfolina	4.5 lb.
Agua	180 lb.
Parte “D”	
Agua (adicionada por partes)	137.5 lb.
<b>TOTAL</b>	<b>515 lb.</b>



## Método Indirecto

Este método es adecuado para ambos los sistemas iónicos y no iónicos, las ceras, los ácidos grasos y los álcalis son cargados en el recipiente a presión con suficiente agua para hacer una concentración de 55-70% de concentrado de sólidos.

El recipiente es sellado y calentado a una temperatura de 15-20°C por encima del ingrediente con mayor punto de fusión con agitación lenta, el calentamiento y la agitación se mantiene por 30 minutos.

Posteriormente se bombea suficiente agua a 85°C en el recipiente para diluir la concentración hasta un 25-30% de sólidos, este procedimiento debe hacerse lento y paulatinamente ir aumentando la velocidad cuando la mitad del agua se le haya agregado.

El enfriamiento debe ser, igual que el método directo, lo más rápido posible.

Algunas ventajas de usar la emulsificación a presión son:

- Mayor flexibilidad en cuanto al manejo de materiales, lo que podría extender la durabilidad de las composiciones de ceras para pisos por ejemplo.
- Incrementar la tasa y tiempo de producción así como la capacidad de hacer concentraciones.
- Producción de dispersiones con mejor calidad, partículas más finas, colores más claros, etc.
- Eliminar pérdidas de componentes volátiles en el proceso de emulsificado.
- Posibilidad de recuperar emulsiones fuera de especificación.

## Emulsificación continua

El proceso continuo de emulsificación se ha ido implementando gracias a los proveedores de ceras polietilénicas que han hecho avances en la funcionalidad de la mayoría de los casos.

El problema del suministro continuo de ceras y emulsificantes ha sido resuelto en mayor parte por las extrusoras de plástico, se llega fácilmente a las combinaciones óptimas de ceras fundidas y emulsionantes a través de dispositivos de dosificación y medición.

La única dificultad que queda con esta técnica es el desarrollo de un sistema de control de calidad a prueba de todo, que opere en un régimen de auto-monitoreo y se apague automáticamente o bien compense la relación de ceras y emulsificante.

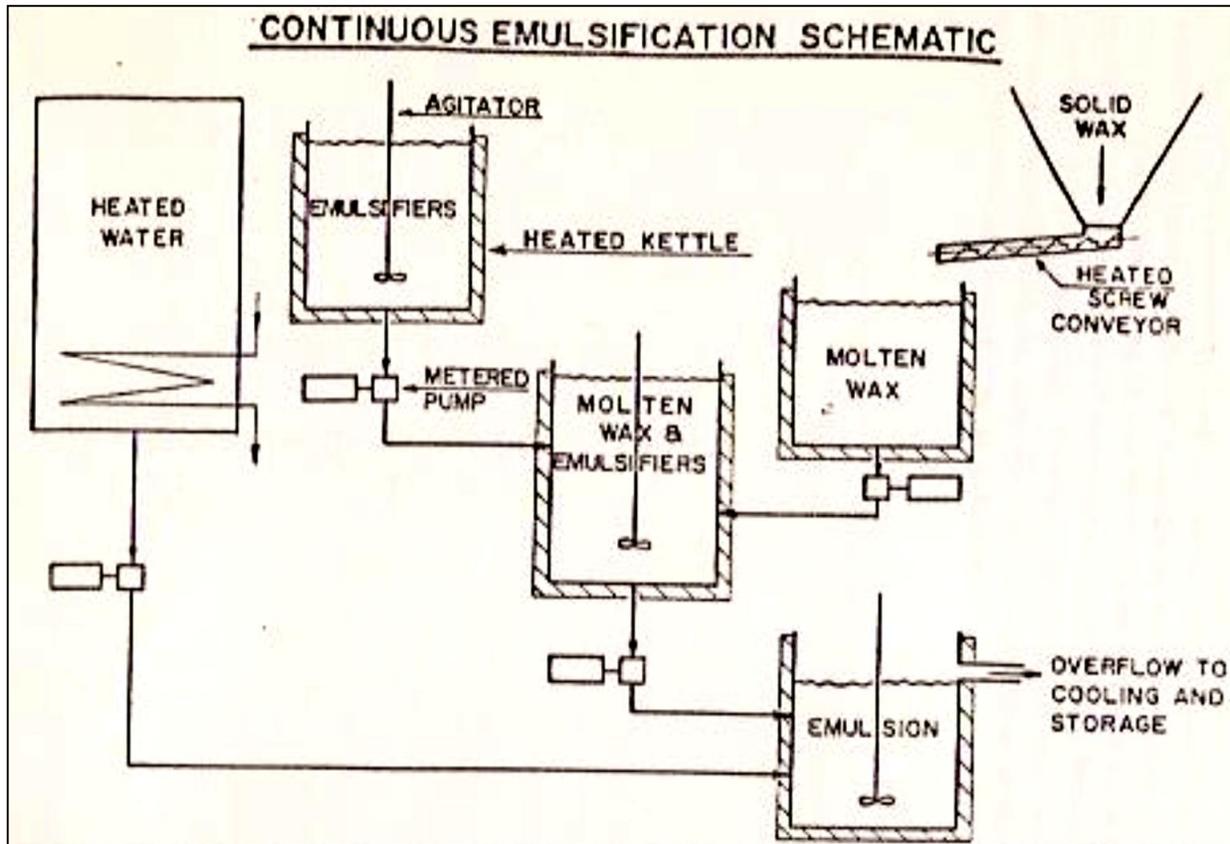


Figura 63. Diagrama de flujo de un sistema de emulsificación continuo en planta industrial.

### Emulsificación Ultrasonica

Los ultrasonidos es la ciencia del sonido donde las ondas sonoras tienen una frecuencia por encima del rango audible, 20000 ciclos por segundo.

Esta tecnología ha sido empleada satisfactoriamente para producir productos emulsivos con tamaños de partículas cerca de 1 micra de diámetro. Este tipo de emulsiones son utilizadas en ceras para muebles, líquidos abrasivos y ceras para autos.

### **3.4 FACTORES CRÍTICOS QUE AFECTAN LA ESTABILIDAD DE LAS EMULSIONES**

#### **Agitación**

En el proceso de emulsificación es importante controlar este parámetro debido que de él depende la dispersión correcta y en muchos casos el tamaño de partícula de la emulsión a obtener.

El color de la emulsión depende también del tamaño de partícula pues entre más fina sea la partícula el color tiende a acercarse a la transparencia como en las emulsiones de ceras micro cristalinas.

Por otra parte si la agitación resulta lenta los ingredientes podrían no incorporarse a la emulsión como se desea y esta podría llevarse a cabo eficazmente.

Es importante a la hora de adicionar el agua, la mezcla fundida y las mezclas alcalinas que la agitación sea potente y continua, al adicionar los ingredientes que debe ser en pequeños incrementos para darle tiempo a que se incorporen a la emulsión.

#### **Temperatura**

Como ya vimos hay diferentes procesos de emulsificación y cada uno de ellos es adecuado para diferentes tipos de mezclas que queramos realizar, para sistemas de viscosidades altas o bajas, para sistemas con ingredientes de punto fusión más elevados, etc.

El calor es necesario para fundir los materiales en el proceso de emulsificación, sin él no podría realizarse ya que el objetivo es incorporar la cera fundida a los demás ingredientes, es decir líquido en líquido, y para que esto se pueda realizar es necesario tener una temperatura elevada pero sin exceder las propiedades químicas de la cera pues esta podría quemarse y no emulsionar.

La temperatura durante el proceso de emulsificación debe ser constante y continua, de ella depende que los ingredientes se incorporen perfectamente unos con otros.

El enfriamiento de la misma debe ser lo más rápido posible para que no se separen las fases al momento de suspender la agitación. Se hacen pruebas de laboratorio para recrear procesos de emulsificación a micro escala con diferentes formulaciones pero siempre al pasar de la micro escala a la macro escala hay cambios. Pues hay cambios significativos al enfriar 2 kg de una emulsión a 30 o 40 kg de la misma en un lote de producción.

## **Emulsificantes**

La cera y el emulsificante son 2 materiales que deben ser afines, por eso es necesario saber la naturaleza y propiedades de los emulsificantes ya que estos definirán en gran medida el tipo de emulsión que resultará aniónica, catiónica o no iónica.

Este aspecto es importante pues hay componentes en las formulaciones que no se pueden mezclar o no son compatibles unas con otras y podrían traer problemas o resultados inesperados al momento de emulsificarlos.

## **Viscosidad**

Es un parámetro importante para la presentación y apariencia de nuestro producto pues hay variedad en el mercado en pastas, cremas o ceras líquidas.

La viscosidad de la emulsión puede incrementarse con la adición de espesantes como jabones de metales alcalinos, gomas, geles o ésteres de ácidos grasos; incrementando la proporción de la fase interna o incorporando aire como una tercera fase a la emulsión resultante.

Si la emulsión se solidifica puede ser por alguno de los siguientes factores:

- Demasiado agente emulsificante
- La fase acuosa tiene demasiado cuerpo
- Altas concentraciones de ceras o parafinas en la fase oleosa
- La homogeneización aumenta la viscosidad
- Relación fase-volumen muy alta
- Si el efecto de los electrolitos en la emulsión es dominante

Las principales razones por las que una emulsión puede estropearse son:

- El uso inadecuado de agentes emulsificantes
- Cantidad insuficiente del agente emulsificante en la emulsión
- Técnica de emulsificación inapropiada para la emulsión
- Cambios de temperatura durante el almacenamiento
- Presencia de electrolitos que provocan el efecto de “precipitación salina”
- Baja viscosidad de la emulsión en la fase oleosa o acuosa
- Que haya una gran diferencia de densidad entre ambas fases

### **3.5 EQUIPO DE PROCESO DE FABRICACIÓN DE EMULSIONES**

Las emulsiones en general tienen varias formas de prepararse como ya lo hemos visto anteriormente, sin embargo para su preparación en grandes cantidades y almacenaje por determinado tiempo cambia de acuerdo a un factor importante, si contienen o no agua.

Algunas de las razones por las que es preferible una emulsión para crear un producto a gran escala pueden ser las siguientes:

- Usar agua como vehículo es más barato que algunos solventes.
- Para crear películas lustrosas ya que al momento de aplicarlo el solvente se evapora dejando las propiedades de la cera intacta.
- Para producir una apariencia y consistencia lisa en los pulimentos.
- Para incorporar materiales que son solubles en la fase acuosa y en la fase oleosa no lo son o viceversa.

La identificación del tipo de emulsión puede ser algo complicado de averiguar si no se es especialista en este tipo de procesos, por lo cual conocer si es Cera-en-Agua o Agua-en-Cera puede resultar complicado, he aquí 3 métodos para identificarlas.

- Método indicador: Se le agrega un colorante soluble en agua, la prueba es visual pero puede apreciarse mejor con un lente de aumento.
- Método de dilución: Será una emulsión Cera-en-Agua si la muestra es diluida en agua sin dificultad, la emulsión Agua-en-Cera solo puede ser diluida en fases oleosas.
- Método eléctrico: Si la emulsión es Cera-en-Agua la conductividad eléctrica será más alta que en una emulsión Agua-en-Cera.

La producción puede ser continua o por lotes en tanques tipo Bach, en la mayoría de los casos se prefiere la producción por lotes ya que si en algún punto del proceso o lote por alguna razón llega a salir mal el producto se desecha el lote y continúa normalmente.

Por otro lado, si en una operación continua hay algún desperfecto hay que parar la producción identificar el problema y eso cuesta tiempo y dinero, sin mencionar que el flujo del producto debe ser continuo y en presencia de calor ya que las líneas por donde se transporta la emulsión y las materias fundidas pueden obstruirse.

## Producción por lotes

En un proceso de manufactura por lotes se ocupan tanques enchaquetados donde la materia puede agregarse toda junta o pasar a otro tanque según sea el proceso de emulsificación.

En el diagrama que se muestra a continuación se hace una breve explicación a grandes rasgos del proceso de una emulsión en macro escala del proceso de emulsificación Cera-en-Agua

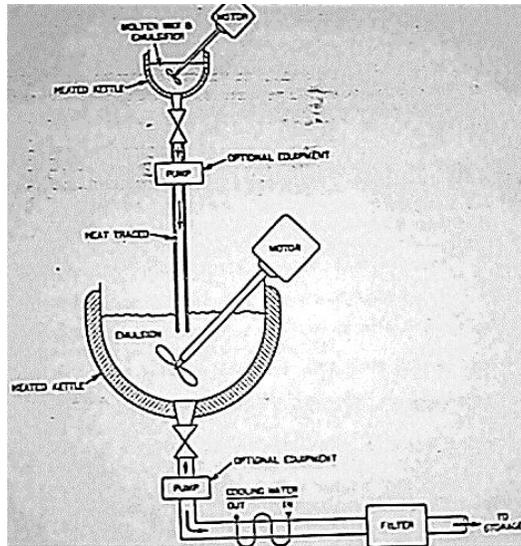


Figura 64. Diagrama de proceso de emulsificación cera en agua.

En el diagrama se alcanza a apreciar un pequeño tanque arriba con la mezcla fundida y el tanque abajo con la emulsión final. Se bombea al segundo tanque y a través de válvulas pasan a la tubería donde por medio de una bomba y un enfriador llegan a un filtro para mandar el producto directamente al almacén.

Generalmente en un tanque se prepara el álcali con agua a una temperatura de 60°C el cual será dosificado automáticamente al tanque que contendrá la mezcla fundida de ceras y emulsificantes. Ambos tanques con calentamiento continuo y agitación constante.

Los agitadores pueden ser de hélices o planetarios dependiendo el proceso de emulsificación, la velocidad de agitación, el tamaño de partícula y la viscosidad que la emulsión requiera.

El calentamiento de los tanques enchaquetados puede ser eléctricamente con resistencias o con líneas de vapor, para este segundo servicio se necesitará una caldera de servicio que proporcione el vapor a la temperatura deseada así como líneas de tuberías con su respectivo aislante térmico.

En caso de que el proceso sea a presión será necesario operar un equipo especial que soporte presiones elevadas, aunque el costo elevado de este equipo puede ser compensado el valor comercial de las emulsiones obtenidas.

Estas emulsiones son de partícula fina, no hay pérdida de solventes durante el proceso ya que es un proceso presurizado cerrado, únicamente alimentado por los ingredientes, los cuales será necesario bombearlos a presiones mayores o iguales a la del tanque.

Para todo momento del proceso será necesario usar medidores de temperatura, agitación, presión, nivel de tanque, el control y automatización del proceso es prioridad para una calidad elevada en el producto de emulsión.

### Proceso continuo

En un proceso de producción continua de productos emulsificables se requiere, a parte de los tanques y sus especificaciones de operación para las fases acuosas y oleosas, un equipo especial llamado mezclador que va montado en la línea donde se juntan los componentes de la emulsión.

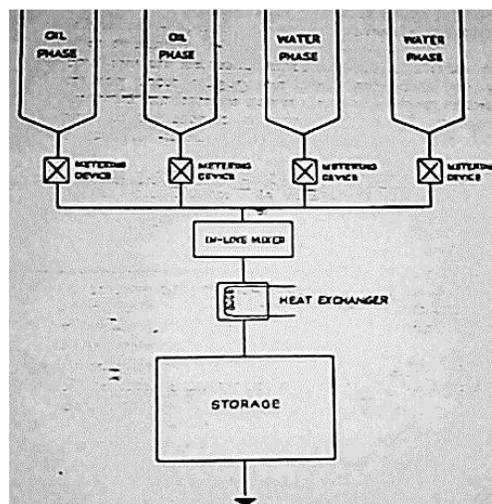


Figura 65. Diagrama de proceso de emulsificación continua con mezclador en la línea.

Al momento de pasar los componentes por este dispositivo entran en contacto las 2 fases lo que permite la perfecta dispersión de una en otra debido al diseño y mecanismo que efectúa entre el fluido y el aparato. El problema reside en que las líneas pueden taparse, algunos mezcladores son muy sensibles y necesitan que la alimentación sea en óptimas condiciones y los ingredientes sean los adecuados para el tipo de mezclador, de otra forma tendría que inyectarse directamente vapor para quitar las obstrucciones de las líneas.

# **CAPITULO IV**

## **Pruebas de aplicación de 3 tipos de ceras de uso doméstico.**

## 4.1 CERAS PARA AUTOMÓVIL.

Las ceras utilizadas para dar brillo y protección a las vestiduras automotrices son similares a las aplicadas en el calzado, cera de carnauba y algunas utilizan silicones o acrílicos para dar una mayor protección o en algunos casos con más componentes para cubrir y reparar la superficie en cuanto a rayones o imperfecciones del área a aplicar.

La diversidad de productos para el cuidado de los autos comprende desde shampoo para carros con ceras, hasta restauradores de pinturas que maximizan las características de brillo y protección con resinas.

En este trabajo nos enfocamos principalmente a ceras para autos que dan brillo y protegen la pintura del vehículo automotor.

Se hizo la comparación con 3 ceras líquidas, los tres productos aseguran contener ceras naturales y específicamente cera de carnauba y/o emulsión de cera de carnauba, se enlistan a continuación con su respectiva formulación:

Tabla 23. Tabla comparativa de componentes de ceras para automóvil.

TEMPO (Cera líquida para todo tipo de pinturas)	MARVIL (Cera líquida automotriz acrílica)	ARMORALL (Cera líquida suave)
Contenido 473 mL	Contenido 521 mL	Contenido 500 mL
Precio \$75.50	Precio \$64	Precio \$75.50
Ingredientes: Agua Solventes alifáticos Abrasivo Polisiloxano di metílico Ceras Polioxietilen Lauril éter Tetrahydro-1-4-Oxazina Conservador Hidróxido de amonio Resina acrílica Fragancia	Ingredientes: Agua Solventes alifáticos Silicón Sílice AMP Cera carnauba PTFE Resinas acrílicas	Ingredientes: Agua Emulsión de cera de cera de carnauba Dióxido de titanio

En comparación los productos mostrados anteriormente tienen sus peculiaridades como que la cera TEMPO tiene fecha de caducidad y los otros 2 productos no tienen o no lo indican. El precio puede variar dependiendo la zona y los centros comerciales pues está sujeto factores externos a su fabricación y transporte.

El procedimiento de aplicación fue el siguiente:

1. Se lavó con agua y shampoo para automóvil la superficie a pulir y se secó perfectamente en el lugar antes de salir el sol.



*Figura 83. Lavado de la superficie automotriz.*

2. Se dividió el cofre del automóvil en 4 paneles, #1 sin cera, #2 TEMPO, #3 MARVIL y #4 ARMORALL. Se procedió a aplicar una porción medida del producto a cada panel de prueba con las instrucciones indicadas en cada producto.



*Figuras 84 y 85 preparación de los paneles de aplicación.*

3. Se aplicó las capas de cera a cada panel, observando más de cerca la superficie se aprecia la capa blanquecina opaca en cada aplicación del producto.



*Figura 86. Opacidad tras aplicar una cera para automóvil.*

4. Finalmente con otra franela se hace pasar sobre la superficie parecida al boleado de los calzados pues opaca al principio y abrillanta al pulir con la franela.

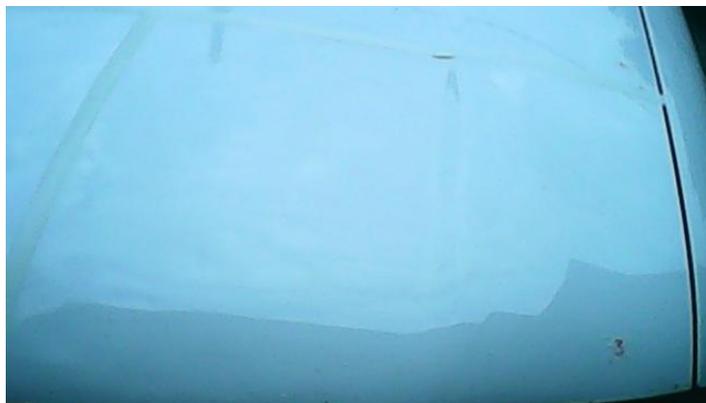
Comenzando por describir el producto TEMPO de SCJohnson, tiene una consistencia cremosa un color crema y una viscosidad alta. Posee un olor alifático fuerte y su aplicación fue accesible.

Con este producto se obtuvo un brillo y una apariencia mejor en la superficie aplicada.



*Figuras 87 y 88. Aplicación de la cera TEMPO.*

Continuando con las aplicaciones, se probó en la superficie #3 el producto MARVIL, su consistencia es más líquida a comparación del producto TEMPO y su olor es parecido al del pescado, igualmente opaca al principio y obtiene brillo al pulir vigorosamente, tiene mayor facilidad de aplicación.



*Figura 89. Aplicación de la cera “MARVIL”.*

Finalmente en la aplicación del panel #4 nos encontramos al producto ARMORALL, tiene una apariencia gelatinosa y color amarillo, posee un olor parecido al de la pintura vinílica para pintar paredes. Obtuvo un brillo menor y se apreciaban todavía rayones en la superficie por otra parte fue más difícil su aplicación pues se

necesitaba más fuerza para pulir y esparcir el producto en la superficie debido a su consistencia muy parecida a un gel que es cremoso pero acuoso al mismo tiempo.



*Figura 90. Aplicación de la cera “ARMOR ALL”.*

Finalmente hay que aclarar que la apreciación depende mucho del aplicador y el procedimiento en que el producto es aplicado así como la distribución del mismo y las técnicas de pulido.

En esta ocasión se utilizaron las especificaciones por el fabricante de los productos, movimientos circulares aplicaciones en porciones pequeñas, algunos dejando secar al aplicar la capa como el caso de MARVIL y TEMPO y otros aplicando directamente sobre la superficie como ARMOR ALL.

He aquí una comparación visual de los productos y la superficie original.



*Figuras. 91, 92, 93 y 94. Original, “TEMPO”, “MARVIL y “ARMORALL”.*

Los resultados de las aplicaciones y la medición del contenido de los mismos fueron desglosados en la siguiente tabla comparativa evaluando las principales características derivadas de la aplicación del producto céreo.

Tabla 24. Tabla de resultados de aplicación de ceras para automóvil. (+++ Excelente, ++ Bueno, + Regular).

Característica	Panel #2 TEMPO	Panel #3 MARVIL	Panel #4 ARMORALL
Cantidad (gr.)	31.9	19.95	25.4
Brillo	+++	++	+
Facilidad de aplicación	++	+++	+
Rapidez de secado	++	++	++
Olor penetrante	++	+++	+

En general se concreta que el producto con mejores características al aplicarlo en las superficies automotrices es el #2 TEMPO de SC. Johnson y la que carece de propiedades o disminuye su calidad en comparación con las citadas es la #4 ARMOR ALL. MARVIL mantiene una calidad aceptable por lo que es recomendable su uso sin embargo no es la mejor opción en el mercado de las ceras para autos.

El panel de prueba #2 obtuvo más brillo, su aplicación se efectuó con mayor facilidad y la diferencia se apreció después de un tiempo de 30-60 segundos de haber esparcido el producto en la superficie indicada. Esto se debe a la combinación y formulación del producto, contiene abrasivos y aditivos que le ayudan a mejorar sus características y por tanto su calidad.

El panel #3 tiene características similares a las del #2, sin embargo no puede superar el brillo y calidad que proporciona el producto TEMPO, por otra parte compensa con la facilidad de aplicación aunque su olor sea un poco más desagradable que la competencia.

Mientras que el panel #4 no mostro mejoras en las características, esto puede deberse a su formulación la cual únicamente especifica agua, emulsión de cera de carnauba y dióxido de titanio. Posiblemente necesiten reformular su producto o cambiar los ingredientes para amentar su desempeño y competir adecuadamente con los productos comerciales.

## 4.2 CERAS PARA CALZADO.

Los betunes para calzado son productos de uso cotidiano utilizados para dar brillo, color y proteger los zapatos, son hechos con ceras naturales tales como la carnauba y candelilla junto con tintas y otros ingredientes que le dan la consistencia deseada para el consumidor.

Influyen mucho los solventes que se usan en la fabricación de betunes para calzado pues estos pueden afectar la volatilidad, consistencia, emulsificación y dispersión de la mezcla.

Tabla 20. Ejemplos de formulaciones típicas. (Los valores están dados en partes masa).

Componente	Formulación				
	#1	#2	#3	#4	#5
Cera de carnauba	8	-	5	5	8
Cera de candelilla	-	10	-	-	-
Cera de abeja	4	3	2	-	3
Cera de lignito o cera montana (blanqueada)	-	-	3	2	-
Ceresina de alto grado	-	-	-	3	3
Cera parafínica (52-54°C)	14	15	17	20	12
Estereato de zinc	2	3	2	3	2
Gasolina blanca	70	-	40	80	-
Tremetina	-	70	40	-	75

Las formulaciones 1 y 2 representan pulimentos de consistencia normal, las número 3 y 4 suaves y la 5 de un alto grado de dureza.

### Experimentación

En esta parte del trabajo se hizo una prueba de aplicación de grasa-crema para calzado en paneles de prueba de piel corte vacuno color negro de 20x20 cm.

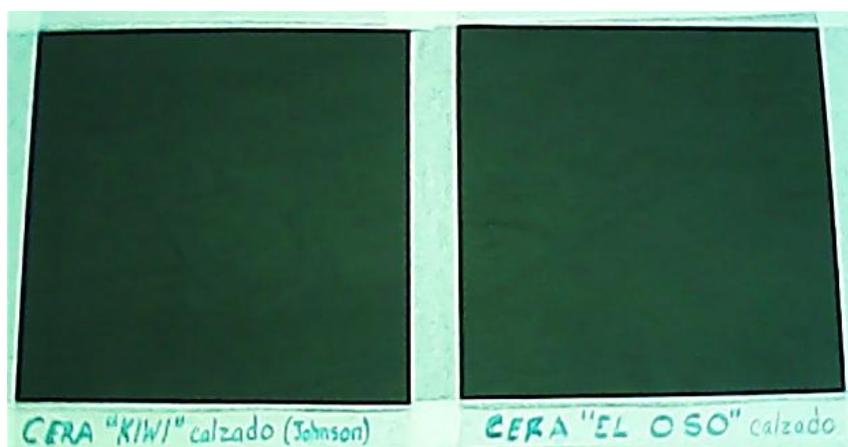


Figura 66. Paneles antes de la aplicación de las ceras para calzado.

Se aplicó un gramo del producto grasa-crema para calzado del lado izquierdo de la marca “KIWI” de SC Johnson y del lado derecho “EL OSO” marca mexicana.



Figura 67. Betún para calzado “KIWI”



Figura 68. Betún para calzado “EL OSO”

Se aplicó 1 gramo del producto con una franela y se distribuyó en círculos por todo el panel de piel uniformemente, hasta que se apreció una apariencia opaca. Posteriormente se frotó varias veces con un cepillo hasta obtener brillo.



Figura 69. Panel con cera “KIWI”



Figura 70. Panel con cera “EL OSO”

Con la aplicación de estos productos podemos observar que el lustre es parecido a simple vista no es notorio una diferencia considerable sin embargo para una mejor apariencia se recomienda aplicar una segunda capa por lo que se recurrió a esta aplicación con otro gramo de producto como se muestra en la parte inferior.

Se aplicó la segunda capa y se volvió a frotar hasta obtener un brillo más notorio como muestran las imágenes.

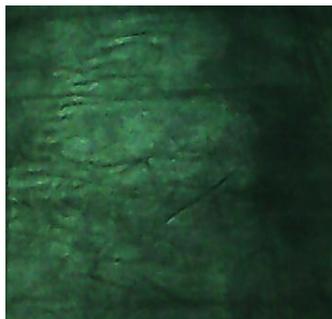


Figura 71. 2da. aplicación de cera “KIWI”

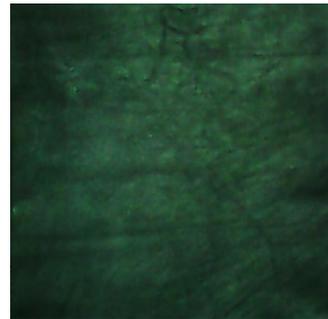


Figura 72. 2da. aplicación de cera “EL OSO”

Con la prueba de aplicación podemos concluir acerca de los betunes para calzado que ambos al aplicarse opacan la superficie, necesitan ser aplicados uniformemente en una capa por toda la zona y se debe frotar con una franela o cepillo para obtener el brillo deseado.

Los resultados obtenidos se pueden concretar en la siguiente tabla comparativa:

*Tabla 21. Tabla de resultados de ceras para calzado.*

EL OSO	KIWI
Tiene una apariencia más grasosa	Tiene una apariencia más rígida
Rápidamente obtiene brillo	Tiene más poder tintóreo
Es menos cremoso	Es más cremoso
Olor menos perceptible	Olor penetrante
Menor untuosidad	Mayor untuosidad
Se apreció brillo	Se apreció mayor brillo

Cabe aclarar que la composición del producto “KIWI” tiene de 65-76% de solventes en su formulación y el resto de colorantes y ceras, por otro lado el producto de “EL OSO” solamente menciona que tiene ceras naturales sin especificar o enlistar otro componente adicional.

Económicamente hablando encontramos que el producto de “KIWI” con 80gr. tiene un valor aproximado en el mercado de \$22.65 y “EL OSO” de 90gr. \$21, lo que nos indica que la formulación de ceras SC Johnson es más costosa que la formulación de EL OSO S.A. de C.V.

Este es el método de aplicación que estamos proponiendo y se debe considerar que factores externos podrían afectar los resultados, sin embargo es un método sencillo, fácil de aplicar y comprobar pero sobre todo los resultados están sujetos a la apreciación del criterio del evaluador.

### 4.3 CERAS PARA MUEBLES.

Las ceras para muebles se confunden a veces con renovadores de superficies, sin embargo la variedad de estos productos se pueden reconocer porque no contienen ceras en su formulación.

En este caso comparamos un atrapa-polvo anti-estático marca CEYS ® con un sacudidor PLEDGE® de la marca SC Johnson, a continuación tenemos un cuadro comparativo de sus ingredientes.

El procedimiento para su aplicación fue el siguiente:

1. Se limpia la superficie donde se aplicará el producto.



*Figura 73. "ALEX I"*



*Figura 74. "ALEX II"*



*Figura 75. PLEDGE I*



*Figura 76. PLEDGE II*

Estos son los paneles de muestra antes de la aplicación del producto para muebles, ALEX I y PLEDGE I es para la primera aplicación a 4 segundos, ALEX II y PLEDGE II es para la aplicación a 6 y 2 segundos respectivamente.

2. Se aplicó el producto durante 2 segundos a una distancia de 20 cm de la superficie en posición casi vertical y se esparció el producto antes de que seicara por toda la zona con una franela en forma circular hasta obtener el brillo.



Figura 77. "ALEX I"



Figura 78. "PLEDGE I"

3. Se repitió la prueba esta vez 2 segundos del producto PLEDGE y 6 segundos del producto ALEX.



Figura 79. "ALEX II"



Figura 80. "PLEDGE II"

Tabla 22. Tabla de resultados de aplicación de ceras para muebles.

TIEMPO DE APLICACIÓN	PRODUCTO ALEX	PRODUCTO PLEDGE
2 seg.	X	(PLEDGE II) 1.4 gr.
4 seg.	(ALEX I) 1.5 gr.	(PLEDGE I ) 6.4 gr.
6 seg.	(ALEX II)2.1 gr.	X

Esta tabla nos muestra las aplicaciones en cuanto a cantidad de producto por unidad de tiempo del mismo, PLEDGE expulsa más rápido que ALEX su contenido, esto se debe a que el producto PLEDGE tiene más propelente en su interior alrededor del 60% y ALEX solamente el 30%.

También se observó que el producto PLEDGE obtuvo más brillo, esto debido a que el producto ALEX no contiene ceras naturales, probablemente su propósito no es ese por ser antiestático y PLEDGE por ser un protector y abrillantador de muebles si ofrece esa característica.

Otro detalle a considerar es que durante la aplicación del producto PLEDGE es necesario esparcir o cubrir toda la superficie con el producto ya que sino permea la zona por completo tendrá zonas sin brillo, es decir, debe ser una capa uniforme y completa en la zona de interés.

El producto PLEDGE tiene un olor más penetrante a pesar de que el producto ALEX tiene aroma a lima el producto de la familia SC Johnson es más penetrante debido a sus componentes aromáticos.

Finalmente y de acuerdo a nuestra tabla son comparables los paneles de aplicación, con base a la cantidad de producto aplicada, ALEX I y PLEDGE II como se muestra a continuación.



*Figura 81. "ALEX I"*



*Figura 82. "PLEDGE II"*

En estas imágenes se puede apreciar el brillo y color superior del producto PLEDGE, sin embargo la cantidad de producto utilizada en el panel de prueba no fue suficiente para toda la superficie y en el producto ALEX si fue posible cubrir toda la superficie deseada.

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

El vasto campo de aplicaciones de las ceras en los mercados de consumo y especialmente las ceras de candelilla y carnauba objeto del presente trabajo, presentan características muy peculiares tanto en los aspectos físico-químicos como cuando son incorporados en productos comerciales.

Las ceras le deben su dureza a los compuestos esterificados de cadenas largas, alcoholes y ácidos grasos de cadenas superiores a 20 carbonos, específicamente la cera de candelilla por tener mayor porcentaje de impurezas e hidrocarburos en comparación con la cera de carnauba.

Una característica observada de la cera de carnauba fue su facilidad para saponificar, esta la hace atractiva en los procesos de emulsificación, manufactura y fabricación de productos cerosos.

La cera de candelilla es más dura que la cera de carnauba, sin embargo la primera aporta más brillo a los productos en los que se emplea, por lo que es necesario tener un equilibrio en la formulación de las emulsiones para su eficiente aprovechamiento.

Haciendo un análisis de las propiedades de ceras naturales de origen vegetal y mineral observamos que existen materias primas con mejores características físicas y químicas, sin embargo su extracción, accesibilidad, manejo y disposición en el mercado presentan mayores complicaciones. Las ceras de candelilla y carnauba tienen presencia en la industria química y se han convertido en representantes destacados en productos de lustre y limpieza por su calidad y confianza.

La obtención de las ceras naturales es más económica que la fabricación de ceras sintéticas debido a que requiere equipo menos especializado, por otra parte el valor comercial de las ceras sintéticas supera ampliamente a las extraídas de la naturaleza.

Las pruebas de aplicación empírica en los productos terminados es una parte bibliográfica que difícilmente se puede consultar, cada compañía tiene sus métodos y pruebas de calidad para considerar a su producto competitivo en el mercado.

La formulación y la aplicación en la superficie del producto influyen directamente en la apariencia y acabado de la misma, el brillo y reanimación del color son resultados que se comparan visualmente.

Para tener un estudio más completo acerca de la emulsificación de otro tipo de ceras se recomienda investigar sus propiedades físico-químicas, su compatibilidad con los emulsificantes y realizar pruebas de aplicación.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Enciclopedia Kirk Othmer Tomo 2 y 6, “Ceras”, “Emulsiones”, págs. 292-308 y 869-894.
- Jorge León (1987), “Botánica de los cultivos tropicales”, 2da. Edición.
- Multiceras sitio web, [www.multiceras.com](http://www.multiceras.com). 2015.
- Instituto de la candelilla sitio web, [www.candelilla.org](http://www.candelilla.org). 2013.
- Gustav-Hees sitio web,  
[http://www.gustavheess.com/productos\\_ficha.php?id=67&m=2&id\\_grups=6&search=categoria](http://www.gustavheess.com/productos_ficha.php?id=67&m=2&id_grups=6&search=categoria)
- Board of consultants and engineers (2011), “Wax and Polishes”, primer edición.
- ASTM-D-460 “Índice de yodo”
- “The chemistry and technology of waxes, N.Y. 1956., A.H. Warth
- ASTM D-1467 “Índice saponificación”
- Octubre 1960, “specification of the American wax importers and refiners association for carnauba, candelilla and oricuri wax.
- Centro de comercio internacional [www.intracen.org](http://www.intracen.org).

## ANEXOS

***NMX-F-174-S-1981. ALIMENTOS PARA HUMANOS. DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE SAPONIFICACIÓN EN ACEITES Y GRASAS VEGETALES O ANIMALES. FOODS FOR HUMANS. DETERMINATION OF THE SAPONIFICATION INDEX IN OILS AND VEGETAL OR ANIMAL FATS. NORMAS MEXICANAS. DIRECCIÓN GENERAL DE NORMAS.***

En la elaboración de la presente Norma participó el siguiente Organismo:  
Subsecretaría de Salubridad  
Dirección General de Laboratorios de Salud Pública

### 1. OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Esta Norma Mexicana establece el procedimiento para determinar el índice de saponificación por el método de Koettstorfer en los aceites y grasas vegetales o animales; aplicables a los ácidos grasos saturados y para los no saturados.

### 2. DEFINICIONES

Para los efectos de esta Norma, se establece la siguiente definición:

Índice de Saponificación: Es la cantidad de hidróxido de potasio expresado en miligramos, necesario para saponificar un gramo de aceite o grasa.

### 3. FUNDAMENTO

Este método se basa en la reacción química de los ácidos grasos con un álcali, formándose la sal del ácido.

### 4. REACTIVOS Y MATERIALES

#### 4.1 Reactivos

4.1.1 Los reactivos que a continuación se mencionan, deben ser grado analítico; cuando se indique agua, debe entenderse agua destilada.

- Ácido clorhídrico 0.5 N
- Hidróxido de potasio en solución alcohólica
- Solución indicadora de fenolftaleína al 1 %

#### 4.1.2 Preparación de reactivos

RECOPIADO POR EL PROGRAMA UNIVERSITARIO DE ALIMENTOS.

Hidróxido de potasio en solución alcohólica. Se disuelven 40 g de hidróxido de potasio en un litro de alcohol etílico de 96 % en volumen (véase A.1, A.2 y A.3).

#### 4.2 Materiales

- Matracas Erlenmeyer de cuello esmerilado de 300 cm<sup>3</sup>.
- Tubos de condensación esmerilados.
- Pipetas volumétricas de 50 cm<sup>3</sup>.
- Material común de laboratorio.

### 5. APARATOS Y EQUIPO

- Refrigerante de reflujo.
- Baño María con regulador de temperatura.

### 6. MUESTRAS

- Preparación de la muestra de prueba.
- La cantidad de muestra empleada para la determinación debe ser de 5 g y debe estar seca y filtrada.

## 7. PROCEDIMIENTO

**7.1** Se coloca la muestra en el matraz Erlenmeyer, se le agregan 50 cm<sup>3</sup> de hidróxido de potasio en solución alcohólica exactamente medida con pipeta volumétrica en un tiempo definido.

**7.2** Al matraz se le adapta el refrigerante de reflujo y se coloca en un baño María hirviendo durante 30 minutos, agitándolo frecuentemente. La saponificación se prolonga de 30 a 60 minutos para que sea completa (según la altura sobre el nivel del mar).

**7.3** Una vez terminada la saponificación de 60 minutos se le agrega 1 cm<sup>3</sup> de solución indicadora de fenolftaleína al 1.0 % titulándose en frío, con ácido clorhídrico 0.5 N; para observar con claridad y precisión el punto final, considerándose como tal cuando después de transcurrir medio minuto de que se agrega la última gota del ácido clorhídrico 0.5 N se produce la decoloración.

**7.4** Se hace una prueba testigo usando la misma cantidad de reactivo, procurando que el tiempo de descartar de las pipetas sea semejante al de la muestra.

## 8. EXPRESIÓN DE RESULTADOS

Para obtener el índice de saponificación se aplica la siguiente expresión:

$$I.S. = \frac{V1 - V}{P} \times 28.05$$

En donde:

I.S. = Índice de saponificación

V1 = Centímetros cúbicos de solución de ácido clorhídrico 0.5 N empleados en la titulación del testigo.

V = Centímetros cúbicos de ácido clorhídrico 0.5 N empleados en la titulación de la muestra.

P = Masa de la muestra en gramos

28.05 = Miligramos de hidróxido de potasio equivalente a 1 cm<sup>3</sup> de ácido clorhídrico 0.5 N

## 9. REPETIBILIDAD

La diferencia entre resultados sucesivos, obtenidos con el mismo método, sobre materiales de prueba idénticos y bajo las mismas condiciones (mismo operador, mismos aparatos, mismo laboratorio y al mismo tiempo); no debe ser mayor de 0.5 %.

## APÉNDICE A

A.1 La presencia de impurezas en el alcohol produce una coloración amarilla - café que impide ver el punto final de la titulación. Se recomienda poner en 1 – 1.5 cm<sup>3</sup> de alcohol etílico de 5 - 10 g de hidróxido de potasio y se somete a reflujo en baño María durante 30 minutos; se destila el alcohol se prepara la solución.

A.2 La presencia de agua en el alcohol le resta exactitud al método.

A.3 Se recomienda usar la solución alcohólica de hidróxido de potasio recientemente preparada.

**NMX-F-152-S-1981. ALIMENTOS PARA HUMANOS. ACEITES Y GRASAS VEGETALES O ANIMALES. DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE YODO POR EL MÉTODO DE WIJS. NORMAS MEXICANAS. DIRECCIÓN GENERAL DE NORMAS. (ESTA NORMA CANCELA A LA NMX-F-152-1970).**

En la elaboración de la presente Norma participaron los siguientes Organismos:

Subsecretaría de Salubridad

Dirección General de Laboratorios

Instituto Politécnico Nacional

Escuela Nacional de Ciencias Biológicas

Departamento de Graduados e Investigación de Alimentos

Bufete Químico, S.A.

Cremería Americana, S.A.

Ganaderos Productores de Leche Pura, S.A.

### 1. OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Esta Norma Mexicana establece el procedimiento para determinar el índice de yodo por el método de Wijs en aceites y grasas vegetales o animales.

### 2. DEFINICIÓN

Para los efectos de esta Norma, se establece la siguiente definición:

Índice de yodo.- Es la medida de la no saturación de las grasas y aceites y se expresa en términos del número de centigramos de yodo absorbido por gramo de muestra (por ciento de yodo absorbible).

### 3. FUNDAMENTO

Este método se basa en la reacción del mono cloruro de yodo en medio acético con los ácidos grasos, y en medir la cantidad de yodo que está presente libremente. En función de éste se determina el grado de insaturación del aceite.

### **RECOPIADO POR: EL PROGRAMA UNIVERSITARIO DE ALIMENTOS**

### 4. REACTIVOS Y MATERIALES

#### 4.1 Reactivos

4.1.1 Los reactivos que a continuación se mencionan, deben ser grado analítico; cuando se indique agua, debe entenderse agua destilada.

- Ácido acético glacial (efectuar la prueba del permanganato antes de usarlo).
- Cloro líquido de 99.8% de pureza.
- Tetracloruro de carbono.
- Ácido clorhídrico concentrado con densidad de 1.49 g/mL
- Solución de almidón.
- Mono cloruro de yodo.
- Ácido sulfúrico concentrado.
- Solución de yoduro de potasio (KI).
- Solución valorada de Tiosulfato de sodio 0.1 N.
- Solución de Wijs.

#### 4.1.2 Preparación de reactivos.

4.1.2.1. Prueba del permanganato.- A 2 cm<sup>3</sup> de ácido acético se le adicionan 10 cm<sup>3</sup> de agua y solución de permanganato de potasio (KMnO<sub>4</sub>) 0.1 N hasta que la coloración rosa persista durante una hora.

4.1.2.2 Solución de almidón.- Determinar la masa de 1.0 g de almidón y agregar suficiente agua fría hasta formar una pasta.

Adicionar agitando continuamente 200 cm<sup>3</sup> de agua hirviente, antes de usarla efectuar la prueba de la sensibilidad del almidón.

4.1.2.3 Prueba de sensibilidad del almidón soluble.- A 5 cm<sup>3</sup> de la solución anterior se le agregan 100 cm<sup>3</sup> de agua y 0.05 cm<sup>3</sup> de solución de yodo 0.1 N. El color azul intenso producido, debe desaparecer por la adición de 0.05 cm<sup>3</sup> de solución de Tiosulfato de sodio 0.1 N.

4.1.2.4 Solución de yoduro de potasio.- Disolver 150 g de yoduro de potasio en agua destilada y aforar a un litro.

4.1.2.5 Solución de Wijs.- Se prepara empleando mono cloruro de yodo de la siguiente manera:

- Solución a).- Solución patrón: Se agregan 317 más menos 0.1 g de mono cloruro de yodo (ICI) a un litro de ácido acético glacial y filtrar a través de papel filtro, se recibe el filtrado en un recipiente limpio y seco. Se filtra rápidamente para evitar la contaminación con la humedad y posteriormente guardar en un lugar fresco y en la obscuridad.

- Solución b).- Solución Wijs: Tomar una porción de 117 más menos 0.1 cm<sup>3</sup> de solución (a) y pasarla a una botella conteniendo dos litros de ácido acético glacial y agitar (véase A.4).

4.1.2.6 Procedimiento para determinar la relación I/Cl.- En un matraz para yodo poner 150 cm<sup>3</sup> de agua saturada de cloro, agregar algunas cuentas de vidrio y 5 cm<sup>3</sup> de solución de Wijs, agitar y calentar hasta ebullición, hervir activamente durante 10 minutos, enfriar y agregar 30 cm<sup>3</sup> de ácido sulfúrico al 2 %, y 15 cm<sup>3</sup> de solución de yoduro de potasio al 15%, mezclar bien e inmediatamente titular con solución de Tiosulfato de sodio 0.1 N empleando almidón como indicador.

4.1.2.7 Procedimiento para determinar el contenido de halógeno total.- Poner 150 cm<sup>3</sup> de agua recientemente hervida en un matraz limpio y seco. Agregar 15 cm<sup>3</sup> de solución de yoduro de potasio al 15 %. Con una pipeta agregar al matraz 20 cm<sup>3</sup> de solución de Wijs y agitar Titular inmediatamente con la solución 0.1 N de Tiosulfato de sodio, utilizando almidón como indicador.

Cálculo de la relación de halógenos.

Calcular la relación de halógenos mediante la siguiente fórmula:

$$R = \frac{2A}{3B - 2A}$$

R= Relación de halógenos.

A= Titulación del contenido de yodo en cm<sup>3</sup> de Tiosulfato.

B= Titulación del contenido total de halógenos en cm<sup>3</sup> de Tiosulfato.

NOTA: La relación I/Cl de la solución de Wijs debe estar entre los límites de 1.10 más menos 0.1

## 4.2 Materiales

- Matraz Erlenmeyer de 500 cm<sup>3</sup> con tapón esmerilado especial para índice de yodo.
- Matraz volumétrico de 1000 cm<sup>3</sup>.
- Pipetas de 20 a 25 cm<sup>3</sup>.
- Papel filtro apropiado para este método (véase A.5).
- Material común de laboratorio.

## 5. APARATOS Y EQUIPO

Balanza analítica con sensibilidad de 0.0001 g.

## 6. MUESTRAS

### 6.1 Preparación de la muestra de prueba

La muestra de prueba debe estar limpia, transparente y seca, en caso contrario se procede a fundirla, calentándola a una temperatura no mayor de 10 K (10°C) - 15 K (15°C) arriba del punto de fusión, filtrado a través de papel filtro para eliminar cualquier impureza y los últimos vestigios de humedad.

## 7. PROCEDIMIENTO

7.1 Según la Tabla 1 determinar la masa exactamente de la muestra necesaria en un matraz de 500 cm<sup>3</sup> en el que previamente han sido puestos 20 cm<sup>3</sup> de tetracloruro de carbono. La determinación de la masa de la muestra debe ser tal, que permita la existencia después de la absorción, de un exceso de 50 a 60% de la solución de Wijs agregada.

**TABLA 1**

ÍNDICE DE YODO PARA COLORES MENORES DE:	PESO DE LA MUESTRA EN GRAMOS		APROXIMACIÓN DE LA PESADA EN GRAMOS
	EXCESO DE 100 %	EXCESO DE 150 %	
3	10.0	10.0	0.001
3	10.576	8.4613	0.005
5	6.346	5.0770	0.0005
10	3.173	2.5384	0.0002
20	1.5865	0.8461	0.0002
40	0.7935	0.6346	0.0002
60	0.5288	0.4231	0.0002
80	0.3966	0.3173	0.0001
100	0.3173	0.2538	0.0001
120	0.2644	0.2115	0.0001
140	0.2266	0.1813	0.0001
160	0.1983	0.1587	0.0001
180	0.1762	0.141	0.0001
200	0.1586	0.1269	0.0001

7.2 Poner con pipeta 25 cm<sup>3</sup> de la solución de Wijs en el matraz que contiene la muestra y con movimiento circular asegurar la homogeneización.

7.3 Preparar y usar un mínimo de dos blancos intercalados en cada grupo de muestras; es conveniente hacer las determinaciones con diferencia de 5 minutos con el fin de lograr en esta forma las mismas condiciones en todas las muestras y los blancos.

- Máquinas y Herramientas Especiales, S.A. de C.V. Máquinas transfer rotativas y lineales, máquinas estáticas que realicen 2 o más operaciones y máquinas pendulares.
- Maquinaria Plástica Moderna, S. A. Extrusoras para materiales termoplásticos.
- Melco de México, S. A. de C. V. Equipos de control chopper para el metro.
- Mercator Agrícola, S. A. Secadoras continuas verticales, cepilladoras, secadoras especiales, mesas de flotación o fluidizadoras, mesas de selección despredadoras, equipos para pre limpia y cribado, pulidoras rotativas, elevadores de cangilones, cribadoras de zarandas.
- Midland Ross de México. Hornos para tratamientos térmicos, quemadores de productos sólidos, líquidos y gaseosos, generadores de gas inerte y secadores industriales.
- Mecánica Falk, S. A. de C. V. Coples flexibles semirrígidos y reductores de velocidad.
- Nacional de Bombas y Válvulas, S.A. de C.V. Bombas con columnas para pozo profundo con diámetro de descarga hasta 12 pulg.
- Oerlikon Italiana de México, S. A. de C. V. Fresadoras universales, horizontales y verticales.
- Pfaudler, S. A. de C. V. Reactores de acero vidriado.
- Siemens, S. A. Amperímetros y voltímetros.
- Suizer Hermanos, S. A. Bombas de vacío y bombas centrifugas de alta presión.
- Tecnología y Maquinaria Mexicana, S. A. Maquinaria y equipo para la producción de empaques de cartón moldeado.

NOTA: Véase A.1, A.2, A.3 y A.4.

7.4 Guardar los matraces al abrigo de la luz durante 30 minutos a una temperatura de 293 K

(20°C) - 298 K (25°C), al cabo de los cuales adicionar 20 cm<sup>3</sup> de yoduro de potasio al 15 %, mezclar y en seguida añadir 100 cm<sup>3</sup> de agua destilada, lavando el tapón.

7.5 Titular con solución de Tiosulfato de sodio 0.1 N adicionándolo gradualmente con agitación constante y vigorosa. Continuar la titulación hasta que el color amarillo, casi desaparezca, adicionar 1 o 2 cm<sup>3</sup> de solución indicadora de almidón y proseguir la titulación hasta la desaparición del color azul.

## 8. EXPRESIÓN DE RESULTADOS

Se calcula el índice de yodo mediante la siguiente fórmula:

$$I = \frac{(V_t - V_m) N \times 12.69}{G}$$

En donde:

I = Índice de yodo.

V<sub>t</sub> = Volumen de solución de Tiosulfato de sodio gastado en la titulación del blanco, en cm<sup>3</sup>.

V<sub>m</sub> = Volumen de solución de Tiosulfato de sodio gastado en la titulación de la muestra, en cm<sup>3</sup>.

N = Normalidad de la solución de Tiosulfato de sodio.

12.69 = Equivalente del yodo.

G = Masa de la muestra en gramos.

## 9. REPETIBILIDAD

La diferencia entre resultados sucesivos, obtenidos con el mismo método, sobre materiales de prueba idénticos y bajo las mismas condiciones (mismo operador, material, reactivos y laboratorio): no debe ser mayor de 0.5 %.

### APÉNDICE A

A.1 En muestras de aceite de Tung, determinar la masa de 0.1 a 0.2 g de muestra usando un exceso de 55 más menos 3% de solución de Wijs y dejar que la absorción proceda durante una hora, a 293 K (20°C) - 298 K (25°C).

A.2 En muestras de aceite de ricino deshidratado y ácidos grasos de aceite de ricino deshidratado, determinar la masa de 0.11 a 0.13 g.

A.3 Las muestras de aceite cuyo índice esté por arriba de 150 como el aceite de linaza y perilla, se dejarán reaccionar durante una hora en un lugar oscuro a 293 K (20°C)-298 K (25°C) y en el informe indicar el tiempo empleado.

A.4 Todas las soluciones de Wijs son sensibles a la temperatura, humedad y luz por eso deberán guardarse en un lugar fresco oscuro y nunca permitir que estén a una temperatura superior a 303 K (30°C).

A.5 Se recomienda el empleo de papel filtro Wathman No. 41 u otro similar.

**NMX-F-101-1987. ALIMENTOS. ACEITES Y GRASAS VEGETALES O ANIMALES. DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE ACIDEZ. FOODS. VEGETABLES OR ANIMALS OILS AND FATS. ACIDITY INDEX DETERMINATION. NORMAS MEXICANAS. DIRECCIÓN GENERAL DE NORMAS.**

En la elaboración de la presente Norma participaron los siguientes Organismos:  
Asociación Nacional de Industriales de Aceites y Mantecas Comestibles, A.C.  
Cámara de la Industria de Aceites y Grasas Comestibles.  
Instituto Mexicano de Aceites, Grasas y Proteínas, A.C.  
Arancia Aceites La Gloria, S.A.  
Aceites Polimerizados, S.A. de C.V.  
Instituto Nacional del Consumidor  
Aceite Casa, S.A. de C.V.  
Industrias CONASUPO, S.A.  
Anderson Clayton & Co., S.A.

### 1. OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Esta Norma establece el método volumétrico para la determinación del Índice de acidez. Por este método se determinan valores de Índice de acidez, con una aproximación de  $\pm 0.25\%$ .

### 2. FUNDAMENTO

Este método se basa en la titulación de los ácidos grasos libres, con un álcali.

### 3. DEFINICION

Índice de acidez: Es la cantidad en miligramos de hidróxido de potasio necesaria para neutralizar los ácidos grasos libres en 1.0 g de aceites o grasa.

### 4. APARATOS Y EQUIPO

- Balanza analítica con sensibilidad de 0.0001 g.
- Baño de vapor de reflujo.
- Material común de laboratorio.

### 5. MATERIALES Y REACTIVOS

#### **RECOPIADO POR: EL PROGRAMA UNIVERSITARIO DE ALIMENTOS**

Los reactivos que a continuación se mencionan, serán grado analítico, a menos que se indique otra cosa; cuando se hable de agua, ésta será agua destilada.

- Solución de hidróxido de potasio exactamente valorada (según tabla 1).
- Alcohol etílico de 95° (v/v) neutralizado en el momento de usarse con hidróxido de potasio 0.1 N utilizando como indicador fenolftaleína.
- Solución de hidróxido de potasio 0.1 N.
- Solución alcohólica indicadora de fenolftaleína al 1.0%.

## 6. PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

La cantidad de muestra empleada para esta determinación debe estar de acuerdo con la siguiente tabla:

Tabla 1

% de Ácidos Grasos Libres	Muestra en Gramos	Mililitros de Alcohol	Normalidad de la Solución
0.00 a 0.2	56.4 ± 0.2	50.0	0.1
0.2 a 1.0	28.2 ± 0.2	50.0	0.1
1.0 a 30.0	7.05 ± 0.05	75.0	0.25
30.0 a 50.0	7.05 ± 0.05	100.0	0.25 ó 1.0
50.0 a 100.0	3.525 ± 0.001	100.0	1.0

## PROCEDIMIENTO

A la muestra determinada en gramos, seca, fundida y filtrada, contenida en un matraz Erlenmeyer de 300 cm<sup>3</sup>, se le agregan tantos centímetros cúbicos de alcohol etílico (véase A.1) como lo indica la tabla anterior, previamente neutralizado; si la disolución de los ácidos grasos libres no es completa en frío, caliente suavemente el matraz en baño de vapor a reflujo hasta disolución completa, y después se agrega 1 cm<sup>3</sup> de fenolftaleína; se titula la mezcla con la solución de hidróxido de potasio valorada, agitando frecuentemente hasta que una coloración rosada persista durante 30 s.

## 8. EXPRESIÓN DE RESULTADOS

El resultado se expresa en miligramos de hidróxido de potasio de acuerdo a la siguiente expresión:

$$\text{Índice de acidez} = \frac{56.1 \times N \times V}{P}$$

En donde:

56.1 = equivalente químico de la potasa.

N = normalidad de la solución de hidróxido de potasio.

V = cm<sup>3</sup> de solución valorada de hidróxido de potasio gastados en la titulación de la muestra.

P - masa de la muestra en gramos.

Se debe expresar como porcentaje de ácido oleico, palmítico o láurico aplicando la siguiente expresión, utilizando el meq del ácido graso de referencia:

$$\% \text{ ácidos grasos libres} = \frac{\text{meq} \times N \times V \times 100}{P}$$

En donde:

Meq = miliequivalente químico del ácido graso de referencia

N = normalidad de la solución de hidróxido de potasio.

V = cm<sup>3</sup> de solución valorada de hidróxido de potasio gastados en la titulación de la muestra.

P = peso de la muestra en gramos.

#### 9. REPETIBILIDAD

El procedimiento debe efectuarse por duplicado y el valor no debe tener una variación mayor de  $\pm 0.25$  %; siendo el resultado final la media aritmética de ambas determinaciones.

#### 10. REPRODUCIBILIDAD

La diferencia entre el resultado obtenido por un analista y el promedio de una serie de determinaciones efectuadas en el mismo material de prueba, por diferentes analistas, en diferentes laboratorios, no debe ser mayor de 1%.

#### APÉNDICE A

A.1 En el caso de las grasas se recomienda la mezcla al 50% de alcohol éter.

## ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1. Cera de abeja.
- Figura 2. Estructura química principal de la cera de oveja, carnauba y de plantas.
- Figura 3. Aceite de coco.
- Figura 4. Grasa de coco.
- Figura 5. Parafina en bruto.
- Figura 6. Palma de carnauba.
- Figura 7. Recolección de la hoja de la palma de carnauba.
- Figura 8. Hoz, instrumento utilizado para cortar hojas de palmas.
- Figura 9. Secado de la palma por acción del sol.
- Figura 10. Triturado de la hoja de carnauba.
- Figura 11. Prensado de la hoja de carnauba.
- Figura 12. Calentamiento de las hojas para obtención de la cera de carnauba.
- Figura 13. Almacén y planta piloto de la cera de carnauba.
- Figura 14. Obtención de tablillas de carnauba y triturado de la misma.
- Figura 15. Fundición de la cera de carnauba.
- Figura 16. Planta de candelilla.
- Figura 17. Separación de la cera de la planta de candelilla por calentamiento.
- Figura 18. Obtención y purificación de la cera de candelilla.
- Figura 19. Panal de abeja donde se extrae la cera de abeja.
- Figura 20. Lignito bituminoso triturado.
- Figura 21. Ceresina.
- Figura 22. Cera micro cristalina en presentación de pellet.
- Figura 23. Variedad de betunes y artículos para protección y cuidado del calzado.
- Figura 24. Productos para el lustre y cuidado de pisos.
- Figura 25. Aplicación de adhesivos termo fundentes a cajas de cartón.
- Figura 26. Parafina en tablillas.
- Figura 27. Cera polietilénica en polvo.
- Figura 28. Variedad de fruta protegida con cera.
- Figura 29. Aplicación de recubrimiento anticorrosivo en la pared interna de un tanque.
- Figura 30. *Cera parafínica no conductora para la electrónica*
- Figura 31. Barniz aplicado a un enrollado de cable de cobre de un motor.
- Figura 32. Lápices labiales, polvos y barnices.
- Figura 33. Cremas a base de ceras naturales.
- Figura 34. Pomadas y ungüentos compuestos de ceras naturales.
- Figura 35. Papel encerado para la industria de los alimentos.
- Figura 36. Papel carbón.
- Figura 37. Determinación del punto de fusión por el método del tubo de Thiele.
- Figura 38. Muestra de carnauba en solvente alcohol-éter.

Figura 39. Preparación de muestras para obtención de índice de yodo.

Figura 40. Matrices en la oscuridad.

Figura 41. Muestras listas para la titulación con Tiosulfato de sodio.

Figura 42. Titulación con Tiosulfato de sodio.

Figura 43. Cambio de coloración de amarillo a incoloro.

Figura 44. Carnauba con potasa alcohólica.

Figura 45. Candelilla y testigo con potasa alcohólica.

Figura 46. Montaje de equipo para obtención del índice de saponificación.

Figura 47. Calentamiento de las 3 muestras en baño maría.

Figura 48. Acercamiento a la muestra de cera de carnauba.

Figura 49. Acercamiento a la muestra de cera de candelilla.

Figura 50. Muestras al finalizar la saponificación.

Figura 51. Titulación en caliente de las muestras.

Figura 52. Cambio de coloración de amarillo a rosa.

Figura 53. Muestras después de la saponificación.

Figura 54. Muestras originales, cera de carnauba y candelilla respectivamente de izquierda a derecha.

Figura 55. Imagen en microscopio de una emulsión aceite en agua.

Figura 56. Acercamiento de una imagen de una espuma.

Figura 57. Imagen de una suspensión.

Figura 58. Imagen de aplicación de un aerosol.

Figura 59. Emulsión Agua-aceite.

Figura 60. Emulsión Aceite-agua.

Figura 61. Método de emulsificación del embudo.

Figura 62. Diseño de recipiente a presión para preparar emulsiones.

Figura 63. Diagrama de un proceso de emulsificación continua a nivel industrial.

Figura 64. Diagrama de proceso de emulsificación cera en agua.

Figura 65. Diagrama de proceso de emulsificación continua con mezclador en la línea.

Figura 66. Paneles de prueba para cera de calzado antes de la aplicación.

Figura 67. Betún para calzado “KIWI”.

Figura 68. Betún para calzado “EL OSO”.

Figura 69. Panel con aplicación de cera “KIWI”.

Figura 70. Panel con aplicación de cera “EL OSO”.

Figura 71. Segunda aplicación de cera “KIWI”.

Figura 72. Segunda aplicación de cera “EL OSO”.

Figura 73. Panel “ALEX I” antes de la aplicación de la cera para muebles.

Figura 74. Panel “ALEX II” antes de la aplicación de la cera para muebles.

Figura 75. Panel “PLEDGE I” antes de la aplicación de la cera para muebles.

Figura 76. Panel “PLEDGE II” antes de la aplicación de la cera para muebles.

Figura 77. Panel “ALEX I” después de la aplicación de la cera para muebles.

Figura 78. Panel “PLEDGE I” después de la aplicación de la cera para muebles.

Figura 79. Panel “ALEX II” después de la aplicación de la cera para muebles.

Figura 80. Panel “PLEDGE II” después de la aplicación de la cera para muebles.

Figura 81. Panel “ALEX I” después de la aplicación de la cera para muebles.

Figura 82. Panel “PLEDGE II” después de la aplicación de la cera para muebles.

Figura 83. Lavado de la superficie automotriz.

Figura 84. División de paneles de prueba.

Figura 85. Preparación de material para la aplicación de ceras.

Figura 86. Opacidad tras aplicar una capa de cera automotriz.

Figuras 87 y 88. Aplicación de la cera “TEMPO”.

Figura 89. Aplicación de la cera “MARVIL”.

Figura 90. Aplicación de la cera “ARMOR ALL”.

Figura 91. Panel sin aplicación de cera.

Figura 92. Panel con aplicación de cera “TEMPO”.

Figura 93. Panel con aplicación de cera “MARVIL”.

Figura 94. Panel con aplicación de cera “ARMOR ALL”.

## **INDICE DE TABLAS Y GRÁFICAS.**

- Tabla 1. Diferencias entre ceras, grasas, aceites y parafinas.
- Tabla 2. Composición aproximada de la cera de carnauba.
- Tabla 3. Propiedades de los tipos de cera de carnauba.
- Tabla 4. Composición de la cera de candelilla.
- Tabla 5. Exportaciones por continente de ceras naturales, de abeja y otras.
- Tabla 6. Importaciones por continente de ceras vegetales, de abeja y otros.
- Tabla 7. Principales países exportadores de ceras en el mundo.
- Tabla 8. Principales países importadores de ceras en el mundo.
- Tabla 9. Tabla de características de las principales ceras naturales comercializadas.
- Tabla 10. Principales compuestos químicos de algunas ceras naturales.
- Tabla 11. Principales propiedades físico-químicas de algunas ceras naturales.
- Tabla 12. Tabla de resultados de obtención del índice de acidez.
- Tabla 13. Tabla de resultados de obtención del índice de yodo.
- Tabla 14. Tabla de resultados de obtención del índice de saponificación.
- Tabla 15. Ejemplos de emulsificantes.
- Tabla 16. Índice de acidez de algunos emulsificantes aniónicos.
- Tabla 17. Formulación y procedimiento de una emulsión agua-cera.
- Tabla 18. Formulación y procedimiento de una emulsión por saponificación.
- Tabla 19. Formulación y procedimiento de emulsificación por saponificación directa
- Tabla 20. Ejemplo de formulaciones típicas.
- Tabla 21. Resultados de la aplicación de ceras para calzado.
- Tabla 22. Tabla de resultados de aplicación de ceras para muebles.
- Tabla 23. Tabla comparativa de componentes de ceras para automóvil.
- Tabla 24. Tabla de resultados de aplicación de cera para automóvil.
- Gráfica 1. Representación de exportaciones por continente de ceras naturales de abeja y otros.
- Gráfica 2. Importaciones por continente de ceras vegetales, de abeja y otros.
- Gráfico 3. Relación cantidad-valor comercial de los principales exportadores de ceras en el mundo 2014.
- Gráfica 4. Comparación entre la cantidad y el valor comercial de países importadores de ceras en el mundo.