

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE
GUATEMALA

Facultad de Ciencias y Humanidades

Producción de velas de
calidad comercial,
a base de gel

Jorge Eskenasy Sánchez-Latour

BIBLIOTECA
DE LA
UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

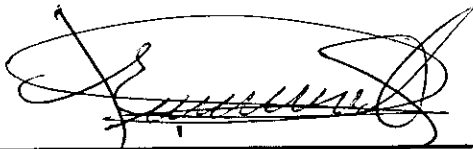
Guatemala
2001

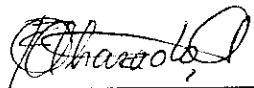
Producción de velas de
calidad comercial,
a base de gel

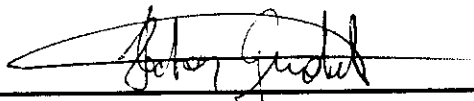
Vo.Bo.

(f) 
Ing. Otto Francisco Alvarado Aguilar

Tribunal:

(f) 
Ing. José Eduardo Calderón

(f) 
Ing. Otto Francisco Alvarado Aguilar

(f) 
Ing. Héctor René Gudiel

Fecha de aprobación: 3 de agosto de 2001

Índice

	Página
Índice de tablas	vii
Índice de diagramas	vii
Índice de gráficas	vii
Resumen	viii
Capítulos	
I. Introducción	1
II. Antecedentes	2
A. Velas de gel	2
B. Calidad comercial en velas de gel	2
C. Gel	4
D. Aceite mineral	6
E. Fragancias	6
F. Pigmentos y colorantes	7
G. Aditivos	7
H. Recipiente	8
I. Mecha	10
J. Ojete o sujetador de mecha	10
K. Piso	11
L. Insertos	11
M. Etiquetado y empaque	12
N. Equipo	12
Ñ. Proceso	14
O. Seguridad del usuario	22
Diagrama de proceso para una vela	23
P. Seguridad en la producción	24
Q. Pruebas de velas	25
R. Propiedades físicas y químicas en las velas	25
S. Diagrama del proceso	27
T. Diagrama de flujo	27
III. Justificación	28
IV. Objetivos generales y específicos	29
V. Problema a resolver	30
VI. Metodología	31
VII. Resultados	32
VIII. Discusión	46
IX. Conclusiones	50
X. Recomendaciones	51
XI. Bibliografía	52

Índice de tablas

	Página
Tabla No. 1: Concentración de polímero según diámetro de recipiente	9
Tabla No. 2: Tiempo de duración de quemado a diferentes Concentraciones de gel para 0.9820 Kg de aceite mineral.	32
Tabla No. 3: Apariencia de diferentes concentraciones de gel para 0.9820 Kg de aceite mineral.	33
Tabla No. 4: Combinación concentración, mecha y diámetro de recipiente.	34
Tabla No. 5: Combinación concentración, mecha y diámetro de recipiente.	35
Tabla No. 6: Cantidad de burbujas en gel preparado a 70 °C a diferentes temperaturas de llenado.	36
Tabla No. 7: Cantidad de burbujas en gel preparado a 75 °C a diferentes temperaturas de llenado.	36
Tabla No. 8: Cantidad de burbujas en gel preparado a 80 °C a diferentes temperaturas de llenado.	36
Tabla No. 9: Cantidad de burbujas en gel preparado a 85 °C a diferentes temperaturas de llenado.	36
Tabla No. 10: Cantidad de burbujas en gel preparado a 90 °C a diferentes temperaturas de llenado.	37
Tabla No.11: Información diagrama del proceso	40

Índice de diagramas

Diagrama #1: Diagrama para el proceso de una vela	23
Diagrama #2: Diagrama del operaciones	41
Diagrama #3: Diagramas de actividades de proceso de armado de vela	42
Diagrama #4: Diagramas de actividades de proceso de insertos de parafina	43
Diagrama #5: Diagramas de actividades de proceso de preparación de gel	44
Diagrama #6: Diagrama de actividades de proceso de dilución de pigmentos/colorantes	45

Índice de gráficas

Gráfica #1: Duración de quemado versus concentración de gel	39
--	----

Resumen

Las velas de gel son un producto principalmente ornamental hecho a base del polímero CBO 2941, aceite mineral, colorantes o pigmentos y fragancias. El gel es un material transparente que puede funcionar como vela al ser colocado dentro de un recipiente con mecha. La transparencia del gel puede ser aprovechada para incluir elementos decorativos dentro de la vela llamados insertos.

Existen varios factores que determinan la calidad comercial de una vela de gel tanto para la venta local como para la exportación. Una vela de buena calidad es aquella que se quema uniformemente, con una llama de tamaño adecuado, que no tiene burbujas a menos que sea a propósito, que no sea turbia, no emane humo y que no sea contaminante.

Este informe analiza los diferentes procesos de la producción de las velas de gel enfocándose principalmente en la fabricación del gel en sí, el armado, y llenado de las velas. Contempla materias primas importantes como la mecha, el recipiente, los insertos, el sujetador de mecha, las fragancias, colorantes y pigmentos.

El proceso para la producción de velas de gel es detallado en el diagrama de proceso y diagrama de flujo. Esto ayuda a tener una representación gráfica de los puntos en los que se introducen materiales al proceso y también da una secuencia de las operaciones, transportes, inspecciones, esperas y almacenamientos durante el proceso.

Se determinó que los principales factores que provocan un quemado adecuado de la vela es la correcta formulación del gel para recipientes de un diámetro específico y la selección adecuada de mecha. Una concentración del 9% de polímero en aceite mineral probó ser la mejor combinación por su durabilidad y quemado parejo al ser complementado con la mecha de calibre correcto para la aplicación.

Las burbujas son el factor más difícil de manejar y que determina mucho de la calidad de la vela. Para controlar la cantidad de burbujas se debe tener un manejo adecuado de las temperaturas de fabricación y de llenado. Al fabricar gel se debe calentar a 85° C. El llenado de velas sin insertos es mejor entre 80 y 85° C. Al utilizar insertos, especialmente si son de parafina, el llenado debe ser a temperaturas de 60 a 75°C para evitar que se dañen los insertos y utilizarse técnicas de llenado más cuidadosas que evitan que el aire quede atrapado dentro de la gel viscosa.

Las fragancias utilizables deben pasar el examen de tolerancia al aceite mineral (TAM). Los colores se obtienen a partir de la dispersión de pigmentos y de colorantes solubles en aceite.

I. Introducción

Desarrolladas en base a un polímero, aceite mineral, fragancias, colorantes e insertos, las velas de gel se convierten en un producto innovador y atractivo de las velas tradicionales. Se pretende implementar el desarrollo de velas de gel a nivel artesanal. Para ello debe existir una estricta metodología a seguir para que las velas sean funcionales, mantengan su forma y tengan agregados decorativos adecuados.

El éxito en la comercialización de este producto depende, en gran parte, de la calidad. Una vela de gel debe tener una excelente apariencia decorativa y, a la vez, debe producirse con las concentraciones adecuadas de los compuestos de la gel para que su quemado sea parejo. Es necesario definir los tipos de envases que pueden ser utilizados, el tipo de mecha, ojetes, fragancias, colorantes e insertos que permitan un producto final de alta calidad y funcional para el quemado.

Una vela de buena calidad es aquella que se quema uniformemente, con una llama de tamaño adecuado, que no tiene burbujas a menos que sea a propósito, que no sea turbia, no heche humo y que no sea contaminante.

Para obtener un producto que cumpla con lo anterior se experimentó para encontrar la concentración más adecuada de gel según la aplicación. Se evaluó las fragancias y los colorantes que puedan ser utilizables en las velas sin afectar su calidad ya que existen algunos que causan turbidez y otros efectos negativos. También fue necesario experimentar con diferentes tipos de insertos para determinar cuáles son utilizables por razones de seguridad. Los insertos son agregados decorativos que se colocan dentro del gel en la vela para efectos visuales o promocionales.

Una vez hecho el análisis experimental fue necesaria la recopilación de la información con todas las consideraciones y recomendaciones que sirven como guía para la producción adecuada de las velas.

II. Antecedentes

A. Velas de gel

Las velas de Gel son una versión innovadora de la vela convencional. Con diseños originales y con una transparencia característica. Las velas de gel son un producto especialmente decorativo que al conjugar insertos, colores y fragancias pueden representar diferentes temas. Estas son muy atractivas a la vista por su presentación gelatinosa y transparente. Debido a su transparencia, es posible decorar la vela en su interior con insertos de diferentes formas. Esto hace que los diseños de estas velas sean casi ilimitados, ya que no se depende sólo de la vela y sus colores en sí, sino de cualquier artículo decorativo que se pueda incluir en forma de inserto. (5)

Generalmente, las velas se producen a partir de gel preparada que se encuentra en forma comercial. Esta gel se manipula a temperaturas entre los 70 y 100 °C en estado de líquido viscoso para verterlo en un recipiente y que al solidificarse mantenga la forma del recipiente. Regularmente se utiliza un recipiente de vidrio de diferentes formas en cuyo centro se ha colocado una mecha vertical para prender la llama. Al enfriarse el gel y solidificarse se cuenta con una vela lista para ser utilizada. Aunque comprar el gel preparado puede resultar cómodo, no se tiene control sobre su concentración y características de preparado para lograr una buena calidad para uso comercial. Por esto y por rentabilidad económica la fabricación de la gel debe ser considerada.

Los componentes más importantes de la vela de gel son el envase, la gel, los colorantes, las fragancias, la mecha, el ojete, los insertos y el empaque. Para cada uno existen consideraciones importantes que se deben obedecer para obtener una vela que queme adecuadamente y que tenga una calidad comercial. En la vela terminada se debe tener control sobre el Flash Point del gel, la densidad del gel, la viscosidad entre rangos de temperaturas preestablecidas para saber la velocidad de quemado, el flash point de las fragancias y el diámetro de la piscina.

B. Calidad comercial en velas de gel

La comercialización exitosa de las velas de gel depende de su calidad. Existen varios factores a considerar para obtener una calidad comercial. Esto involucra las materias primas que se utilizan, la técnica con que se aplica y las especificaciones en el proceso.

La primera consideración en la calidad es el tipo de recipiente. Éste tiene que tener una forma agradable a la vista. Es tan importante el diseño de la vela como el recipiente en que se incluye para dar la apariencia esperada. Se procura que los recipientes sean lo más transparentes posible para permitir admirar el

contenido de gel e insertos, aunque para efectos especiales es posible utilizar otro tipo de recipientes. Por esto se utiliza mucho el vidrio o el cristal. El gel se vertirá en el recipiente y tomará su forma. Generalmente se utilizan recipientes simétricos para garantizar una distancia similar a todo el rededor de la mecha y asegurar un quemado parejo del gel. El recipiente debe resistir temperaturas de por lo menos 100°C ya que la gel se vierte caliente y al encender la vela se dispersa el calor hasta las paredes.

El gel que se utilice es uno de los factores más influyentes en la calidad del producto final. Al comprar gel estándar comercial, no se tiene control sobre su composición para aplicaciones específicas. Un factor muy importante es la dureza de la gel. En una vela de diámetro grande se necesita utilizar un gel más diluido. Si la vela es angosta es mejor un gel más concentrado o duro. De esta manera, al quemar la vela, se consumirá el gel desde el centro hasta las paredes del recipiente que lo sostiene y no se producirá un hoyo en el centro de la vela, desperdiciando gel que se queda pegado en las paredes. Al efecto en que se produce un hoyo se le llama piscina. Si este se produce, la vela pierde estética y se desperdicia gel que queda en las paredes, haciendo que el tiempo de quemado se reduzca y la vela pierde apariencia estética.

El efecto de las burbujas es una de las mayores preocupaciones en la fabricación de velas de gel. Generalmente la presencia de burbujas es un fenómeno no deseado. El problema más grande es que durante todo el proceso de la producción de las velas se obtienen las burbujas. Cuando el gel está muy caliente, más de 75°C, es cuando está en un estado más líquido y se liberan las burbujas en su totalidad. La temperatura a la que se vierte el gel en el recipiente influye de gran manera a la cantidad de burbujas que se obtiene en el producto final. Esto se debe a que a diferentes temperaturas es en donde se produce la mayor diferencia entre estados físicos del gel. En diversas fuentes bibliográficas se recomienda verter en caliente; sin embargo es importante considerar las condiciones ambientales en el lugar de producción para encontrar las mejores condiciones. Aparte de la gel, toda materia que esté dentro del recipiente es un elemento que causa burbujas. Todos los insertos contienen aire o permiten que el aire se adhiera a sus paredes, dejando probabilidad de burbujas al llenar la vela con gel.

Las mechas son las responsables de guiar la llama y mantenerla encendida a lo largo de toda la vela. La mecha también contribuye en la calidad de la vela tanto en forma como en funcionalidad. La mejor mecha es aquella con dureza suficiente para autosostenerse, que produzca una llama homogénea y bien encendida y que no sea tóxica.

Se puede complementar el gel con aditivos como fragancias y colorantes que hacen a la vela más atractiva a los sentidos. Estos deben poder diluirse en la gel manteniendo la transparencia y no provocar turbidez. Muchas fragancias producen turbidez indeseable, por lo que es necesario hacer pruebas de

solubilidad a las proporciones prácticas para asegurar su funcionalidad. Los colorantes utilizables son los solubles a la grasa. (5)

El diseño de las velas se obtiene principalmente por los elementos que se colocan sumergidos en la gel como adornos. A estos se les conoce como insertos. Estos deben ser de materiales no tóxicos, no inflamables y no explosivos. Se debe evitar por completo el uso de insertos de plásticos o polietilenos ya que se queman, produciendo humo negro y ponen negras las paredes del recipiente. Los insertos más adecuados son de parafina, de la misma gel, barro, cerámica y otros materiales que cumplen con lo antes descrito.

El proceso de fabricación de las velas debe, junto a las especificaciones de los materiales, lograr evitar efectos negativos a la calidad como burbujas, turbidez, quemado no parejo, una mala llama, una llama que se apague, efectos tóxicos y problemas de estética. Además se debe buscar la mayor eficiencia en la producción para aprovechar al máximo el equipo y el recurso humano. Factores como el proceso limitante deben ser calculados y tomados en cuenta para aprovechar los recursos al máximo.

La vela debe ser terminada con etiquetas y empaques para conservar su imagen y presentación. El empaque debe cumplir cuatro funciones principales: protección de la vela, comodidad de transporte, información del producto y sus advertencias y decoración.

C. Gel

El gel es un hidrocarburo derivado del petróleo transparente, sólido gelatinoso a temperatura ambiente que al someterse a una llama de fuego se consume lentamente sin producir humo ni gases tóxicos. El gel debe ser un producto claro, sin color, hidrofóbico, térmicamente reversible y sin sinéresis (que no se separen los compuestos del gel por contracción). (11)

El gel es el cuerpo de la vela. Éste se fabrica a partir del polímero CBO 2941 y aceite mineral. Dependiendo de la aplicación que se necesita, se deberá calcular la concentración del gel. Un gel más concentrado en polímero produce un gel más duro al solidificar. Un gel más duro es más difícil de derretir y quemar en una vela encendida, mientras un gel menos duro se derrite con mucha más facilidad. A esto se debe que en un recipiente con diámetro pequeño es conveniente utilizar un gel duro, ya que al encender se consumirá poco a poco y la llama es suficiente para derretir a un ritmo parejo todo el gel para que se consuma igual desde el centro hasta las paredes. Éste no es el caso de una vela con diámetro muy grande, en donde el efecto del calor en el centro de la vela, alrededor de la mecha, y lejos de ella, acercándose a las paredes, es muy diferente. En este tipo de vela es necesario un gel con menos concentración de CBO 2941, porque el gel será más suave y se necesita menor esfuerzo de llama para consumir el gel y lograr un quemado parejo.

Para fabricar un gel estándar se mezcla CBO 2941 con aceite mineral grado cosmético usp y se agrega calor. Se agita constante y levemente para asegurar una buena dilución del CBO 2941 en el aceite sin que se introduzca mucho aire que produzca burbujas. Se debe calentar a 85 °C cuidando que no se produzca mucho humo producto de evaporación de aceite mineral cuyo punto de ebullición es menor al del CBO 2941 y que se evita por medio de calentamiento moderado para que un aumento brusco no cause este efecto. Una agitación moderada y una alta temperatura logran una mezcla homogénea completamente transparente y muy líquida de gel. Bajo estas condiciones se logra la eliminación de todas las burbujas de aire en esta etapa. El aire caliente tiende a subir y al llegar a la superficie de la gel se desplaza al aire del ambiente quedando la gel libre de burbujas.

Una concentración normal de gel es del 8% en peso de polímero y 92% de aceite mineral. A éste se le llama gel de dureza media. Por medio de agregar o restar pequeños porcentajes de polímero a la composición de la gel, se obtienen variaciones de gel más y menos densas. De este procedimiento se obtienen geles de alta y baja densidad para aplicaciones variadas como velas de diámetro ancho o insertos producidos de gel que deben ser más duros.

Se determinará las concentraciones de gel que se utilizarán en velas de distintos diámetros. Se harán corridas de gel a distintas concentraciones y se medirá el tamaño de las piscinas para evaluar que concentración de gel se utilizará con que diámetro de vela.

Al mezclar el polímero y el aceite mineral a diferentes concentraciones se logran obtener diferentes puntos de fusión. Esto es importante en la velas de acuerdo a las condiciones ambientales de diferentes lugares. Así se logra una mejor durabilidad de una vela en lugares de temperaturas extremas. Un gel de dureza media tendrá un Flash point de 227°C , una viscosidad de 225 kg/ms a 110°C y una densidad de 839 kg/m³. (11)

Por su transparencia se puede sumergir dentro del gel insertos de diferentes diseños que le dan atractivo visual a la vela. Prácticamente se puede introducir cualquier elemento a la vela por razones del gel. Debido a que se quemarán las velas, se limita dentro de la variedad de insertos a todos aquellos que no sean inflamables o explosivos por motivos de seguridad. Debe eliminarse cualquier elemento plástico porque de entrar en contacto con la llama puede quemarse. La propiedad de transparencia del gel es su mayor atractivo ya que las combinaciones decorativas de las velas son interminables.

Al preparar el gel se le pueden agregar aditivos tipo colorantes y fragancias. Lo más importante de estos aditivos es que mantengan la característica principal del gel: su transparencia. Los colorantes tienen que ser solubles en aceites para que puedan ser solubles con la gel. Las fragancias deben tener tolerancia al 9000% de aceite mineral. Esto se debe a que en la gel con fragancia, habrá unas

90 veces más de aceite mineral que de fragancia y se necesita en estas concentraciones que la fragancia no enturbie la gel. (8)

Luego de preparar la gel y agregar los colorantes y fragancias, ésta se encuentra lista para ser utilizada en velas. En este momento se puede colocar en recipientes de almacenaje que pueden ser plásticos, en donde la gel se endurece al enfriarse y será recalentada después para poner en las mismas condiciones para fabricar las velas. Con la gel en esta condición se pueden llenar los recipientes o vasos para las velas. Este proceso es muy delicado para garantizar la ausencia de burbujas. Se debe verter la gel muy despacio y desde una altura muy baja para disminuir al mínimo la penetración de aire en el gel.

D. Aceite mineral

El mayor componente del gel es el aceite mineral. Los aceites minerales son de bajo costo y pueden ser utilizados en un rango de temperaturas de entre 0 a 315 °C sin necesidad de presurizar. Esto es ideal porque la vela nunca pasará de 115°C en su fabricación. (11)

El flash point del aceite mineral que se utilice debe ser mayor a 150°C. Los aceites minerales tienen la capacidad de mantener su flash point después de muchas horas de servicio. Esto asegura que no haya riesgo de que una vela se quemara por el aceite mineral.

El aceite mineral se mezcla el CBO 2941. Éste forma la mayor parte del gel por lo que su propiedad principal es que sea claro. Debe ser atóxico, ya que se quemará en la mezcla. Debe ser de grado cosmético usp.

E. Fragancia

Las velas de gel requieren fragancias especiales. La nubosidad es uno de los problemas más grandes al trabajar con fragancias. La nubosidad es un efecto no deseado en el gel cuando se pierde transparencia y pareciera que se forman nubes. Esto se debe a la baja solubilidad de algunas fragancias en el aceite mineral. Existen muchas fragancias que al diluirlas en aceite mineral dan un resultado transparente, aparentando ser solubles. El problema es que a diferentes concentraciones aparece nubosidad. Para determinar qué fragancias son solubles a las concentraciones necesarias para el gel se aplica una prueba que se puede llamar Tolerancia al Aceite Mineral o TAM. Esta es una muestra en donde se disuelve fragancia en aceite proporcionalmente a lo que utilizaría en producción de gel. (5)

Para determinar cuál es el TAM, se toma en cuenta el tipo de gel que se utilizará. Generalmente, una fragancia concentrada se diluye 1 a 3 en aceite

mineral antes de ser utilizada con el gel. Luego se utiliza un 3% de esta dilución en el gel.

Considerando que tenemos un porcentaje A de aceite y $(100 - A)\%$ de polímero, y esto es un 97% de la dilución, entonces $A \times 97/100$ es la composición de aceite mineral por 3% de solución de fragancia. Sin embargo, de ese 3%, el 2% es de aceite mineral y el 1% de fragancia. Así que $0.97A + 2\%$ es el aceite mineral por 1% de fragancia. Por lo que la prueba TAM debería ser $(0.97A + .02) \times 100\%$ unidades de aceite mineral por una de fragancia.

Las fragancias apolares o compatibles con hidrocarburos son más recomendadas. Las fragancias apolares no deterioran la fuerza del gel y tienen excelente solubilidad. (8)

El Flash point de una fragancia para este uso debe ser de por lo menos, 130°C para no ser peligroso.

F. Pigmentos y colorantes

El gel puede tener color a partir de la aplicación de pigmentos y colorantes.

Los pigmentos son compuestos insolubles que tienen como finalidad brindar color y opacidad. Para ser utilizados en aplicaciones como el gel, los pigmentos deben ser dispersados en un medio como el aceite mineral. La dispersión es lograr que las partículas del pigmento queden suspendidas sobre todo el medio. Mientras más pequeñas sean las partículas del pigmento mejor se dispersarán, y mientras mejor se dispersen más se desarrolla el color que está siendo utilizado. Durante la dispersión no cambia el tamaño de las partículas, pero sí se rompen las aglomeraciones y grumos.

Los colorantes son emulsiones o mezclas líquidas predispersadas que contienen un pigmento puro. Los colorantes que se utilicen deben ser solubles en aceite para que puedan ser utilizados en el gel.

Diferentes pigmentos y colorantes tienen características particulares de reflejar parte de la luz, lo que se conoce como color. Es mediante este efecto que cumplen su propósito de dar color.

G. Aditivos

Existen diferentes tipos de aditivos que pueden aplicarse a las velas para producir distintos efectos. Muchos aditivos provocan varios efectos, habiendo varios que hacen lo mismo pero se complementan con diferentes combinaciones de resultados. Según la aplicación y los problemas que se tenga con modelos

específicos de velas, se puede aplicar uno o varios aditivos. A continuación se describen algunos de estos:

1. Ácido Esteárico (Estearina): Comúnmente se hace de la planta de la palma, pero existe como un subproducto de grasa animal o de grasa vegetal. Este aditivo aumenta la dureza, disminuye el punto de fusión, ayuda al despegado de los moldes, produce opacidad y ayuda a prevenir que las velas pierdan su forma en climas muy calurosos. (6)
2. Cristales Lustre: Es un polímero que ayuda a que la vela dure mucho tiempo más que su tiempo normal de vida. Contribuye a la opacidad de las velas y a que los colores se vean más fuertes. Es mayormente utilizado en velas de parafina. (9)
3. Cristales claros: Ayuda a obtener mayor dureza y durabilidad de quemado, sin destruir el brillo. También ayuda a eliminar burbujas. (6)
4. Vybar: Ayuda a la formación de cristales más pequeños. Aumenta la solubilidad de aceite en el gel, mejora la dilución de colorantes en el aceite y produce una estructura mucho más dura y resistente a defectos. Existen diferentes tipos para puntos de fusión distintos. Este aditivo también contribuye a reducir burbujas. (9)
5. Cristales traslúcidos: Aumentan la dureza manteniendo lo traslúcido.
6. Micro blanco: Ayuda a la retención de fragancia y a la adhesión al vaso. (6)
7. Inhibidor UV: Contribuye a prevenir e inhibir la pérdida de color en todo tipo de velas. También se vende como CYASORB. (10)
8. Kemamida: Es un compuesto que ayuda a remover figuras de parafina de moldes para que sirvan como insertos. (10)
9. Cera de abeja: Agrega opacidad, tiempo de quemado y disminuye la cantidad de humo que producen las velas. (6)
10. Ceras microcristalinas: Son ceras de alto punto de fusión. Contienen un alto porcentaje de moléculas cíclicas y ramificadas. Estas ceras contribuyen con la dureza de la cera y pueden servir como aditivo en el tratamiento de los pabilos. (6)

H. Recipiente

La vela de gel debe producirse dentro de un recipiente que le da forma. Los recipientes pueden ser de diferentes formas y tamaños. Generalmente se utilizan recipientes de vidrio o de cristal. Esto se debe a que estos materiales no son

inflamables y son transparentes. Los recipientes más utilizados son los de formas simétricas, especialmente los redondos. Esto se debe a que la distancia entre la mecha y las paredes es la misma por todo el recorrido de la pared cuando se coloca la mecha en el centro. Esto apoya a que haya un quemado parejo del gel a lo largo de la vela.

Dentro de las formas más utilizadas están las velas cilíndricas, esféricas y cuadradas. Cada una tienen sus aplicaciones y ventajas. Las esféricas tienen una presentación muy atractiva y si es bien aprovechada la refracción de la luz, se pueden obtener diferentes efectos visuales. La refracción causada por la forma de las paredes también puede ser perjudicial ya que los insertos muy cercanos a la pared se pueden ver distorcionados y los que están cerca de la mecha se pueden ver mucho más grandes de lo que son en realidad. Existen aplicaciones en las cuales se quiere imprimir serigráficamente sobre los recipientes. Los recipientes de tipo esférico no son los más adecuados ya que la forma dificulta la impresión. Los cilíndricos y cuadrados son mucho más adecuados para la impresión ya que su forma lo permite. Por esto, los cilíndricos pueden tener muchas aplicaciones. Estos también tienen la ventaja que en todo momento la distancia del centro a las paredes es la misma por lo que es mejor aprovechada la concentración de la gel. Los recipientes cuadrados no tienen distancias iguales desde la mecha a todo el entorno de la vela. Los vértices están más lejos de la mecha que las paredes laterales. La gel debe producirse con la dureza acorde al punto más lejano. Los recipientes cuadrados permiten colocación de insertos más alejados de la llama por lo que en algunos casos resulta ventajoso.

En muchas ocasiones se pueden utilizar recipientes que son embases de algún objeto que existe para poderlo imitar. Tal es el caso de una copa de vino para imitar una copa de vino tinto o el de un tarro de cerveza para imitar una cerveza de gel. Es interesante este tipo de aplicación porque aparecen más oportunidades de diseño y normalmente hay recipientes que existen para la aplicación original y se pueden utilizar para la imitación en gel.

Se puede clasificar a los recipientes según su diámetro mayor en tres grupos principales. La clasificación es una relación entre el diámetro y la concentración del gel. Así, una vela con diámetro pequeño utilizará un gel más concentrado en polímero, mientras una de diámetro ancho utilizará una gel con concentración más diluída en aceite mineral para provocar que se derrita más rápido.

Tabla No. 1: Concentración de polímero según diámetro del recipiente.

Tipo de gel	Diámetro del recipiente en el punto más largo	Concentración a definir de polímero en el gel
Gel dura	1.5 – 2.5	Concentración más alta
Gel media	2.6 – 3.5	Concentración media
Gel blanda	3.6 – 5.0	Concentración baja

Si se cuenta con un recipiente de mayor diámetro, lo más probable es que no logremos que se derrita la gel al quemarse la mecha. La técnica más apropiada en este caso no es diluir el gel a una concentración menor de polímero sino agregar otra mecha. Con esto se soluciona el problema de poder hacer velas de las formas más variadas y de diámetros muy anchos. De cualquier forma, la mayoría de velas tienen una sola mecha y no es necesario utilizar una segunda o más.

I. Mecha

Las mechas son pabilos tratados. Un pabilo es un alma forrada de un trenzado de material textil. El alma puede ser de diferentes materiales. Tradicionalmente se utilizó de plomo; sin embargo es contaminante y tóxico. Existen almas de papel, algodón y Zinc. Este último ha venido a sustituir el plomo. Para exportación a Estados Unidos, no es permitido que el alma de la mecha sea de Plomo.

La mecha se puede tratar con diferentes aditivos para lograr darle rigidez y eliminar el aire que tenga atrapado dentro del textil para evitar bubujas. El pabilo se baña con el aditivo y se le llama impregnado. Este se puede hacer con parafina, ya que le brinda rigidez, se quema sin problema y no produce humo negro. La rigidez es importante para evita que la mecha se doble dentro del gel y se vea torcida. La parafina que se utiliza para impregnar debe ser de muy baja viscosidad, como se encuentra comercialmente.

J. Ojete o sujetador de mecha

El ojete cumple una función muy importante para asegurar la mecha hasta el fondo del recipiente y para contribuir con el apagado de la vela. Sin el ojete, la mecha quedaría suspendida en el gel, permitiendo que quede en mala posición y que se doble. Por otro lado, sin el ojete, la llama llegaría al final de la mecha y si esta tocara el recipiente podría ser peligroso ya que la llama entraría en contacto directo con el vidrio y podría romper el recipiente y quemar la superficie sobre la que reposa la vela.

Existen dos tipos de ojetes principalmente: el de boquilla y el de prensado. Ambos tienen la misma funcionalidad con la diferencia que el de boquilla es una plaquita plana redonda con una boquilla que crece desde el centro con un agujero en medio en donde ingresa la mecha y se aprieta para sujetarla. El ojete de prensado es el que más se consume en el mercado local y es una plaquita con un agujero al centro y pestañas a los alrededores. La mecha baja por el agujero del centro y vuelve a subir por una de las pestañas de los lado para ajustar por medio de presión. Cada uno tiene una ventaja especial. Existen unos ojetes con la boquilla larga que es muy buena para lograr que la mecha se apague con

suficiente altura antes de llegar al fondo ofreciendo una buena seguridad al quemar la vela. Los ojete de prensado ofrecen la gran ventaja de que aseguran la mecha muy bien por lo que es mucho menor el riesgo de que se safe la mecha una vez terminada la vela por que alguien la jale. El ojete de boquilla tiene mucho mejor presentación que el de prensado por ser liso y más discreto. Normalmente el de boquilla se importa y es mucho más caro.

Diferentes aplicaciones pueden aprovechar las ventajas de los diferentes ojete. Por ejemplo, en velas con insertos de frutas, el ojete no es visible por lo que se puede utilizar el de prensado.

K. Piso

El piso es un fondo que puede ser utilizado en las velas de gel para dar soporte a los insertos y como decoración. Para esto se puede usar arena o piedras pintadas. Una ventaja de utilizar fondo es que ocupa volumen que sería de gel haciendo que la vela se vuelva más barata.

L. Insertos

Los insertos son objetos decorativos que están dentro del gel como uno de los atractivos más valiosos en las velas. Estos pueden ser de diferentes materiales que no sean inflamables, explosivos o que produzcan gases tóxicos.

Insertos diferentes hacen que existan velas de diferentes tema. Dentro de los más comunes están los insertos de parafina. Estos son objetos de diferentes formas hechos en moldes con parafina. Generalmente simulan formas de frutas como fresas, naranjas, tomates, frambuesas y otras. Este tipo de inserto tiene la ventaja de que se quema junto con el gel, lo cual es muy conveniente.

Se experimentará el resultado de insertos de cerámica y barro para ver los resultados. Este tipo de inserto tiene la ventaja de que puede imitar formas de objetos con mucho mejor acabado que los moldes de parafina y se pueden utilizar muchos colores en cada inserto. Se recurrirá a la artesanía guatemalteca para conseguir estos elementos que no se quemarán ya que dentro de su mismo proceso de fabricación son horneados, no emiten gases tóxicos y no son inflamables. Es muy importante supervisar la calidad de estos insertos en cuanto a acabados. También debe contemplarse los siguientes factores:

1. Superficie inferior plana para que se sostenga el inserto solo
2. El inserto no debe tener agujeros en donde pueda quedar atrapado aire ya que causará burbujas

3. Eliminar alambres de metal de la producción que no sean para sostener el inserto. Las artesanías comúnmente los incluyen ya que se utilizan para colgar.
4. No basta con que los insertos tengan buena apariencia, deben ser idénticos unos con otros para poder tener una línea bien definida, especialmente si son para exportación.

M. Etiquetado y empaque

Dependiendo el tipo de vela será necesario diferente tipo de etiquetado y empaque.

1. Etiqueta de especificaciones y cuidados. Esta etiqueta no es decorativa pero informa al usuario sobre datos de la vela. Se informa que la vela es "hecha en Guatemala". Esta etiqueta debe incluirse en todas las velas que se producen. Luego se incluyen las siguientes especificaciones de seguridad:

- Colocar la vela sobre una superficie plana y sobre un material no inflamable.
- Mantener la vela lejos del alcance de niños y mascotas.
- No quemar la vela por más de cuatro horas consecutivas.
- No dejar la vela encendida sin supervisión.
- Apagar la vela antes de llegar a un cuarto de pulgada del final.
- Mantener la mecha más corta que un cuarto de pulgada sobre el gel.
- No tocar el recipiente de la vela cuando está encendida o poco tiempo después de apagarla.

2. Etiqueta de marca. Según el modelo de la vela, será el tipo de etiqueta que se utilice con la marca y la línea. La etiqueta forma parte de la decoración de la vela y es en este punto cuando se coloca. Puede haber casos en el que la etiqueta se pega al recipiente y otros en el que no se quiere tapar el interior y se puede colocar con una cinta.

3. En las velas de recipiente sin tapadera es importante cubrirla para evitar que las personas las toquen y las dañen en el mostrador. Un recubrimiento de papel celofán o una cubierta con acetato permite que se vea el contenido de la vela y se protege. La marca puede ser impresa sobre este cobertor.

N. Equipo

Para la fabricación en volumen de velas de gel, se necesita equipo y mobiliario adecuado.

Lo primero que se necesita son tanques para la fabricación del gel. Estos tanques deben tener capacidad volumétrica según la cantidad de gel que se quiera producir. Es importante que los tanques tengan un termostato que controle

un rango de temperaturas deseado para cada parte del proceso. Puede ser recomendable tener tanques muy grandes para la preparación de gel clara y tanques mas pequeños o marmitas en donde se produce gel según el lote de velas que se esta produciendo. Así puede ser fácil la variedad de colores y aromas que se manejen. Debe dimensionarse el equipo según la capacidad de producción de la planta. Este equipo se utiliza para el mezclado de los componentes del gel. Hay oferta de tanques en el mercado. La ventaja de esto es que se pueden adquirir rápidamente, se cuenta con garantía y el equipo ha sido probado.

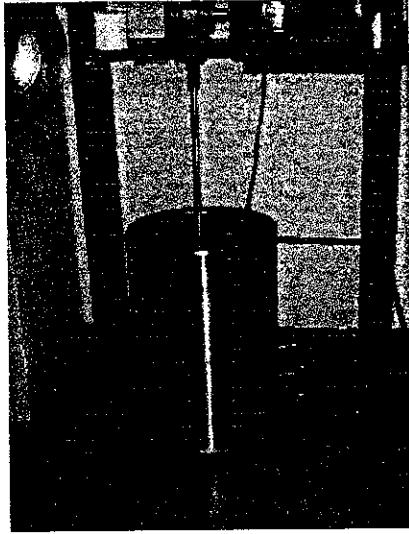
Cada línea de producción debe tener mesas de trabajo en donde se puede hacer el preparado del vaso y el llenado con gel. La línea necesita de su marmita exclusiva para poder tener un llenado ágil. La marmita podría estar en alto para que el llenado se haga por gravedad. Para esto se necesita una suspensión sobre rodos.

En los modelos de velas en que se usa insertos y piso, se debe hacer el armado en un área específicamente para esto. Así el área de llenado mantiene su eficiencia y no es afectada por procesos limitantes como el preparado, piso e insertos.

El empaque contará también con su área específica. Después del llenado y el tiempo prudente de espera, se lleva el producto a un área específica de etiquetado. Para el transporte entre todas las áreas se manejarán las velas sobre bandejas tipo azafate horizontal que son colocados en carretas con rieles a diferentes niveles para poder tener un transporte en volumen. Tanto en los lugares de armado como en las de empaque se tendrán mesas de trabajo con estanterías en la parte superior para tener los materiales sobre las estanterías y solo las velas sobre las mesas.

En una etapa final, se pondrá un túnel de calor formado por resistencias para ayudar a que se eliminen burbujas del la vela previo al empaque. El aire caliente tiende a subir, bajo esta teoría las burbujas saldrán a la superficie mientras pasan por el túnel.

En la figura a continuación se puede apreciar una marmita para la preparación de gel con un equipo de agitación. Este tipo de equipo contribuye a que el gel sea más homogéneo y a que los aditivos, colorantes y fragancias se dispersen de mejor manera.

Figura #1: Marmita y agitador

Ñ. Procesos

En los siguientes incisos se describen los pasos a seguir para hacer una vela de gel:

1. Preparación del gel.

a. Al preparar el gel se debe considerar la aplicación para decidir la densidad más adecuada. Esto depende del diámetro del recipiente. Debe pesarse la cantidad de polímero en una balanza analítica y medir el aceite mineral en litros.

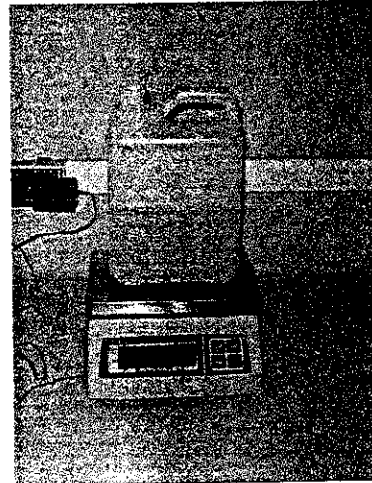
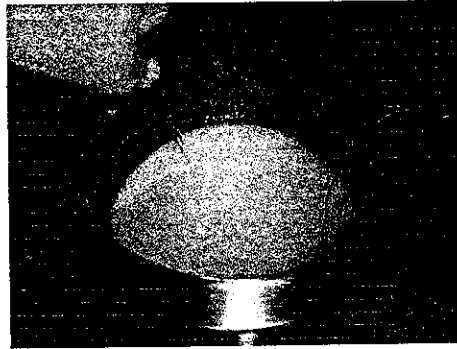
Figura #2: Peso de polímero**Figura #3: Peso de aceite mineral**

Figura #4: Preparación de gel en tanque



b. Se debe calentar la mezcla de polímero y aceite mineral con incrementos moderados de temperatura y agitar constante y lentamente. Una agitación muy rápida produce muchas burbujas. Esto debe continuar hasta los 85°C, temperatura a la cual se tiene una solución homogénea y sin burbujas porque el aire se ha calentado y tiende a subir. Debe mantenerse el gel a esta temperatura constante.

Figura #5: Agitación controlando la temperatura

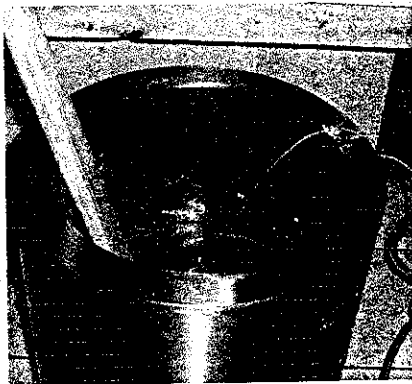


Figura #6: Agitación a mayores temperaturas



Figura #7: Termostato automático conectado al tanque

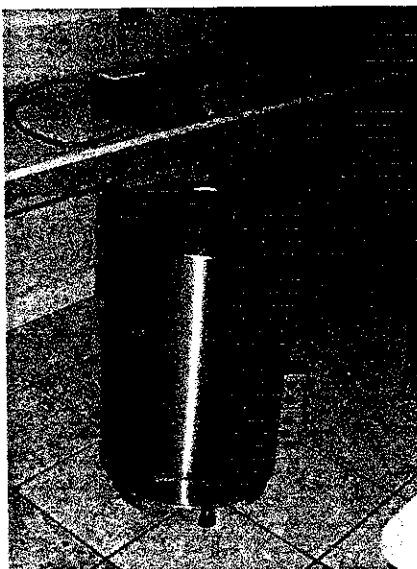


Figura #8: Termómetros de verificación

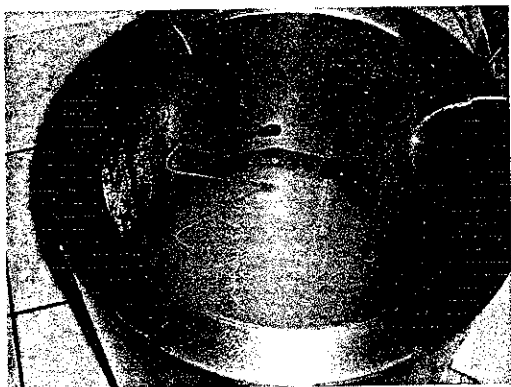
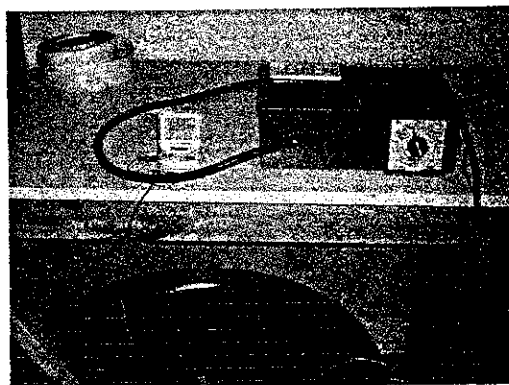


Figura #9: Termómetro y termostato



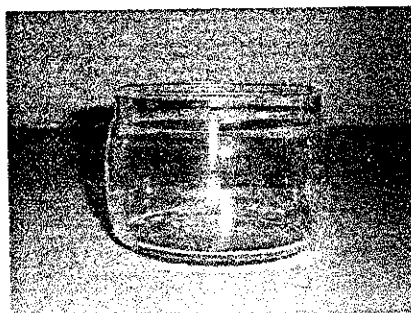
c. A esta temperatura se deben mezclar los diferentes aditivos con que se quiera complementar la gel como los pigmentos y las fragancias. Dependiendo de la fragancia que se use y de la concentración del gel, será el porcentaje de fragancia que se agregue. Dependiendo del tamaño del lote es más fácil trabajar con fragancias diluídas. De la misma forma se tratarán los pigmentos. Los pigmentos en polvo deberán diluirse en aceite mineral antes de agregarlos al gel, ya que será más fácil su dilución. Debe agitarse el gel a la misma temperatura constante hasta que las fragancias, pigmentos y otros aditivos se diluyan y se forma una solución homogénea.

Figura #10: Fragancia



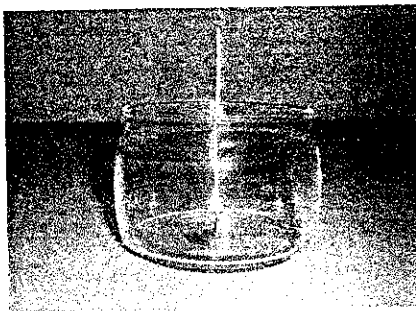
2. Recipiente. El recipiente debe ser lavado y secado antes de utilizarse. Una vez limpio puede bañarse el interior con aceite mineral para contribuir a que no quede aire atrapado entre las paredes y el gel.

Figura #11: Recipiente



3. Mecha y sujeta mecha.
 - a. Se debe bañar la mecha en aceite mineral para eliminar el aire atrapado entre los poros.
 - b. La mecha se coloca en su sujetador (ojete) con un alicate para que quede bien segura. Ésta debe ser unos dos centímetros poco más larga que la altura del vaso para tener suficiente mecha para que se ajuste al sujetador mecha y que salga un poco sobre el borde del vaso.
 - c. El sujetador mecha debe ser pegado con silicón al fondo del vaso en el centro. Se utiliza una pistola para pegar con silicón.

Figura #12: Vaso con mecha

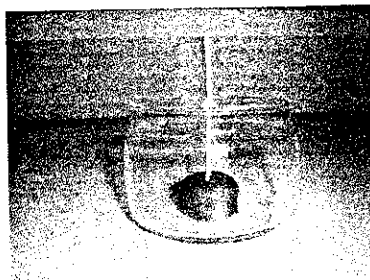


4. Preparación de insertos y piso. Tanto los insertos como el material que se use de fondo o piso deben ser sumergidos en aceite mineral de bajo grado de viscosidad para eliminar el aire que pueda quedar atrapado en los poros. Es recomendable que se mantengan sumergidos durante varias horas para que se elimine el aire por completo. Este factor también contribuye a eliminar las burbujas.

5. Armado de la vela.

a. En el recipiente limpio se introduce el fondo ya sea de arena, piedritas o cualquier otro material.

Figura 13: Preparación del recipiente



b. Luego se vierte gel desde la altura más baja posible para que ésta esté en el menor contacto posible con el aire, de nuevo para evitar burbujas. La temperatura a la que se vierte el gel debe ser controlada. Se necesita verter el gel en un estado de líquido viscoso sin que deje de poder manipularse. Pero se quiere que el gel no esté demasiado caliente para que no sea tan fácil que le penetren las partículas de aire. Existe mucha discrepancia entre si el gel debe verterse muy caliente o lo más frío posible. Deben tomarse en cuenta las condiciones ambientales del lugar de producción así como la experimentación para comprobar que da mejor resultado. (5)

c. Sólo se debe verter suficiente gel para lograr cubrir el fondo. Inmediatamente después de verter el gel se pueden dar unos golpes suaves al recipiente para que haya un poco de movimiento en el gel y el fondo y que se liberen las burbujas que quedaron atrapadas. Una de las razones por las que sólo se llena de gel hasta apenas cubrir el fondo es porque este último tiene gran área de contacto con el aire lo que permite que puedan formarse muchas burbujas. Inmediatamente después de llenarse se intenta sacar todas las burbujas posibles pero se queda más aire atrapado solo será en esta pequeña capa y no en el resto de la vela.

d. La vela debe dejarse reposar hasta que el gel se enfríe completamente y esté en estado sólido. Esto puede llevar varias horas, pero es muy importante porque esta capa es el soporte de los insertos y las burbujas que no puedan extraerse quedarán atrapadas en esta capa sólida.

e. Se deben colocar los insertos según el diseño de la vela que se prepara previendo que queden seguros y que al agregar el resto del gel no se muevan. En algunas aplicaciones en que el inserto no se sostiene solo, éste se puede introducir en una segunda capa de gel en enfriamiento para que el mismo gel lo mantenga en su posición. Es importante que el inserto no se ponga en contacto con la mecha para permitir un quemado ininterrumpido. En el caso de insertos de cera no importa el contacto.

Figura #14: Vela armada vista superior

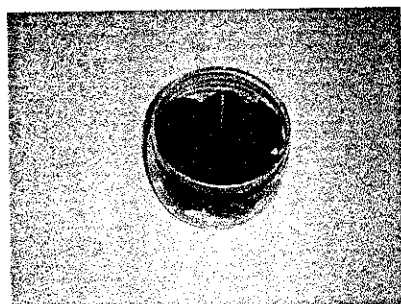
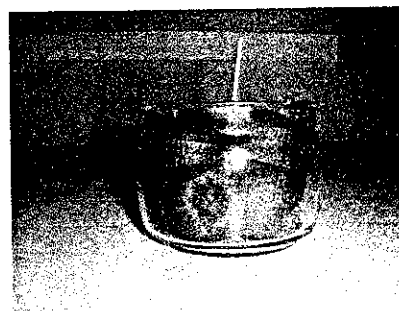
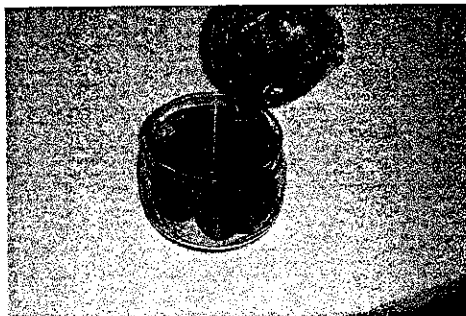


Figura #15: Vela armada vista lateral



f. A la temperatura más baja antes de que el gel se solidifique se debe verter el resto del gel hasta llegar a un cuarto de pulgada por debajo del punto más alto de la mecha. El punto más alto de la mecha normalmente será al raz de la parte más alta del vaso, pero existen muchas aplicaciones en el que el vaso tiene tapadera y la altura de la mecha será inferior.

Figura #16: Llenado a baja temperatura



6. Aplicaciones sin fondo. Existen varias aplicaciones en las que no se utiliza fondo en la vela pero si se tiene insertos. Un caso muy común son las velas de frutas. En estos casos los insertos normalmente son de parafina. Estos deben ser bañados en aceite mineral para eliminar todo el aire que pueden tener, pero se colocan desde la parte inferior del recipiente y llenan casi toda la vela. En estos casos se puede hacer un solo llenado desde el fondo o se puede hacer varias capas a bajas temperaturas para que sea más fácil eliminar las burbujas en cada capa y no tener la dificultad de sacar las burbujas desde la parte inferior hasta lo más alto de la vela. La temperatura baja en cada llenado es importante para no derretir el gel que ya se solidificó en la capa anterior.

7. Aplicaciones sin fondo y sin insertos. Estas aplicaciones son las mas sencillas, ya que no hay elementos ajenos al gel, la mecha y el recipiente que provoquen burbujas. Generalmente el atractivo de estas velas es el recipiente, el color del gel y la fragancia. En estos casos es muy importante que el gel sea completamente transparente, o sea, sin burbujas. Se puede hacer llenado en varias capas y aplicar calor después de cada capa para que el aire de las burbujas se caliente y tienda a subir.

Figura #17: Aplicación sin insertos

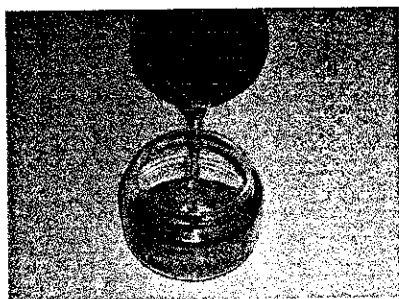
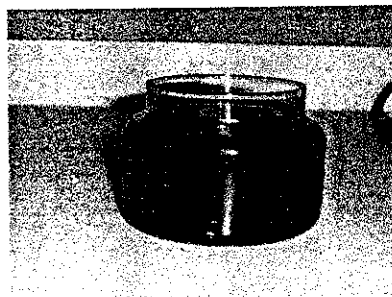


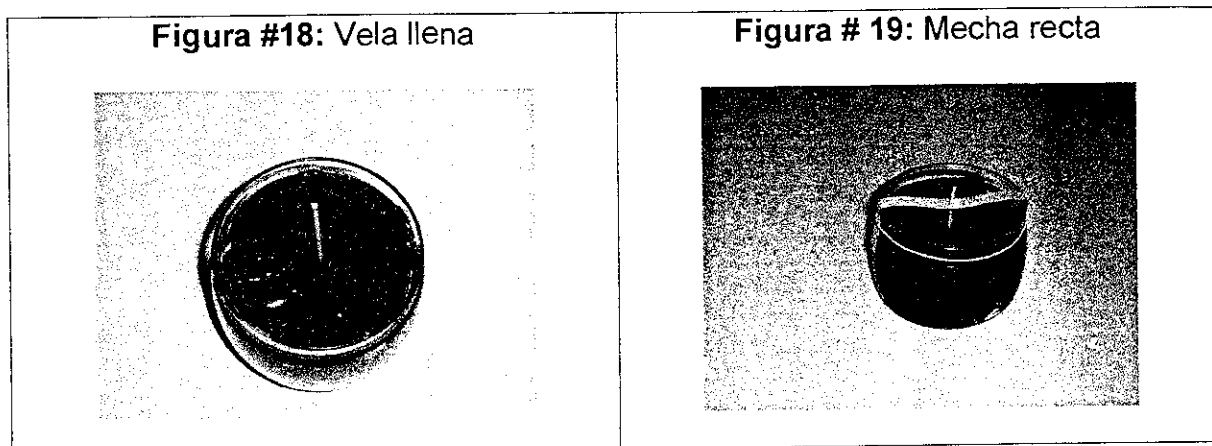
Figura #18: Vela llena sin insertos



8. Reposo y acabado.

a. La vela se deja reposar durante varias horas hasta que este frío el gel y en estado sólido.

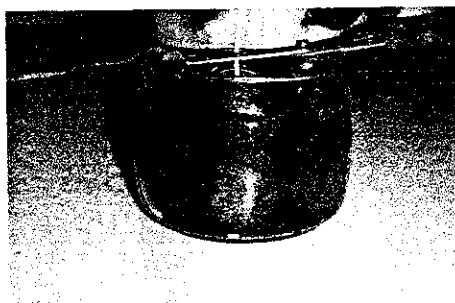
b. Es importante durante este tiempo asegurarse que la mecha quede completamente estirada y en posición vertical. La mecha no debe quedar torcida. Para esto se puede sostener con un cartón que recae sobre la parte superior del recipiente y mantiene la mecha recta.



c. Cuando ya está frío el gel, debe limpiarse cualquier exceso que haya caído en las paredes del recipiente. Esto debe ser fácil porque el gel ya está duro.

d. Luego se puede cortar la mecha para que quede a la altura preestablecida.

Figura #20: Cortando la mecha



e. En este punto la vela como tal está terminada. Puede proceder al etiquetado y empaque.

Figura #21: Vela terminada sin empaque

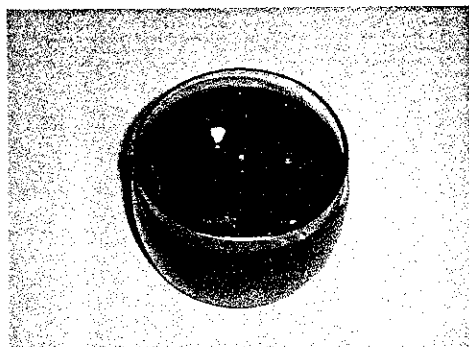
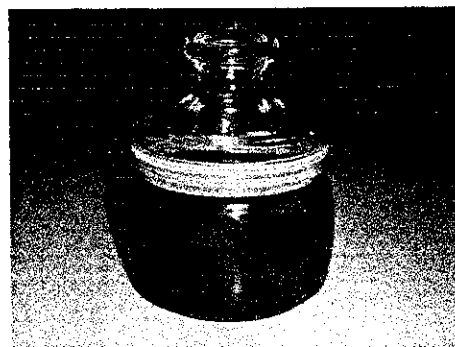
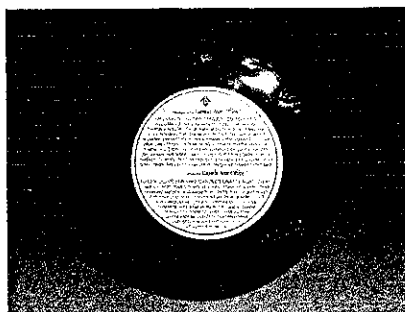


Figura #22: Vela terminada con tapadera



9. **Etiquetado.** El etiquetado y empaque son el último paso del proceso. Este paso varía mucho dependiendo del modelo de vela que se desarrolla. Todas las velas deben llevar una etiqueta de especificaciones y cuidados. Ésta generalmente se coloca en la parte de abajo del recipiente de la vela. En los modelos que aplique, se debe pegar la etiqueta de la marca asegurándose que quede alineada en la cara del envase y en algunos casos sólo se amarrará un listón. A las velas sin tapadera se le colocará un acetato o papel celofán para protegerlas.

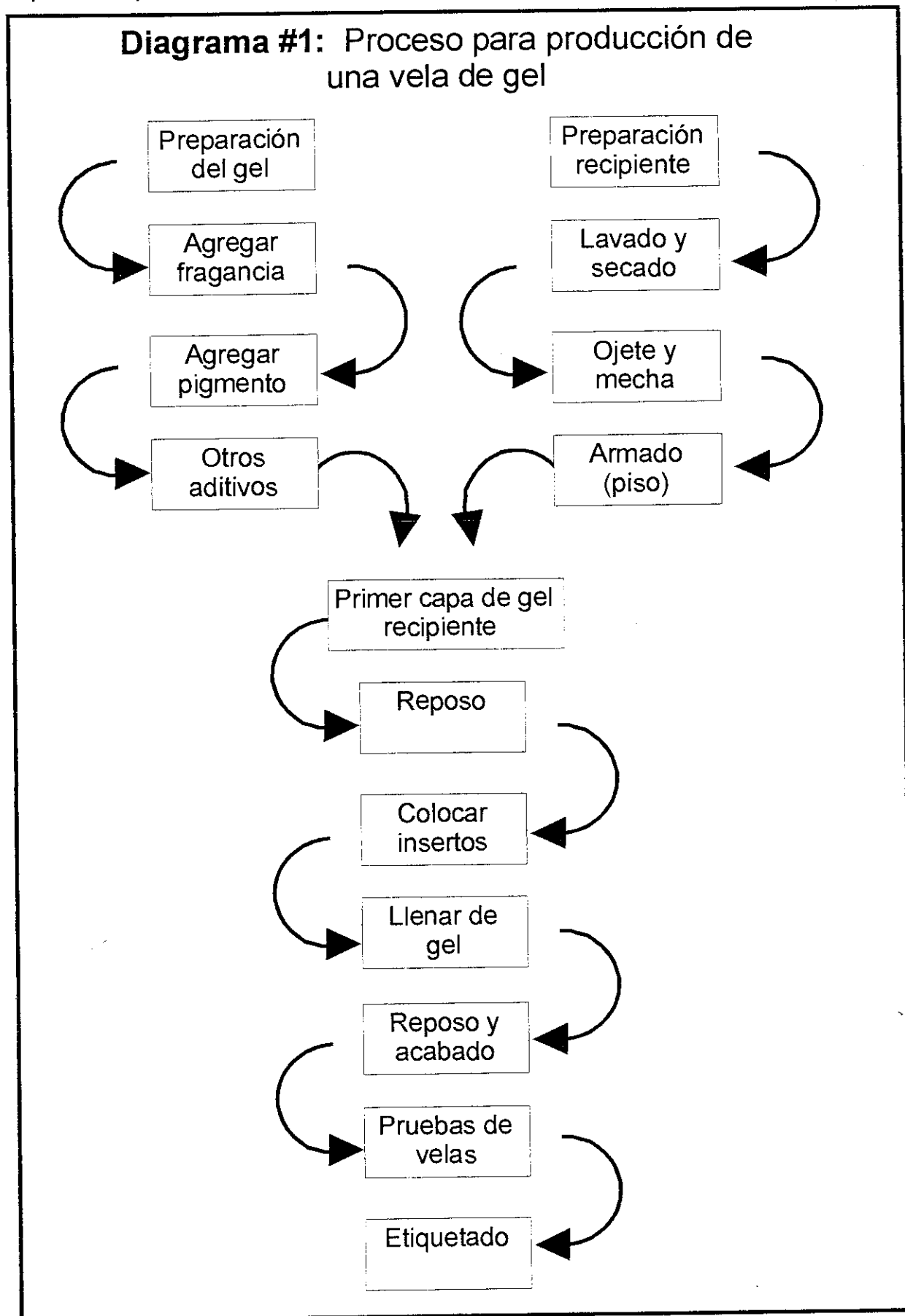
Figura #23: Etiqueta de especificaciones y cuidados



O. Seguridad del usuario

Debido a la llama de la vela cuando está encendida y a que puede alcanzar altas temperaturas, es importante seguir varias especificaciones de seguridad. De seguirse estas especificaciones no debería de haber riesgo de que se produzcan daños personales o materiales. Las especificaciones de seguridad deben incluirse en todas las velas que se produzcan para que todo comprador y usuario de una vela este claro de la forma de utilizar este producto y que a la hora de un percance por mal uso el usuario haya estado previendo.

El proceso puede simplificarse esquemáticamente como sigue:



A continuación se describen las consideraciones de seguridad incluidas en un etiqueta en todas las velas y la explicación de cada cláusula:

1. Colocar la vela sobre una superficie plana y sobre un material no inflamable. Esto es importante ya que es una superficie no pareja existe el riesgo de que la vela se caiga y eso podría ser peligroso ya que podría quemarse algo o producirse un incendio. Debido a este riesgo y contemplando cualquier circunstancia se recomienda que la superficie no sea inflamable, para que en el caso de que se caiga o voltee la vela la posibilidad de mayores repercusiones se disminuya.
2. Mantener la vela lejos del alcance de niños y mascotas. Para evitar que los niños o las mascotas entren en contacto con la llama o el recipiente caliente es trascendental que se importante alejado de éstos.
3. No quemar la vela por más de cuatro horas consecutivas. Esto es una medida de seguridad para que no se queden las velas olvidadas.
4. No dejar la vela encendida sin supervisión. Ya que normalmente se tiene una llama dentro de una casa o un lugar de negocio en donde pueden suceder accidentes, es importante que no se deje la vela encendida sin que se vigile, ya que podría provocarse un incendio.
5. Apagar la vela antes de llegar a un cuarto de pulgada del final. Si la llama entra en contacto directo con el vidrio, este podría rajarse y quebrarse. Debido a esto la vela debe apagarse antes de que esto pueda suceder.
6. Mantener la mecha más corta que un cuarto de pulgada sobre el gel. De esta manera se garantiza que no haya una llama demasiado grande que pueda generar demasiado calor o que pueda quemar a la persona que prende la vela.
7. No tocar el recipiente de la vela cuando está encendida o poco tiempo después de apagarla. El calor de la llama y el gel derretido calientan las paredes del recipiente de la vela, por lo que tocarlo puede producir quemaduras.

P. Seguridad en la producción

Al producir velas de gel en volumen es necesario tomar diferentes consideraciones de seguridad. No seguir con las normas de seguridad puede llevar a daños personales severos, incendios y pérdidas materiales de la planta.

1. Mantener extinguidores de químico seco, tapaderas y bicarbonato de sodio al alcance de los lugares con mayor riesgo. Estos deben de estar a la vista, fuera de cualquier mueble. Las tapaderas pueden ayudar a detener fuegos en su inicio para eliminar la combustión. No se debe tocar la tapadera hasta asegurarse que

esta fría. El bicarbonato puede apagar llamas que empiezan a propagarse o en superficies fuera de recipientes. Los extinguidores se usan en situaciones más fuertes en donde el fuego se ha propagado.

2. Nunca se debe dejar el gel en calentamiento sin supervisión. El gel puede incendiarse de pasar de una temperatura muy alta.
3. Nunca calentar el gel a más de 115°C. Se quemará al llegar al Flash Point. Los gases que proceden del gel quemándose pueden ser tóxicos.
4. Siempre usar termómetros o termostatos para el control de la temperatura. Estas son buenas fuentes preventivas de accidentes para control.
5. Protección personal. Cubrir ojos, pelo, y piel. Para los ojos se deben utilizar lentes protectores en todo momento en cualquier área en donde se este preparando y calentando el gel. Se deben tener mayas de pelo para evitar quemarse el pelo en caso de un accidente y para prevenir que caiga algún pelo en el producto. Se deben utilizar batas para cubrir la piel, zapatos cerrados con calcetín y pantalón. De esta manera se cubre la mayor parte del cuerpo. En el caso de que suceda una quemada, debe tratarse como cualquier otra quemada. Si la quemada es muy severa o afecta a los ojos hay que visitar al médico inmediatamente.
6. No utilizar insertos dentro de las velas que sean inflamables o plásticos.

Q. Pruebas de velas

Antes de salir al mercado cada modelo de vela debe ser probado. Las pruebas tienen como objeto verificar la calidad y la seguridad del producto final.

Lo más importante es hacer la prueba de quemado. La vela se quema durante muchas horas consecutivas según su tiempo de vida. Otra vela se quema en intervalos de cuatro horas y con varias horas de por medio. De esta manera hay pruebas continuas e interrumpidas. Es muy importante la supervisión y velar porque la vela no se queme, que el tamaño de la llama sea adecuado y que la piscina se forme de un buen tamaño. También se debe verificar que el envase no se sobrecaliente. Las velas no deben producir humo negro.

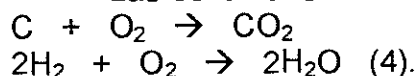
Una vez hechas las pruebas de quemado se mejora cualquier característica que se necesite y se puede enviar a producción.

R. Propiedades físicas y químicas en las velas

1. Combustión. Las reacciones de combustión suceden rápidamente utilizando al oxígeno como uno de sus reactivos, produciendo una llama.

Generalmente las reacciones de combustión involucran hidrocarburos al reaccionar con el oxígeno (O_2) formando dióxido de carbono (CO_2) y agua (H_2O). Las moléculas de O_2 requeridas en la reacción y las moléculas de CO_2 y H_2O que se forman dependen de la composición del hidrocarburo. (4).

Las ecuaciones básicas de la combustión son:



2. Homogeneidad. Sucede cuando se combinan dos o más sustancias y se obtiene una mezcla en que todas sus partes son uniformes. La uniformidad de todos los compuestos en la vela es importante para asegurar un quemado parejo y una llama constante. Factores especiales como el punto de Flash puede verse afectado en velas que no sean homogéneas. (1).

Adicionalmente a las repercusiones en la combustión que puedan haber por falta de homogeneidad, también puede haber problemas de calidad estética como lo es color, aroma y mal formación de la piscina.

3. Densidad. La densidad, ρ , se define como la masa por unidades de volumen de un compuesto. Así $\rho = m / V$. (3)

La densidad del gel es variable según el diámetro de la vela. Las velas de diámetro mayor deben tener menor densidad y las de menor diámetro, la mayor densidad. Esto contribuirá al quemado homogéneo. Es importante mantener estándares de densidad para aplicaciones específicas porque de esto dependerá la duración de la vela en horas de vida.

4. Viscosidad. La viscosidad es la resistencia de los líquidos a fluir. Cuanto mayor es la viscosidad, más lentamente fluye el líquido. (3)

La viscosidad se mide determinando en cuánto tiempo fluye cierta cantidad de líquido a través de un tubo delgado bajo la fuerza de la gravedad. La viscosidad está relacionada con la facilidad con la que las moléculas individuales del líquido se pueden mover unas con respecto a otras. Esto depende de las fuerzas de atracción entre las moléculas, y de si sus características estructurales pueden causar que las moléculas se enreden entre sí. La viscosidad disminuye con el aumento de temperatura, debido a que a mayor temperatura es mayor la energía cinética promedio de las moléculas y pueden vencer las fuerzas de atracción entre ellas. (1).

La importancia de la viscosidad en la producción de velas de gel radica en varios de sus componentes. El aceite mineral cuando es utilizado para eliminar aire, debe ser de baja viscosidad para que tenga mayor facilidad de penetrar en todos los poros y eliminar el aire. La parafina que se usa como recubrimiento del pabalo debe ser también de baja viscosidad para que penetre en el material textil.

En el gel, la viscosidad es un factor que debe controlarse con la temperatura para poder verterla en los recipientes. Si está demasiado viscosa es difícil de manipular. Si está con viscosidad muy baja, es más fácil que se adhiera aire.

5. Solubilidad. Es la cantidad de una sustancia que se disuelve en una cantidad dada de disolvente a una temperatura determinada para formar una solución saturada. (1).

La solubilidad afecta a las fragancias y los pigmentos y colorantes que se utilicen. Existen fragancias que a ciertas concentraciones son insolubles. Debido a esto hay que realizar la prueba de TAM. Los pigmentos solo pueden dispersarse a diferencia de los colorantes que ya están predispersados. Los colorantes deben ser solubles en aceite, ya que es el compuesto principal de las velas de gel. Los colorantes solubles en agua no sirven para las velas de gel.

S. Diagrama del proceso

Es una representación gráfica de los pasos que se siguen en toda una secuencia de actividades, dentro de un proceso o un procedimiento, identificándolos mediante símbolos de acuerdo con su naturaleza; incluye toda la información que se considera necesaria para el análisis, tal como distancias recorridas, cantidad considerada y tiempo requerido. (2)

T. Diagrama de flujo

Es una representación gráfica de la secuencia de todas las operaciones, los transportes, las inspecciones, las esperas y los almacenamientos que ocurren durante un proceso. Sirve para las secuencias de un producto, un operario, una pieza, etc. (2)

III. Justificación

La calidad de la vela de gel es uno de los factores más importantes para asegurar su comercialización exitosa. Debido a que la vela de gel es un producto decorativo con función de vela, es importante asegurar la calidad visual como la calidad funcional. Al producir una vela se debe evitar la turbidez, el apareamiento de burbujas y otros efectos negativos a su presentación física. A la vez, es importante que cuando se prende, el quemado sea parejo en todo el diámetro de la vela, para evitar que se produzca un hoyo en su quemado y se aproveche menos la vida de la vela y su presentación. Es importante que la vela no sea tóxica y que no produzca exceso de humo o humo negro. Para garantizar esto es importante que se definan las especificaciones, materiales y técnicas de la producción adecuada de velas.

Aunque la mayor razón de compra de una vela es su atractivo visual, la vela es un artículo de compra recurrente o repetitiva. La única forma de lograr este efecto es mediante la buena calidad funcional, que se obtiene al tener un quemado adecuado. La experimentación juega un papel muy importante para que se definan las consideraciones pertinentes en cuanto a formulación y la buena selección de materias primas.

Debido a que este tipo de velas puede llevar insertos en su interior y a que es un producto que se quema, es importante definir los tipos de insertos que se pueden utilizar por razones de seguridad y de calidad.

IV. Objetivos

A. Generales

Desarrollar un proceso de producción de velas de gel que asegure su calidad comercial. En la fabricación de velas de gel es necesario tener un manejo adecuado de la composición del gel para las diferentes aplicaciones, los pigmentos, las fragancias, aditivos, insertos y otros elementos complementarios y de empaque. El flujo del proceso debe contemplar todas las consideraciones y materias primas para lograr que el producto final sea comercializable en el mercado local e internacional. Existen factores determinantes como la transparencia, densidad, dureza, burbuja, quemado, seguridad, etiquetado, color y aroma que deben ser controlados garantizar la calidad de las velas de gel.

B. Específicos

1. Definir la composición adecuada del gel dependiendo de la aplicación para asegurar la correcta funcionalidad de la vela.
2. Realizar el diagrama de recorrido y de proceso de flujo de la planta.
3. Determinar las materias primas utilizables en la producción de velas para ser utilizadas como fragancias, colorantes, mechas y ojete (sujetadores de mechas) para conservar una buena calidad.
4. Determinar los tipos de insertos que pueden ser utilizados como decoración en las velas de gel.
5. Especificar el proceso en pasos a seguir para la fabricación de velas de gel a partir de los materiales adecuados.

V. Problema a resolver

Las velas de gel en el mercado local e internacional tienen muchos defectos de calidad. Los fabricantes de este producto son por lo general productores de velas de parafina, ya que este es el producto de vela tradicional y el más difundido en el mercado. No existe una técnica y un proceso completo y conciente que reúna los diferentes elementos y materias primas que componen la vela de gel, así como el proceso que garantice la alta calidad. La mayor diferencia entre la producción de gel y parafina es que la vela de gel es transparente, siempre se coloca en un recipiente y todo con lo que el gel haga contacto produce burbujas no deseadas.

Debido a la transparencia del gel, los detalles de la vela pueden ser explorados con gran minuciosidad, ya que la solubilidad y homogeneidad de las fragancias, pigmentos y aditivos está a la vista a través de toda la vela. De la misma forma la mecha, el sujetador mecha y cualquier inserto decorativo que se coloca dentro puede ser oportunidad de mala calidad detectable a simple vista. El quemado de la vela también debe ser tratado con mucha consideración incidiendo en diferentes concentraciones del gel.

VI. Metodología

- A. Formulación de gel.
- B. Determinar los tipos de recipiente, mecha y ojete.
- C. Especificación de los insertos utilizables.
- D. Especificación de pigmentos, fragancias y aditivos.
- E. Determinar pasos del proceso.
- F. Realizar diagramas de recorrido y flujo del proceso.

VII. Resultados

A. CONCENTRACIONES DE GEL

Tabla No. 2: Tiempo de duración quemado de la vela a diferentes concentraciones de gel para 0.9820 Kg de aceite mineral.

CONCENTRACIÓN	MASA ACEITE	MASA POLIMERO	DURACIÓN HORAS
5.0 %	0.9820 Kg	0.0517 Kg	22.11
5.5 %	0.9820 Kg	0.0572 Kg	22.60
6.0 %	0.9820 Kg	0.0627 Kg	25.10
6.5 %	0.9820 Kg	0.0683 Kg	23.85
7.0 %	0.9820 Kg	0.0739 Kg	25.12
7.5 %	0.9820 Kg	0.0796 Kg	26.24
8.0 %	0.9820 Kg	0.0854 Kg	26.91
8.5 %	0.9820 Kg	0.0912 Kg	28.33
9.0 %	0.9820 Kg	0.0971 Kg	29.17
9.5 %	0.9820 Kg	0.1031 Kg	29.61
10.0 %	0.9820 Kg	0.1091 Kg	30.25
10.5 %	0.9820 Kg	0.1152 Kg	30.68
11.0 %	0.9820 Kg	0.1214 Kg	31.26
11.5 %	0.9820 Kg	0.1276 Kg	31.72
12.0 %	0.9820 Kg	0.1339 Kg	29.58
12.5 %	0.9820 Kg	0.1403 Kg	32.58
13.0 %	0.9820 Kg	0.1459 Kg	32.98

Tabla No. 3: Apariencia de diferentes concentraciones de gel para 0.9820 Kg de aceite mineral.

CONCENTRACIÓN	APARIENCIA
5.0 %	Poco consistente, muy suave, aceitosa, poco resistente
5.5 %	Poco consistente, muy suave, aceitosa, poco resistente
6.0 %	Poco consistente, muy suave, aceitosa, poco resistente
6.5 %	Consistencia aceptable, muy suave, poco resistente
7.0 %	Consistencia aceptable, poco resistente
7.5 %	Consistencia aceptable, poco resistente
8.0 %	Buena consistencia, resistente
8.5 %	Buena consistencia, resistente, buena dureza
9.0 %	Buena consistencia, resistente, buena dureza
9.5 %	Buena consistencia, resistente, buena dureza
10.0 %	Buena consistencia, resistente, buena dureza
10.5 %	Buena consistencia, resistente, muy duro
11.0 %	Buena consistencia, resistente, muy duro
11.5 %	Buena consistencia, resistente, muy duro
12.0 %	Buena consistencia, resistente, muy duro, difícil de disolver
12.5 %	Buena consistencia, resistente, muy duro, difícil de disolver
13.0 %	Buena consistencia, resistente, muy duro, difícil de disolver

Tabla No. 4: Combinación concentración, mecha y diámetro de recipiente.

DIÁMETRO	MECHA	CONCEN- TRACIÓN	PISCINA	TEMPERATURA
0.05 m	Bajo calibre	7.0 %	completa	muy caliente
0.05 m	Bajo calibre	7.5 %	completa	muy caliente
0.05 m	Bajo calibre	8.0 %	completa	Aceptable
0.05 m	Bajo calibre	8.5 %	completa	aceptable
0.05 m	Bajo calibre	9.0 %	completa	aceptable
0.05 m	Bajo calibre	9.5 %	incompleta	baja
0.05 m	Bajo calibre	10.0 %	incompleta	baja
0.06 m	Bajo calibre	7.0 %	completa	muy caliente
0.06 m	Bajo calibre	7.5 %	completa	muy caliente
0.06 m	Bajo calibre	8.0 %	completa	aceptable
0.06 m	Bajo calibre	8.5 %	completa	aceptable
0.06 m	Bajo calibre	9.0 %	completa	aceptable
0.06 m	Bajo calibre	9.5 %	incompleta	baja
0.06 m	Bajo calibre	10.0 %	incompleta	baja
0.08 m	Bajo calibre	7.0 %	completo	aceptable
0.08 m	Bajo calibre	7.5 %	completo	aceptable
0.08 m	Bajo calibre	8.0 %	incompleta	baja
0.08 m	Bajo calibre	8.5 %	incompleta	baja
0.08 m	Bajo calibre	9.0 %	incompleta	baja
0.08 m	Bajo calibre	9.5 %	incompleta	baja
0.08 m	Bajo calibre	10.0 %	incompleta	baja
0.10 m	Bajo calibre	7.0 %	incompleta	baja
0.10 m	Bajo calibre	7.5 %	incompleta	baja
0.10 m	Bajo calibre	8.0 %	incompleta	baja
0.10 m	Bajo calibre	8.5 %	incompleta	baja
0.10 m	Bajo calibre	9.0 %	incompleta	baja
0.10 m	Bajo calibre	9.5 %	incompleta	baja
0.10 m	Bajo calibre	10.0 %	incompleta	baja

Tabla No. 5: Combinación concentración, mecha y diámetro de recipiente.

DIÁMETRO	MECHA	CONCEN- TRACIÓN	PISCINA	TEMPERATURA
0.05 m	Alto calibre	7.0 %	completa	muy caliente
0.05 m	Alto calibre	7.5 %	completa	muy caliente
0.05 m	Alto calibre	8.0 %	completa	muy caliente
0.05 m	Alto calibre	8.5 %	completa	muy caliente
0.05 m	Alto calibre	9.0 %	completa	muy caliente
0.05 m	Alto calibre	9.5 %	completa	muy caliente
0.05 m	Alto calibre	10.0 %	completa	muy caliente
0.06 m	Alto calibre	7.0 %	completa	muy caliente
0.06 m	Alto calibre	7.5 %	completa	muy caliente
0.06 m	Alto calibre	8.0 %	completa	muy caliente
0.06 m	Alto calibre	8.5 %	completa	muy caliente
0.06 m	Alto calibre	9.0 %	completa	muy caliente
0.06 m	Alto calibre	9.5 %	completa	aceptable
0.06 m	Alto calibre	10.0 %	completa	aceptable
0.08 m	Alto calibre	7.0 %	completa	muy caliente
0.08 m	Alto calibre	7.5 %	completa	muy caliente
0.08 m	Alto calibre	8.0 %	completa	aceptable
0.08 m	Alto calibre	8.5 %	completa	aceptable
0.08 m	Alto calibre	9.0 %	completa	aceptable
0.08 m	Alto calibre	9.5 %	completa	aceptable
0.08 m	Alto calibre	10.0 %	incompleta	baja
0.10 m	Alto calibre	7.0 %	completa	aceptable
0.10 m	Alto calibre	7.5 %	completa	aceptable
0.10 m	Alto calibre	8.0 %	completa	aceptable
0.10 m	Alto calibre	8.5 %	completa	aceptable
0.10 m	Alto calibre	9.0 %	completa	aceptable
0.10 m	Alto calibre	9.5 %	incompleta	baja
0.10 m	Alto calibre	10.0 %	incompleta	baja

TABLA No. 6: Cantidad de burbujas en gel preparado a 70 °C a diferentes temperaturas de llenado.

Temperatura de llenado	Resultado
60 °C	Burbujas
65 °C	Burbujas
70 °C	Burbujas

TABLA No. 7: Cantidad de burbujas en gel preparado a 75 °C a diferentes temperaturas de llenado.

Temperatura de llenado	Resultado
60 °C	Burbujas
65 °C	Burbujas
70 °C	Burbujas
75 °C	Burbujas

TABLA No. 8: Cantidad de burbujas en gel preparado a 80 °C a diferentes temperaturas de llenado.

Temperatura de llenado	Resultado
60 °C	Burbujas
65 °C	Burbujas
70 °C	Burbujas
75 °C	Sin burbujas
80 °C	Sin burbujas

TABLA No. 9: Cantidad de burbujas en gel preparado a 85 °C a diferentes temperaturas de llenado.

Temperatura de llenado	Resultado
60 °C	Burbujas
65 °C	Burbujas
70 °C	Burbujas
75 °C	Sin burbujas
80 °C	Sin burbujas
85 °C	Sin burbujas

TABLA No. 10: Cantidad de burbujas en gel preparado a 90 °C a diferentes temperaturas de llenado.

Temperatura de llenado	Resultado
60 °C	Burbujas
65 °C	Burbujas
70 °C	Burbujas
75 °C	Sin burbujas
80 °C	Sin burbujas
85 °C	Sin burbujas
90 °C	Sin burbujas

- Temperatura mayor de 85 °C es muy difícil de manipular para el llenado e inseguro.
- Al preparar el gel y llevarlo a más de 80 °C desaparecen las burbujas.
- El llenado con insertos debe ser a 60 o 65 °C porque los insertos de parafina se derriten a mayor temperatura.
- Llenado lento previene la aparición de burbujas.
- Llenado sin insertos es mejor al prepararlo y llenar a 85°C.

Especificación de recipiente, mecha y ojete.

- **Recipiente.**

Se utilizarán recipientes de vidrio de diámetros de 0.05 m, 0.06 m, 0.08m y 0.10m. Los recipientes deben mantener un diámetro similar en toda su altura. Existen recipientes con la boca o parte superior más angosta. Nunca debe ser esta parte más angosta que el radio mayor a lo largo de toda la vela. Los mejores recipientes son los cilíndricos.

- **Mecha.**

Se ha elegido dos tipos de mecha, uno de alto y otro de bajo calibre o grosor. Los diferentes calibres sirven para aplicaciones en velas de diferentes diámetros con la función de buscar el quemado más parejo posible en donde la piscina abarque todo el diámetro del recipiente sin calentar las paredes de vidrio. El alma de las mechas es Zinc, asegurando la no contaminación. Las mechas son impregnadas con parafina de baja viscosidad para darle rigidez a la mecha.

- **Ojete.**

Se seleccionó un ojete de boquilla. Este ojete está compuesto por un tubo pequeño dentro del cual se coloca la mecha y en donde es sujeta al prensarla con un alicate. Cuando la vela se quema, la mecha se apaga automáticamente al llegar al ojete.

Especificación de insertos

Los insertos serán fabricados de parafina con moldes. También se utilizarán insertos de cerámica, los cuales son horneados y soportan altas temperaturas. No se utilizará insertos de ningún material inflamable y los insertos de cerámica no se pondrán en contacto directo con la mecha.

Especificación de fragancias, pigmentos y colorantes

- **Fragancias**

Las fragancias utilizables son aquellas solubles en aceite mineral que no causen nubosidad. Para determinar que fragancias son solubles a las concentraciones necesarias para el gel se aplica una prueba que se puede llamar Tolerancia al Aceite Mineral o TAM. En esta prueba, se disuelve fragancia en aceite mineral proporcionalmente a lo que utiliza en producción de gel.

Las fragancias puras comerciales se diluyen en tres veces su volumen de aceite mineral. La concentración utilizada en el gel es del 3% de esta solución.

La prueba de TAM se hace de la siguiente forma:

Considerando que tenemos un porcentaje A de aceite y $(100 - A)\%$ de polímero, y esto es un 97% de la dilución, entonces $A \times 97/100$ es la composición de aceite mineral por 3% de solución de fragancia. Sin embargo, de ese 3%, el 2% es de aceite mineral y el 1% de fragancia. Así que $0.97A + 2\%$ es el aceite mineral por 1% de fragancia. Por lo que la prueba TAM debería ser $(0.97A + .02) \times 100\%$ unidades de aceite mineral por una de fragancia.

Las fragancias apolares o compatibles con hidrocarburos son más recomendadas. Las fragancias apolares no deterioran la fuerza del gel y tienen excelente solubilidad.

- **Pigmentos y colorantes**

Los pigmentos utilizables deben ser dispersos en aceite mineral.

Los colorantes utilizables deben ser solubles en aceite.

Gráfica #1: Duración de quemado versus concentración de gel

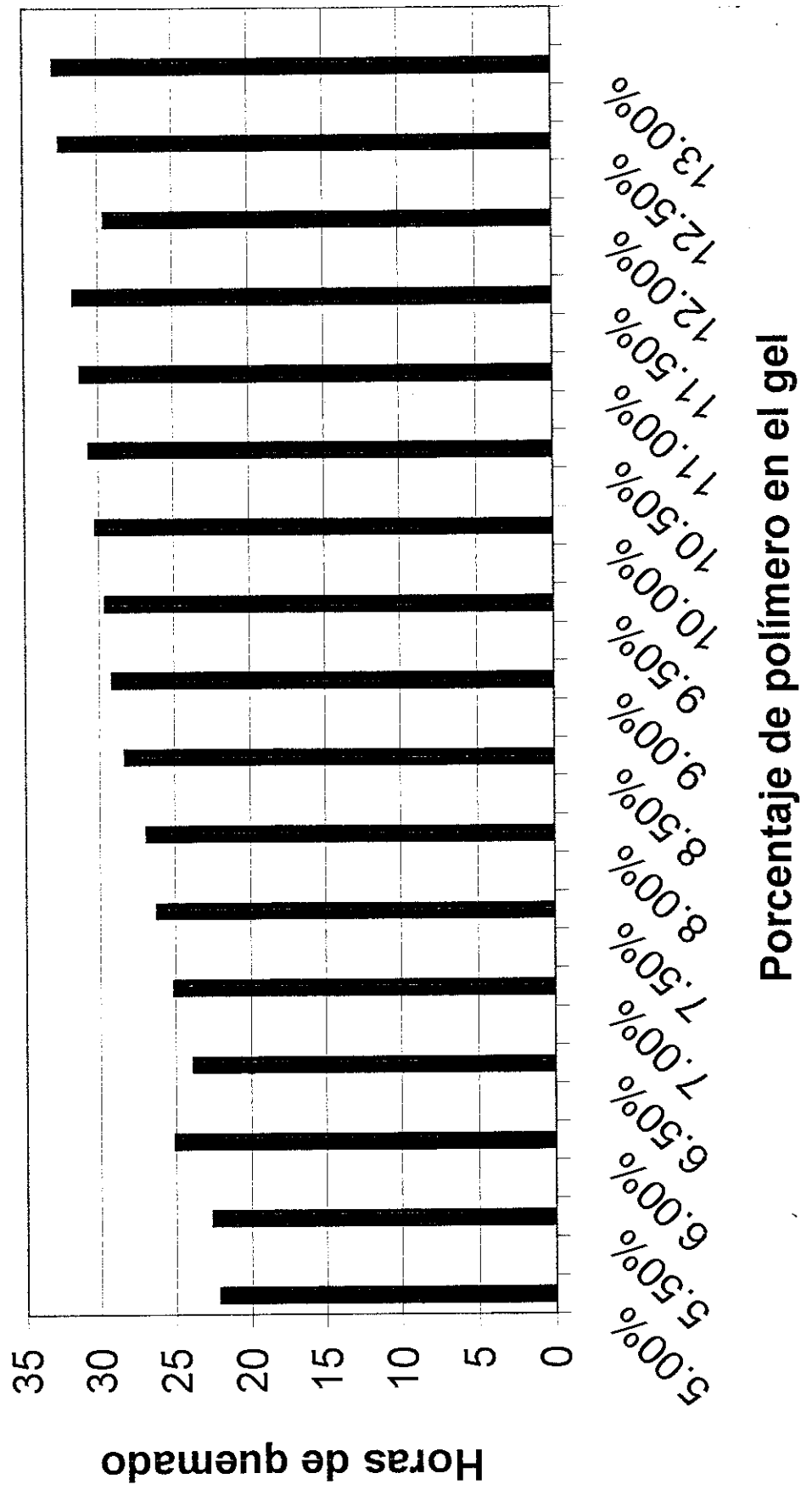


TABLA No. 11: INFORMACIÓN PARA EL DIAGRAMA DEL PROCESO

Operaciones para la preparación de pigmento/colorante		Operaciones para la preparación de gel		Operaciones para insertos de parafina		Operaciones para el armado de la vela	
1	Pesar colorante/pigmento (0.083 hr.)	1	Medir aceite mineral (0.083 hr.)	1	Derretir parafina (2 hr.)	1	Lavado recipiente (0.25 hr.)
2	Medir aceite mineral (0.083 hr.)	2	Servir aceite en derretidor (0.017 hr.)	2	Pesar colorante/pigmento (0.083 hr.)	2	Secado recipiente (0.25 hr.)
3	Diluir colorante en aceite (0.017 hr.)	3	Calentamiento (0.5 hr)	3	Agregar color (0.083 hr.)	3	Transporte armado de vela (0.083 hr.)
4	Agitar (0.05 hr.)	4	Pesar polímero (0.083 hr.)	4	Agitación (0.167 hr.)	4	Pegar ojete con mecha (0.133 hr.)
5	Inspección (0.167 hr.)	5	Colocar polímero en derretidor (0.017 hr.)	5	Inspección (0.05 hr.)	5	Centrado (0.167 hr.)
6	Transporte área preparación gel (0.033 hr.)	6	Calentar (2 hr.)	6	Agregar fragancia (0.083 hr.)	6	Inspección (0.033 hr.)
		7	Agitar (0.333 hr.)	7	Agitación (0.167 hr.)	7	Llenado de fondo (0.25 hr.)
		8	Inspección (0.05 hr.)	8	Inspección (0.05 hr.)	8	Colocación de insertos (0.267 hr.)
		9	Reposo a temperatura constante (0.333 hr.)	9	Transporte área moldes(0.033 hr.)	9	Inspección (0.033 hr.)
		10	Inspección (0.033 hr.)	10	Llenar moldes (0.167 hr.)	10	Transporte área de llenado (0.083 hr.)
		11	Agregar dilución de color (0.083 hr.)	11	Reposo-enfriamiento (0.333 hr.)	11	Llenado con gel (0.267 hr.)
		12	Agitar (0.167 hr.)	12	Extracción de insertos (0.25 hr.)	12	Inspección (0.167 hr.)
		13	Inspección (0.05 hr.)	13	Inspección (0.083 hr.)	13	Reposo-enfriamiento (2 hr.)
		14	Agregar fragancia (0.083 hr.)	14	Transporte armado de vela (0.033 hr.)	14	Inspección (0.083 hr.)
		15	Agitar (0.167 hr.)			15	Transporte empaque (0.083 hr.)
		16	Inspección (0.05 hr.)			16	Limpieza (0.133 hr.)
		17	Transporte área de llenado (0.1 hr.)			17	Etiquetado (0.133 hr.)
						18	Inspección (0.083 hr.)
						19	Empacado en cajas (0.067 hr.)

Diagrama #2: DIAGRAMA DE OPERACIONES

Fábrica: Fábrica de Velas
 Edificio: #1
 Diagrama número: 1
 Elaborado por: Jorge Eskenasy

Departamento: Producción
 Hoja número: 1 de 1 hojas.

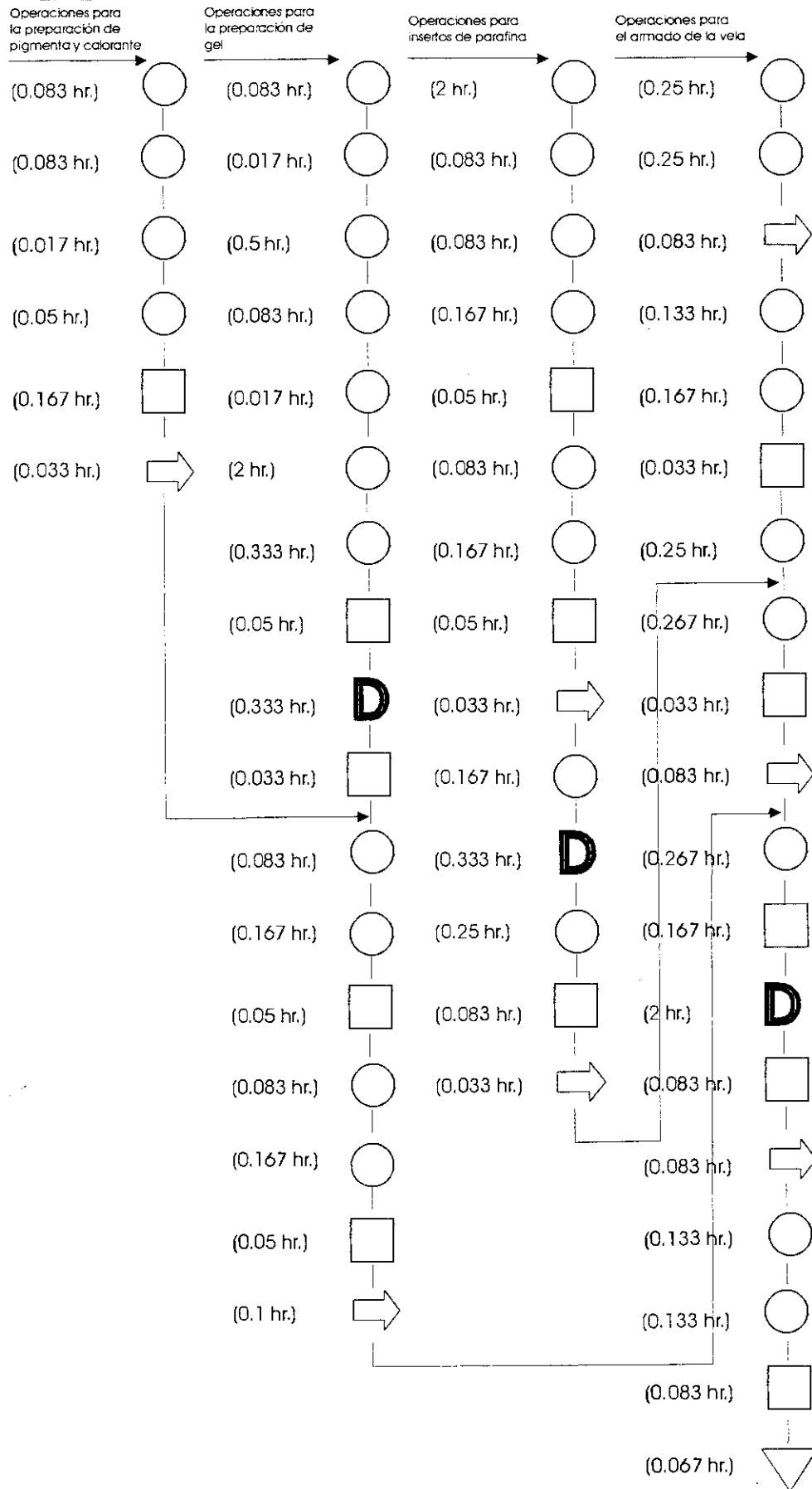


Diagrama #3: Diagrama de actividades del proceso de armado de vela

Nombre del proceso: Armado de la vela.
 Plano: #1 Pieza: Recipiente de vidrio
 Se inicia en: Área de lavado
 Elaborado por: Jorge Eskenasy

Diagrama: #1 Departamento: Producción
 Termina en: Área de empaque.
 Fecha: 20 de marzo de 2001

Descripción	Operación	Inspección	Transporte	Demora	Almacenaje	Distancia	Cantidad	Tiempo
Lavado recipiente	1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	D	<input type="checkbox"/>		100	(0.25 hr.)
Secado recipiente	2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	D	<input type="checkbox"/>		100	(0.25 hr.)
Transporte armado de vela		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	D	<input type="checkbox"/>	50	100	(0.083 hr.)
Pegado de aje con mecha	3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	D	<input type="checkbox"/>		100	(0.133 hr.)
Centrado	4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	D	<input type="checkbox"/>		100	(0.167 hr.)
Inspección de mecha		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	D	<input type="checkbox"/>		100	(0.033 hr.)
Llenado de fondo	5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	D	<input type="checkbox"/>		100	(0.25 hr.)
Colocación de inserto	6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	D	<input type="checkbox"/>		100	(0.267 hr.)
Inspección de insertos		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	D	<input type="checkbox"/>		100	(0.033 hr.)
Transporte a área de llenado		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	D	<input type="checkbox"/>	15	100	(0.083 hr.)
Llenado de gel	7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	D	<input type="checkbox"/>		100	(0.267 hr.)
Inspección llenado y burbujas		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	D	<input type="checkbox"/>		100	(0.167 hr.)
Reposo-enfriamiento		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	D	<input type="checkbox"/>		100	(2 hr.)
Inspección burbujas		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	D	<input type="checkbox"/>		100	(0.083 hr.)
Transporte área de empaque		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	D	<input type="checkbox"/>	20	100	(0.083 hr.)
Limpieza recipientes	8	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	D	<input type="checkbox"/>		100	(0.133 hr.)
Etiquetado	9	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	D	<input type="checkbox"/>		100	(0.133 hr.)
Inspección etiquetado		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	D	<input type="checkbox"/>		100	(0.083 hr.)
Empacada de cajas		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	D	<input type="checkbox"/>		100	(0.067 hr.)

Diagrama #5: Diagrama de actividades del proceso de preparación de gel

Nombre del proceso: Preparación de gel.

Diagrama: #3 Departamento: Producción

Plano: #3 Pieza: Derretidores

Termina en: Área de llenado.

Se inicia en: Derretidor

Fecha: 20 de marzo de 2001.

Elaborado por: Jorge Eskenasy

Descripción	Operación	Inspección	Transporte	Demora	Almacenaje	Distancia	Cantidad	Tiempo
Medir aceite mineral	1	<input type="checkbox"/>	→	D	▽			(0.083 hr.)
Servir aceite en derretidor	2	<input type="checkbox"/>	→	D	▽			(0.017 hr.)
Calentar	3	<input type="checkbox"/>	→	D	▽			(0.5 hr.)
Pesar polímero	4	<input type="checkbox"/>	→	D	▽			(0.083 hr.)
Colocar polímero en derretidor	5	<input type="checkbox"/>	→	D	▽			(0.017 hr.)
Calentar	6	<input type="checkbox"/>	→	D	▽			(2 hr.)
Agitar	7	<input type="checkbox"/>	→	D	▽			(0.333 hr.)
Inspección dilución	○	<input type="checkbox"/> 1	→	D	▽			(0.05 hr.)
Reposo temperatura constante	○	<input type="checkbox"/>	→	D	▽			(0.333 hr.)
Inspección de burbujas y color	○	<input type="checkbox"/> 2	→	D	▽			(0.033 hr.)
Agregar color	8	<input type="checkbox"/>	→	D	▽			(0.083 hr.)
Agitar	9	<input type="checkbox"/>	→	D	▽			(0.167 hr.)
Inspección de color	○	<input type="checkbox"/> 3	→	D	▽			(0.05 hr.)
Agregar fragancia	10	<input type="checkbox"/>	→	D	▽			(0.083 hr.)
Agitar	11	<input type="checkbox"/>	→	D	▽			(0.167 hr.)
Inspección general de gel	○	<input type="checkbox"/> 4	→	D	▽			(0.05 hr.)
Transporte al área de llenado	○	<input type="checkbox"/>	→	D	▽	45m		(0.1 hr.)
	○	<input type="checkbox"/>	→	D	▽			
	○	<input type="checkbox"/>	→	D	▽			

VIII. Discusión

La calidad comercial en las velas de gel depende de las materias primas utilizadas, la fórmula y preparación del gel y del proceso de producción. Se seleccionó materias primas por su funcionalidad, seguridad, viscosidad y forma de quemado. Se considera que una vela cumple con calidad comercial cuando al quemarse se forma una piscina completa sin que las paredes se calienten tanto como para quemar a alguien que la sostenga, que no produzca humo ni humo negro, que el gel de una apariencia de solidez y consistencia, que no tenga burbujas en exceso, que la mecha este recta, centrada y no sea de materiales contaminantes, que los pigmentos o colorantes esten bien dispersos o diluidos y que las fragancias no produzcan turbidez. Adicionalmente no deben utilizarse compuestos que tengan un flash point por debajo de los 130 °C. Para cumplir se realizaron pruebas de formulación de gel, mecha, ojete, recipiente, fragancia, pigmentos, colorantes e insertos.

La formulación de mayor funcionalidad está en rango del 8.5 al 10 por ciento de polímero en aceite mineral. Esto se averiguó a través de diferentes corridas considerando el tiempo de duración, la apariencia y la funcionalidad combinada con elementos como la mecha y el recipiente. A partir de los resultados de la tabla #1, se seleccionó formulación del 9% como la formulación estándar de producción por tener una duración prolongada de 29.24 horas por 1.0732 Kg de gel o 27.03 horas por kilogramo de gel, según. La consistencia del 9% es satisfactoria al igual que su dureza como se documenta en la tabla #2. Las concentraciones entre el 5 y el 8% de polímero en aceite resultan muy gelatinosas dando una apariencia acuosa en lugar de sólida. Incluso al tocar el gel, el aceite moja los dedos. A medida que la concentración de polímero es menor, mayor es este efecto. Al agitar el recipiente con el gel, éste se mueve similar a una gelatina comestible, lo cual demuestra poca resistencia y peligro para transportar ya que se corre el riesgo de que el gel se mueva. Concentraciones mayores del 10% tienen mucha dureza y consistencia, pero la diferencia con un 9% casi no es perceptible a menos que sea bajo comparación. Mientras mayor es la concentración de polímero el gel es más caro ya que el aceite mineral es mucho más barato que el polímero. En concentraciones muy altas no se gana una gran durabilidad de la vela. En concentración del 13% la durabilidad es de 29.24 horas que no es una diferencia muy significativa en relación al costo con la durabilidad del 9%.

La funcionalidad de la vela depende de varios factores involucrados en el quemado cuyos resultados se pueden observar en las tablas #3 y #4. La combinación adecuada de concentración, mecha y diámetro de recipiente se determinó a través de corridas monitoreando las tres variables principales para encontrar la mejor combinación de quemado tomando en cuenta los siguientes factores:

1. *Que el quemado sea lo más parejo posible.*
2. *Que no se caliente el repiente excesivamente.*

3. *Es más barato cambiar de mecha que aumentar la concentración de gel.*
4. *Diámetro de recipientes: 0.05 m, 0.06 m, 0.08 m, 0.010 m.*
5. *Se usan dos tipos de mechas: de bajo y alto calibre.*
6. *Concentraciones del 7 al 10 % en peso de polímero en aceite mineral.*

Se busca que una vela al quemarse tenga una piscina que cubra la mayor parte del diámetro del recipiente para aprovechar su durabilidad al máximo. Esto implica que la llama que emite la mecha sea lo suficientemente grande para calentar y derretir el gel hasta una distancia igual al radio del recipiente. El tamaño de la mecha no debe ser excesivamente grande ya que producirá demasiado calor logrando que el gel se consuma más rápido y que las paredes de la vela se calienten haciendo la vela insegura. Se utilizó dos tipos de mecha que varían únicamente en calibre o grosor, ya que un diámetro de mecha mayor producirá una llama más grande útil para el quemado de velas de diámetro grande. Los diámetros de los recipientes seleccionados son de 0.05 m, 0.06 m, 0.08 m y 0.10 m para los cuales se identificó la mecha más adecuada. Para determinar la mecha adecuada se utilizaron dos criterios, si la piscina es completa o incompleta y si la temperatura de la pared es tolerable para sostener la vela o está muy caliente. Se realizaron corridas para concentraciones de 7 hasta 10% de polímero en aceite. Se utilizarán las mechas y recipientes de acuerdo a los mejores resultados al 9% de concentración de gel. Así, para los recipientes de 0.05 m y 0.06 m se utilizará la mecha de bajo calibre y para los de 0.08 m y 0.10 m se utilizará la mecha de alto calibre.

Ambos pabilos son impregnados en parafina, factor que contribuye a la dureza de la mecha para su rigidez y a un buen quemado. Las almas son de Zinc con tejido textil de algodón recubriendo el alma. Este tipo de mecha no emana humo ni humo negro.

Se seleccionó un ojete de boquilla por la seguridad y buena presentación que ofrece. Este ojete esta compuesto por un tubo pequeño dentro del cual se coloca la mecha y en donde es sujeta al prensarla con un alicate. Cuando la vela se quema, la mecha se apaga automáticamente al llegar al ojete evitando que la llama se ponga en contacto con la parte inferior del recipiente y que se pueda calentar, quebrar o que dañe la superficie sobre la que está la vela.

Los recipientes utilizados son cilíndricos o casi cilíndricos. Esto contribuye a que no existan excesos de calor a lo largo del recipiente ya que el efecto de la llama es igual durante todo el quemado. En los recipientes cuadrados el quemado siempre es circular y se tiene uno de dos problemas, o se calientan las paredes o quedan gel en las esquinas sin quemar.

Uno de los factores más difíciles de controlar son las burbujas en el gel. Cuando el gel está en contacto con el aire deja la posibilidad de que este último quede atrapado dentro del gel en forma de burbujas. Esto sucede fácilmente en el momento de llenado. Una vez se tiene burbujas en el recipiente es difícil eliminarlas y si el gel se ha enfriado es prácticamente imposible. Esto se debe a la

alta viscosidad del gel que impide que las burbujas fluyan a través de él. El mayor factor productor o eliminador de burbujas según la literatura es la temperatura. Se hizo pruebas de preparado y llenado con gel a diferentes temperaturas para analizar la mejor forma de evitar burbujas. Se encontró en los resultados de las tablas 5 a la 9 que al preparar el gel a temperaturas más altas se eliminan las burbujas. Esto se debe a que la viscosidad está relacionada con la facilidad con la que las moléculas individuales del gel se pueden mover unas con respecto a otras. Esto depende de las fuerzas de atracción entre las moléculas, y de si sus características estructurales pueden causar que las moléculas se enreden entre sí. La viscosidad disminuye con el aumento de temperatura, debido a que a mayor temperatura es mayor la energía cinética promedio de las moléculas y pueden vencer las fuerzas de atracción entre ellas. Así, al aumentar la temperatura y reducir la viscosidad, las moléculas de aire logran escaparse del gel ayudadas por el hecho de que el aire caliente tiende a subir. El problema que sucede al preparar el gel a temperaturas menores es que la fuerza de tracción entre las moléculas de gel es muy fuerte impidiendo que se escapen las burbujas de aire. La mejor temperatura de llenado es 85 °C debido a que a esta temperatura todavía es manipulable el gel con poco riesgo de quemaduras severas y ya no hay burbujas. A partir de los 80 °C se eliminan las burbujas en la preparación del gel. Continuar el calentamiento hasta los 85 °C es más adecuado ya que la llenar se perderá temperatura. Preparar el gel a más de 90 °C no es necesario en cuanto a obtener menos burbujas ya que después de los 80 °C se eliminan por completo y existe un riesgo muy grande de quemaduras al manipular el gel y un mayor gasto de energía. Nunca debe calentarse el gel a más de 115 °C ya que éste se puede quemar debido a que se podría alcanzar el Flash point de alguno de los compuestos como las fragancias.

Durante el llenado de recipientes se encontró que el llenado a temperaturas bajas, entre 60 °C y 75 °C presentan problemas de burbujas. Esto se debe a que durante el llenado se pone el gel en contacto con el aire y se queda atrapado en el gel de alta viscosidad. Una solución podría ser calentar los recipientes llenos, sin embargo existen mayores costos de equipo, tiempo y energía. Al servir el gel a temperaturas más altas, entre 80 °C y 85 °C no aparecen burbujas o salen solas después de unos segundos. Esto se debe a la baja viscosidad del gel que no deja el las moléculas de aire atrapadas dentro de las fuerte atracción de las moléculas de gel. Las burbujas son más fácilmente eliminadas preparando y sirviendo el gel a 85 °C.

No siempre es posible servir el gel a temperaturas altas, especialmente cuando se utilizan insertos. En recipientes sólo de gel se puede preparar y servir a 85 °C; sin embargo cuando se utilizan insertos de parafina se corre el riesgo de que la figura se derrita o se deforme. Debido a esto el gel debe servirse forzosamente a una temperatura más alta dejando las no deseables burbujas. La única solución ahora es evitar que las moléculas queden atrapadas en primer lugar para no tener la necesidad de sacarlas luego de un líquido de alta viscosidad. Para hacer velas con insertos de parafina se prepara el gel a 85 °C eliminando todas las burbujas del gel. Luego se deja enfriar sin producir

movimiento en el gel para evitar que queden atrapadas moléculas de aire. Finalmente se mejora la técnica de llenado sirviendo el gel muy lentamente y desde la menor altura posible. De esta forma la viscosidad se vuelve una herramienta que evita que entren moléculas de aire y el gel está en contacto con la menor cantidad de aire posible por servirlo a una baja altura. Servir el gel lentamente ayuda a no aumentar la energía cinética de las moléculas de gel lo que mantiene la fuerte atracción entre estas moléculas impidiendo que pueda fluir a través de ellas otras moléculas como las de aire.

Los insertos serán fabricados de parafina con moldes. Esta es mejor solución porque el inserto también se consume. También se utilizarán insertos de cerámica, los cuales son horneados y soportan altas temperaturas. No se utilizará insertos de ningún material inflamable y los insertos de cerámica no se pondrán en contacto directo con la mecha.

Únicamente las fragancias que pasan la prueba de TAM, Tolerancia de Aceite Mineral, pueden ser utilizadas en la producción de velas de Gel. También debe cuidarse que el Flash point de la fragancia sea por lo menos de 130°C según especificaciones del fabricante. La prueba de TAM consiste en asegurar la solubilidad de las fragancias en aceite mineral al 9000% o 90 partes de aceite por una de fragancia.

Para darle color al gel se utilizan pigmentos y colorantes. La razón de utilizar ambos es debido a que varían los colores. La diferencia principal entre pigmentos y colorantes es que los pigmentos solamente se dispersan y los colorantes son solubles.

Los pigmentos son compuestos insolubles que tienen como finalidad brindar color y opacidad. Para ser utilizados en aplicaciones como el gel, los pigmentos deben ser dispersados en un medio como el aceite mineral. La dispersión es lograr que las partículas del pigmento queden suspendidas sobre todo el medio. Mientras más pequeñas sean las partículas del pigmento mejor se dispersarán, y mientras mejor se dispersen más se desarrolla el color que está siendo utilizado. Durante la dispersión no cambia el tamaño de las partículas pero sí se rompen las aglomeraciones y grumos.

Los colorantes son emulsiones o mezclas líquidas predispersadas que contiene un pigmento puro. Los colorantes que se utilicen deben ser solubles en aceite o grasas para que puedan ser utilizados en el gel.

IX. Conclusiones

1. La concentración ideal para preparación de velas de gel es del 9% de polímero en aceite mineral debido a que tiene una extensa durabilidad de 27.03 horas por Kg de gel, buena consistencia y dureza suficiente.
2. Para garantizar un quemado uniforme que produzca una piscina completa sin calentamiento de las paredes del recipiente se debe combinar tres elementos correctamente: el diámetro del recipiente, el calibre de la mecha de Zinc y la concentración del gel.
3. La temperatura es el factor más importante para el control de las burbujas ya que afecta directamente la viscosidad. En velas sin insertos se puede servir el gel a temperaturas de 80 a 85 ° C para eliminar burbujas. Una técnica adecuada de llenado también contribuye a la eliminación de las burbujas a temperaturas entre 60 °C y 75 °C y evita dañar los insertos.
4. Las fragancias utilizables en las velas de gel deben pasar la prueba de Tolerancia de Aceite Mineral.
5. El color en las velas de gel se obtiene a partir de la dispersión de pigmentos y de colorantes solubles en aceite.

X. Recomendaciones

1. Las pruebas de quemado a diferentes concentraciones deben hacerse de rutina ya que las propiedades del polímero y del aceite mineral pueden variar de proveedor en proveedor por lo que el porcentaje ideal de preparación podría variar.
2. Es preferible que la piscina no cubra el 100% del diámetro del recipiente a que se caliente el vaso para evitar que el usuario se queme. Según la aplicación puede dejarse una menor piscina para evitar contacto de la llama con insertos colocados cerca de la pared del recipiente.
3. Durante la preparación del gel, la temperatura debe mantenerse controlada y bajo constante supervisión.
4. Los proveedores de fragancias pueden hacer las pruebas de Tolerancia de Aceite Mineral en sus laboratorios para ahorrar tiempo de selección. Siempre debe comprobarse la funcionalidad de las fragancias escogidas en la fábrica de velas.
5. Para mantener el color entre diferentes lotes de la misma vela se recomienda hacer una solución madre concentrada de color y a partir de aquí hacer las menores diluciones para cada lote. Pequeñas variaciones de una solución menos concentrada afectan menos que variaciones del colorante original.

XI. Bibliografía

- A. Brown, T., LeMay, H., Bursten, B. 1993. *Química la ciencia central*. 5ª ed. México, Prentice-Hall Hispanoamericana, S.A.
- B. García, R. 1998. *Estudio del trabajo, ingeniería de métodos*. 1ª ed. México, McGraw-Hill.
- C. Levine, I. 1991. *Fisico química*. 3ª ed. España, McGraw-Hill Interamericana de España, S.A.
- D. Perry, J. 1963. *Chemical Engineer's Handbook*. 4ta ed. Estados Unidos, McGraw-Hill Book Company, Inc.
- E. Thomas, L. 2000. *Gel Candles*. 1ª ed. Estados Unidos, Net Partners Publishing.
- F. Bitter Creek www.candlesupply.com
- G. Candlechem Company www.alcasoft.candlechem
- H. Chemistry Store www.chemistrystore.com
- I. Cierra Candles www.cierracandles.com
- J. Gen Wax www.genwax.com
- K. Penreco www.penreco.com

