

9
21.



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

FACULTAD DE QUIMICA

**"ESTUDIO TECNICO PARA EL DISEÑO
Y FABRICACION DE UN ENVASE
PARA DULCES PASTOSOS"**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

QUIMICA FARMACEUTICA BIOLOGA

P R E S E N T A :

LAURA AZCOITIA MORAILA



MEXICO, D. F.

1997.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

JURADO ASIGNADO:

PRESIDENTE: PROF. ENRIQUEZ MENDOZA ROBERTO
VOCAL: PROF. MALANCO COVARRUBIAS FERNANDO
SECRETARIO: PROFRA. VIADES TREJO JOSEFINA
1er. SUPLENTE: PROFRA. ITURBE CHINAS FRANCISCA
2do. SUPLENTE: PROF. CASILLAS GOMEZ FRANCISCO JAVIER

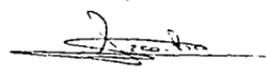
SITIO DONDE SE DESARROLLO EL TEMA:
ADHESIVOS Y LAMINACIONES S.A.

ASESOR DEL TEMA:



ING. ROBERTO ENRIQUEZ MENDOZA

SUSTENTANTE:



LAURA AZCOITIA MORAILA

GRACIAS A DIOS POR
PERMITIRME ALCANZAR
LA META PROPUESTA

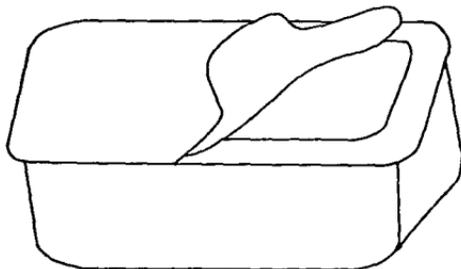
GRACIAS A MI PAPA[†]
POR SU EJEMPLO Y
SABIDURIA.

GRACIAS A MI MAMA
POR TODO SU AMOR,
DEDICACION, Y APOYO

GRACIAS A MIS DOS HIJOS
POR SER EL MOTOR DE MI
VIDA.

GRACIAS A TODOS MIS
HERMANOS POR ESTAR
SIEMPRE A MI LADO

GRACIAS AL ING. ROBERTO ENRIQUEZ
POR SER MI ASESOR, MI MAESTRO, MI
GUIA, PERO SOBRE TODO UN GRAN
AMIGO.



Este es un tipo, el más común, de recipiente plástico, con tapa "pelable", pero no es el único. Basta una visita a una tienda de autoservicio para ver la enorme variedad de envases similares.

INDICE

| | | | |
|------|---|------|-----|
| 1 .- | INTRODUCCION. | PAG. | 5 |
| 2 .- | GENERALIDADES. | PAG. | 11 |
| 3 .- | CARACTERISTICAS DE LOS DULCES PASTOSOS QUE SE ENVASAN EN RECIPIENTES PARA PORCIONES INDIVIDUALES, USANDO PARTE DEL RECIPIENTE COMO CHAROLA. | PAG. | 31 |
| 4 .- | DESCRIPCION DE LOS EQUIPOS DE LLENADO DE CHAROLAS CON TAPAS DE TIPO PELABLE. | PAG. | 38 |
| 5 .- | DISEÑO DE LA TAPA FLEXIBLE CON SELLO PELABLE PARA LAS CHAROLAS TERMOFORMADAS. | PAG. | 48 |
| 6 .- | SELECCION Y / O FABRICACION DE LOS MATERIALES PLASTICOS TERMOFORMABLE PARA FABRICAR A ALTAS VELOCIDADES LAS CHAROLAS. | PAG. | 82 |
| 7 .- | PRUEBAS EN EL MERCADO. | PAG. | 92 |
| 8 .- | CONCLUSIONES. | PAG. | 101 |
| 9 .- | BIBLIOGRAFIA. | PAG. | 104 |

INTRODUCCION

Los envases flexibles son aquellos que como su nombre lo sugiere están constituidos por uno o varios sustratos, del tipo de papel, película de polietileno, película de poliéster, película de polipropileno, hoja de aluminio, etc., caracterizados por una gran flexibilidad, a diferencia de los envases rígidos como las latas y las botellas, o bien los semirígidos como las cajas plegadizas y los corrugados (7).

El objetivo del presente trabajo es diseñar un envase para dulces pastosos que satisfaga las tres razones por las que un alimento se envasa y que son: protegerlo, presentarlo en forma atractiva y reducir su costo (7).

Por protección se entiende el cumplimiento de una serie de requerimientos algunas veces contradictorios. El alimento debe protegerse la mayoría de las veces, de la acción del oxígeno del aire, de la humedad, y de los microorganismos del medio ambiente, es decir de factores externos, pero otras veces la

protección requiere que ciertas características internas tales como la humedad y el olor no salgan del envase (5).

En otras ocasiones la protección implica evitar la acción de radiaciones como el ultravioleta de la luz solar y de las lámparas de los centros comerciales donde se expenden los productos.

En la terminología de los envases flexibles, la protección que imparte un envase se llama barrera. Así se dice por ejemplo, que un determinado material ofrece una gran barrera al paso de la humedad cuando el flujo de agua a través de ella es pobre. Esta barrera se cuantifica mediante la determinación de la velocidad de transmisión de agua: WVTR (water vapor transmission rate) (4).

$$\text{WVTR} = \frac{\text{g de vapor de agua}}{\text{m}^2 \times 24 \text{ hrs} \times 100\% \text{ H.R. a } 100^\circ \text{ F}}$$

donde g son los gramos

m² las unidades de superficie

H.R. es humedad relativa

Otro aspecto de la protección es la barrera a los gases, principalmente al oxígeno, al nitrógeno y al CO₂. Esta barrera se cuantifica mediante la determinación de la velocidad de transmisión de gas: GTR (gas transmission rate).

$$\text{GTR} = \frac{\text{cm}^3 \text{ STP de gas}}{\text{cm}^2 \times 24 \text{ hrs}}$$

donde cm³ es unidad de volumen de un gas en condiciones normales de presión y temperatura.

cm² es unidad de área (siglas internacionales).

Estas barreras o protecciones a veces tienen importancia cuando se consideran de afuera del envase hacia adentro y para otras aplicaciones el interés está en el caso inverso; por ejemplo, un producto efervescente, debe envasarse en un material flexible que impida que la humedad del exterior penetre la envoltura, ya que propiciaría el inicio de la efervescencia; pero si estamos envasando un jabón, la protección brindada por el

envase debe ser en sentido contrario a la anterior, es decir, la humedad del jabón no debe salir.

La segunda razón ó requisito que debe satisfacer un empaque flexible es la presentación. La presentación tiene una importancia primordial en las modernas tiendas de autoservicio, pues de hecho, el atractivo del diseño gráfico del envase es el que vende. Por ello se procura que al diseñar un envase, la combinación de sustratos se seleccione empalmado dos criterios distintos; uno es el aspecto físico, es decir, la belleza de la impresión, el brillo de los barnices, etc., y otro es la protección. Muy frecuentemente los sustratos que aportan atractivo comercial no son los mismos que proporcionan protección físico-química.

Lo anterior implica darle tanta importancia a los procesos de impresión, como son rotograbado, flexografía, offset, etc., como a las características físicas y químicas de los sustratos que se van a combinar.

Y finalmente el tercer aspecto que debe satisfacerse es el de un costo razonable porque, sin duda, una fina hoja de oro sería bastante atractiva como

envase, pero está fuera de toda consideración lógica de costo.

El costo está totalmente relacionado con la eficiencia y características de diseño de los equipos y de los procesos que se utilizan para la fabricación del envase.

Dentro del costo, en los procesos industriales de fabricación y envase de alimentos, cuenta mucho el concepto de "maquinabilidad".

La "maquinabilidad" es un neologismo probablemente no aceptado por la Academia de la Lengua Española. Su significado es la facilidad con que las máquinas automáticas de llenado, formado y sellado manejan las diferentes estructuras, cuyo nombre genérico es el de laminaciones.

Esto significa que una determinada laminación puede brindar la protección requerida, pero si las máquinas de envasado de alta velocidad, no lo pueden manejar con eficiencia, la estructura deja de ser viable.

Al final de cuentas lo que se pretende al envasar un alimento o una medicina es prolongar al máximo su vida de anaquel, es decir, preservar en las condiciones más adversas de clima y de manejo las propiedades físicas, químicas, organolépticas y estéticas del producto envasado.

GENERALIDADES

La laminación es un proceso mediante el cual se obtiene una sola "lámina" de varios sustratos, es decir, es la unión de varias películas, papeles y/o "foils" con ayuda de un adhesivo o de un plástico.

Se llaman "foils" a las hojas de aluminio que se utilizan solas o en combinación con otros materiales, con el fin de proporcionarle mejores características. Su espesor varía de 0.0008 cm a 0.04 cm.

Los recubrimientos son compuestos químicos, enriquecidos con componentes específicos que se depositan sobre la superficie para impartirle propiedades adicionales a la lámina formada. Se pueden aplicar recubrimientos especiales como son las lacas, ciertos polímeros, etc.. Se emplean recubrimientos plásticos para modificar o mejorar algunas características de las láminas como son su termosellabilidad, barrera a la humedad, al olor, a las grasas, brillo, propiedades antiestáticas, facilidad de deslizamiento y resistencia mecánica, etc.

Una vez seleccionados los materiales por combinar así como el adhesivo que se empleará, se procede a seleccionar el método más adecuado para fabricarla.

Existen diversos procesos de laminación ya muy clásicos, algunos sencillos, otros más complejos. Sin embargo se utilizan, básicamente, dos formas de unir los diferentes sustratos: por extrusión y por adhesivos.

LAMINACION POR EXTRUSION:

La laminación por extrusión consiste en unir dos películas o sustratos, más propiamente dicho, con una capa de polietileno fundida. El compuesto de extrusión más ampliamente utilizado es el polietileno de baja densidad. La laminación por extrusión se emplea en las siguientes combinaciones:

aluminio / polietileno / papel
celofán/ polietileno/ aluminio
papel / polietileno
poliéster/polietileno/aluminio
celofán / polietileno

Como el polietileno no adhiere en forma natural sobre estos materiales, deberá fundirse a temperatura elevada: 315° C (600° F) por ello deben considerarse en el proceso de laminación los siguientes puntos:

- 1.- La impresión debe hacerse antes de la laminación y por el mismo lado que se depositará el adhesivo. Esta impresión se llama "reverso".
- 2.- Se deberá precubrir al sustrato con un promotor de adhesión, en la mayoría de los casos con una capa de "primer" elaborado en base a poliuretano que se logra al hacer reaccionar poliéster con isocianato como catalizador.

POLIESTER + ISOCIANATO = POLIURETANO

3.- La aplicación del "primer" deberá hacerse sobre el sustrato menos poroso para evitar desperdicios.

4.- Muy recientemente han aparecido en el mercado equipos para generar ozono, fabricados por Corotec Corporation, los cuales mejoran considerablemente la adherencia del polietileno fundido sobre cualquier sustrato.

Por lo anterior y como ejemplo una laminación por extrusión quedaría de la siguiente manera:

FIGURA 1
EXTERIOR DEL ENVASE

| |
|----------------------|
| celofán o bopp |
| tintas |
| primer 2 componentes |
| polietileno extruido |
| aluminio |
| primer 2 componentes |
| polietileno extruido |

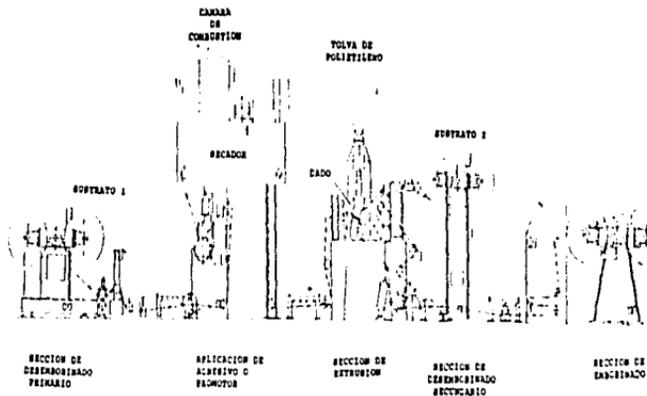
Conjuntando todos los elementos, podemos explicar y esquematizar (esquema 1) el proceso de laminación por extrusión como sigue;

El sustrato 1 que puede ser celofán, bopp (polipropileno biorientado) o poliéster, ya impreso, se monta sobre el desembobinador, continuando su viaje a través de un controlador de tensión hacia la unidad de aplicación del "primer" que consiste en dos rodillos, uno de los cuales está grabado y parcialmente sumergido en una tina que contiene dicho "primer" (esquema 1).

Posteriormente el sustrato pasa a un túnel de secado con el fin de extraer los disolventes del "primer". A la salida del túnel de secado se combina con el sustrato 2. En la parte superior de los rodillos de combinación se encuentra el extrusor que deja caer entre ellos la resina fundida a 315° C (600° F), misma que al contacto con los materiales, se solidifica a una temperatura de 5° C (41° F) lográndose la unión.

En el esquema n° 2 se ilustra el corte esquemático de un extrusor de 4 1/2" de diámetro, con

LINEA DE LAMINACION POR EXTRUSION



tornillos de relación 28:1 (esquema 3), esta relación se llama L/D y se refiere a las veces que el diámetro del tornillo está contenido en la longitud del mismo.

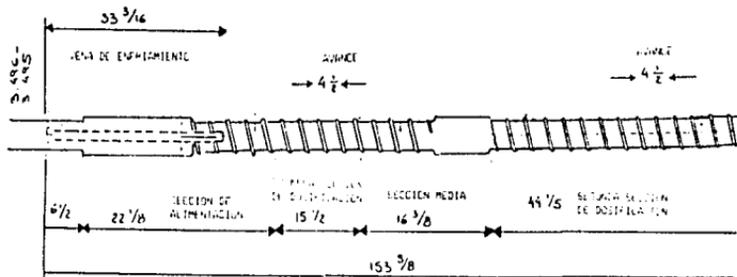
El polietileno sólido, en forma de granalla, se alimenta por la tolva de carga, entrando así al cañón que contiene al tornillo de extrusión, el cual se mueve mediante un motor de corriente directa de 250 HP.

El exterior del cañón está calentado por resistencias eléctricas que en total suman 75 KW y que son controladas por medios electrónicos. El calor que transmiten, sumado al generado por la rotación del tornillo, funden la resina que en forma semiplástica fluye hacia el dado, saliendo en forma de una película de espesor uniforme a una temperatura de 321° C (610° F).

La presión de operación del extrusor es de 4500 psi. El dado deja caer la cortina semiplástica de polietileno fundido entre los rodillos de la unidad de laminación, cuyo detalle se ilustra en el esquema 4.

ESQUEMA Nº 3

DETALLE DEL TORNILLO MULTIPLES PASOS PARA EXTRUSOR 4" 1/2



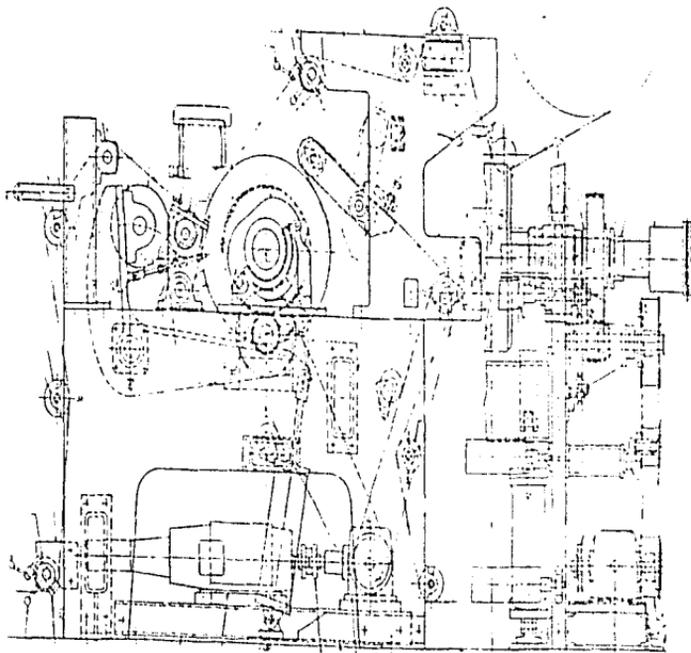
La unidad de laminación está formada por un conjunto de tres rodillos; el de mayor diámetro es completamente metálico y por su interior circula agua a una temperatura controlada, generalmente 5° C (41° F). El rodillo que hace contacto directamente con el metálico es de mucho menor diámetro y está enfundado en hule, y el tercero, que también es metálico y con circulación de agua fría, sirve para enfriar la superficie del rodillo de hule y además evita que este último se pandee.

Este conjunto de rodillos llamado "NIP" constituye la unidad de laminación y se complementa con los pistones hidráulicos que abren y cierran el "NIP" y que ejercen la presión controlada requerida para que el polietileno fundido que escurre del dado haga contacto íntimo con los sustratos.

El rodillo de gran diámetro se conoce como rodillo de enfriamiento (chill-roll) y puede tener la superficie con acabado espejo o con acabado mate (matte finish). El acabado del rodillo tiene una influencia importante sobre la calidad de la laminación ya que el acabado espejo produce un recubrimiento con muy bajo

ESQUEMA Nº 4

NIP DE ALIMENTACION



nivel de deslizamiento y el mate es de más bajo coeficiente de fricción y ello es conveniente en algunos casos y crea problemas en otros. El técnico en envases es quien decide cuál de los dos se usa para cada aplicación.

LAMINACION POR ADHESIVOS:

El método de laminación por adhesivos, existe en dos formas: en seco y en húmedo. La diferencia con el proceso anterior radica principalmente en el hecho de que el agente laminante no es un plástico sino un adhesivo.

La laminación húmeda consiste en la unión de dos sustratos cuando el adhesivo se encuentra húmedo. Los adhesivos húmedos más utilizados son emulsiones de proteínas, de almidones, de silicatos y de látex. El proceso en sí es como sigue: El adhesivo se coloca en una tina en la cual está sumergido un rodillo grabado, a través del cual pasa el sustrato 1, ya impreso y recubierto con "primer" el cual se combina con el sustrato 2 en el "NIP" de laminación, de allí los

sustratos combinados pasan al secador donde se evapora el agua a través de ellos (esquema 5).

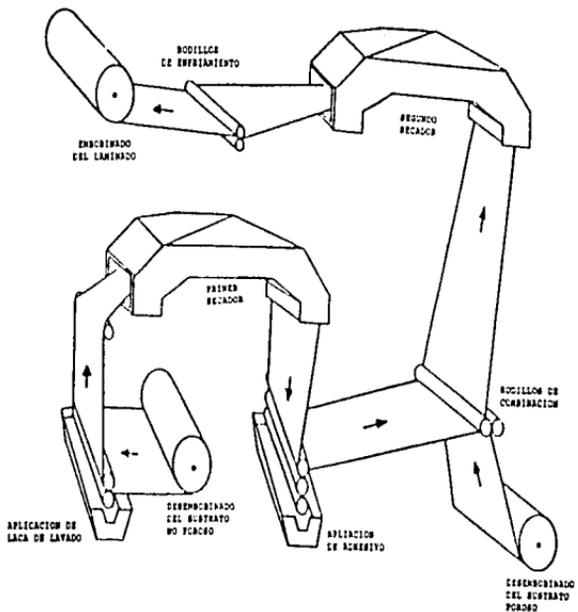
La laminación seca se diferencia de la laminación húmeda en que al encontrarse los sustratos el disolvente del adhesivo ya se evaporó (esquema 6).

En el proceso de la laminación seca, como se aprecia en el esquema, se parte de un desembobinador que contiene al primer sustrato generalmente impreso. Este primer sustrato debe ser el que tenga características físicas más constantes, es decir debe deformarse lo menos posible con el calor y con la tensión. De la pareja de sustratos que van a combinarse, el que va a llevar el adhesivo debe ser siempre el más estable. Este sustrato impreso se hace llegar a la tina de adhesivos que se encuentra en la parte inferior, en el esquema.

El adhesivo va normalmente sobre la tinta. El adhesivo generalmente es una solución de poliuretano en disolventes como metil-etil-cetona, acetato de etilo, tolueno o bien mezclas de estos (1). Algunas veces se

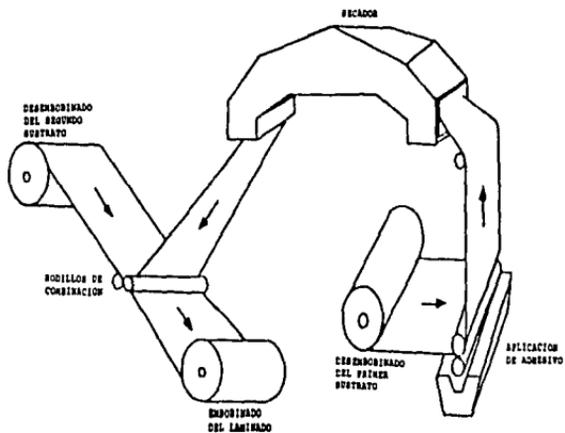
ESQUEMA Nº 5

LAMINACION HUMEDA



ESQUEMA Nº 6

LAMINACION SECA



utiliza como disolvente el alcohol isopropílico. El depósito de adhesivo sobre la cara impresa del sustrato se hace llegar "húmedo", es decir que el sustrato llega impregnado de disolvente a un secador como lo indica el esquema, en el cual un volumen de aire seco y caliente, se hace llegar a la superficie del sustrato empapado en el adhesivo, a través de un diseño especial cuyo detalle se esquematiza más adelante. En esta sección del secador de la máquina laminadora se remueve la totalidad del disolvente. El sustrato contiene en tal caso únicamente los sólidos del adhesivo y emerge del secador como se indica en el esquema hacia los rodillos de combinación que se conocen en términos de laminación como "NIP" de laminación.

En ese punto el segundo sustrato que proviene de un segundo desembobinador se une a través de los dos rodillos que forman el NIP con el sustrato que contiene el adhesivo. El NIP está formado por una pareja de rodillos, uno de los cuales es metálico, y por su interior circula aceite caliente cuya temperatura se puede regular. En los experimentos realizados en el presente trabajo, siempre se mantuvo a la temperatura de 65° C (149° F) y a la presión de 40 psi (lb/in²). El

otro rodillo es de hule, es decir la base es metálica pero está recubierto con un hule especial generalmente neopreno. Este hule especial tiene una dureza que se conoce como dureza "shore A" y tiene un número de codificación. El que se utiliza normalmente en los procesos de laminación es shore A-80, el cual tiene la flexibilidad necesaria para no producir marcas en ninguno de los sustratos que se están combinando.

Del NIP de laminación surge la pareja de sustratos ya combinados, los cuales se reembobinan (ver esquema n° 6) y se deja que el material reaccione. El adhesivo reacciona y en un lapso de 24 horas, se obtienen fuerzas de unión entre los dos sustratos prácticamente indestructibles. El nombre de laminación seca proviene del hecho de que la combinación de los dos sustratos como acabamos de describir se hace cuando ya no hay disolvente en la cara sobre la cual se hizo el depósito. Como ejemplo se muestra un corte esquemático de una laminación por adhesivos (tipo seca).

FIGURA 2

| |
|-------------------------|
| celofán |
| tintas |
| adhesivo 2 componentes |
| aluminio |
| adhesivo 2 componentes |
| polietileno en película |

Es importante hacer una comparación entre las características de los dos procesos de laminación por adhesivos: laminación húmeda y laminación seca. Tal como se describió en el proceso de laminación húmeda, los dos sustratos se combinan todavía cuando no se ha evaporado el disolvente del adhesivo. El adhesivo está emulsionado con agua, es decir, no se trata de una solución. Se acostumbra sin embargo en el negocio de los envases flexibles hablar del agua como si fuera un disolvente. Normalmente la totalidad de los adhesivos base acuosa no son soluciones sino emulsiones o dispersiones. Durante la descripción de la laminación húmeda se hizo mención de que los dos sustratos se combinan cuando aún no se ha removido el agua de la superficie del sustrato sobre el que se aplicó. Eso implica que cuando la pareja de sustratos entra por el secador, el vapor de agua que se

haya producido tiene que salir de la laminación por alguna de las dos caras. Por ello, por lo menos uno de los dos sustratos tiene que ser permeable al agua, es decir debe de ser poroso. Como fácilmente se comprende no es posible por este método combinar dos sustratos que sean impermeables. Esto limita las características de las laminaciones húmedas. Siendo que el objeto de la laminación es una envoltura y el objetivo de esta es proporcionar protección, si alguno de los dos sustratos es permeable al agua, entonces la protección es relativa, se trata de una protección que no es total ya que tuvo que dar cabida a la permeabilidad a uno de los sustratos.

Por el contrario como se describió en el proceso de laminación seca, los disolventes los cuales si lo son desde el punto de vista fisico-químico, es decir, los adhesivos son una solución como puede ser poliuretano o poliéster en acetato de etilo, metil-etil-cetona o tolueno. La remoción del disolvente se hace antes de que se combinen los dos sustratos, por tanto no se requiere que ninguno de los dos tenga características de permeabilidad, ambos pueden ser totalmente impermeables. Esto hace que a través del método de laminación seca se produzcan envolturas o envases de mayor protección.

Comparando los procesos de laminación por extrusión y por adhesivos, y considerando que se utilizaron los mismos sustratos se puede concluir que la laminación por adhesivos es más rígida que la fabricada por el método de extrusión.

| EXTRUSION | | LAMINACION SECA | |
|----------------------|------------------|-------------------------|------------------|
| | g/m ² | | g/m ² |
| celofán | 36 | celofán | 36 |
| tintas | 2 | tintas | 2 |
| primer 2 componentes | 1 | adhesivo 2 componentes | 3 |
| polietileno extruido | 24 | aluminio | 24 |
| aluminio | 24 | adhesivo 2 componentes | 3 |
| primer 2 componentes | 1 | polietileno en película | 24 |
| polietileno extruido | 24 | | |
| | ----- | | ----- |
| | 112 | | 92 |

CARACTERISTICAS DE LOS DULCES PASTOSOS

La industria alimentaria tiene una enorme variedad de presentaciones de productos ingeribles, desde los líquidos hasta los sólidos pasando por los semilíquidos. El objeto de la presente tesis es el diseño de un envase precisamente para los productos ingeribles que son semilíquidos. Como ejemplo de estos productos tendríamos a la mayonesa, algunos productos lácteos como el yogurt, la mantequilla, las margarinas, los quesos para untar, algunas golosinas como la cajeta, algún tipo de mermeladas especialmente aquellas del tipo untable, y en México una variedad de golosinas como son las que se conocen con el nombre de CHOCO GUS, DUVALIN, NUCITA y otras. El presente trabajo se refiere a la forma más adecuada para envasar estos productos. Todos estos se caracterizan por una cierta consistencia. La consistencia es una de las características más controlables en toda esta familia de productos alimenticios. Tan es así, que compañías como Taylor de instrumentos y Honey Well han diseñado sistemas para controlar la consistencia, la cual se llama en inglés "consistency feed recorder controller". Estos productos tienen la peculiaridad de que su consumo se hace fundamentalmente a través de cucharas o cuchillos para hacer la distribución sobre un pan en el caso de que

sea una mantequilla o mermelada; pero aquellos que son golosinas, chocolates pastosos se consumen normalmente en cantidades pequeñas y los consumidores habituales son los niños, los cuales lo hacen fuera de la casa, como pudiera ser en la escuela o en los parques públicos etc., de tal suerte que la idea esencial del envase es que sirva también como recipiente para su consumo. Son muy populares en México los chocolates llamados Duvalin. La mezcla pastosa se consume con una pequeña cuchara de plástico, destapando el envase que tiene la forma de una pequeña charola que mide aproximadamente 5 cm de longitud por 4 cm de ancho. La charola viene cerrada herméticamente para evitar salida o escurrimiento del producto ya que es grasoso, pero al mismo tiempo la apertura debe hacerse con facilidad. En el mercado internacional este tipo de tapas se llaman tapas pelables, debido a que más que romperse o destruirse, se pueden pelar manteniendo su integridad. El material que cierra, la tapa, es generalmente flexible, y por ello cae dentro de la clasificación de envases flexibles aún cuando la charola propiamente es un envase semirrígido, pero el problema tecnológico es la tapa, por eso el estudio que se hace en la presente tesis está enfocado principalmente sobre la parte flexible del envase y no la semirrígida que es la charola. Los problemas de envase

que se presentan debido a la charola son relativamente fáciles de resolver, pero en cambio la tecnología a desarrollar para la tapa flexible y pelable es bastante compleja. El objeto de la tesis no es entrar en el análisis de las formulas de los diferentes productos existentes en el mercado. La parte experimental se llevó a cabo con un producto muy similar a Duvalin y muy similar a Nucita, que consiste en una masa pastosa formada por ingredientes como son azúcar, aceite vegetal, leche descremada y deshidratada, cacao, avellana, grasa vegetal comestible, agentes estabilizadores, especialmente inhibidores del enranciamiento, es decir de la oxidación, como el monoestearato de glicerilo, la lecitina y los saberizantes artificiales de vainilla, fresa o chocolate según el caso, todos los cuales se mezclan en proporciones variadas que son patente de cada una de estas marcas que se encuentran en el mercado y cuyo detalle respecto a la formulación escapa de los límites de este trabajo de tesis. Estos ingredientes se mezclan en caliente en un equipo especial hasta conseguir la consistencia necesaria. En el mismo momento que se fabrica el dulce, se hace el envasado en máquinas automáticas de alta velocidad. En estas máquinas ocurren las siguientes operaciones: pesado, formado de la charola por el método denominado termoformado al vacío,

llenado de la charola con el producto pastoso, corte de la tapa que generalmente es de una laminación flexible y pegado de esta para un cierre hermético al recipiente, este último se hace por termosellado es decir con calor. La laminación que se utiliza como tapa está constituida por diferentes capas que por el exterior puede ser una película plástica como el poliéster o un papel impreso y cubierto con un barniz de alto brillo las cuales están unidas por adhesivos o por el proceso de recubrimiento y laminación por extrusión a una fina hoja de aluminio y finalmente por el lado libre del aluminio, por el método que se menciona en el capítulo correspondiente a formulación y depósito de termosellante, se ha recubierto el aluminio proporcionando un sello que debe tener las características de pelabilidad que se mencionaron en párrafos anteriores. El sello debe evitar que agentes exteriores principalmente el aire y microorganismos penetren al envase, y al mismo tiempo soportar el manejo relativamente rudo de estos recipientes en el mercado, ya que se pone el recipiente individual en cajas llamadas expedidores que son de material semirrígido y todas entran en un cartón corrugado y todos ellos se introducen a un "trailer" para el transporte a los centros de consumo y en ese trailer generalmente se estiban diez o

doce cajas lo que significa una presión a las cajas de abajo muy elevada por el peso de las de arriba. Por lo anterior el sello de la tapa de cada uno de estos recipientes debe resistir el trabajo rudo de transporte, dar un sello hermético y principalmente ofrecer al consumidor, generalmente el niño, una apertura suave. Existe, además otro requerimiento, puesto que la charola es el recipiente desde el cual se consume el producto, el bisel de la charola que se describe en el dibujo debe quedar, después de haber abierto la charola, perfectamente limpio de cualquier traza de termosellante o restos de papel que hubieran quedado adheridos ya que producen la sensación de suciedad. Esto significa que todos los materiales de la tapa deben retirarse junto con la tapa. (7)

Las características principales de todos estos productos pastosos es que para lograr la fluidez y las posibilidades de usar el tipo de charolas habituales haciendo el producto atractivo, el contenido de grasa debe ser alto a fin de facilitar la fluidez y el acomodo de la masa pesada en cada uno de los envases de forma rápida ya que las máquinas automáticas de llenado y sellado operan alrededor de 40 a 60 golpes de sello por cada minuto, es decir, aproximadamente cada segundo se

produce un recipiente. Por ello es muy importante que la fluidez que está relacionada con la consistencia del producto se ajuste muy cuidadosamente.

Los otros factores que son también importantes, pero que escapan a la naturaleza de este trabajo, son el balance entre los distintos componentes de la fórmula a fin de hacerla estable, es decir que haciéndola fluir en caliente por los ductos que conducen hasta la máquina, la fórmula no se altere.

Otro factor es que la consistencia de la golosina en un recipiente de contenido tan reducido como es la charola comercial que nosotros conocemos en los supermercados, permita proporcionarle a la clientela dos sabores diferentes de la masa al mismo tiempo. Esto implica que deben hacerse dos alimentaciones para que en lugar de obtener una mezcla de colores, obtengamos una línea de separación nítida de los dos colores, por lo que el ajuste de la consistencia es un factor importante.

Siendo que la consistencia es una consecuencia de la naturaleza de los ingredientes, especialmente de aquellos ingredientes semilíquidos, se tiene el conflicto de que si se ajusta la consistencia sin tomar en cuenta

el sabor podemos obtener una consistencia adecuada para el flujo y el llenado, sin embargo, comercialmente no se satisfacen los requisitos, de tal suerte que se tiene que llevar a cabo una reformulación con ingredientes del mismo tipo pero de características ligeramente distintas, como por ejemplo, al hablar de una grasa vegetal, se habla de una familia de grasas vegetales, y químicamente hablando existe una variedad muy grande de grasas vegetales, y cada una de las cuales tienen a temperatura medianamente elevada y a la temperatura ambiente propiedades de consistencia diferentes; pero también tiene una repercusión en el sabor ya que la composición molecular de cada una de estas grasas cambia el sabor y algunas propiedades organolépticas.

De lo anterior resulta que la fórmula tiene que balancearse con mucho cuidado a fin de que el proceso de fabricación de la golosina no destruya ninguna de las características del sabor de los constituyentes de la mezcla, pero al mismo tiempo propicie que pueda moverse con la eficiencia a las temperaturas razonablemente altas a las que se hace este proceso con las exigencias de la máquina de envase, ya que la parte más importante de este negocio es el número de envases que en un turno y por unidad de tiempo una fábrica puede procesar.

DESCRIPCION DE LOS EQUIPOS DE LLENADO DE CHAROLAS
CON TAPAS DE TIPO PELABLE

Las tapas "pelables" descritas en el capítulo anterior para los envases comunes para porciones pequeñas de dulces y chocolates pastosos, gelatinas, yogurt y similares se sellan en equipos automáticos de alta velocidad. Hay dos variantes en este tipo de máquinas de envase: en unas, la charola se termoforma a partir de una hoja de material plástico, que en el caso que nos ocupa fue PVC ó poliestireno de alto impacto y otras que trabajan con la charola o el recipiente ya formado.

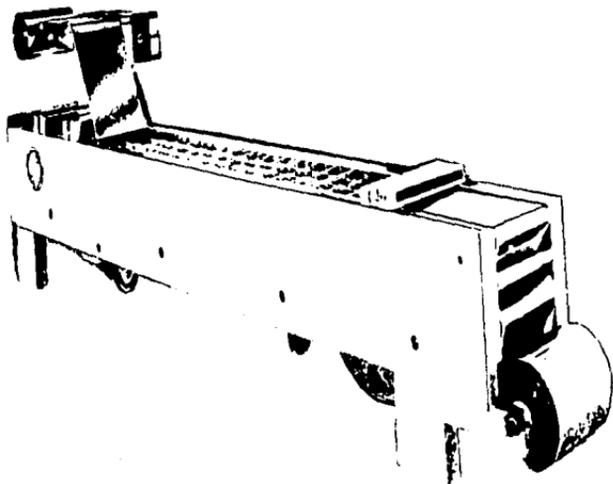
En el presente trabajo se utilizaron los dos tipos descritos.

La máquina que termoforma al vacío, a partir de una hoja de plástico, en rollo, fue la FLEX-VAC "K" PORTION CONTROL (esquema n° 7) fabricada por Standard Packaging Co. de New Jersey y cuyas características técnicas se describen en el boletín técnico adjunto.

La otra máquina que se utilizó en el presente trabajo fue la TRIANGLE DR-1 Rotary Cup Filler (esquema n° 8), fabricada por Package Machinery Company de Chicago

ESQUEMA Nº 7

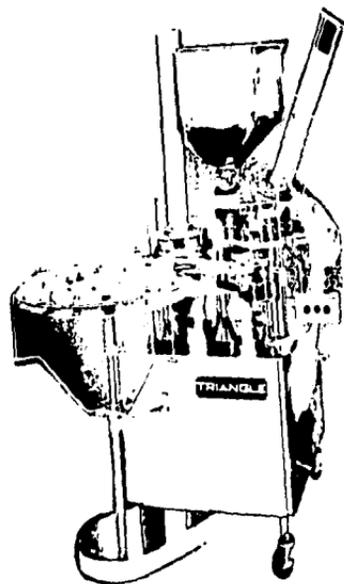
FLEX-VAC
K PORTION CONTROL



FORM / FILL / SEAL
PACKAGING MACHINE

ESQUEMA Nº 8

TRIANGLE DR-1 ROTARY CUP FILLER



W. Esta trabaja con recipientes semirrígidos previamente formados. Los detalles técnicos de esta llenadora se encuentran en el boletín adjunto. La máquina llena 80 recipientes por minuto y se probó con el tamaño de 8 onzas.

Como se puede apreciar en el boletín de la Flex-Vac, tanto la tapa como el plástico que se va a termoformar, se alimentan a la máquina en forma de rollos o bobinas.

La hoja de plástico se calienta con resistencias eléctricas para reblandecerla y pasa por los termoformadores que son recipientes metálicos que por la combinación de calor y vacío, moldean la hoja de plástico para formar las charolas. Las charolas se producen en forma continua, seis charolas a lo ancho de la hoja plástica. Las charolas pueden ser de diferentes medidas, cambiando la matriz o molde.

En el boletín de Flex-Vac no se ilustra la tolva de descarga del producto pastoso, el cual se formula por separado y se bombea a través de ductos de acero inoxidable hacia la tolva de la Flex-Vac. La tolva de la Flex-Vac llena en una sola operación 36 charolas

termoformadas inmediatamente antes de ser llenadas. La tolva comunica con una pesadora de precisión que regula la cantidad en gramos que se deposita dentro de cada charola. Este peso puede regularse a voluntad pero la cantidad determinada varía de charola a charola en menos de 0.1% en peso. La máquina está habilitada para poner en la misma charola dos colores, es decir, dos sabores diferentes de la golosina. Como la golosina se está fabricando en el mismo momento en que la máquina está haciendo el empaque, el producto desciende de la tolva a una temperatura de 60-70° C por ello tanto la charola como la tapa de la misma deben resistir esta temperatura.

Aún cuando los dosificadores que llenan las charolas penetran en las mismas, los biseles en donde se apoyará la tapa se contaminan con el producto, el cual es rico en grasas, por ello el sello "pelable" debe cerrar el envase herméticamente aún en presencia de este contaminante.

Para obtener la más alta eficiencia en la operación de formado, llenado y sellado, tanto la tapa como el plástico de la charola que se alimentan a la máquina en rollos, deben deslizarse con fluidez sobre el metal de los transportadores del equipo de llenado. Esto

se consigue controlando cuidadosamente el coeficiente de fricción de los dos sustratos.

Hay dos valores para el coeficiente de fricción, el estático y el dinámico. El estático sólo tiene efecto en los arranques de la llenadora, pero el dinámico afecta en forma permanente la eficiencia de la máquina llenadora. (10)

Los resultados obtenidos en el presente trabajo permiten asegurar que la máxima eficiencia con esta máquina se obtienen cuando el coeficiente de fricción de los dos sustratos se mantiene entre 0.7 y 0.8 (el coeficiente es una magnitud adimensional).

Para regular el coeficiente de fricción dinámico es necesario hacer mediciones durante el proceso de fabricación de la tapa y de la hoja de plástico de la charola con el instrumento de Thwing Albert que se describe en el catálogo adjunto (Friction/Peel Tester) con el objeto de añadir aditivos de deslizamiento para reducir o moderar la fricción que origina la naturaleza química de las superficies. (4)

La laca pelable y el "hot melt" que se formularon para esta aplicación y los cuales se describen en el capítulo correspondiente incorporan un agente de deslizamiento que emigra hacia la superficie de los sustratos y permite, por lo tanto, que el coeficiente de fricción se mantenga dentro de los límites especificados.

La electricidad estática que se acumula en las películas plásticas como consecuencia del rozamiento con el equipo de llenado, formado y sellado es un problema muy complejo, que generalmente se origina en el proceso de fabricación de las laminaciones.

La electricidad estática tiene que reducirse al nivel más bajo posible durante el proceso de fabricación de la tapa "pelable".

Al imprimirse en la máquina flexográfica el papel o las películas plásticas, la estática crea el problema de incendio del solvente de las tintas de impresión y, en casos extremos, hasta la posibilidad de una explosión, de allí la enorme importancia de su control.

Durante la ejecución de nuestros experimentos, la estática se controló mediante un equipo NUCLEONIC que se ubica en la máquina impresora y también en la laminadora. El NUCLEONIC es un ionizador del aire que lo vuelve conductor y, por ello, permite la descarga del exceso de electrones del sustrato a través del aire.

El NUCLEONIC es un generador de radiaciones a partir de un elemento radiactivo y por ello requiere de control gubernamental.

Si se siguen las normas de seguridad en el uso y manejo de este eliminador de estática, las posibilidades de un accidente son mínimas.

En los equipos de reembobinado y de corte de las laminaciones que constituyen la estructura de la tapa se utilizan las llamadas "faldas hawaiana" que son conductores metálicos de la apariencia de la escarcha de los árboles de navidad que se conectan a una tierra eficaz.

Todos los equipos de fabricación y de manejo de la laminación de la tapa objeto de esta investigación deben estar conectados a tierra, es decir a una tierra

eficaz que consiste en enterrar una pieza metálica de dimensiones calculadas, profundamente en la tierra y conectar con alambres de cobre esta pieza con la estructura metálica de la máquina.

Durante la operación de termoformado de la charola, del llenado de la misma con la golosina y el cerrado del envase con la tapa "pelable", el empleo de varias "faldas hawaianas" en sitios estratégicos de la llenadora minimizan los problemas de la estática.

Cuando se hicieron las operaciones de llenado y sellado sobre recipientes prefabricados en la Triangle DR-1, los problemas de estática fueron notablemente menores.

Para asegurarse de que los empaques que hemos fabricado en el presente trabajo cumplen con los requisitos mencionados oportunamente, esto es: protección del producto, envasado y funcionalidad del envase se simularon condiciones aceleradas de envejecimiento consistentes en pruebas rigurosamente controladas de temperatura, humedad, abuso en el manejo del empaque y permanencia de la presentación agradable del empaque en estas circunstancias exageradas.

Usando una estufa Blue "M" en la que la humedad y la temperatura se pueden mantener constantes durante periodos muy prolongados, se exageraron las condiciones de temperatura y humedad de muestras envasadas en las estructuras descritas en los capítulos correspondientes. Las muestras sometidas a estas pruebas durante 30 días, se inspeccionaron cuidadosamente para ver:

- 1.- Efecto en las características físicas del envase como son: conservación de los tonos de las tintas usadas en la impresora.
- 2.- Fuerza de laminación o de unión entre los diferentes sustratos comparándolos con los valores originales de muestras testigo no sometidas a las drásticas condiciones de temperatura y humedad.
- 3.- Aspecto físico del producto envasado.
- 4.- Cualidades organolépticas del producto envasado, principalmente color, consistencia, sabor y olor.

Este punto, el de olor y sabor fue cuidadosamente analizado por catadores expertos en las características organolépticas del producto envasado. (4)

Todas las muestras sujetas a evaluación fueron aprobadas por los catadores de tal suerte que se concluye

que el envase diseñado en el presente trabajo cumple con la premisa fundamental del diseño y fabricación de un envase que es proteger al producto envasado.

DISEÑO DE LA TAPA FLEXIBLE CON SELLO PELABLE
PARA LAS CHAROLAS TERMOFORMADAS

Los problemas del diseño de un envase plástico cuya tapa satisfaga los requisitos de "pelabilidad" y hermeticidad mencionados en capítulos anteriores se centran en la formulación del termosellante "pelable", fórmula que a su vez depende de:

- 1.- La naturaleza de la superficie sobre la que se depositará el termosellante. (1)
- 2.- La superficie del bisel de la charola.
- 3.- La facilidad del termosellante para distribuirse adecuadamente sobre la superficie interior de la tapa.
(1)
- 4.- La resistencia química del termosellante para superar la agresividad del producto envasado.

La tecnología existente sobre el diseño de estas laminaciones que en inglés se denominan "lidding materials" es muy amplia, pero todos los métodos usuales están cubiertos por patentes, por lo que se hace

necesario desarrollar productos completamente propios y específicos para las necesidades locales.

Con excepción de la hoja de aluminio gruesa, no existe un sólo material flexible que satisfaga las exigencias de este tipo de tapas. Desafortunadamente el aluminio es muy caro, particularmente para el mercado de dulces, por ello es necesario combinar sustratos más baratos, con alguno de los métodos de laminación que se describieron en el capítulo correspondiente.

Las películas disponibles en el mercado nacional son dos, la de polipropileno biorientado y la de poliéster, ambas son transparentes y con propiedades mecánicas adecuadas para el uso que requerimos. En la tabla n° 1 se presenta un resumen de las propiedades físicas y químicas de los sustratos más comúnmente usados para fabricar laminaciones flexibles.

Algunos tipos de papel como el glassine rinden también buenos resultados para hacer laminaciones resistentes, especialmente a las grasas.

En el presente trabajo se probaron las siguientes combinaciones:

- 1.- papel/adhesivo/aluminio
- 2.- papel/polietileno/aluminio
- 3.- Polipropileno/adhesivo/polipropileno
4. Poliéster/polietileno/papel

La segunda y la cuarta estructuras se laminaron por el método de extrusión con polietileno y la primera y la tercera por el método de laminación por adhesivos.

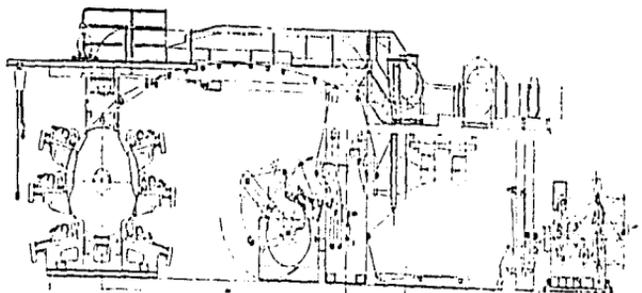
La primera se fabrica mediante el siguiente proceso (descrito en el orden en que se hicieron las operaciones):

El papel glassine de 40 gramos por metro cuadrado, grado alimenticio, fabricado en Monterrey por la Papelera Maldonado, se imprimió en una máquina flexográfica de seis unidades de color, de tambor central marca Carraro la cual se ilustra en el esquema n° 9.

El diseño gráfico que se empleó es de cinco diferentes colores y en la sexta unidad de color se depositó sobre la impresora un barniz de alto brillo, transparente. El peso total de las tintas más el barniz fué de seis gramos por metro cuadrado.

ESQUEMA Nº 9

MAQUINA FLEXOGRAFICA "CARRARO"



Las tintas empleadas fueron preparadas usando como resina básica una poliamida y el solvente fué alcohol isopropílico, el cual se remueve en el secador de la flexográfica. El nivel de solventes retenidos en el papel fué de 2 500 miligramos por resma, determinados por cromatografía de fase gaseosa (menor que la norma internacional).

A continuación, el papel impreso se combinó con una hoja de aluminio en una máquina de laminación marca Faustel cuyo corte esquemático se ilustra en el esquema n° 10 .

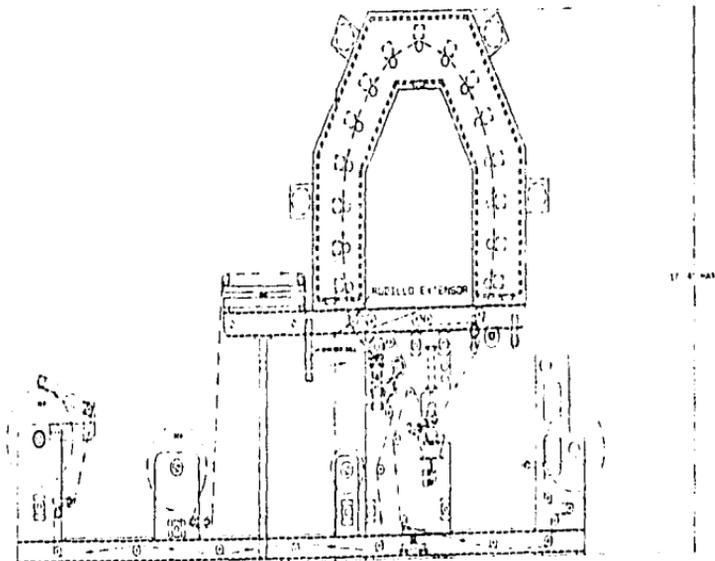
Los principales problemas que puede presentar la hoja de aluminio son dos:

a) Presencia de microperforaciones conocidas en el lenguaje de los fabricantes de envases como "pinholes" ya que estos reducen la barrera que la hoja metálica presenta del flujo de grasas de la golosina hacia el sustrato impreso.

b) Contaminación de la aleación con magnesio y manganeso, a niveles mayores que los que se señalan en la

ESQUEMA Nº 10

MAQUINA DE LAMINACION FAUSTEL



RECOBINADORA

1 - 2 - RECEBIDORA
3 - 4 - 5 - 6 - 7 - 8 - 9 - 10 - 11 - 12 - 13 - 14 - 15 - 16 - 17 - 18 - 19 - 20

12 - 13 - 14 - 15 - 16 - 17 - 18 - 19 - 20

2 - 3 - 4 - 5 - 6 - 7 - 8 - 9 - 10 - 11 - 12 - 13 - 14 - 15 - 16 - 17 - 18 - 19 - 20

DESCOINADORA
16 - 17 - 18 - 19 - 20

especificación (tabla n° 2) lo cual se traduce en malos sellos entre la tapa y la charola.

Para hacer la combinación entre el papel y el aluminio se usó un adhesivo de poliuretano de dos componentes es decir, la fórmula consiste en hacer reaccionar un poliéster del ácido azelaico y del etilen glicol, soluble en acetato de etilo, con 10% en peso de toluen diisocianato. El depósito de adhesivo se hizo por el método de rotograbado, utilizando un rodillo rotograbado con una pantalla de 110 Q y 30 micras de profundidad de celda, para dejar sobre la superficie del papel un depósito sólido de 2.5 gramos por metro cuadrado.

El papel recubierto con el adhesivo pasó al secador de la laminadora, a una velocidad lineal de 300 metros/min. en donde el solvente se removió totalmente (el remanente no excedió 3 000 miligramos por resma, determinación cromatográfica en Perkin-Elmer).

Saliendo del secador, el papel se combinó con la hoja de aluminio en el NIP de laminación, a la temperatura de 55° C y a la presión de 40 libras por pulgada cuadrada.

TABLA Nº 2

ESPECIFICACIONES DE ALUMINIO

| ALEACIÓN | SILICIO | FIERRO | COBRE | MANGANESO | MAGNESIO | CROMO | VANADIO | ZINC | TITANIO |
|----------|----------|--------|-----------|-----------|----------|-----------|---------|-------|---------|
| 1100 | 0.95 | Fe | 0.05-0.20 | 0.05 | --- | --- | --- | 0.1 | --- |
| 1145 | 0.55 | + | Fe | 0.05 | 0.05 | --- | 0.05 | 0.05 | 0.03 |
| 1188 | 0.06 | 0.06 | 0.005 | 0.01 | 0.01 | --- | 0.05 | 0.03 | 0.01 |
| 1199 | 0.006 | 0.006 | 0.006 | 0.002 | 0.006 | --- | 0.005 | 0.006 | --- |
| 1350 | 0.1 | 0.4 | 0.05 | 0.01 | --- | 0.01 | --- | 0.05 | --- |
| 2024 | 0.5 | 0.5 | 3.8-4.9 | 0.30-0.9 | 1.2-1.8 | 0.1 | --- | 0.25 | 0.15 |
| 3003 | 0.6 | 0.7 | 0.05-0.20 | 1.0-1.5 | --- | --- | --- | 0.1 | --- |
| 5052 | 0.25 | 0.4 | 0.1 | 0.1 | 2.2-2.8 | 0.15-0.35 | --- | 0.1 | --- |
| 5056 | 0.3 | 0.4 | 0.1 | 0.05-0.20 | 4.5-5.6 | 0.05-0.20 | --- | 0.1 | --- |
| 6061 | 0.40-0.8 | 0.7 | 0.15-0.40 | 0.15 | 0.8-1.2 | 0.04-0.35 | --- | 0.25 | 0.15 |

Antes de ser reembobinados, la combinación pasó a una segunda unidad de depósito de adhesivo, en donde la cara libre de la hoja de aluminio se recubrió, por el método de rotograbado con una laca de resina vinílica disuelta en acetona y de nuevo entró a un secador para eliminar el solvente. El peso del recubrimiento fué de 1.5 gramos por metro cuadrado.

Este recubrimiento de la cara de aluminio con la resina vinílica es indispensable ya que con ello se resuelven dos problemas:

1° El recubrimiento vinílico previene la oxidación de la cara libre del aluminio que podría ocurrir al hacer contacto con el papel impreso en el rollo maestro terminado. Sin la laca vinílica la contaminación de la cara libre del aluminio impediría el anclaje adecuado del termosellante "pelable". (2)

2° El recubrimiento vinílico mejora notablemente la adherencia del termosellante de la tapa, consiguiéndose con esto que al "pelar" la tapa, la laca termosellante no se desprenda del aluminio, sino solamente del bisel de la charola. (2)

Como originalmente la máquina laminadora no tenía la segunda unidad para el depósito de la laca vinílica fué necesario diseñarla, construirla e instalarla. Los detalles de diseño escapan al propósito fundamental de esta tesis.

La laminación quedó esquemáticamente como sigue:

FIGURA 3

| |
|-------------------------|
| impresión |
| papel |
| adhesivo de poliuretano |
| aluminio |
| recubrimiento vinílico |

Después de 7 días de haber efectuado el proceso de laminación, el adhesivo de dos componentes ha "curado" totalmente y la estructura arriba esquematizada entra al proceso final que consiste en depositar sobre la cara de aluminio protegida con resina vinílica, la laca "pelable". Químicamente la parte más conflictiva y delicada de la elaboración de la tapa es la formulación de la laca "pelable".

La resina básica para hacer la fórmula es como sigue: terpolímero de cloruro de vinilo (86%), acetato de vinilo (13%) y ácido maleico (1%). Esta resina es un

producto comercial, y es un polvo blanco cuyo nombre en el Chemical Abstract (CAS) es ácido 2 butanodioico, polímero con cloroetano y etenil acetato. El número CAS es 9005-09-08. (1)

Todas las lacas termosellantes del tipo "pelable" solubles en acetato de etilo que hay en el mercado tienen como componente básico este producto.

La resina básica tiene la aprobación FDA para contacto directo con alimentos, tiene igualmente una alta resistencia a las grasas y es soluble en ésteres y cetonas. Los demás componentes de la fórmula deben también contar con la aprobación FDA y su función se describe a continuación.

Recordemos que la fórmula que hemos desarrollado debe ser termosellable en las máquinas de formado y llenado de alta velocidad, dando sellos suaves de abrir pero de cierre hermético, debe anclar firmemente sobre el aluminio, pero suavemente sobre el bisel de la charola de plástico.

Cuando la charola termoformada se hace a partir de una hoja de PVC, los plastificantes de éste, después

de que se ha llenado la charola y sellado la tapa, emigran hacia la superficie e interfieren con la resina básica de la fórmula, es decir afectan las propiedades del terpolimero en la zona de sellado lo que origina que los sellos se abran espontáneamente. Esto, de ocurrir, es un problema muy grave. Para evitarlo debemos agregar a la fórmula una resina que sea químicamente compatible con la vinílica y que bloquee la emigración de plastificantes. Después de un buen número de ensayos se encontró que los acrilatos reúnen las características mencionadas.

La resina en cuestión es también un terpolimero y es también un producto comercial, se llama "acryloid B" y está constituida por la polimerización de N-butil metacrilato y ácido metacrílico.

Desafortunadamente la presencia del acryloid afecta la "pelabilidad" de los sellos lo que obliga a introducir un tercer componente que haga la función de plastificante y que no afecte a las otras propiedades de los primeros componentes de la fórmula.

De todos los plastificantes comerciales que se encuentran en México el más adecuado para nuestros requerimientos fué un elastómero de butadieno y acrilonitrilo, comercialmente llamado "Hycar". La fórmula definitiva quedó así:

| | | |
|----------------------|-------|---------|
| terpolímero vinílico | 60 % | en peso |
| Acryloid B | 18 % | |
| Hycar | 22 % | |
| | ----- | |
| | 100 % | |

El otro problema relacionado con las exigencias de "pelabilidad" derivado del hecho de que este concepto no es mesurable sino que depende de apreciaciones subjetivas, es la cantidad en gramos por metro cuadrado, base seca, que deben depositarse sobre el aluminio para conseguir el grado exacto, deseado por cada tipo de alimento envasado y sus consumidores.

Después de múltiples pruebas se llegó a la conclusión que el peso por metro cuadrado debe oscilar entre 4 y 6 gramos cuando la charola termoformada es de PVC.

Para las charolas termoformadas de poliestireno de alto impacto la fórmula mencionada no dió resultados

satisfactorios y se hicieron varios intentos para adecuarla. El mejor resultado se obtuvo usando una laca fabricada por la Pierce and Stevens, con el nombre comercial de Proxseal J 9660 A. Este producto está aprobado para contacto directo con alimentos por la legislación 21 CFR 175.105 de la FDA.

También se obtuvieron resultados satisfactorios sobre charolas de poliestireno con el producto comercial de Morton International denominado X 37 T 77 el cual es una emulsion acuosa.

La fórmula vinílica desarrollada en el presente trabajo dió mejores resultados que las emulsiones acuosas antes mencionadas pero como el PVC es más caro que el poliestireno, es muy probable que el mercado mexicano se oriente preferentemente hacia el poliestireno. Adicionalmente en Europa, existe la sospecha de que los monómeros libres en la película de PVC aún a muy bajos niveles pueden producir cáncer y por ello está proscrito el uso de PVC en cualquier aplicación que se relacione con productos ingeribles.

Algunos fabricantes de dulces pastosos en Mexico están exportando a Estados Unidos y a Europa y aún

cuando en nuestro país no hay prohibición contra el PVC, es seguro que también será descartado en un futuro cercano.

Considerando que lo ideal sería una laca termosellante "pelable" que trabajara igualmente en charolas termoformadas de PVC, poliestireno, polietileno de alta densidad y ABS (nombre genérico de resinas derivadas del acrilonitrilo, del butadieno y del estireno, comercialmente conocido como Lustran y fabricado por Monsanto), se continuó la investigación y desarrollo de este termosellante "pelable" de usos generales.

La alternativa por la que optamos fué la formulación de termosellantes a base de Elvax (nombre comercial de un copolímero de etileno y acetato de vinilo fabricado por Dupont) y ceras microcristalinas, pero debido a la alta viscosidad de estas mezclas la mejor opción en México es formularlas y prepararlas para un extrusor.

Estas mezclas de alta viscosidad se manejan en Estados Unidos y en Europa en equipos muy veloces

llamados Curtain Coater y su uso extendido es en la fabricación de envolturas flexibles para puros.

En México no hay Curtain Coaters y en cambio hay muchos equipos de recubrimiento y laminación por extrusión, principalmente de la marca Egan. Estos equipos son adecuados para manejar viscosidades de 100 000 cps o más.

Los experimentos que se hicieron consisten principalmente en manejar diferentes tipos de Elvax, fundamentalmente el Elvax 750, 760 y 770, cada uno con las siguientes características: (1)

| Elvax | Indice de fusión (melt index) | % de acetato de vinilo |
|-------|----------------------------------|------------------------|
| 750 | 6.3 _____ 7.7 | 8.0 _____ 10 |
| 760 | 1.8 _____ 2.2 | 8.8 _____ 9.8 |
| 770 | 0.6 _____ 1.0 | 8.5 _____ 10.5 |

Se realizaron tres experimentos utilizando en cada uno el mismo porcentaje de estos diferentes Elvax que corresponden a un 40% y se les agregó a cada una 10 % de parafina refinada 1022 fabricada en México por la compañía Multiceras que tiene las características que se señalan en la hoja de especificaciones PF2 0001000 que se

anexa (tabla n° 3). El resto fué cera microcristalina de alta viscosidad y alto punto de fusión. Al conjunto se le adicionó un agente antioxidante y un plastificante en proporción minoritaria. La parte más difícil de este proceso es incorporar todos los componentes en un mezclador común debido a la alta viscosidad por ello fué necesario hacer la homogeneización de esta mezcla en un extrusor de 2 1/2 pulgadas de diámetro, de relación L/D de 20:1 y con un dado de tipo espagueti. En este extrusor se homogeneizó la mezcla y se hizo la operación denominada "pelletizar" . Más adelante se describe el procedimiento para depositar este termosellante sobre aluminio y sobre propileno biorientado.

Cuando utilizamos aluminio para la fabricación de la tapa "pelable" es muy importante asegurarse de que las especificaciones cumplan estrictamente con la norma internacional, particularmente en cuanto al contenido de magnesio y de manganeso.

Cuando el magnesio en la hoja de aluminio excede la norma (ver la tabla n° 2 de tolerancias) ocurre por hidrólisis una migración de éste como hidróxido, produciendo una desintegración de la laminación y un rechazo a la laca "pelable" termosellante. La

TABLA Nº 3

ESPECIFICACIONES DE LA PARAFINA REFINADA

| PROPIEDADES FÍSICAS | UNIDADES | ESPECIFICACIONES | | |
|------------------------|----------|------------------|-----------|--------|
| | | MÍNIMA | ESTANDARD | MAXIMA |
| PUNTO DE FUSION | " C | 60 | 62 | 64 |
| PUNTO DE CONGELAMIENTO | " C | 58 | 61 | 62 |
| COLOR | ----- | 0 | 0 | 0 |
| PENETRACION 25° C 100G | dmm | 4 | 5 | 6 |
| CONTENIDO DE ACIDIL | % P | 0.2 | 0.4 | 0.8 |
| VISCOSIDAD A 98.8° C | SUS | 12 | 14 | 38 |
| FLASH POINT | " C | 220 | 235 | 230 |
| FIRE POINT | " C | 230 | 235 | 240 |
| DENSIDAD | g/l | 0.74 | 0.76 | 0.78 |

consecuencia de esta desintegración de la laminación es que las charolas se abren espontáneamente en el mercado.

Para un fabricante de envases es sumamente difícil comprobar que el magnesio o el manganeso, que también crea muchos problemas de adherencia de adhesivos y recubrimientos, exceden la norma internacional y por ello el único camino es asegurarse de la ética del proveedor y negociar adecuadamente la norma o normas de calidad.

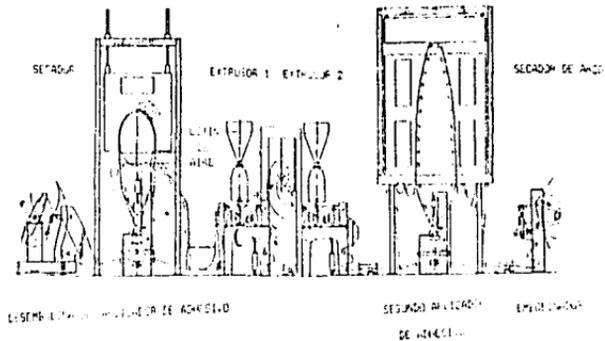
Al inicio del presente capítulo se menciona que en este trabajo se produjeron y se probaron cuatro diferentes combinaciones. Hemos descrito la primera.

La segunda, se hizo básicamente de la misma forma que la primera, con una sola excepción y esto es que el montaje o laminación del papel con aluminio se hizo sustituyendo el adhesivo por polietileno extruido. El proceso se llama laminación por extrusión y requiere de una máquina completamente diferente a la laminadora Faustel en la primera experiencia.

Para esta laminación se usó un equipo Black Clawson esquema n° 11 denominado tandem de laminación

ESQUEMA Nº 11

TANDEM BLACK CLAWSON



debido a que contiene dos extrusores en línea y dos unidades de depósito de adhesivo con sus correspondientes equipos de secado.

El tandem Black Clawson opera a velocidades lineales de 1 000 metros por minuto y en un solo paso se puede hacer el montaje de papel sobre aluminio y el depósito de la laca "pelable" termosellante sobre el aluminio o bien el recubrimiento por extrusión del termosellante extrudable fabricado con Elvax y ceras microcristalinas.

El montaje del papel impreso y barnizado, sobre el aluminio se hizo utilizando 12 gramos por metro cuadrado de polietileno de baja densidad, fabricado por Pemex con el número PX 17070 L. Para tener una idea más clara del procedimiento ver el esquema n° 11 adjunto.

El tandem es el mecanismo más eficiente para fabricar las tapas asunto de la presente tesis, pero en todo el país, solamente dos compañías disponen de él, por ello fué importante desarrollar otros métodos que aún cuando son menos eficientes se puede hacer en equipos menos costosos.

El papel glassine impreso y laminado se monta en el desembobinador principal del tandem y se hace pasar, después de que se regula la tensión, por una unidad para depositar sobre el lado no impreso una solución promotora de adhesión que consiste principalmente de alcohol isopropílico y un compuesto de la familia de los silanos el cual deja un tenue depósito sólido muy flexible y muy transparente que incrementa notablemente la adherencia del polietileno que fluye del dado del extrusor n° 1 como lo indica el esquema.

El papel entra al secador en donde se elimina el alcohol isopropílico y a la salida se orienta hacia el NIP de laminación (esquema n° 6).

Del extrusor n° 1 sale o escurre una cortina de polietileno fundido a la temperatura de 315° C (610° F), que contacta, por un lado al papel y por el otro a la hoja de aluminio quedando el polietileno entre los dos sustratos.

El NIP de laminación está formado por dos rodillos uno de hule para hacer presión y otro de metal con circulación interior de agua fría para solidificar a la cortina de polietileno, cuyo espesor es de media

milésima de pulgada y el cual al enfriarse hace las veces de adhesivo. De allí la estructura papel - polietileno - aluminio se orienta hacia el segundo extrusor en donde se deposita hacia el aluminio el termosellante "pelable" formulado con Elvax y ceras microcristalinas.

De la manera descrita, la operación de laminación o montaje del papel sobre aluminio y el depósito de termosellante "pelable" sobre la cara libre del aluminio, se hace en un solo paso a la velocidad de 1000 metros por minuto. Imposible pensar en una mayor eficiencia.

Los resultados obtenidos por esta laminación fueron los más satisfactorios pero se insiste, el equipo de laminación es muy costoso y para usarlo eficientemente los tonalajes de producción deben ser mucho mayores que los que el mercado mexicano de tapas "pelables" consume.

Por las razones anteriores, particularmente de tipo económico fué necesario probar con estructuras más sencillas, es decir, con materiales más baratos pero que pueden satisfacer los requerimientos varias veces mencionados, de las tapas "pelables".

En los experimentos 3 y 4 mencionados, el aluminio se sustituye por películas plásticas con apariencia de aluminio, lo que reduce notablemente el costo. Estas películas de polipropileno biorientado y de poliéster se recubren por una de sus caras con aluminio vaporizado a la temperatura del arco eléctrico al vacío, en equipos especiales de doble cámara.

La película plástica con un promotor de adhesión en una de sus caras entra en forma continua a una velocidad de 50 metros lineales por minuto a la cámara de vacío en donde el aluminio en forma de lingotes es calentado y vaporizado. Por atracción electrostática el vapor de aluminio se condensa y se adhiere firmemente en la superficie preparada de la película plástica dejando un depósito de unas cuantas micras de espesor, pero suficiente para producir la apariencia del aluminio.

Los experimentos 3 y 4, se hicieron con película de polipropileno biorientado y con película de poliéster metalizadas por el proceso descrito.

El experimento 3 consiste en laminar o unir con un adhesivo una película de polipropileno transparente,

impresa por el reverso, es decir la tinta de impresión va a estar del mismo lado que el adhesivo a una película del mismo material metalizada. Las caras que quedan hacia el interior de la laminación son las que soportan a la tinta al adhesivo y al depósito de aluminio como se indica en el esquema.

FIGURA 4



Los problemas químicos y los problemas técnicos de esta estructura son muy diferentes a los enfrentados en los experimentos 1 y 2. Las diferencias son:

a) Las tintas de impresión van a estar en contacto con el adhesivo.

b) Las películas plásticas se distorsionan más con la tensión y con la temperatura que el papel y el aluminio.

c) El aluminio depositado por el proceso de alto vacío es muy sensible a la acción de algunos solventes que debemos usar en los procesos de laminación y de impresión.

En el inciso a) se menciona que las tintas de impresión y el adhesivo de laminación van a reaccionar entre sí debido a que unas se ponen encima del otro. Por lo comentado es necesario conocer con detalle el comportamiento químico de todos los componentes de las tintas y el de todos los componentes del adhesivo. Debe existir una compatibilidad química entre tintas y adhesivo para que unas no agredan al otro. Las agresiones pueden ser desprendimiento de la tinta, cambio de tonalidad de los colores, delaminación. Para encontrar en forma práctica la mejor tinta para el adhesivo que nos vemos obligados a usar se probaron tres diferentes tipos de resinas básicas para su formulación:

- a) nitrocelulosa, RS y SS
- b) poliamida
- c) Acrilatos y metacrilatos

Las tintas de impresión son una suspensión de un pigmento finamente dividido en un vehículo que es

c) El aluminio depositado por el proceso de alto vació es muy sensible a la acción de algunos solventes que debemos usar en los procesos de laminación y de impresión.

En el inciso a) se menciona que las tintas de impresión y el adhesivo de laminación van a reaccionar entre sí debido a que unas se ponen encima del otro. Por lo comentado es necesario conocer con detalle el comportamiento químico de todos los componentes de las tintas y el de todos los componentes del adhesivo. Debe existir una compatibilidad química entre tintas y adhesivo para que unas no agredan al otro. Las agresiones pueden ser desprendimiento de la tinta, cambio de tonalidad de los colores , delaminación. Para encontrar en forma práctica la mejor tinta para el adhesivo que nos vemos obligados a usar se probaron tres diferentes tipos de resinas básicas para su formulación:

- a) nitrocelulosa, RS y SS
- b) poliamida
- c) Acrilatos y metacrilatos

Las tintas de impresión son una suspensión de un pigmento finamente dividido en un vehículo que es

alguna de las resinas arriba mencionadas. Además de la resina se agregan plastificantes y solventes.

Cuando se trabaja con adhesivos de poliuretano como se hizo en el presente trabajo, las tintas de nitrocelulosa y acrílicas dan los mejores resultados. (3)

Como la impresión de las películas plásticas y de los papeles probados, se hizo por el método de flexografía, los solventes más adecuados fueron los alcoholes, por ello se decidió trabajar con tintas de nitrocelulosa ya que la llamada SS (spirit soluble) es compatible con el isopropanol lo que aumenta la duración y la nitidez de las placas o clichés flexográficos.

Los componentes de la tinta fueron:

| | |
|-----|----------------------|
| 50% | nitrocelulosa SS 1/4 |
| 40% | acetato etilo |
| 2% | óxido de propileno |
| 7% | metil etil cetona |
| 1% | ácido fosfórico. |

Esta mezcla de resinas se combina con el pigmento para dar el color final de la tinta.

Esta tinta de impresión adhiere fácilmente a los más variados sustratos y no produce reacciones secundarias con los adhesivos de poliuretano, es sin

embargo necesario que las películas plásticas sobre las que se hace la impresión tengan una tensión superficial de 40 dinas/cm por lo menos, medida esta tensión con soluciones PILAR.

La otra diferencia importante es que las películas plásticas metalizadas son muy sensibles a la temperatura y a la distorsión dimensional. (6)

Lo anterior significa que la máquina impresora y la laminadora deben estar equipadas con sistemas automáticos que regulen la tensión. El de la laminadora empleada se ilustra en el esquema n° 12 el cual es capaz de manejar películas tan delgadas como un cuarto de milésima de pulgada (5 a 10 Ga).

Las tensiones recomendadas para manejar adecuadamente sustratos delgados se ilustran en la tabla n° 4. (6)

Para las películas metalizadas laminadas en el presente trabajo se usó el sistema regulador de tensión de Black Clawson capaz de regularla entre 0.15 y 0.25 Lb por pulgada lineal.

TABLA Nº 4

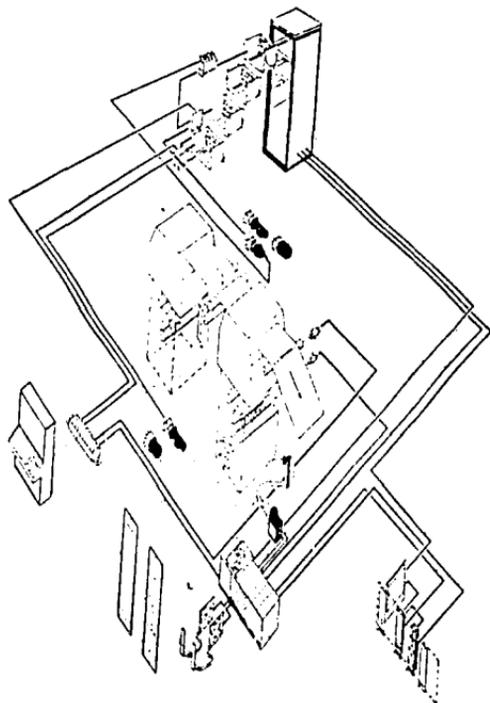
TENSIONES RECOMENDADAS

| MATERIAL | lb-in-mil | g/cm. micra |
|------------------|----------------------------|-------------------------------|
| HOJA DE ALUMINIO | 0.5 - 1.5 (1.0 promedio) | 3.57 - 10.71 (7.14 promedio) |
| CELOFAN | 0.5 | 3.57 |
| ACETATO | 0.5 | 3.57 |
| MYLAR | 0.5 - 1.0 (0.75 promedio) | 3.57 - 7.14 (5.25 promedio) |
| POLIFILÉNO | 0.25 - 0.30 | 1.79 - 2.14 (2.00 promedio) |
| POLIPROPIÉNO | 0.25 - 0.30 | 1.79 - 2.14 (2.00 promedio) |
| POLIESTIRENO | 1.0 | 7.14 |
| SARAN | 0.05 - 0.2 (0.10 promedio) | 0.357 - 1.43 (0.714 promedio) |
| VINILO | 0.05 - 0.2 (0.10 promedio) | 0.357 - 1.43 (0.714 promedio) |

| MATERIAL | lb/in | g/cm |
|------------------------|-----------|-------------|
| 32.54 g/m ² | 0.5 - 1.0 | 89.5 - 179 |
| 65.08 g/m ² | 1.0 - 2.0 | 179 - 358 |
| 97.62 g/m ² | 1.5 - 3.0 | 268.5 - 537 |
| 130.1 g/m ² | 2.0 - 4.0 | 358 - 716 |

ESQUEMA Nº 12

MECANISMO DE CONTROL DE LA TENSION



ESTA TESIS NO DEBE SALIR DE LA BIBLIOTECA

Para la estructura J mencionada, la cual es una laminación de dos películas de bopp, la impresa por el lado que va a quedar hacia el interior de la laminación se va a unir con un adhesivo de poliuretano de alta resistencia química en una máquina laminadora Faustel idéntica a la ilustrada en el esquema n° 10 a otra película del mismo material y del mismo grueso, metalizadas con aluminio como se indicó en el capítulo correspondiente. La cara impresa de una de las películas y la cara metalizada con aluminio de la otra película van a quedar en contacto a través del adhesivo.

El peso de adhesivo en base seca es de 3 gramos por metro cuadrado.

La parte más delicada de este proceso de laminación es el control de la tensión de cada una de las dos películas con el objeto de evitar problemas de arrugas, pliegues y sobre todo de rizamiento llamado en inglés " curling ".

Efectuada la operación de unión o montaje de las dos películas en la máquina laminadora se respeta un lapso mínimo de 24 horas para efectuar la siguiente operación.

La siguiente operación consiste en depositar sobre el lado contrario a la impresión, el termosellante "pelable". La aplicación o depósito del termosellante "pelable" se hace en la misma laminadora Faustel y la fórmula de este termosellante es la descrita anteriormente.

Las consideraciones hechas respecto a la alternativa del uso de un termosellante a base de Elvax y ceras microcristalinas, se probaron también con esta estructura de dos películas de bopp eliminando el "foil de aluminio" con excelentes resultados también.

La última experimentación se hizo con la estructura número 4 que consiste en una película de poliéster, producida en los Estados Unidos de Norteamérica, por la empresa "Dupont" con el nombre comercial de "Mylar", la cual se imprimió en flexografía de la misma manera descrita en el experimento anterior y la cual se montó sobre papel.

La estructura se construyó de la misma manera que la número 3 eliminándose el buen aspecto que produce el aluminio o la hoja metalizada pero simplificando

notablemente los problemas técnicos de fabricación. Es decir, la estructura número 4 es comercialmente menos atractiva pero desde el punto de vista de la protección que imparte al producto envasado, es tan buena como las otras tres y además por la simplificación de las exigencias técnicas es más económica.

El proceso de recubrimiento de la laca termosellante "pelable" sobre la superficie de papel, simplifica también los problemas técnicos.

Las cuatro diferentes estructuras fabricadas y probadas, son adecuadas al propósito original que es conservar el alimento envasado, hacer atractivo y comercial al envase.

Las distintas alternativas del termosellante ya sea como laca vinilica o como material extrudable cumplen con los requerimientos de pelabilidad. La elección de cualquiera de las cuatro depende más que nada de aspectos comerciales, es decir la última palabra la tiene la mercadotecnia.

SELECCION Y/O FABRICACION DE LOS MATERIALES PLASTICOS
TERMOFORMABLES PARA FABRICAR A ALTAS VELOCIDADES LAS
CHAROLAS

A pesar de que la formulación del dulce contiene agentes químicos que preservan su pureza, su consistencia y su sabor, para que la vida del producto sea lo suficientemente amplia garantizando que durante su almacenamiento, su distribución en todo el país y su venta directa al consumidor, el producto no se altere, el envase debe brindar la protección siguiente:

1.- No debe alterarse ni transmitir sabores u olores extraños cuando el producto se envase a temperaturas elevadas.(7)

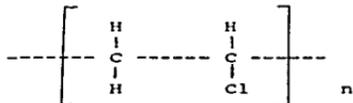
2.- Una vez cerrado, ni la humedad ni el oxígeno del aire deben penetrarlo.(7)

3.- Siendo que el contenido de grasa es mayor de 10%, la charola y la tapa deben ser resistentes a la permeación de grasas y aceites a cualquier temperatura, ya que el producto se distribuye en zonas cálidas y se transporta por carretera en camiones no refrigerados.

4.- Las grasas que contiene el dulce son sumamente sensibles al enranciamiento, el cual se ve favorecido por la radiación U.V. producida por las lámparas de tipo fluorescente que son las más usuales en las tiendas de autoservicio. Por ello la parte transparente del envase, que es la charola, debe ser buena barrera al paso de esta radiación. (7)

Ningún material sólo, puede proporcionar a satisfacción las protecciones mencionadas, por ello se hace necesario combinar, por el proceso de laminación diferentes sustratos.

Antes de describir los procesos de laminación usados en el presente trabajo, es necesario indicar que la charola se fabrica con una hoja continua de PVC poli (cloruro de vinilo).



la cual se suministra en forma de rollos al fabricante del dulce. La hoja de PVC en el momento de su fabricación se recubre por una de sus caras con una emulsión de

policloruro de vinilideno (PVDC) conocido comercialmente con el nombre de Sarán. La operación de recubrimiento la hace el fabricante del PVC y normalmente el depósito de Sarán es sobre la cara interna de la charola. El peso del recubrimiento está por lo general entre 4 y 6 g/m . El Sarán está aprobado por la FDA (Food & Drug Administration) para contacto directo con alimentos.(2)

El Sarán es la mejor barrera que hay contra las grasas y también es una excelente barrera a la radiación. Esto es importante porque debe recordarse que la radiación U.V. acelera el proceso de enranciamiento de las grasas. La hoja de PVC se termoforma inmediatamente antes del llenado con el dulce caliente, por lo que al enfriarse ocurre migración de los plastificantes de la hoja hacia el producto y hacia la zona en donde se hará el sellado (con calor) de la tapa.

Ciertos plastificantes reaccionan adversamente con el termosellante de la tapa, impidiendo un cierre hermético. Es muy importante que el plastificante no sea tóxico. Varias compañías producen en el país hoja de PVC que satisface estos requerimientos pero no todas las hojas tienen la "maquinabilidad" que el equipo de llenado y formado requiere.

En el presente trabajo se hicieron pruebas con hojas de diferentes proveedores, tanto locales como internacionales, habiéndose obtenido el mejor resultado con la hoja de Klökner Pentaplast de Alemania. EL PVC de Klökner está aprobado por la FDA para contacto directo con alimentos y puede recubrirse con facilidad con PVDC, se termoforma con un vacío moderado y con temperaturas también moderadas a altas velocidades, en las máquinas de Montanare.

El plastificante que contiene el PVC de Klökner emigra a la superficie cuando la charola termoformada se enfría, pero en nuestros experimentos encontramos que un recubrimiento a base de resinas vinílicas como la VMCH de Union Carbide neutraliza la migración.

En ausencia del recubrimiento vinílico la tapa de la charola se abre espontáneamente a las pocas semanas de haberse llenado y cerrado el envase.(2)

Para confirmar que la resina VMCH la cual es un terpolímero de cloruro, acetato de vinilo y ácido maléico, bloquea la migración de plastificantes, se llevaron a cabo pruebas con envases termoformados y

llenados con todos los tipos de dulces pastosos que se proyectaba envasar. Se midieron en cada caso, las fuerzas de los sellos hechos con la tapa recubierta con resina VMCH y con testigos sin el recubrimiento.

Las muestras se colocaron en una estufa Blue M con temperatura y humedad controladas y se dejaron un lapso de dos meses, simulando las condiciones más adversas de las zonas del País a donde llega esta golosina.

Cada semana se fueron midiendo en muestras acondicionadas, la fuerza de los sellos, utilizando un Amthor de la TMI que se ilustra en el esquema n° 13.

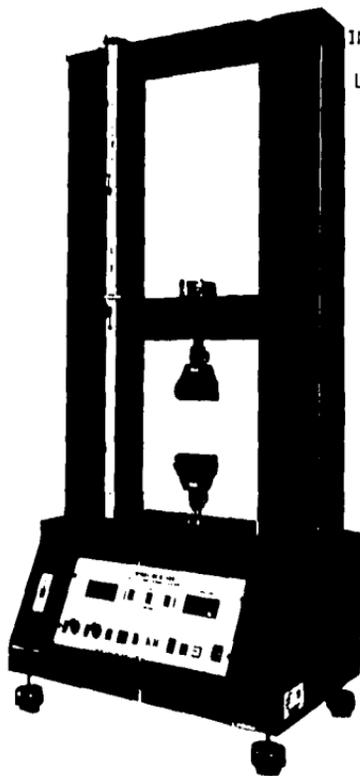
Este instrumento de laboratorio de aceptación internacional, mide la fuerza en gramos requerida para abrir los sellos pelables (ver esquema n° 13 del Tensile Tester QC-2-XDS).

El objeto de la prueba es determinar si la fuerza de sellado que tienen las muestras a la salida de la máquina llenadora, no disminuyen con el tiempo, con la temperatura y con la humedad.

ESQUEMA Nº 13

QC-11-XDS

INSTRUMENTO PARA MEDIR
LA FUERZA DE ADHESION



Los resultados obtenidos nos permitieron confirmar que en todas las muestras que se analizaron y que tenían el recubrimiento con resina VMCH la fuerza de los sellos se mantuvo constante durante la prueba de dos meses, en tanto que las muestras testigo, sin recubrimiento, se abrieron espontáneamente entre los 15 y los 25 días de prueba.

Resultados similares se obtuvieron con películas de PVC adquiridas de proveedores nacionales, pero en todos los casos, encontramos que la migración de los plastificantes alteraba el sabor y el olor de la golosina.

Pruebas de toxicidad efectuadas con animales de laboratorio demuestran que todas las películas probadas pueden usarse para envasar productos alimenticios.

El peligro más grande que puede existir en el uso de la película de PVC, es que contenga monómero libre el cual es cancerígeno. Los fabricantes nacionales e internacionales vigilan muy cuidadosamente que la película salga al mercado libre de monómero. Esta variable debe controlarse muy de cerca tanto en la producción de la película como en la del proceso, de

manera que el contenido de monómero sea menor de 1 ppm. Para evitar este riesgo, en Europa se ha sustituido a la película de PVC por una película muy parecida de poliestireno con la ventaja adicional de que es más barata. (8)

Una de las operaciones más importantes en el proceso de envasado del dulce pastoso es el termoformado al vacío de la hoja de película plástica en las máquinas de altas velocidades como las Carle Montanare, que en un mismo paso termoforman la charola, la llenan con la cantidad medida del producto y la sellan con una tapa de cierre hermético pero de apertura suave.

En el presente trabajo, se realizaron pruebas con poliestireno de procedencia nacional, de diferentes calibres con muy buenos resultados mecánicos, es decir, con buenos resultados cuando la charola ya está termoformada, pero en comparación con la película de PVC, el termoformado se dificulta, particularmente cuando la charola es muy profunda debido al debilitamiento de las aristas de la misma. Lo anterior es debido a que las propiedades termoviscosas del PVC se prestan más a fluir en el molde metálico en donde se hace el vacío.

La charola de PVC es también más transparente que la del poliestireno especialmente después de haberse hecho el recubrimiento con Sarán.

Por su alto rendimiento, la película de poliestireno es mucho más barata y previendo que en un futuro cercano esta golosina sea exportada a Europa conviene hacer mayores investigaciones sobre el poliestireno.

Las mismas pruebas que se describieron para la película de PVC se hicieron con la película de poliestireno obteniéndose resultados muy parecidos. Sin embargo el termosellante que lleva la tapa pelable no funciona igual sobre la charola de PVC que sobre la charola de poliestireno y por lo tanto las pruebas de protección que brinda el envase, favorecieron al PVC.

Se intentó hacer una formulación diferente de termosellante para que sellara sobre la charola de poliestireno pero las materias primas que intervienen son más caras y con ello se anula la ventaja del menor precio del poliestireno.

En el presente trabajo se probó también la película de polietileno de alta densidad, especialmente formulado para termoformado al vacío, pero debido a que la máquina Carle Montanare de formado, llenado y sellado no está diseñada para esta película, los resultados fueron muy desalentadores. Siendo que el polietileno de alta densidad es más barato que las películas mencionadas anteriormente, no se descarta la posibilidad de que en máquinas de formado, llenado y sellado diseñadas específicamente para manejar esta película, los resultados sean muy buenos.

PRUEBAS EN EL MERCADO

Las pruebas en el mercado se dividen en dos grupos. El primer grupo pertenece a la parte de la charola, en la cual debemos probar lo siguiente: primero la resistencia mecánica, segundo la resistencia a la acción de la luz U.V., ya que como lo indicamos en su oportunidad, la luz ultravioleta acelera el proceso de descomposición de las grasas produciendo enranciamiento, tercero, probar si en el mercado la charola resiste el manejo, especialmente el manejo de los niños. El segundo grupo corresponde a la tapa, en la cual tenemos que probar si cumple con los requisitos, es decir si brinda protección al material grasoso envasado, así como que durante el transporte el cierre sea hermético, que cuando vaya a consumirse el producto, la apertura sea fácil, importa saber si al abrir la envoltura, la charola queda limpia en la orilla, esto es, que no exista desprendimiento alguno de los componentes de la tapa que se transfieran a la charola. Por otro lado es importante probar si en comparación con otros productos similares o equivalentes en el mercado el diseño gráfico, la forma, el tamaño y los colores que se han elegido para hacer esta envoltura, propician la venta, es decir despiertan interés en el consumidor. Esta prueba no hay modo de

llevarla a cabo más que haciendo observaciones directamente en el mercado. (4)

Para poder hacer estas pruebas es necesario hacer una producción piloto identificada. Esta producción tiene que salir al mercado ya que es muy difícil simular dentro de una planta las condiciones de clima, humedad, manejo, transporte, costumbres de la localidad que en el mercado de la República Mexicana. Recordemos que el producto alimenticio, es decir la golosina que se está envasando va a distribuirse en la zona norte del país que tiene ciertas condiciones de temperatura, clima, situación socioeconómica de igual manera que en el centro del país o bien en el sureste con otras características muy diferentes, de tal suerte que el camino consistiría en hacer una producción de los distintos sabores que nos interesa comercializar, llenarlos en la fábrica en las condiciones normales de producción, es decir a las velocidades que las máquinas requieren, enviar el producto marcado al mercado y muestrearlo, regresar ciertas muestras del material típicas de ciertas zonas y analizar en el laboratorio de la fábrica si las condiciones señaladas al inicio del presente capítulo se cumplieron, fundamentalmente la protección y la presentación.

Hay otro aspecto que es importante y que si bien no es un asunto de aspecto técnico si es fundamental para que el negocio pueda serlo y se refiere al costo. Deberíamos ver si los costos de producción comparados con otros costos justifican que el material se desarrolle de una manera comercial. Para ello, se hizo una producción en las máquinas habituales del cliente con las características estrictamente reales sin ningún cambio especial en las formulaciones de la golosina y se envasaron en las distintas pruebas que nosotros hicimos. Fundamentalmente se probaron dos tipos de charola: con PVC y con poliestireno. La hoja con la cual se termoforma la charola en la prueba A fué poliestireno, la hoja en la prueba B fué PVC. En ambos casos las dos hojas con las cuales se hizo el termoformado estaban recubiertas en su interior con Sarán, es decir policloruro de vinilideno. Las cantidades que se utilizaron en gramos por metro cuadrado de la resina de Sarán son las mismas en ambas pruebas. Los resultados en las máquinas fueron bastante similares aunque desde luego resulta más fácil en cualquier máquina trabajar la hoja de PVC, ya que se puede trabajar a altas velocidades y resiste más las variantes en la temperatura y en la presión. Desde el punto de vista estrictamente proceso, las dos hojas con

las que se termoforma la charola dieron resultados satisfactorios.

Ahora bien, se trata de ver en el mercado cual de las dos tuvo mayores ventajas. La película de poliestireno con la que se forma la charola de poliestireno es por razones de rendimiento, es decir el número de piezas que pueden obtener por cada kilo es 10% más barata que la de PVC. El comportamiento reportado en el mercado de la resistencia mecánica de las charolas fué como sigue: estos datos que son estadísticos indican que de una partida de 10 000 charolas distribuidas en zonas estratégicas de la República, fabricadas con la resina de PVC, el porcentaje de falla mecánica que se obtuvo en todas las operaciones que van desde el llenado en la fábrica, llenado de los corrugados en donde se hace el primer envase, transporte a las zonas de consumo, transporte interno en los supermercados y manejo normal de la clientela, fué de 2.5%, es decir de esta partida, 250 charolas se dañaron. De estas charolas que se dañaron se hizo un análisis cuidadoso para ver cuál era la falla debida al uso y cuál era la falla debida al abuso, encontrándose que casi la totalidad de las fallas fueron debidas a abusos, fundamentalmente a estibado inadecuado de los corrugados que contienen estas cajas; lo que

significa que las charolas de PVC satisfacen plenamente las exigencias físicas de transporte y uso del material. En comparación una prueba idéntica se realizó con las charolas formadas con poliestireno, habiéndose obtenido resultados similares, es decir, el abuso fué el que deterioró más que el uso. Sin embargo el porcentaje es un poco mayor, el poliestireno es un material ligeramente más debil en el manejo para este uso que el PVC. Entonces el poliestireno tiene la doble ventaja, de ser más barato y tener prácticamente la misma resistencia. Sin embargo el poliestireno no puede trabajarse en las máquinas del cliente, en las máquinas llenadoras automáticas a la misma velocidad que el PVC. De cualquier manera como la política Internacional es eliminar hasta donde sea posible los compuestos del PVC por los riesgos carcinogénicos, parece que el desarrollo de este material se orientará fundamentalmente hacia otros tipos de poliestireno para mejorar las características aquí descritas. El resultado que podemos decir es que la prueba de resistencia física en el mercado es totalmente satisfactoria.(10)

El comportamiento de la tapa a la cual llamamos del tipo pelable se basa primero en saber qué hermeticidad proporciona la tapa, es decir la protección

que presenta para el manejo normal en el mercado. Recordemos que nosotros hicimos dos alternativas en el presente trabajo. En la primera la laminación que se hizo para la tapa es papel/ aluminio/ laca termosellante, a la cual llamaremos A. La segunda corresponde a película de poliéster/ aluminio/ laca termosellante, a la que llamaremos B. La película de poliéster que utilizamos comercialmente se conoce con el nombre de "Mylar". Esta película de poliéster tiene ciertas ventajas frente al papel. La principal ventaja es que por ser una película transparente se puede imprimir por el reverso, el brillo que obtiene, es decir la apariencia es mucho más atractiva que el papel, aunque el papel es más barato y en cierta forma presenta ventajas por la facilidad con la que se rasga o bien se abre la envoltura, hace más fácil el consumo para los niños. Por el contrario el poliéster es más resistente a la pintura y por tanto es de esperarse que en el mercado el daño a la tapa ocurrido por el manejo normal sea menos en la película de poliéster. De cualquier manera se enviaron al mercado ambas estructuras. El segundo aspecto a probar en la tapa, es el grado de pelabilidad, el cual está en relación con el grado de hermeticidad. Si se desea que la tapa se pele fácilmente también es posible que en el mercado se abra, y genere los problemas correspondientes,

por consiguiente es un poco difícil cuantificar de una manera numérica cuál es el grado o la fuerza que se requiere para fabricar una buena tapa pelable y que al mismo tiempo sea una tapa hermética. La única manera es contando el número de reclamos de una partida grande de la producción. Los resultados obtenidos con las tapas de las charolas de poliéster señalan una notable ventaja en cuanto a la protección en este material, misma que además se incrementa por el hecho de que el consumidor considera más atractiva y vistosa la impresión a través de la hoja transparente de la película de poliéster. En todos los mercados los resultados que se obtuvieron con la pelabilidad de las opciones propuestas en el presente trabajo fué satisfactorio. No hubo ni un solo caso de reclamo de residuos del material termosellante en la orilla de la charola. Por lo demás el desempeño de la etiqueta, o sea de la tapa, en la máquina durante el proceso de llenado es idéntico en ambas. La película de poliéster presenta una pequeña desventaja, algunas veces se carga de estática, cosa que no ocurre con el papel. Pero la compañía ha instalado unos sistemas especiales electrónicos para controlar la electricidad acumulada y los resultados al final de cuentas favorecen a la estructura con poliéster. Por tanto, la compañía ha decidido comercializar esta.

El otro aspecto importante para decidir si la charola y la tapa están cumpliendo con su función es hacer una prueba que no llegue al consumidor sino que se envíen las charolas llenas, tapadas con el producto habitual en los sitios acostumbrados de distribución y venta pero que no se vendan sino que se regresen a la fábrica para hacer un análisis de las características organolépticas y fisicoquímicas del material después de haber estado almacenado un cierto tiempo en los lugares de consumo. Esta prueba se llevó a cabo con mucho cuidado. El camino que se siguió para evitar que por accidente el consumidor pudiera tomar las charolas sometidas a la prueba fué imprimir únicamente con una tinta sin ningún letrero. Esto quiere decir que estas charolas se encuentran en el mercado pero que el cliente aún cuando las ve, no sabe exactamente de qué se trata, no se indica la marca, la fórmula ni el sabor sino solamente se pone un número. Con este número se mantienen un cierto tiempo, el promedio de vida que se espera y para un producto de este tipo es mínimo un mes. Después de dos meses se regresaron con muchas precauciones a los laboratorios de la fábrica y en los laboratorios se repitieron todas las pruebas organolépticas o sea el grado de rancidez a través del número ácido, el sabor, el

color, la consistencia, la presencia de microorganismos inocuos o patógenos dentro de la charola.

Los resultados obtenidos fueron totalmente satisfactorios, asegurándose en todos los casos que la charola, de cualquiera de los dos materiales, y tapa de cualquiera de los dos materiales y termosellante pelable que se decidió usar satisfacen todos los requerimientos de protección y presentación.

CONCLUSIONES

con base en los resultados obtenidos durante el desarrollo del presente trabajo, podemos afirmar lo siguiente:

- 1.- En México, se puede diseñar y fabricar un envase para dulces pastosos que imparta al producto protección y que al mismo tiempo le dé presentación, manteniéndose dentro de un costo razonable.
- 2.- Nuestro país cuenta con el equipo y la tecnología necesarios, así como con los materiales para la elaboración del envase propuesto. De hecho los sustratos que se emplean son de origen nacional, tales como el polipropileno biorientado, el papel glassine, las resinas (polietileno de baja densidad fabricada por Petróleos Mexicanos), tintas y adhesivos.
- 3.- Los únicos productos que deben importarse para tal efecto son ciertas resinas, como se ha mencionado, y la película de poliéster. Esta dependencia se debe a la poca demanda existente en nuestro país y al alto costo de elaboración.

4.- De los materiales empleados, el aluminio mexicano es el único que presenta cierto problema de calidad, debido al exceso de "Pin Hole" que presenta y que se compensa haciendo recubrimientos de "Sarán".

5.- El proceso de metalizado al vacío se realiza en películas, tanto mexicanas como extranjeras obteniéndose una calidad comparable a la extranjera.

6.- Con base en las pruebas de calidad que se realizan sobre estándares internacionales el producto está a la altura de sus similares de otros países. Esto se debe principalmente a las exigencias del mercado ya que una gran parte de los fabricantes de productos alimenticios y farmacéuticos en México son filiales de compañías europeas o norteamericanas y esas compañías imponen una tecnología que el fabricante de envases tiene que cumplir.

7.- Algunas compañías fabricantes de envases en México cuentan con el apoyo y la asesoría de empresas internacionales tales como Continental Can de Estados Unidos y British Cellophane de la Gran Bretaña.

8.- Por otra parte debemos resaltar que los diseños gráficos que se hacen en nuestro país son en muchos aspectos más atractivos y de mejor calidad artística que los que se hacen principalmente en los Estados Unidos de Norteamérica.

9.- En México realmente existen posibilidades de negocios muy interesantes, como es el diseño de envolturas adecuadas para la conservación como por ejemplo de chiles en vinagre, los cuales tienen gran aceptación particularmente al sur de los Estados Unidos de Norteamérica, pero que recientemente se han visto restringidas por el envase habitual de comercialización que es la lata. El envase flexible es una respuesta a ésta limitación ya que usando envases parecidos a los que hemos diseñado para la golosina se vencen las restricciones actuales si el mercado es suficientemente amplio.

BIBLIOGRAFIA

- 1 .- SKEIST I.
HANDBOOK OF ADHESIVES
VAN NOSTRAND REINHOLD COMPANY
- 2 .- PAYNE HENRY FLEMING
ORGANIC COATING TECHNOLOGY VOL. I & II
JOHN WILEY & SONS, INC.
- 3 .- KORSHAK AND VINOGRADOVA
POLYESTERS
PERGAMON PRESS
- 4 .- IVES, MEAD & RILEY
HANDBOOK OF PLASTICS TEST METHODS
PUBLISHED FOR THE PLASTICS INSTITUTE
- 5 .- ORVILLE J. SWEETING
THE SCIENCE AND TECHNOLOGY OF POLYMER FILMS VOL. I &
II.
WILEY INTERSCIENCE
- 6 .- BRISTON J.H.
PLASTICS FILMS
PUBLISHED FOR THE PLASTICS INSTITUTE
- 7 .- HEID AND JOSLYN
FUNDAMENTALS OF FOOD PROCESSING OPERATIONS
THE AVI PUBLISHING COMPANY, INC.
- 8 .- HARPER C.A.
HANDBOOK OF PLASTICS AND ELASTOMERS
MCGRAW-HILL BOOK COMPANY
- 9 .- HANLON H.F.
HANDBOOK OF PACKAGE ENGINEERING
SEGUNDA EDICION
MC GRAW HILL
1984

10.- PERRY R.H.
CHEMICAL ENGINEERS HANDBOOK
SEXTA EDICION
MC GRAW HILL
1984