

Utilización de Aceite de Palma Africana para
la fabricación de Candelas Aromáticas

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ciencias y Humanidades

Departamento de Ingeniería Química

Utilización de Aceite de Palma Africana para
la fabricación de Candelas Aromáticas

Ana Zenaida González Castillo

Trabajo de graduación presentado para optar
al grado académico de Licenciatura en Ingeniería Química



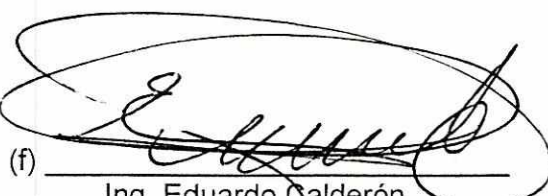
Guatemala

1998

Vo.Bo. :

(f) 
Ing. Henry Cukier Alcah 
Asesor

Tribunal:

(f) 
Ing. Eduardo Calderón

(f) 
Ing. Carina Pacay Mac

(f) 
Ing. Henry Cukier Alcah 

Fecha de aprobación: 29 de octubre de 1,998

INDICE

I. Introducción	
II. Antecedentes	
A. Historia de la Elaboración De Candelas _____	1
B. El Mercado Actual De La Industria Candelera _____	3
C. Tipos de Cera _____	4
1. Cera De Abeja: _____	4
2. Cera De Base Vegetal: _____	5
3. Cera Parafínica: _____	5
4. Microparafina: _____	6
D. Clases De Candelas _____	6
1. De Llenado Directo _____	6
2. Taper _____	6
3. Votiva _____	7
4. Pilar o Columna: _____	7
5. Candelas Flotantes _____	8
E. Aceite De Palma Africana _____	8
F. Usos No Alimenticios Del Aceite De Palma Africana _____	10
G. Procesamiento Industrial Del Aceite De Palma: _____	10
H. El Aceite De Palma Africana En Guatemala _____	12
I. Beneficios Del Cultivo De Palma Africana En Guatemala _____	13
III. Justificación _____	15
IV. Objetivos _____	16
A. Generales _____	16
B. Específicos _____	16
V. Problema A Resolver _____	17
VI. Resultados _____	18
A. Investigación Y Experimentación _____	18
1. Temperatura _____	18
2. Combustión _____	24
3. Aditivos Especiales _____	25
4. Apariencia Externa Del Producto _____	26
5. Producto Final _____	26

B. Formulación Y Caracterizacion	27
C. Diseño Del Proceso	28
1. Diagrama De Flujo Del Proceso	28
2. Diagrama De Flujo Con Símbolos De Ingeniería Química	29
3. Detalle Del Proceso	30
D. Diseño Y Selección De Equipo	32
VII. Conclusiones	38
VIII. Recomendaciones	40
IX. Bibliografía	41
X. Anexo	43
A. Simbología Utilizada	44
B. Abreviaturas	44

I. INTRODUCCIÓN

El cultivo de Palma Africana en Guatemala se inició en 1987, y a la fecha los bosques suman 15 mil hectáreas, área que podrá duplicarse en cinco años. Esta industria ha proporcionado empleo a 500 campesinos del área rural. Además produce 20 toneladas métricas de óxigeno diariamente y constituye la fuente de aceite de palma, un producto de alta rentabilidad y versatilidad. El aceite es mayormente exportado para usos alimenticios, pero los usos no alimenticios que se le pueden dar al aceite son muy importantes debido al alto valor agregado de los productos derivados.

Uno de estos productos derivados son las velas aromáticas. La industria de las velas aromáticas presenta un atractivo especial, al ser un mercado creciente con un crecimiento anual mayor al 15%. Por otra parte es una industria sencilla que no requiere mayor tecnificación ni mano de obra calificada, razones por la que puede ser instalada fácilmente en países como el nuestro donde existe excedente de mano de obra y además están presentes los recursos naturales necesarios.

El presente trabajo de graduación ofrecerá el desarrollo de una formulación para la elaboración de velas aromáticas a partir del aceite de palma, cumpliendo con los requerimientos del mercado actual y las características de calidad. En adición, se diseña un proceso industrial para la elaboración a gran escala de este producto, en el cual se describen los equipos necesarios para el proceso.

II. ANTECEDENTES

A. Historia de la elaboración de velas

Por siglos las velas han iluminado el progreso del hombre. Sin embargo es poco conocido su origen. Se cree que las primeras velas fueron desarrolladas en el Egipto Antiguo, quienes usaron luces rústicas o antorchas para iluminarse. Son los Romanos quienes se llevan el crédito por desarrollar las velas con pabilo. Fue hasta la edad media cuando se descubrió la cera de abeja, sustancia secretada por las abejas para hacer su miel. Las velas de cera de abeja no producen humo ni emiten ningún olor ácido mientras se queman pero presentan la desventaja de ser de alto costo (12) .

Las mujeres coloniales dieron la primera contribución a la industria velera al descubrir que hirviendo los granos verdes del arrayán producían una cera con olor dulce que quemaba limpiamente. Sin embargo extraer esta cera era muy tedioso, por lo que la popularidad de estas velas decayó rápidamente (12) .

Fue durante el siglo diecinueve cuando se presentó la revolución en la industria velera. En 1834 el inventor: Joseph Morgan, introdujo una máquina que permitía la producción continua de velas. El diseño de Morgan consistía en un cilindro con un pistón móvil que presionaba las velas y las expulsaba a medida que se solidificaban. Esta máquina es lo que actualmente se conoce como extrusor (12) .

El siguiente desarrollo en candelaría fue el descubrimiento de cera parafínica. Procesando por destilación los residuos del petróleo crudo y refinándolo se logró formar la parafina, la cual quema limpiamente y sin olor. La importancia de este descubrimiento constituye el bajo costo de esta parafina. En este punto el único problema existente era que la parafina tenía un punto de fusión muy bajo, sin embargo con el descubrimiento del ácido esteárico, se logró aumentar el punto de fusión; y pronto se comenzó a fabricar velas con una mezcla de ácido esteárico y parafina (12)

Con la introducción de la bombilla en 1879, la industria velera decayó, y no fue sino hasta mediados del siglo veinte cuando resurgió la popularidad de las velas. Actualmente las velas simbolizan celebración, marcan romance, definen ceremonias, y sirven como decoración entre otras cosas (12) .

B. El mercado actual de la industria velera

En Estados Unidos se consumen aproximadamente dos millones de dólares anuales en este producto, sin incluir los accesorios para velas. Desde principios de los 90, la industria ha crecido a una velocidad de 10-15% anual, con un incremento aún mayor en los pasados 2 o 3 años (10).

Las velas se venden principalmente en tiendas de departamentos, tiendas de regalos especiales, y tiendas de productos de consumo masivo tales como farmacias, y supermercados. El mercado estadounidense es típicamente separado en 2, la época de Navidad donde se comercializa cerca del 35% de la producción anual y

la venta fuera de época que comprende el resto del año y representa el 65% de la venta anual. Por tanto, los embarques de velas aumentan durante el tercer cuarto del año, debido a la época navideña ⁽¹⁰⁾.

Las velas manufacturadas y ofrecidas en el mercado actual alcanzan 2,000 variedades, presentadas en diversos colores y fragancias. El rango de precio de la vela es desde Q. 1.50 (US\$ 0.20) para las más pequeñas llamadas votivas, hasta Q.505.00 (US\$ 75.00) para velas especiales o pilar grandes. Históricamente los trabajadores de producción representan tres cuartos del total de empleados en la industria velera ⁽¹⁰⁾.

Los factores determinantes para seleccionar una vela son el color, la fragancia y la forma, en especial porque el 96% de las personas que compran velas son mujeres ⁽¹⁰⁾.

C. Tipos de cera

1. Cera de abeja:

La cera de abeja es una sustancia secretada por la abeja para hacer su cono de miel. La cera de abeja no es un material único, es una mezcla compleja de diferentes moléculas de cadena larga. Es un excelente combustible, que combustiona más larga y limpiamente que cualquier vela hecha con otra cera. Las velas de este material son más caras que las velas parafínicas, pero su calidad hace su precio justo ⁽⁷⁾.

2. Cera de base vegetal:

Los aceites de plantas derivados de palma y coco son procesados en ácidos grasos y alcoholes grasos y ceras glicéridas las que tienen usos en muchas aplicaciones. A partir de estos derivados, es posible obtener una mezcla vegetal ⁽⁷⁾.

Se sabe que el aceite de palma y los desechos de coco pueden modificarse con otras ceras vegetales para producir una cera que es toda natural y más económica que la cera de abeja, y tiene un quemado de mayor calidad que las ceras parafínicas ⁽⁷⁾.

Utilizando velas vegetales se obtiene una contribución positiva al medio ambiente y al mismo tiempo se reducen las necesidades de petroquímicos, creando un sustituto viable de la parafina ⁽³⁾.

3. Cera Parafínica:

Mezcla sólida de cadenas largas de hidrocarburos derivados del petróleo la cual forma estructuras cristalinas largas. Generalmente de color blanco, con puntos de fusión entre 51 a 68 °F. Obtenida al procesar por destilación los residuos del petróleo crudo y refinándolo ⁽⁷⁾. Su fuente es el aceite crudo, la cual es una mezcla de hidrocarburos complejos desde moléculas simples de carbono, hasta moléculas de más de cien átomos de carbono ⁽³⁾.

4. Microparafina:

Mezcla sólida de cadenas no muy fuertes de hidrocarburos, derivadas del petróleo el cual forma una micro estructura cristalina. Es usado para mejorar la estructura cristalina de la parafina y mejorar la tensión interna. También previene la formación de conglomerados formados por aire atrapado en la estructura cristalina. Al mejorar la estructura cristalina, la microparafina ayuda a la solubilidad del perfume y a la dispersión del color (5).

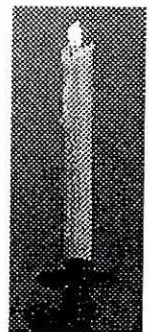
D. Clases de candelas

1. De llenado directo

Una candela en la cual la parafina fundida es llenada directamente en el contenedor en el cual será quemado. La base es formulada de manera tal que adquiera la forma del contenedor a medida que se quema (5).

2. Taper

Candela de 6 a 18 pulgadas de largo, ideal para colocarla sobre una mesa. Es una candela formal o informal pero elegante. Estas son largas y antiguamente se fabricaban haciendo repetidas capas de parafina al introducir el pabilo¹ varias veces en una mezcla de parafina fundida. Después de sumergida el exceso de parafina circulaba hacia abajo creando un aumento en el diámetro (11).



Taper

¹ Nombre dado a la mecha hecha de alguna fibra combustible por medio de la cual se obtiene la flama en una candela.

3. Votiva

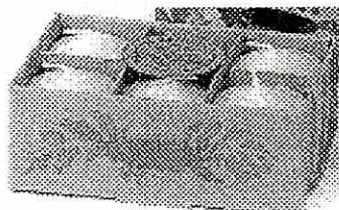


Figura No2.
Candelas Votives

Originalmente producida como candelas blancas sin aroma para motivos religiosos, pero actualmente se encuentra disponible en muchos colores y fragancias (11). Los votives son quemados en contenedores, lo que los hace especiales para festividades en el

hogar. Se encuentran tanto con fragancia como sin ella (11).

4. Pilar o Columna:

Una candela usualmente de 3 o más pulgadas de diámetro, formulada para quemar sin el uso de un contenedor. Delgada en diámetro, agrega un toque de elegancia y es una buena decoración para el hogar (11).

Actualmente, se encuentran en mini pilares que se sostienen por sí solos. Pueden existir en varias formas, como cilindros lisos de diferentes tamaños, cilindros estreados, o bases hexagonales. En estas candelas la piscina² no se extiende hasta los bordes mientras se quema (11).

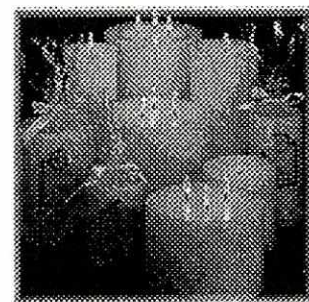
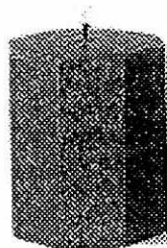
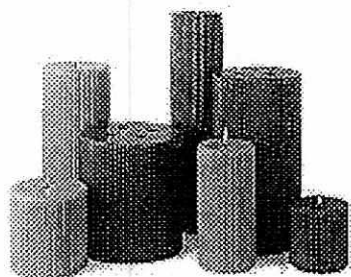


Figura No.3. Diferentes presentaciones y tamaños de candelas Pillar

² Parafina fundida que forma una fase líquida; donde, fase se define como una porción físicamente distinta de materia que es uniforme en su composición y propiedades.

5. Candelas Flotantes



*Figura No. 4:
Candelas Flotante*

Desarrolladas frecuentemente por los Chinos, es una de las últimas innovaciones en el mercado internacional. Estas candelas tienen la peculiaridad de ser livianas por lo que flotan en el agua. Son muy usadas en eventos especiales como un toque de elegancia, sobre todo al encenderlas en fuentes y piscinas ⁽¹¹⁾.

E. Aceite de Palma Africana

El aceite de Palma Africana se obtiene de la fruta de la palma, que se cultiva en plantaciones de Indonesia, la Península Malaya y otras partes del mundo. La palma crece naturalmente en la costa occidental de África. La fruta es de 2.5 a 5.0 mm de largo, tiene forma ovalada y pesa de 6 a 8 gramos en promedio. El contenido de aceite de la palma varía de 40 a 50% del núcleo de la semilla ⁽¹⁾. Estados Unidos ocupa el primer lugar en la producción de aceite de palma, con 14.37 millones de toneladas, le sigue Malasia con 9.32 millones y China Continental con 8.74 millones. Después, India con 7.414 millones, Indonesia con 5.32 millones y Guatemala con 0.06 millones ⁽⁶⁾.

El aceite de palma se usa en todo el mundo en diversas técnicas culinarias y en productos alimenticios. Se emplea como aceite de cocina, como manteca y margarina, y también como grasa industrial. Posee propiedades que lo hacen conveniente para la

fabricación de productos de pastelería. Al igual que otras grasas no contiene colesterol. Además ayuda a mantener la piel y el cabello sanos, asegura el crecimiento adecuado y permite al cuerpo absorber las vitaminas ⁽⁶⁾. En Estados Unidos casi todo este aceite se utiliza para la manufactura de jabón ⁽¹⁾.

Existen dos procesos diferentes para la obtención del aceite. En el primero se extrae del fruto y el segundo, de los núcleos o semilla. El procedimiento consiste en cocer el fruto en grandes digestores presurizados a vapor equipados con agitadores. De este paso la carga se conduce a centrifugas de canasta, donde se separa el aceite en un tratamiento de 10 min, junto con una corriente de vapor. Se conducen a un secador rotatorio continuo para eliminar la humedad y se separan por una operación de malleo. En el segundo método se extrae el aceite de la pulpa, a presión o centrifugación de la pulpa macerada y llevándola a ebullición en agua, logrando la flotación del aceite ⁽⁸⁾.

La fuente del aceite de palma es la fruta fresca de una especie tropical de árbol nativo del oeste africano. El nombre científico de este árbol es: *Palmaceae Elaeis guineensis Jacq.* La fruta crece dentro de una larga vaina, cada una de las cuales puede contener 20 libras de fruta. La fruta es roja y ovalada con 1 a 2 pulgadas de largo y 1 pulgada o más de diámetro. La semilla contiene de 30 a 70 por ciento de aceite ⁽⁸⁾.

F. Usos no alimenticios del aceite de Palma Africana

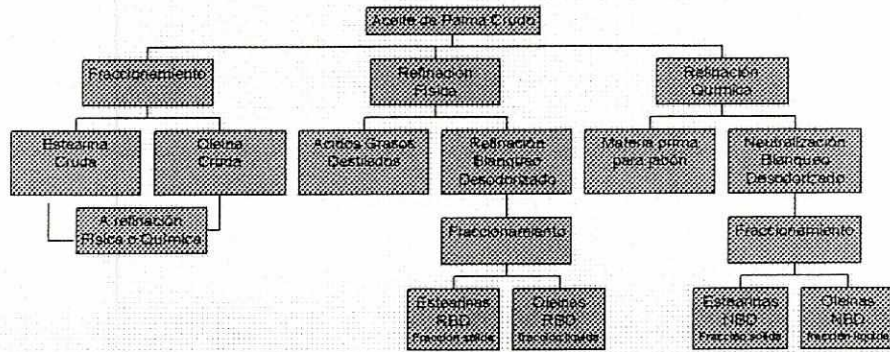
Malasia es el mayor productor y exportador mundial de aceite de palma. Alrededor de 90% del aceite producido se utiliza para aplicaciones alimenticias, mientras que alrededor del 10% se utiliza en aplicaciones no alimenticias ⁽⁹⁾.

A pesar del pequeño volumen de las aplicaciones no alimenticias, este sector va en aumento gracias a su creciente importancia, debido al alto valor agregado de los productos derivados. Las aplicaciones no alimenticias de estos productos se dividen en dos grandes grupos dependiendo de si se usan directamente o si se convierte el aceite en un oleoquímico. Algunos de los usos no alimenticios dados son: sustituto del keroseno, base para fabricar jabones, base para fabricar cosméticos, recubrimiento en los pozos de extracción de petróleo y velas aromáticas ⁽⁹⁾.

G. Procesamiento industrial del aceite de palma:

El aceite de palma semi sólido a temperatura ambiente, puede ser fraccionado a fracciones líquidas y sólidas conocidas como oleínas y estearinas respectivamente. Estas además pueden ser procesadas a refinación física o química, blanqueado y desodorizado, (proceso conocido como RBD), o neutralizado, blanqueado y desodorizado (proceso conocido como NBD). Combinaciones de estos procesos proporcionan varios tipos de aceite de palma. Estos procesos se resumen en el siguiente diagrama de flujo ⁽⁴⁾.

Procesos de refinamiento del aceite de Palma Africana

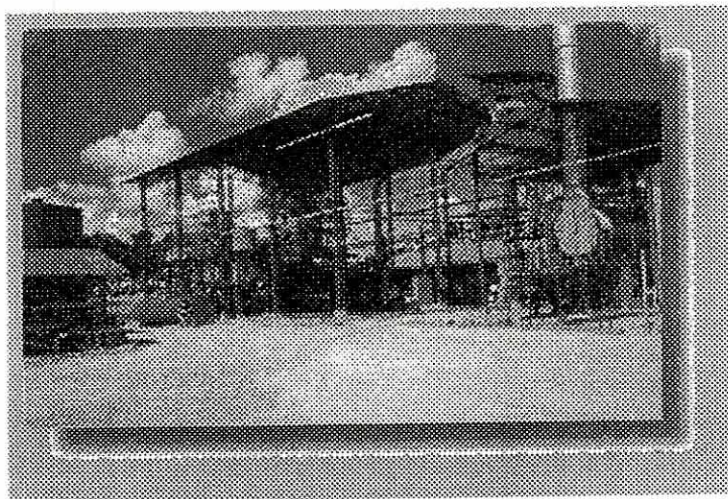


El procedimiento normal de aceites vegetales implica la eliminación de gomas o la refinación por vapor, blanqueo por adsorción, hidrogenación y desodorización. La *refinación* por vapor comprende la eliminación de gomas, blanqueo, si es necesario, y tratamiento con rocío de vapor a alto vacío para que los ácidos grasos se separen por destilación (1).

El *blanqueo* se logra con el empleo de arcillas de bentonita adsorbtivas y por reacciones químicas. El *desodorizado* se logra al pasar una corriente de vapor sobrecalentado a través del aceite a un alto vacío de 138 a 800 Pa y 210 a 275 °C; así se elimina la mayor parte de los compuestos que provocan olores y también se destruyen muchos pigmentos presentes (1).

La *hidrogenación* o endurecimiento se puede definir como la conversión de varios radicales insaturados de glicéridos grasos en glicéridos totalmente saturados por la adición de hidrógeno en presencia de un catalizador. Por medio de la hidrogenación se puede elevar el punto de fusión y mejora las cualidades de almacenamiento (1).

a) *Figura No. 5 Planta procesadora de aceite de Palma*



H. El aceite de Palma Africana en Guatemala

El cultivo de Palma africana se inició en Guatemala en 1987, y a la fecha los bosques existentes suman 15 mil hectáreas equivalentes a 300 caballerías. Las plantaciones se localizan en Tiquisate, La Gomera, Nueva Concepción y Tecún Uman. La tendencia actual muestra que dentro de cinco años el área cultivada será el doble (6).

Actualmente operan cuatro plantas extractoras de aceite, la inversión supera U\$ 200 millones y emplea a 500 personas. Hasta ahora, el cultivo se ha centrado en las

tierras de la Costa Sur, pero se proyecta extender su cultivo a las tierras pobres en Petén. Las plantas extractoras de aceite utilizan la fibra de la fruta como combustible de calderas, generando su propia energía para producir vapor y electricidad. Las cenizas de las calderas, ricas en potasio, se incorporan al cultivo como abono, devolviendo al suelo minerales ⁽⁶⁾.

Según un estudio de octubre de 1997, del Instituto del Potasio y el Fósforo del Sureste Asiático, el ecosistema de la palma africana tiene una tasa neta anual de producción de biomasa igual al ecosistema natural de los trópicos húmedos y mayor que un ecosistema formado por bosques de robles. Además, se estima que cada hectárea plantada con palma, genera más de 20 toneladas métricas diarias de oxígeno, por lo que en Guatemala la producción total de oxígeno es de 300 mil toneladas métricas al día ⁽⁶⁾.

El rendimiento del cultivo en Guatemala es alto, produce 8 toneladas por hectárea, un rendimiento mayor al del segundo mayor productor de aceite de Palma en el mundo, Malasia, quien tiene un rendimiento de 3.68 toneladas por hectárea ⁽⁶⁾.

I. Beneficios del cultivo de Palma Africana en Guatemala

La palma africana, o palma de aceite es un cultivo de agroexportación que genera ingresos por el aceite vegetal que proviene de su fruto; por su alta rentabilidad, y también por sus bosques artificiales que le dan una imagen ecológica que los inversionistas nacionales hasta ahora desconocen ⁽⁶⁾.

La palma está transformando las tierras arables en frondosas plantaciones, además la palma presenta la ventaja de ser cultivable en tierras pobres. Su cultivo no produce emanaciones tóxicas ni desechos que dañen el ambiente. Tampoco hay quemadas, pues es un cultivo perenne y cada árbol tiene una vida útil de 20 a 30 años. Con estas plantaciones se reduce el uso de fertilizantes químicos, pues la hoja de palma se incorpora al suelo y es fuente de nutrientes. Además durante los primeros dos años cuando la palma aún no produce fruto, puede sembrarse otro producto alternativo como el maíz ⁽⁶⁾.

Con el desarrollo del cultivo de palma africana pueden obtenerse varios impactos positivos, entre los que destacan ⁽¹³⁾ :

- Uso racional de grandes áreas de tierra agrícola, dando cabida a otros cultivos de corta duración en los ínter espacios.
- Incremento significativo del ingreso real de las familias productoras desde el momento en que la planta de extracción de aceite inicia sus operaciones.
- Reducción de la cantidad de aceites y grasas comestibles importados, contribuyendo al ahorro de divisas al país.
- Generación de empleo a técnicos, obreros y campesinos en un área donde existe excedente de mano de obra por falta de oportunidades de trabajo.

III. JUSTIFICACIÓN

El creciente deterioro ambiental sufrido en los últimos años, hace necesaria la búsqueda de industrias limpias, que permitan el desarrollo sostenible del país. Siendo parte de un país con una cultura netamente agrícola que cuenta con grandes recursos naturales, el cultivo de Palma Africana y su procesamiento ofrece grandes oportunidades de desarrollo. Por otra parte, el ecosistema de la palma africana tiene una tasa neta anual de producción de biomasa igual al ecosistema natural de los trópicos húmedos y mayor que un ecosistema formado por bosques de robles. Además, cada hectárea plantada genera más de 20 ton métricas diarias de oxígeno.

Al procesar la planta se obtiene aceite de palma el cual puede usarse tanto para la industria alimenticia como para usos no tradicionales. Uno de los usos no tradicionales que está cobrando importancia, en el ámbito mundial, es la elaboración de velas aromáticas debido al alto valor agregado del producto. Utilizando velas de origen vegetal, se obtiene una contribución positiva al medio ambiente y al mismo tiempo se reducen las necesidades de petroquímicos, creando un sustituto viable de la parafina.

Aunque en la antigüedad se usaban velas provenientes de aceites vegetales, estas técnicas ancestrales no son capaces de satisfacer los estándares actuales de calidad ni las características de mercado necesarias para hacerlo un producto comercial. Por tal razón es necesario desarrollar una formulación y un procedimiento industrial que satisfaga dichos requerimientos.

IV. OBJETIVOS

A. Generales

- Desarrollar una fórmula para la utilización del aceite de palma africana en la fabricación de velas aromáticas que cumpla con los requerimientos del mercado.
- Diseñar un proceso industrial para la elaboración de velas con base vegetal de aceite de palma africana.

B. Específicos

1.

- Realizar una formulación que sea estable en un rango de temperatura de 4° a 40°C, para que el producto final pueda ser transportado.
- Desarrollar una vela en forma de pilar que combustione adecuadamente, sin derramar y formando una piscina que no toque las paredes de la vela.
- Determinar las condiciones de operación para la elaboración industrial de la vela desarrollada.
- Elaborar un diagrama de flujo del proceso diseñado.
- Seleccionar y diseñar el equipo adecuado para la tecnificación del proceso.

V. PROBLEMA A RESOLVER

La fabricación de velas aromáticas a partir del aceite de palma, abre las puertas a una nueva industria, contribuyendo al desarrollo sostenible del país. Utilizando velas de origen vegetal, se obtiene una contribución positiva al medio ambiente y al mismo tiempo se reducen las necesidades de petroquímicos, creando un sustituto viable de la parafina.

VI. RESULTADOS

A. Investigación y experimentación

El proceso de Investigación y Experimentación dio comienzo con la elaboración de una formulación de aceite de palma africana constituida por las fracciones oleicas y esteáricas del aceite. En el desarrollo se utilizó un aditivo especial el cual tiene como misión emulsificar los ácidos grasos libres.

Se realizó un total de 36 pruebas. Los registros de las pruebas más importantes realizadas se encuentran en el apéndice. Los principales resultados obtenidos y su efecto sobre el producto se describen a continuación:

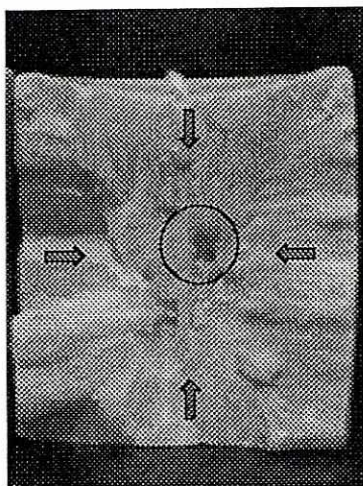
1. Temperatura

La temperatura juega un papel muy importante en la apariencia física de la candela y determina la forma en la que su estructura cristalina se formará. Un enfriamiento brusco provoca que la estructura cristalina sea más fuerte y un enfriamiento lento provoca porosidad interna.

Uno de los principales problemas iniciales encontrados, fue la formación de cavidades internas dentro de la candela. Este problema se debe básicamente a la velocidad de enfriamiento, la cual no es lineal, provocando que las partes externas de la candela, expuestas a la temperatura ambiente, enfríen primero que la parte

central y formen una capa externa dura que no permite que el aire salga, quedando atrapado en el interior de la candela, formando los agujeros internos o cavidades.

Figura No. 6: Segmento transversal de la candela

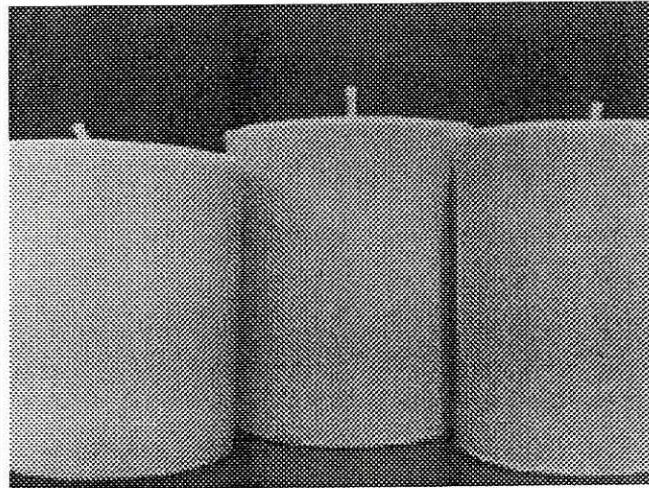


Realizando un corte transversal a la candela como en la figura 6, pueden observarse tanto las cavidades internas u orificios así como la tendencia de enfriamiento. Las líneas de enfriamiento muestran que los cuatro puntos externos superior, inferior y lateral de la candela enfría primero, formando una pequeña compresión hacia el centro.

La proporción utilizada entre la fracción líquida y sólida de aceite de palma africana influye directamente en la aparición de cavidades internas y en la compresión térmica de la candela. Para estudiar la formación de las cavidades, se clasificaron las mismas según su tamaño, en pequeña, mediana o grande. Una cavidad como la mostrada por la figura No. 6 se denominó pequeña.

La relación óptima de las fracciones oleicas y esteáricas se estudió por medio de estudios de de temperatura. Se desarrollaron 3 fórmulas V15, V16 y V17 mostradas en el apéndice. Estas contenían una relación Fracción Líquida: Fracción sólida de 70:30, 50:50 y 40:60 respectivamente.

Figura No.7: Candelas elaboradas con las formulaciones V15 (izquierda), V16 (centro) y V17 (derecha).

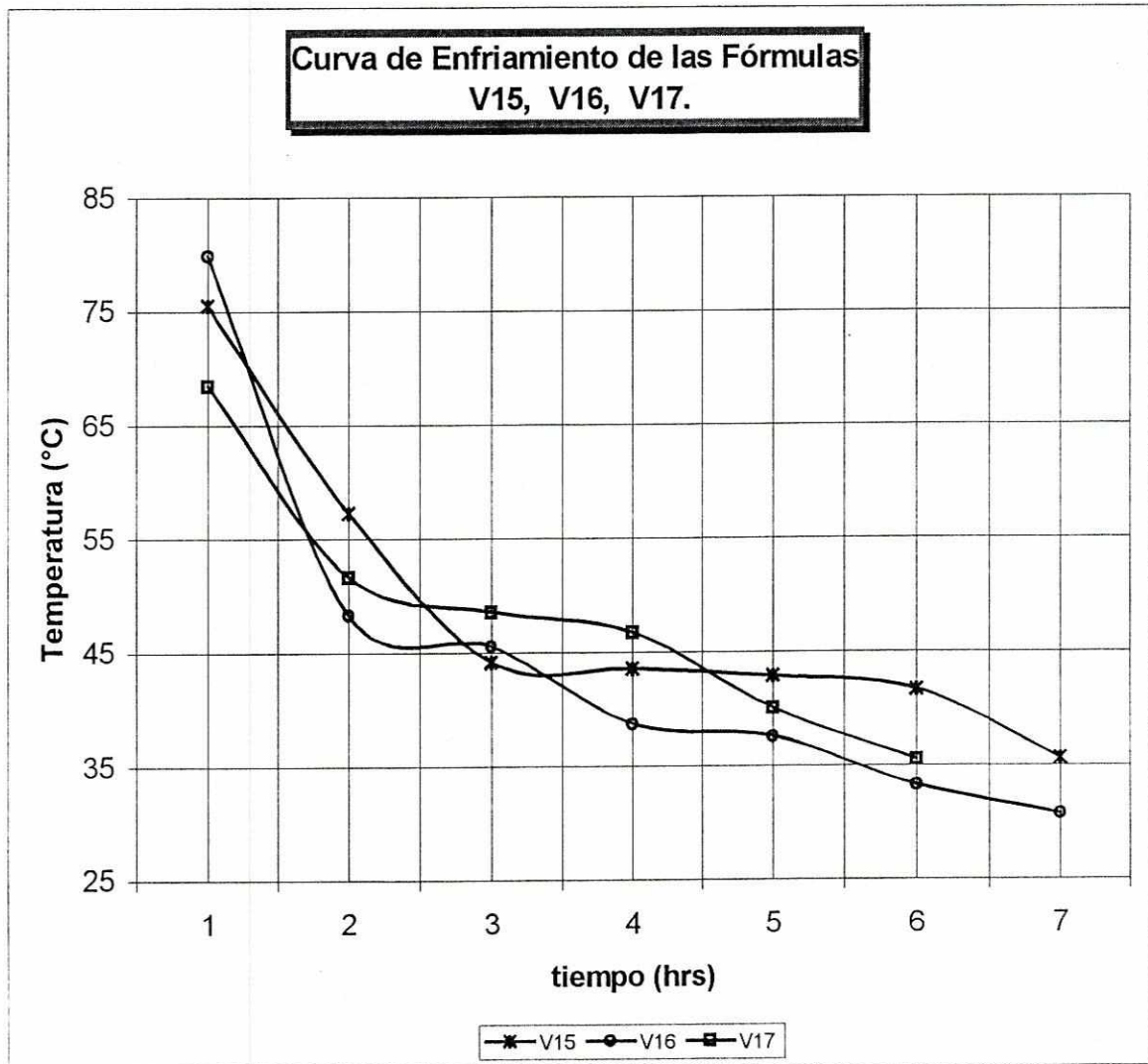


De cada una de las fórmulas, se desarrollaron tres muestras. A cada una se le midió la temperatura por hora, los datos recavados se encuentran en el registro V15, V16, V17 anexo B. Luego se determinó la curva de tendencia de enfriamiento promedio para cada fórmula. Analizando matemáticamente los resultados, se encontró la regresión que mejor aproximara la curva, y se determinó la curva de tendencia de enfriamiento.

Tabla No.1: Tendencia de enfriamiento de las fórmulas V15, V16, V17.

	V15	V16	V17
Tiempo (hrs)	Temperatura (°C)		
0	75.5	79.8	68.5
1	57.2	48.3	51.6
2	44.1	45.5	48.5
3	43.5	38.7	46.7
4	42.9	37.6	40.1
5	41.6	33.3	35.5
6	35.6	30.7	

Gráfica No.1



La curva de enfriamiento es la representación gráfica de la temperatura en el tiempo, otro valor tanto o más importante, es la velocidad de enfriamiento; la cual se obtiene al hacer la relación matemática:

$$V = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta T}{\Delta t} = \frac{dT}{dt}$$

Ecuación No.1

Cuando ΔT es distinta de cero

$$V = \sum \frac{\Delta T}{\Delta t}$$

Ecuación No.2

Donde:

V es la velocidad de enfriamiento en °C/h

T es la temperatura en °C

T es el tiempo en horas

Utilizando la ecuación No.2, se graficó la curva de velocidad de enfriamiento por formulación, a partir de las cuales se encontraron varios datos interesantes. Las tres curvas de tendencia de enfriamiento son similares, sin embargo, las curvas de velocidad de enfriamiento son muy diferentes entre sí. La fórmula V15 presenta una curva sin ninguna tendencia especial, tal como se aprecia en la gráfica No.2. Las fórmulas V16 y V17 presentan una curva con aproximación lineal. Siendo la más cercana a una recta la curva representativa de la velocidad de enfriamiento para la fórmula V16.

Las características fisicoquímicas de las candelas elaboradas con las tres formulaciones eran muy diferentes. En la figura No.7, puede advertirse que en la fórmula 17 se muestra la aparición de manchas y puntos blancos; debidos al exceso de aceite de palma africana de fracción sólida utilizada.

Tabla No.2: Velocidad de Enfriamiento

Tiempo acumulado hrs	V15	V16	V17
	Temperatura acumulada °C		
1	18.2	31.6	16.9
2	31.3	34.3	20.0
3	32.0	41.1	21.8
4	32.6	42.2	28.4
5	33.8	46.6	33.0
6	39.8	49.1	

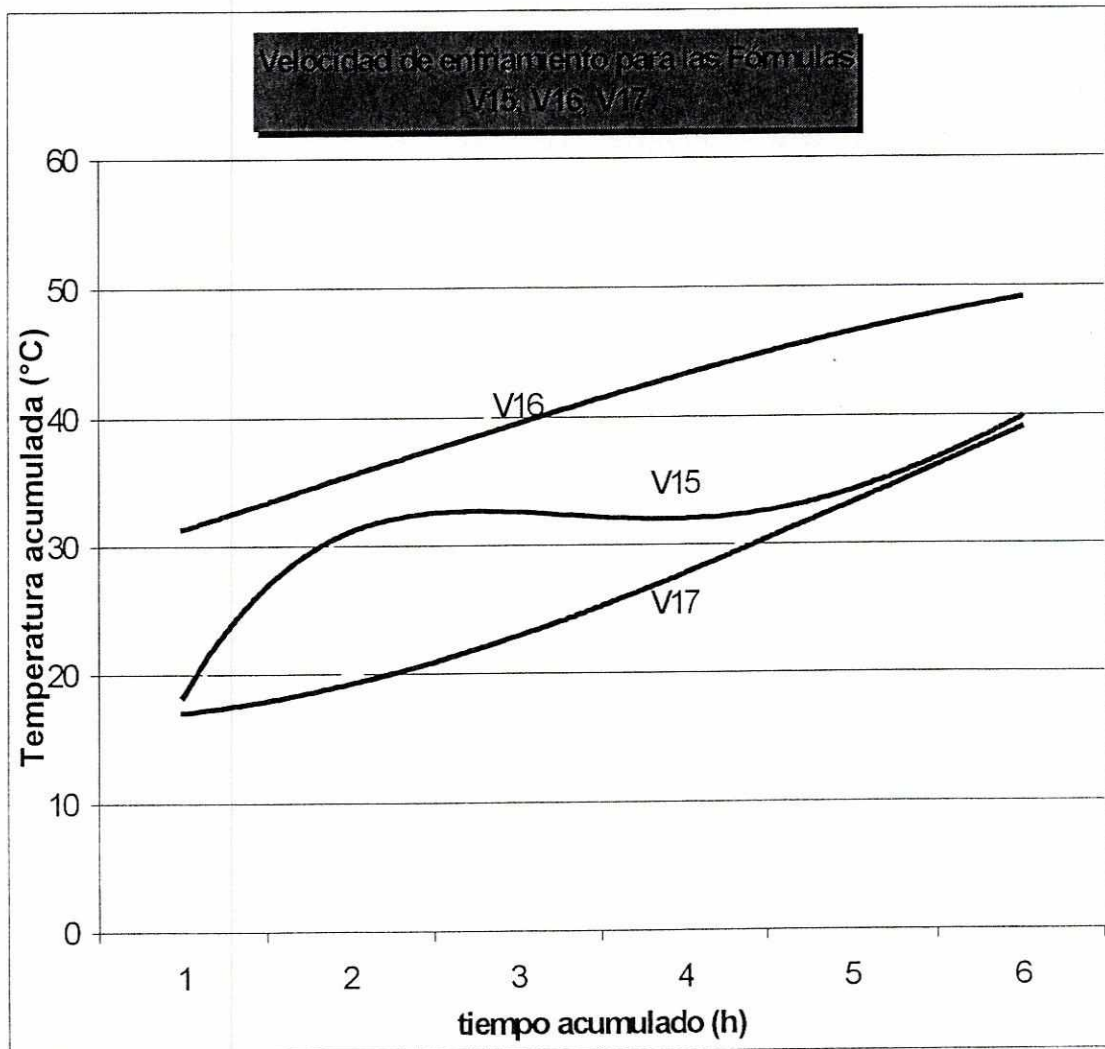
Tabla No.3: Relaciones fraccionales

Relación :

Fracción Líquida; Fracción sólida

Fórmula	Fracción
V15	70:30
V16	50:50
V17	40:60

Gráfica No.2



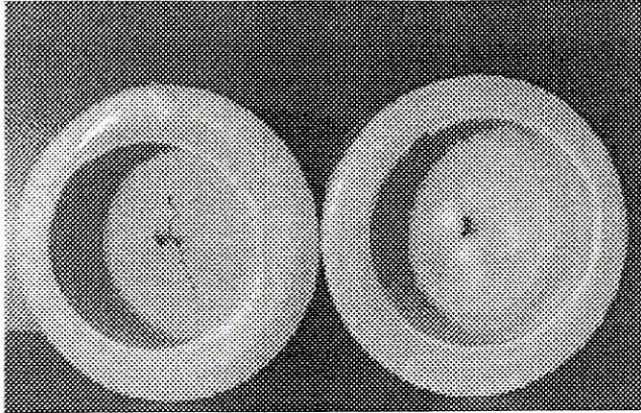
La aparición de cavidades internas está directamente relacionada con la formulación, las cavidades internas desaparecen en la fórmula V16, y es grande en la fórmula V15, y pequeña en la V17. En base a todos los resultados obtenidos, se determinó que la mejor formulación es la V16 con una relación de 50:50 entre las fracciones sólidas y líquidas.

2. Combustión

La forma en la que la candela combustiona es una de las características de calidad más importante. La combustión debe ser homogénea y completa. Si la combustión es incompleta aparecerán residuos de carbono conocidos como hollín o humo negro.

Una candela pillar no necesita un contenedor para ser quemada al combustionar deja paredes laterales que aseguran que no se derramará al quemarse.

Las distintas formulaciones ensayadas, no quemaban correctamente. Optimizar el quemado fue uno de los principales problemas. El defecto común encontrado es de rajaduras al quemarse. Las rajaduras se producen debido a que las candelas son muy duras. Fue necesario ensayar distintas formulaciones variando la naturaleza de las materias primas utilizadas, especialmente las de fracción oléica. El resultado, fueron fórmulas de diferente dureza.



FiguraNo. 8 : a. quemado incorrecto: muestra las rajaduras.
b. Quemado correcto

Para determinar la dureza de las formulaciones se midió su penetración, encontrándose una variación entre 1 y 10mm. Concordantemente, las candelas con baja penetración³ se rajaban al quemar y las candelas con mayor penetración presentaban una

migración del aceite hacia el exterior haciéndolas aceitosas al tacto. Para evitar ese problema se utilizó un aditivo especial, un emulsificante de aceite que no permite la migración de los ácidos grasos libres y los atrapa dentro de la estructura molecular.

3. Aditivos Especiales

Se realizaron pruebas cambiando la concentración del emulsificante adicionado y utilizando dos diferentes clases de aditivos para retener la fragancia. Se encontró que el aditivo especial ayuda a la compresión térmica de la candela, le da una apariencia uniforme y evita la migración de los ácidos grasos libres hacia la superficie de la candela.

El aceite de palma africana utilizado contiene TBHQ (ter-butilhidroxiquinona) en una proporción de 0.1, para evitar que se oxide y aumente el tiempo de vida del producto.

³ Característica fisicoquímica determinada por medio de un penetrómetro, que mide hasta qué profundidad penetra una aguja en el material.

4. Apariencia externa del producto

La apariencia externa del producto está gobernada por la cantidad de ácidos grasos libres presentes, y la relación entre la fracción líquida y la fracción sólida utilizada. Al aumentar los ácidos grasos libres presentes, aparece el efecto de piel de cocodrilo. Éste es formado por centros de nucleación de los ácidos grasos libres hacia el exterior de la candela en un estado semicristalino.

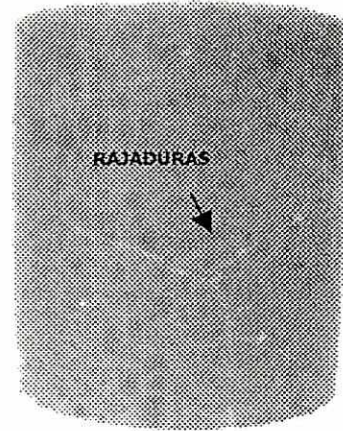


Figura No.9: Efecto de piel de cocodrilo y rajadura de la candela.

Este efecto es un atributo útil para la comercialización y mercadeo de la candela. Lastimosamente no puede utilizarse una fórmula con muchos ácidos grasos libres debido a que ésta se raja aun sin ser quemada, es muy blanda y sensible a cambios bruscos de temperatura (se raja). El contenido de ácidos grasos libres debe ser tal que se obtenga el efecto de piel de cocodrilo con una mayor dureza.

5. Producto Final

Se obtuvo una formulación que no se rajaba ni presentaba migración del aceite al quemar, con una apariencia de piel de cocodrilo pero leve. Esta formulación tiene una penetración de 5mm. Será elaborado en un tamaño comercial de 3" x 3" con colorantes y fragancias especiales, ambos solubles en bases de aceite. Al producto se le hicieron las pruebas de estabilidad y fueron satisfactorias (Ver apéndice B)

B. Formulación y caracterización

Formulación:

Ingredientes	Porcentaje
Aceite de Palma africana RBD (fracción líquida)	36 %
Aceite de Palma africana RBD especial (fracción líquida)	9%
Aceite de Palma africana RBD (fracción sólida)	45%
Emulsificante	5%
Fragancia	5%

Punto de Fusión: 58 - 60 °C

Punto de congelación: 53 - 55 °C

Penetración: 5 mm

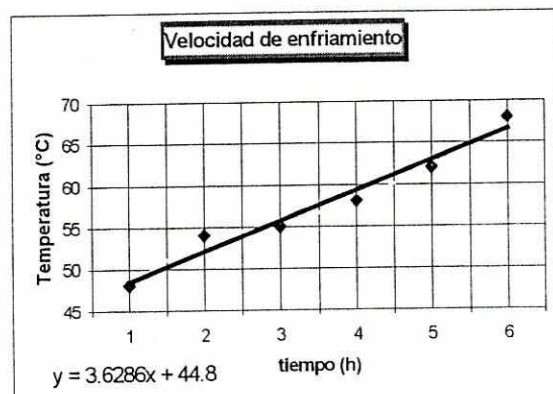
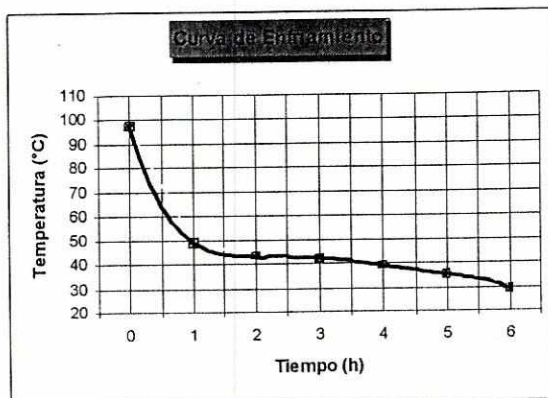
Ácidos Grasos Libres: 8.5%

Velocidad de quemado: 3.9 g/h

Densidad: 0.216 g/ml

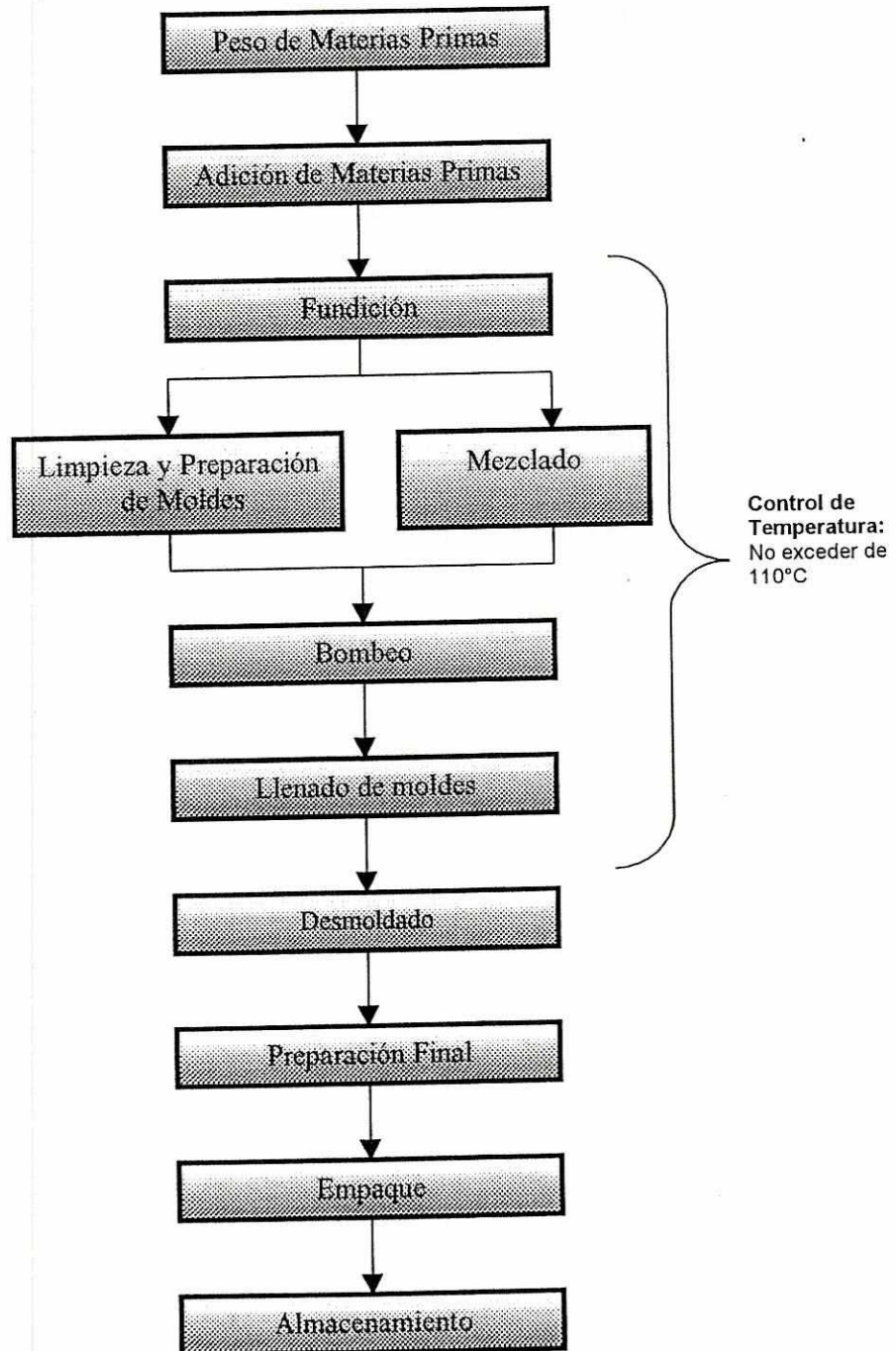
Velocidad de enfriamiento: $T = 3.629t + 44.8$

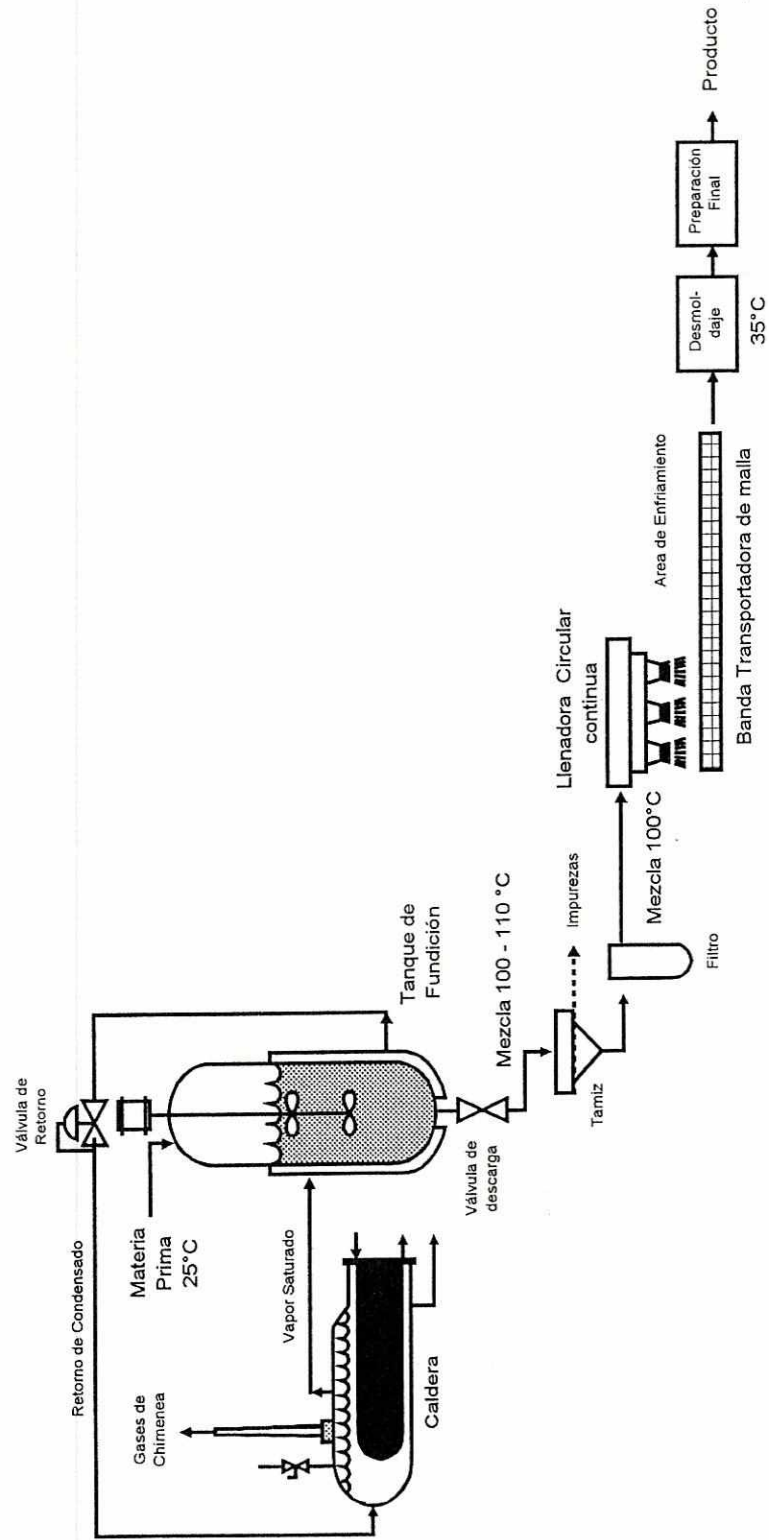
Donde T es la temperatura en °C y t el tiempo en horas



C. Diseño del proceso

1. Diagrama de Flujo del Proceso





2. Diagrama de Flujo con Símbolos de Ingeniería Química

3. Detalle del Proceso

El proceso desarrollado es semicontinuo, inicia con la preparación de la carga; pesando separadamente todos los ingredientes que contiene la formulación.

Los ingredientes se adicionan al fundidor de la siguiente manera: primero el aditivo especial, por tener un punto de fusión más alto, cuando se ha fundido, se agrega el aceite de palma en las dos fracciones oléica y esteárica. Cuando la mezcla está fundida se agrega la fragancia, y colorante si se desea. En todo el proceso de fundición, la temperatura no debe ser superior a 110°C para prevenir la descomposición de la base, se debe recordar que se está trabajando con aceite y que éstos sufren descomposición térmica (oxidación).

El tanque de fundición cuenta con un mezclador de doble aspa, el cual gira a baja velocidad para evitar introducir burbujas de aire, ya que éstas pueden quedar atrapadas en la estructura cristalina de la candela. La mezcla fundida debe ser agitada por 15 minutos para lograr su homogenización.

La mezcla homogenizada se descarga al accionar una válvula situada en el fondo del tanque de fundición. Luego el producto pasa a través un tamiz y un filtro para retirar las impurezas. Este paso es necesario ya que cualquier impureza tenderá a sedimentar en el fondo del molde y, al solidificar la muestra, esta presentará todas las impurezas en la superficie. Todas las tuberías y válvulas deben ser aisladas, ya que la temperatura de llenado es de 100°C. En el diseño del proceso, se consideró una diferencia de temperatura por pérdida de calor desde el fundidor hasta la llenadora de

10°C. De esta manera la mezcla se encontrará a 100°C al momento de llenar los moldes.

Los moldes utilizados son de aluminio y se colocarán en una banda transportadora de malla, la cual pasa por debajo de una llenadora circular automática continua semejante a las embotelladoras usadas en fábricas de bebidas carbonatadas. Los moldes deben estar perfectamente limpios, no deben contener tierra ni residuos de otras candelas, ya que nuevamente las impurezas se verán en la superficie. Los moldes son reusables, una vez se desmolda la candela, los moldes se recirculan para volver a ser llenados.

Los moldes llenos pasan por una banda de malla donde se enfrían hasta 35°C y luego son desmoldados manualmente con sólo darles vuelta. Esto gracias a que al enfriar la candela compresiona hacia el centro y despega automáticamente del molde, evitando el uso de desmoldante para extraer las candelas.

A la etapa anterior a la obtención del producto listo para ser empacado se le ha denominado preparación final. En esta parte del proceso, se le coloca el pabilo (mecha) a la candela y se corta al tamaño deseado. Este proceso es muy sencillo, pues simplemente se abre un agujero a la candela en el centro de su diámetro y se introduce el pabilo, el cual se sella con un poco de calor.

Por último la candela puede ser empacada y almacenada para su venta.

D. Diseño y selección de equipo

Para la elaboración de esta sección se han utilizado diferentes ecuaciones, la nomenclatura utilizada puede consultarse en el apéndice A.

• **Tanque de Fundición**

Se desea operar a una capacidad de 800Kg/h

La densidad de la muestra es : $\rho = 0.216 \text{ g / cm}^3$

$$V = 800 \times 10^3 \text{ g} * \frac{\text{cm}^3}{0.216 \text{ g}} * \frac{1 \text{ m}^3}{100^3 \text{ cm}^3} = 3.7 \text{ m}^3$$

Pero la capacidad del contenedor debe ser mayor ya que el líquido no debe llenar más de $\frac{3}{4}$ del volumen.

$$\Rightarrow V = 3.70 \left(\frac{4}{3} \right) = 4.93 \text{ m}^3$$

$$V = V_{\text{cilindro}} + V_{\text{cono}} = (\pi r^2 h_1) + \left(\pi \frac{1}{3} h_2 r \right) = \pi r^2 \left(h_1 + \frac{h_2}{3} \right)$$

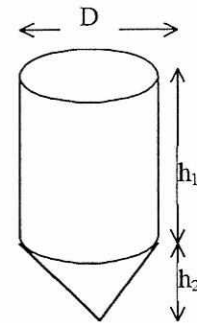
Sea $(h_1 + h_2) = 2 D$, y sea $h_2 = 0.5 \text{ m}$. sustituyendo en la ecuación No.5 se obtiene:

$$V = \pi \left(\frac{h_1 + h_2}{4} \right)^2 \left(h_1 + \frac{h_2}{3} \right)$$

Despejando y resolviendo:

$$h_1 = 2.54 \text{ m}$$

$$h_2 = 0.5 \text{ m}$$



Ecuación No.5

Ecuación No.6

$$r = \frac{h_1 + h_2}{4} = 0.76m$$

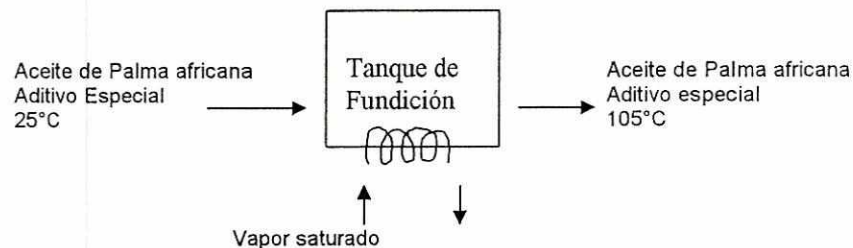
Ecuación No.7

Por lo tanto se fabricará un tanque de fundición con chaqueta calentada por vapor. Esta chaqueta será en forma de espiral y estará colocada en el interior del tanque. El material a utilizar será acero inoxidable, ya que no se necesita de ningún recubrimiento especial dada la naturaleza del producto.

TANQUE DE FUNDICIÓN	
Capacidad: 800Kg	radio: 0.8 m
Altura del cilindro 2.5 m	Altura del cono 0.5m
Volumen 15.3 m ³	Material: Acero inoxidable

- Caldera

Para el diseño de la caldera es necesario calcular la demanda de vapor, por medio de un balance de energía en el tanque de fundición.



Algunos datos necesarios obtenidos del manual del Ingeniero Químico (15)

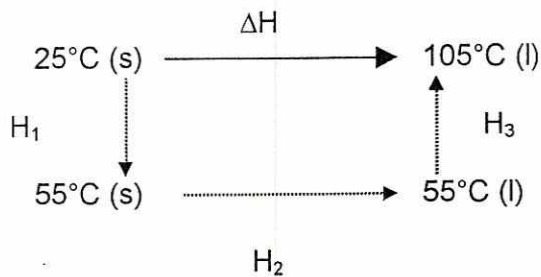
Aceite de Palma Africana

$$C_p : 0.653 \text{ Cal/g } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta H_{\text{fusión}} : 39.18 \text{ Cal/g}$$

$$T_{\text{fusión}} : 55 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Para el aceite de palma:



Aditivo especial

$$C_p : 0.549 \text{ Cal/g } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta H_{\text{fusión}} : 31.1 \text{ Cal/g}$$

$$T_{\text{fusión}} : 85 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Ecuaciones No. 8,9,10 y 11

$$H_1 = C_p \Delta T$$

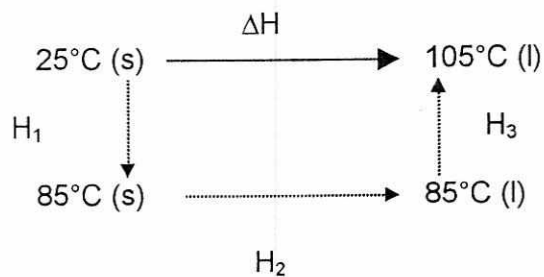
$$H_2 = \Delta H_{\text{fusión}}$$

$$H_3 = C_p \Delta T$$

$$\Delta H = H_1 + H_2 + H_3$$

Sustituyendo y evaluando se encuentra que: $\Delta H_{\text{aceite}} = 91.42$

Para el aditivo especial:



$$H_1 = C_p \Delta T$$

$$H_2 = \Delta H_{\text{fusión}}$$

$$H_3 = C_p \Delta T$$

$$\Delta H = H_1 + H_2 + H_3$$

Sustituyendo y evaluando se encuentra que: $\Delta H_{\text{aditivo}} = 75.02$

La energía requerida para el proceso, es la suma de las entalpías para los componentes:

$$\Delta H_T = \Delta H_{\text{aceite}} + \Delta H_{\text{aditivo}} = 91.42 + 166.44 = 696.85 \text{ J/g}$$

En un proceso isobárico:

$$\Delta H = q$$

Ecuación No. 12

En este caso el cambio de entalpía en el tanque de fundición es igual al calor total requerido en la caldera.

$$q = UA_T \Delta \bar{T}_L$$

Ecuación No. 13

Para la capacidad de producción buscada:

$$q = \frac{696.85 J/g}{3600s} * 800E3 = 154855.55 J/s$$

De las tablas de vapor se obtiene que a 30 psia la entalpía del vapor saturado es de 218.59 Btu/lbm, 508.44 J/g.

$$Demanda = \frac{q}{H} = \frac{154855.55 J/s}{508.44 J/g} = 304.57 g/s = 1096.45 Kg/h$$

El tamaño de la caldera es:

$$146.7747 \text{ Btu/s} * \frac{3600 \text{ s}}{1h} * \frac{0.29307 \text{ W}}{1 \text{ Btu/h}} * \frac{1 \text{ BHP}}{39.8095 \text{ W}} = 3889.90 \text{ BHP}$$

CALDERA

Demanda de vapor: 1100 kg/h
Tamaño de la caldera: 4000 BHP

- **Llenadora:**

La llenadora debe tener una capacidad de llenado de 800Kg/h , con una temperatura de operación de 100°C ± 10°C.

- **Banda de Transporte**

La banda transportadora tiene una doble función: transportar el producto terminado de la llenadora al área de preparación final y proporcionar el tiempo necesario para que las velas alcancen los 35°C y puedan ser desmoldadas.

Según la ecuación de la velocidad de enfriamiento encontrada para el producto, éste alcanza la temperatura de desmoldaje a las 5 horas. Con lo que el tamaño de la banda se calcula a partir del tamaño de producto y del tiempo de enfriamiento de la siguiente manera:

Cantidad de producto producida es igual a:

$$\frac{\text{Capacidad}}{\text{peso del producto}} = \frac{800\text{kg/h}}{0.300\text{kg}} = 2666.7\text{velas/h}$$

El producto es un pilar de 3 pulg de alto por 3 de diámetro de modo que el área ocupada por la base de la vela es de $4.56036 \times 10^{-3}\text{m}^2$, calculada por medio de la fórmula para el área de un círculo.

El área requerida por hora para las candelas es :

$$2666.67 \text{ cand} * \frac{4.5603 E - 3 m}{\text{cnd}} = 12.16 m^2$$

Si se quiere un ancho de banda de 1 m el largo de la banda es:

$$1 * l = 12.16 \quad \Rightarrow l = 12.16 m$$

Por lo tanto se utilizará una banda de 25 m de largo por 1m de ancho que recorra 25m en 5 horas, ya que 5 horas es el tiempo de enfriamiento requerido. Por lo que la velocidad de la banda es de 5m/h

BANDA	
Largo: 25m	Velocidad: 5 m/h
Ancho: 1 m	Tipo: de malla

VII. CONCLUSIONES

- Se diseñó un producto, candela , a base de aceite de palma africana, el producto cumple con los estándares de calidad al combustionar adecuadamente. Tener una buena apariencia con efecto de piel de cocodrilo y ser estable en un rango de temperatura de 4 a 40°C.
- La temperatura de llenado al igual que la velocidad de enfriamiento, son causantes de la aparición de agujeros internos llamados cavidades. La formulación y diseño del proceso plantean las temperaturas necesarias para obtener una candela de alta calidad.
- El producto desarrollado tiene una curva de enfriamiento lineal.
- La temperatura de llenado del producto es de 100°C
- La proporción másica utilizada entre las fracciones sólidas y líquidas del aceite de palma africana, determina la apariencia externa de la candela y el comportamiento de su curva de enfriamiento así como la aparición de cavidades. Se encontró que la relación óptima es 50:50.
- La aparición del efecto de piel de cocodrilo, se debe a la formación de centros de nucleación para la cristalización de los ácidos grasos libres, ya que éstos se encuentran en estado semi-cristalino.
- La dureza de la candela, medida por su penetración, depende de la cantidad de ácidos grasos libres. Mientras más dura es la candela más se rajará al quemar y mientras más blanda, será sensible a cambios de temperatura y no será estable.
- Fue posible caracterizar la formulación, al determinar las características fisicoquímicas de la muestra.

- El proceso desarrollado para la fabricación industrial de velas de aceite de palma africana es sencillo y consta de 10 operaciones principales. Una de ellas es la limpieza, ya que cualquier impureza se reflejará en el producto final disminuyendo su calidad.
- El equipo principal utilizado para el proceso es: una caldera, un tanque de fundición y una llenadora circular automática continua y una banda de transportación.

VIII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda utilizar el presente trabajo para realizar un estudio de factibilidad que permita determinar si es conveniente montar una planta de este tipo con el proceso desarrollado.

IX. BIBLIOGRAFÍA

1. Austin, G. Manual de Procesos Químicos en la Industria. 5a. ed Mc. Graw Hill, 1995
2. Case, A. 1997, The Crystal Structure of Paraffin Wax and the Effect of Polymeric Additives. National Candle Association. New Orleans USA.
3. Case, A. 1997, Waxes. More & Munger, USA
4. Dickermann G and Heinz HJ, 1988. The basics of Industrial Oleochemistry. Oleochemicals Consulting International, Mulheim
5. Dussek Campbell Inc., National Wax Division. CANDLEMAKER'S GUIDE May, 1994 V1.03,USA
6. Grimaldi, L. 1998, Prodigan aceite y clorofila. Reportaje de Prensa Libre, Domingo 26 de julio, Guatemala.
7. Keunen, K. 1995, Candle Making. USA
8. Magness et al, 1971 Palm oil. New Crop publication. USA
9. MIDA Industrial Master Plan, 1985 Palm Oil Industry. Malasia. Kuala Lumpur
10. National Candle Association publication. Candle Industry Facts. Vol III. Washington, DC, 1998
11. National Candle Association publication. Candle Types. Vol II. Washington, DC, 1998
12. National Candle Association publication. History of Candlemaking. Vol. I Washington, DC, 1998

13. Neshuya, P. 1997, Programa de Naciones unidas para la fiscalización Internacional. ONU, Peru.
14. Ooi, T & A. Ong, 1987, Utilization of Palm based products in candle making. Palm Oil Conference: Progress an prospects, 322-327. Palm oil Research Institute
15. Timmermann F, 1991. Medium Cain triglycerides. The unconventional oil. Chemicals Fabrick Grunau Gmbh, Germany.
16. Perry et all Manual del Ingeniero Químico 5a. ed USA 1992

X. ANEXO

ANEXO A

A. Simbología Utilizada

t	tiempo , h, seg
T	Temperatura, °C
V	Volumen, m ³
r	radio
φ	diámetro
Cp	Capacidad calorífica Cal/g, J/g, J/mol
H	Entalpia Cal/g, J/g, J/mol
q	Calor cal, J
l	Longitud
ρ	Densidad

B. Abreviaturas

ND	No determinado
E	Excelente
MB	Muy Bueno
B	Bueno
M	Malo
MM	Muy malo

REGISTRO DE PRUEBAS

Nombre del Proyecto Vegetal
 Investigado Zenaida González

Fórmula No. V01
 Fecha 27-Feb-98

Objetivo: Obtener un parámetro inicial para el desarrollo correcto de una formulación así como de un procedimiento.

Formulación:		V01
Ingredientes	Porcentaje	
Aceite de Palma RBD (fracción líquida)	70%	
Aceite de palma RBD (fracción sólida)	30%	
Aditivo especial	5%	
Fragancia	4%	

Caracterización	
Pto congelació	<u>58-60°C</u>
Pto de fusión	<u>ND</u>
Penetración:	<u>1mm</u>
Quemado:	<u>M</u>
se raja y derrama	<u> </u>
Estabilidad frío	<u>E</u>
Estabilidad 40°	<u>E</u>
Sol	<u>ND</u>

Temperatura (s)
de llenado
°C

70	Apariencia lisa, cavidad interna pequeña
80	Apariencia lisa, cavidad interna media
90	Apariencia lisa, cavidad interna grande
100	Apariencia lisa, cavidad interna grande

Procedimiento: Pesar y mezclar todos los ingredientes, adicionando por último la fragancia. Llevar la mezcla a las diferentes temperaturas de llenado. Calentar los moldes y llenar a las diferentes temperaturas.

Aparienci lisa, con una superficie semi opaca y una base color amarillo claro.

Observaciones: Si la mezcla se enfría bruscamente (en baño H₂O a 20°C) da un mejor terminado y una pared lustrosa. Mientras más baja es la temperatura de llenado, menor cavidad se obtiene, aunque la apariencia sea la misma. Inicialmente quemó muy bien pero luego de 2.5 h se derramó. Se rajó al quemarse. Se requiere de una mezcla de más bajo punto de fusión, para que no derrame.

REGISTRO DE PRUEBAS

Nombre del Proyecto Vegetal
 Investigado Zenaida González

Fórmula No. V02
 Fecha 27-Feb-98

Objetivo: Crear una mezcla de más bajo punto de fusión por medio de la adición de aceite mineral

Formulación:		V02
Ingredientes	Porcentaje	
Aceite de Palma RBD (fracción líquida)	70%	
Aceite de palma RBD (fracción sólida)	30%	
Aditivo especial	5%	
Fragancia	4%	
Aceite mineral	2%	

Caracterización	
Pto congelació	<u>48°C</u>
Pto de fusión	<u>ND</u>
Penetración:	<u>ND</u>
Quemado:	<u>B</u>
Estabilidad frío	<u>ND</u>
Estabilidad 40°	<u>ND</u>
Sol	<u>ND</u>

Temperatura (s)
de llenado °C

80	Apariencia lisa, cavidad interna pequeña

Procedimiento: Pesar y mezclar todos los ingredientes, adicionando por último la fragancia. Llevar la mezcla a la temperatura de llenado teniendo cuidado de no sobrecalentar la mezcla. Los moldes no se calientan, se llenan a temperatura ambiente.

Apariencia lisa, con una superficie semi opaca y una base color amarillo más oscuro que la base anterior.

Observaciones: Se llenó a 80°C, el color en cambio fue más amarillo, el punto de fusión también cambió, la apariencia física es la misma con excepción del color, quema mucho mejor, no se raja y deja pared. El aceite mineral ayudó a un mejor quemado. La candela derramó ya casi al final, debido a que la pared se adelgazó.

REGISTRO DE PRUEBAS

Nombre del Proyecto Vegetal Fórmula (s) V13, V14
 Investigad Zenaida González Fecha 14-Mar-98

Objetivo: Determinación de la relación óptima de aceites a utilizar

Formulación:	V13	V14
Ingredientes	%	%
Aceite de Palma RBD (fracción líquida)	40%	50%
Aceite de Palma RBD (fracción sólida)	60%	50%
Fragancia	5%	5%
Aditivo especial	5%	5%

Fórmula	T _{horneo} °C	Observaciones
V13	80	No sale del molde, se refrigeró para que saliera del molde, presenta cavidad interna y porosidad. Apariencia : Superficie pastosa
V14	80	No presenta cavidad interna, sale perfectamente del molde Candela dura Apariencia : Lisa blanquecina.

	V13	V14
Pto. Congelación	ND	ND
Pto. Fusión	ND	ND
Penetración		
Quemado	ND	M
Estabilidad Frío	ND	B
Estabilidad 40°C	ND	B
Sol	ND	ND

Conclusiones: La proporción
utilizada de aceites de palma con-
tribuye a que desaparezca la cavidad
interna, e influye directamente en la
compresión térmica de la candela.
La mejor proporción observada es
50:50. El mal quemado se debe a
que la candela es muy dura.

Tabla No.1: Tendencia de enfriamiento de las fórmulas V15

Tiempo	Temperatura		
0	76.2	75.7	74.5
1	57.2	57.5	57.0
2	43.7	44.2	44.5
4	42.3	43.2	43.1
5	40.6	42.0	42.3
6	37.3	38.6	31.0

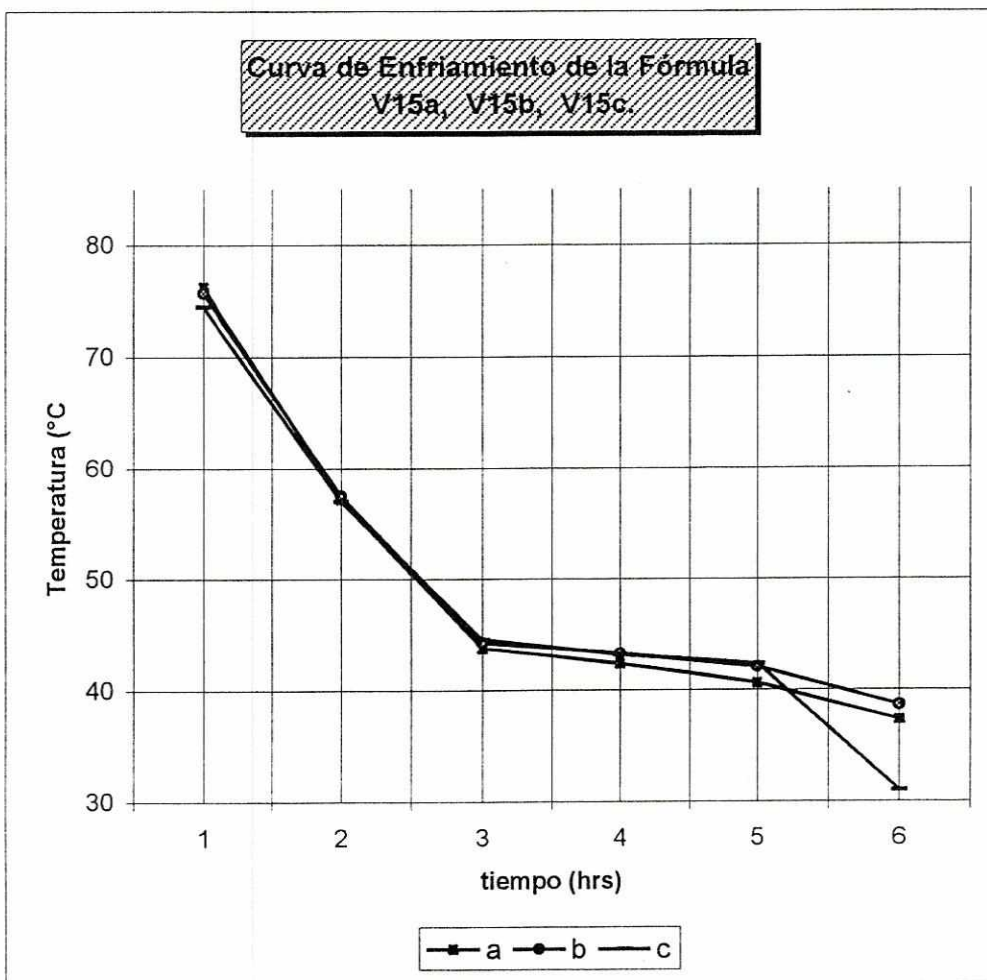


Tabla No.1: Tendencia de enfriamiento de las fórmulas V16

Tiempo	Temperatura		
0	80.2	81.6	77.7
1	47.5	51.2	46.1
2	46.5	48.2	41.9
3	36.5	40.3	39.3
4	35.5	39.3	38.0
5	33.2	34.0	32.6
6	30.6	31.0	30.5

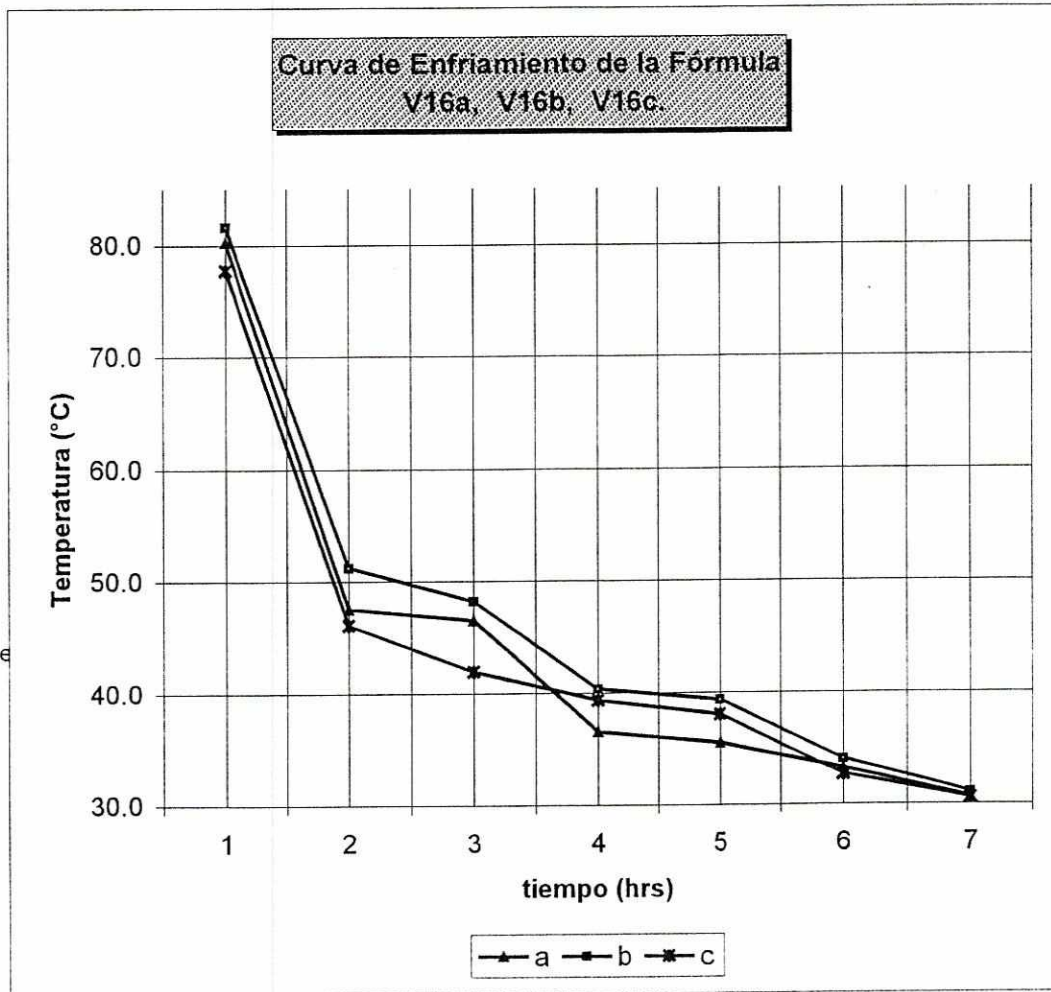
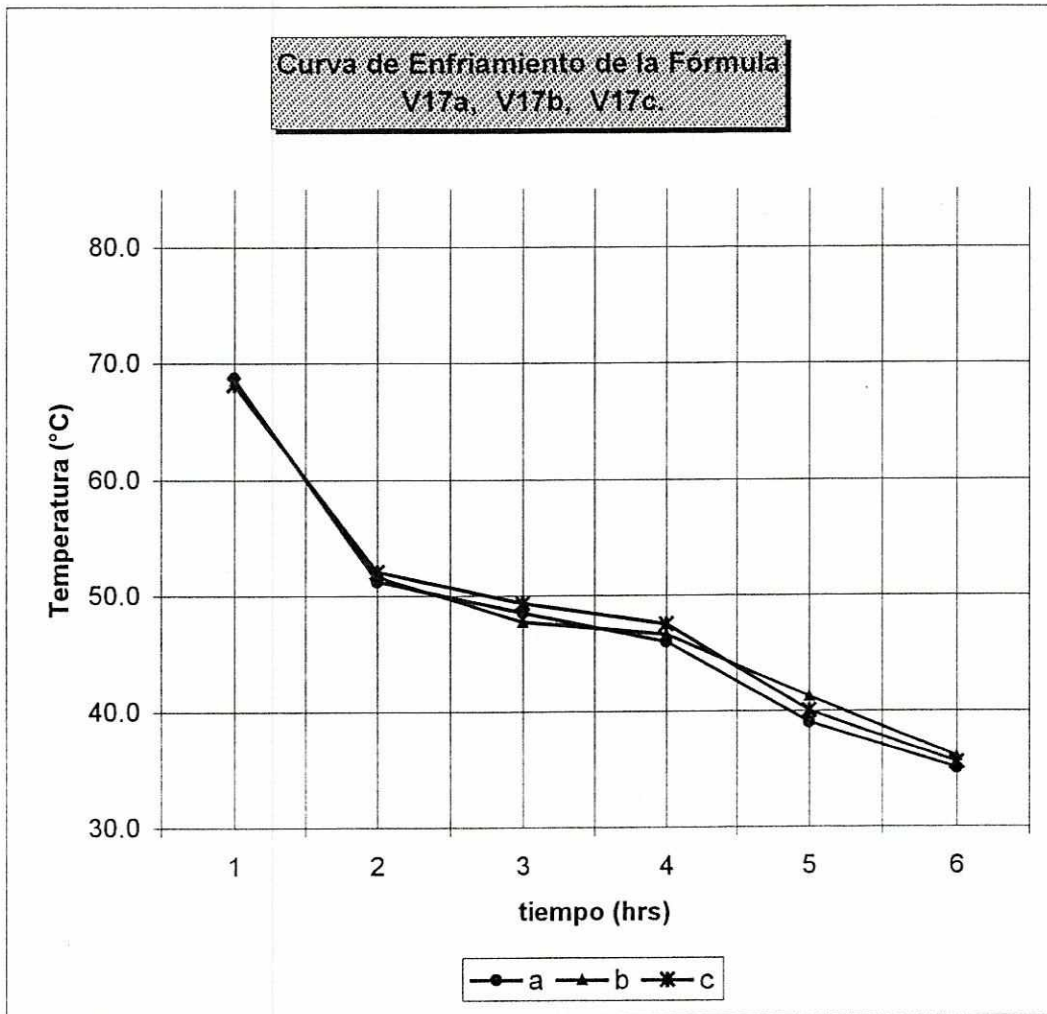


Tabla No.1: Tendencia de enfriamiento de las fórmulas V17

Tiempo	Temperatura		
0	68.7	68.5	68.2
1	51.2	51.6	52.0
2	48.5	47.7	49.3
3	46.0	46.6	47.5
4	39.0	41.2	40.0
5	35.0	36.0	35.5



REGISTRO DE PRUEBAS

Nombre del Project Vegetal

Fórmula (s) V21, V22

Investigad Zenaida González

Fecha 25-Mar-98

Objetivo: Obtener una formulación más blanda

Formulación:	V21	V22
Ingredientes	%	%
Aceite de Palma especial (fracción líquida)	70%	70%
Aceite de Palma RBD (fracción sólida)	30%	30%
Fragancia	5%	5%
Aditivo especial	5%	0%

Formula	T _{llenado} °C	Observaciones
V21	80°C	La candela no sale del molde. La mezcla es muy pegajosa, más blancuzca. Formulación demasiado blanda
V22	80°C	La candela no sale del molde La mezcla es pegajosa y blanquecina Formulación demasiado blanda

Caracterización	V21	V22
Pto. Congelación	ND	ND
Pto. Fusión	ND	ND
Penetración	ND	ND
Quemado	ND	ND
Estabilidad Frio	ND	ND
Estabilidad 40°C	ND	ND
Sol	ND	ND

Conclusiones: La utilización
de aceite de palma fracción líquida
especial hace la formulación dema-
ciado suave tanto que la candela no
compresiona lo suficiente y no sale
del molde.

REGISTRO DE PRUEBAS

Nombre del Proyecto Vegetal
 Investigado Zenaida González

Fórmula No. V24
 Fecha 25-Mar-98

Objetivo: _____

Formulación:	
Ingredientes	V24 Porcentaje
Aceite de Palma RBD (fracción líquida)	35%
Aceite de Palma especial (fracción líquida)	35%
Aceite de palma RBD (fracción sólida)	30%
Aditivo especial	5%
Fragancia	5%

Caracterización	
Pto congelació	<u>ND</u>
Pto de fusión	<u>ND</u>
Penetración:	<u>10 mm</u>
Quemado:	<u>MB</u>
Estabilidad frío	<u>B</u>
Estabilidad 40°	<u>M</u>
Sol	<u>Suda a T ambiente</u>

Temperatura (s)
de llenado °C

80	Llevar la mezcla a esa temperatura y llenar el molde sin
	calentar

Procedimiento: Preparar la mezcla y fundir, NO calentar a más de 100°C. Llevar la mezcla a 80°C y llenar los moldes. Los moldes están fríos (a temperatura ambiente).

Aparienci Lisa

Observaciones: La candela sale del molde con dificultad. La candela suda aceite a temperatura ambiente, no pasa la prueba de estabilidad a 40°C porque suda y se deforma, quema bastante bien, pero presenta el problema que luego de varias horas de estar quemándose empieza a sudar aceite.

REGISTRO DE PRUEBAS

Nombre del Proyecto Vegetal
 Investigado Zenaida González

Fórmula No. V25
 Fecha 26-Mar-98

Objetivo: Obtener una fórmula que queме adecuadamente

Formulación:	
V25	
Ingredientes	Porcentaje
Aceite de Palma especial (fracción líq	50%
Aceite de palma RBD (fracción sólida)	50%
Aditivo especial	5%
Fragancia	5%

Caracterización

Pto congelació ND
 Pto de fusión ND
 Penetración: 2.5 mm
 Quemado: M
 Estabilidad frío M
 Estabilidad 40° M
 Sol ND

Temperatura (s)
de llenado °C

80	Buen acabado

Procedimiento: Preparar la mezcla, no sobrepasar los 100°C.

Aparienci Escamosa

Observaciones: Se raja al quemar y se raja con los cambios bruscos de temperatura, no pasa pruebas de estabilidad. Sale bien del molde

REGISTRO DE PRUEBAS

Nombre del Proyecto Vegetal
 Investigado Zenaida González

Fórmula No. V36
 Fecha 2-Abril-98

Objetivo: Caracterización de la formulación final Palma

Formulación:	
V36	
Ingredientes	Porcentaje
Aceite de Palma RBD (fracción líquida)	36%
Aceite de Palma especial (fracción líq)	9%
Aceite de palma RBD (fracción sólida)	45%
Aditivo especial	5%
Fragancia	5%

Caracterización	
Pto congelació	<u>53-55 °C</u>
Pto de fusión	<u>58-60 °C</u>
Penetración:	<u>5 mm</u>
Quemado:	<u>MB</u>
Estabilidad frío	<u>MB</u>
Estabilidad 40°	<u>MB</u>
Sol	<u>MB</u>

Temperatura (s)
de llenado °C

80	buen acabado, cavidad interna pequeña
90	buen acabado, cavidad interna pequeña
100	Mejor acabado, sin cavidad

Procedimiento: Preparar la fórmula vegetal V36, agregar colorante, agregar la fragancia. Disolver todos los ingredientes fundiendo primero el aditivo especial y luego agregando las fracciones de palma, La temperatura de disolución no debe ser mayor de 100°C. Limpiar los moldes a utilizar sin calentarlos. Llevar la mezcla a temperatura constante de 100°C y llenar los moldes. Dejarla enfriar a temperatura ambiente.

Observaciones: La mezcla no debe sobrepasar los 100°C para evitar la descomposición térmica de las materias primas. Además se notó que luego de un periodo de retención de tres meses, la apariencia externa de la candela mejora y empieza a formar el efecto de piel de cocodrilo

Apéndice B

Estudio de Temperatura

Tabla No.4: Curva de enfriamiento

Hora	Temp °C
0	97
1	49
2	43
3	42
4	39
5	35
6	29

Tabla No.5: Velocidad de enfriamiento

Hora	diff T (°C)
1	48
2	54
3	55
4	58
5	62
6	68

