

13
Dej



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN

"APLICACION Y CONTROL DEL PVC EN LA
FABRICACION DE DISCOS FONOGRAFICOS"

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

T E S I S
Que para obtener el Título de
INGENIERA QUIMICA
p r e s e n t a
MA. BELEM TEJEIDA HERNANDEZ



Director de Tesis:
I.Q.I. ALVARO LEO RAMIREZ

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEX. 1991



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 está 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.

INDICE**INTRODUCCION****CAPITULO I
GENERALIDADES SOBRE PLASTICOS**

- I.1 CLASIFICACION DE LOS PLASTICOS
- I.1.1 Termoplásticos.
- I.1.2 Termofijos.

**CAPITULO II
CLORURO DE POLIVINILO (PVC)**

- II.1 PROPIEDADES DEL PVC
- II.2 FORMAS DE OBTENCION
- II.2.1 Obtención del monomero.
- II.2.2 Polimerización del monómero.
- II.2.3 Procesos de polimerización.

**CAPITULO III
ADITIVOS DEL PVC**

- III.1 LUBRICANTES
- III.1.1 Lubricación externa.
- III.1.2 Lubricación interna.
- III.2 PLASTIFICANTES
- III.2.1 Compatibilidad.
- III.2.2 Efecto de la estabilidad térmica.
- III.2.3 Propiedades de permanencia.
- III.3 ESTABILIZADORES
- III.3.1 Función del estabilizador.
- III.3.2 Tipos de estabilizadores.
- III.3.3 Usos de estabilizadores.
- III.4 CARGAS
- III.5 PIGMENTOS
- III.6 AYUDA DE PROCESO
- III.7 MODIFICADORES DE IMPACTO
- III.8 MODIFICADORES DE FLUJO
- III.9 ANTIESTATICOS

**CAPITULO IV
PROCESOS DE TRANSFORMACION**

- IV.1 EXTRUSION
- IV.1.1 Condiciones de procesado.
- IV.2 INYECCION
- IV.2.1 Condiciones de procesado.
- IV.3 COMPRESION

CAPITULO V FORMULACIONES PARA PVC

- V.1 EXTRUSION
- V.1.1 Compuestos generales.
- V.1.2 Cables.
- V.1.3 Compuestos rígidos.
- V.2 MOLDEO POR INYECCION
- V.2.1 Compuestos plastificados.
- V.2.2 Compuestos para botella.
- V.3 MOLDEO POR COMPRESION
- V.3.1 Compuestos para discos fonográficos.

CAPITULO VI REOLOGIA

- VI.1 MODELOS MATEMATICOS
- VI.1.1 Flujo Newtoniano.
- VI.1.2 Ley de la potencia.
- VI.2 CLASIFICACION DE LOS MATERIALES
- VI.3 PROPIEDADES REOLOGICAS

CAPITULO VII PROCESO DE LA FABRICACION DE DISCOS FONOGRAFICOS

- VII.1 IMPRESION DE ETIQUETA
- VII.1.1 Teoría.
- VII.1.2 Obtención de etiquetas.
- VII.2 ELABORACION DE MATRICES
- VII.2.1 Teoría.
- VII.2.2 Obtención de matrices.
- VII.3 ELABORACION DE MEZCLA SECA
- VII.3.1 Formulación.
- VII.3.2 Características de las materias primas.
- VII.3.3 Obtención de la mezcla seca.
- VII.4 PRENSAJE DE DISCOS FONOGRAFICOS
- VII.4.1 Extrusión de la mezcla seca.
- VII.4.2 Prensaje de los discos en molde por compresión

CAPITULO VIII EXPERIMENTACION Y RESULTADOS

VIII.1 EXPERIMENTACION CON INSTRON REOLOGICO

VIII.1.1 ¿Como funciona el instron reológico?

VIII.1.2 Pruebas realizadas.

VIII.1.3 Lotes de resina y sus características.

VIII.1.4 Resultados.

VIII.1.5 Interpretación y agrupación de resultados. Gráficas.

VIII.1.6 Conclusiones.

VIII.2 EXPERIMENTACION CON VISCOSIMETRO BROOKFIELD

VIII.2.1 ¿Como funciona el brookfield?

VIII.2.2 Pruebas realizadas.

VIII.2.3 Lotes de resina y sus características.

VIII.2.4 Resultados.

VIII.2.5 Interpretación y agrupación de resultados.

VIII.2.6 Conclusiones.

CONCLUSIONES GENERALES

ANEXO A

ANEXO B

ANEXO C

BIBLIOGRAFIA

INTRODUCCION

La fabricación de discos fonográficos es una industria versátil y muy interesante, ya que requiere de diversos procesos para obtener el producto final: el disco.

La habilidad de un ingeniero químico es imprescindible en esta industria, tanto por sus conocimientos técnicos como por su capacidad para organizar, administrar y mejorar procesos.

Su presencia es requerida casi en todos los procesos necesarios para la elaboración de los discos, a saber :

En galvanoplastia por el control electroquímico de las soluciones; en imprenta por sus conocimientos del papel, cartón y tintas; en el departamento de mezclas por la elaboración de la mezcla seca de PVC, en prensas (lugar donde se fabrican propiamente los discos) por la combinación de todos los productos obtenidos en las diversas áreas, aunque principalmente por la fusión de la mezcla seca de PVC.

El presente estudio se enfoca a la elaboración de la mezcla seca, para lo cual se desarrollaron los cinco primeros capítulos en los cuales se introduce desde los plásticos, lo que es el cloruro de polivinilo y su obtención, los aditivos a las resinas de PVC (cuales son y como actúan), los procesos de transformación del PVC hasta diversas formulaciones y usos. Esto se desarrolló con la finalidad de ubicar a los plásticos, en especial al PVC, dado que su uso es muy diverso y entre ellos, el de la elaboración de los discos fonográficos.

Se continúa con un capítulo de reología definiendo que es y su importancia para clasificar y estudiar a los polímeros. Es a partir de la reología que se desarrolló este estudio.

Asimismo, se abrió un apartado especial referente a la fabricación de discos fonográficos, donde se comenta como se inició esta industria y como se elaboran las tres materias primas para obtener el disco.

Posteriormente se habla de la experimentación que se efectuó y de los resultados obtenidos hasta llegar a las conclusiones.

CAPITULO I

GENERALIDADES SOBRE PLASTICOS

El término plástico es aplicado a un grupo variado de materiales sintéticos. En sí, esta palabra significa que se trata de un material capaz de ser moldeado, ya sea para cambiar posteriormente de forma o bien para que después de ser transformado en un objeto final, no se le pueda moldear más.

Las resinas plásticas están constituidas por muchas unidades idénticas llamadas monómeros, las cuales están químicamente unidas unas a otras para producir estructuras que semejan largas cadenas llamadas polímeros. Cada cadena es llamada una molécula polimérica y está unida a otras cadenas similares por fuerzas físicas llamadas de Van der Waals y no así por enlaces químicos.

Dependiendo de la composición, los polímeros pueden ser: Homopolímeros y Copolímeros.

Los homopolímeros están constituidos por unidades de un mismo monómero, los cuales van formando la molécula.

Los copolímeros se constituyen por dos o más unidades químicas de diferentes monómeros, los cuales reaccionan entre sí para formar la cadena del polímero.

Hoy en día existe una variedad de familias de plásticos con un gran significado comercial y definiendo una de la otra. Por ejemplo: un plástico puede ser suave (poliuretano) ó duro (melamina); claro (acrílico) u opaco (resinas fenólicas); resistente al calor (silicones) o ablandecido por agua caliente (polietileno); más ligero que el agua (polipropileno) o más pesado que el plomo (epoxidado cargado con plomo).

Dentro de este grupo de familias hay también amplias diferencias entre los materiales. Se pueden obtener diferentes propiedades por el cambio del peso molecular y por la estructura geométrica de un polímero. Asimismo se modifican las propiedades del polímero cuando se adicionan cargas, plastificantes u otros aditivos.

Cada plástico tiene una particular combinación de propiedades, requerimiento de procesado y costos económicos, lo cual los hace adecuados para ciertas aplicaciones e inadecuados para otras.

I.1 CLASIFICACION DE LOS PLASTICOS

Todos los materiales plásticos se dividen en dos clases: Termoplásticos y Termofijos.

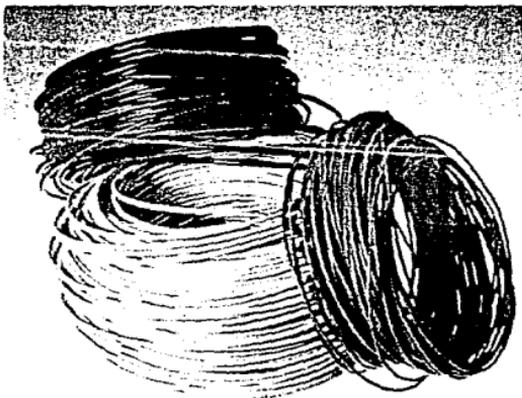
Esto es de acuerdo a la manera en que se comportan los plásticos bajo calentamientos y enfriamientos sucesivos.

I.1.1 TERMOPLASTICOS

Los termoplásticos son aquellos que requieren de calor y posteriormente de enfriamiento para tomar alguna forma. Pueden ser recalentados y remodelados en nuevas y diferentes formas un cierto número de veces sin que se cambien significativamente sus propiedades. Sería como el caso de una cera parafínica, la cual puede ser repetidamente fundida por el calor y solidificada por enfriamiento sin un significativo rompimiento de cadena. Esta es la razón por la cual un termoplástico puede ser reprocesado sin dificultad.

Como ejemplo de termoplásticos tenemos al polietileno, poliestireno, policloruro de vinilo, celulosa, ABS, y al nylon.

Figura 1.1.1
Termoplástico



1.1.2. TERMOFIJOS

Son aquellos plásticos que requieren también de calor para tomar alguna forma, pero adquirida ésta, es permanente.

Después de que un termofijo es moldeado, generalmente por presión y calor, no puede ser fundido o remodelado. El calentamiento de un termofijo es como si se cocinara un huevo; una vez que es cocido, toma una forma y ésta permanece. El calor adicional únicamente lo destruiría.

Algunos termofijos típicos son : las resinas fenólicas, ureas, melaminas, etc.

Figura 1.1.2
Termofijo



CAPITULO II

CLORURO DE POLIVINILO (PVC)

El PVC es uno de los plásticos sintéticos más importantes. La resina pura es un termoplástico blanco, duro y rígido pero, agregándole aditivos puede ser suavizada a un grado determinado y obtener imitaciones de cuero y de hule.

El PVC se conoce desde hace más de 100 años, pero no se desarrolló comercialmente hasta 1925 en Alemania.

La resina base puede obtenerse con diferentes grados de polimerización, puede ser modificada con diversos agentes (plastificantes, estabilizadores, lubricantes, etc.) para darle determinadas propiedades de acuerdo con la aplicación final y el equipo de procesado que se vaya a utilizar. El nombre común de "plásticos de vinilo" usualmente se refiere a algún tipo de formulación del PVC.

Las aplicaciones desarrolladas para este tipo de materiales abarca desde aislamientos de cables eléctricos y juguetes inflables hasta botellas para envases de diversos productos y tubería para agua potable, lo cual da una idea de la complejidad y extensión de la industria del vinilo.

Para la obtención de un artículo determinado se tienen tres etapas bien definidas, que son: la obtención del polímero o resina, la manufactura del compuesto, donde se modifican las propiedades de la resina al incorporarle los ingredientes necesarios, y el procesado del compuesto.

II.1 PROPIEDADES DEL PVC

El cloruro de polivinilo es un material blanco, granular de partículas pequeñas y con densidad aparente de 0.29 a 0.64 gr/cm³. No es higroscópico y se clasifica como autoextinguente; comercialmente es conocido como PVC. La estructura del polímero es lineal con grado de ramificación relativamente bajo.

El peso molecular promedio normalmente es del orden de 50,000 a 60,000 aún cuando puede variar de 10,000 a 100,000. La distribución de pesos moleculares es bastante estrecha para pesos moleculares altos y más amplia al disminuir el peso molecular.

II.2 FORMAS DE OBTENCION

II.2.1 OBTENCION DEL MONOMERO

El polímero PVC es hecho del monómero de cloruro de vinilo. La fórmula del monómero es $H_2C=CHCl$. Este es un gas incoloro con un punto de ebullición de $-14^\circ C$ que puede ser líquido a temperatura ambiente si se aumenta la presión. Por esta causa se transporta líquido en carros tanque a presión.

Los métodos comerciales para obtener el cloruro de vinilo son básicamente dos:

a) Cloración de etileno



b) Clorhidratación del acetileno



II.2.2 POLIMERIZACION DEL MONOMERO

El cloruro de vinilo es posteriormente polimerizado en una dispersión acuosa utilizando un catalizador, la reacción se efectúa por un mecanismo de radicales libres que presentan los siguientes pasos:



donde R puede ser un alcohol o un ácido dicarboxílico.

En el primer paso se puede ver la formación de radicales libres, en el segundo se inicia realmente la polimerización, que se propaga mediante un mecanismo de encadenamiento lineal y finalmente termina con la unión de dos cadenas de radicales libres.

II.2.3 PROCESOS DE POLIMERIZACION

El polímero se puede producir mediante cuatro procesos que dan origen a su clasificación:

a) Emulsión

Es el primer proceso comercialmente empleado, en el que se utiliza un agente humectante, jabón y un indicador soluble en agua. El polímero obtenido es de partícula muy fina y el proceso es aplicado principalmente para producir resina grado dispersión o pasta, que es utilizada en la formación de plastisoles. Esta resina tiene tres inconvenientes principales debido a las impurezas residuales: estabilidad térmica muy baja, presencia de color y propiedades eléctricas muy pobres.

b) Suspensión

En este proceso se emplean como agentes de suspensión la gelatina, los disolventes celulósicos y el alcohol polivinílico en un medio acuoso de agua punticada o desaereada. Algunas veces se hace necesaria el agua desmineralizada. Los catalizadores clásicos son los peróxidos orgánicos.

Cuando la reacción se completa en el reactor se lleva el polímero, que se encuentra en suspensión con el agua, a un recipiente donde es separado por decantación. Después se elimina el agua que contenga el polímero por medio de secadores de aire caliente o por secadores rotatorios.

Este tipo de resinas son las más usadas comercialmente pues tienen buenas propiedades eléctricas, buena estabilidad térmica y claridad.

c) Masa

Se caracteriza por ser un "proceso de dos fases": en la primera el cloruro de vinilo (VC) y un activador son alimentados a un prepolimerizador, el cual es un reactor en donde se forman las partículas del polímero, llevándose el grado de conversión de la reacción aproximadamente hasta un diez por ciento sin problemas en el control de la temperatura; en la segunda fase se transfiere la carga a un reactor horizontal en donde la polimerización se completa agregando más VC y activador llevándola a un grado de conversión y uniformidad.

Como puede observarse, la reacción se efectúa en ausencia de agua, siendo usado el propio VC como medio de suspensión, motivo por el cual la distribución de la partícula es uniforme, no posee impurezas y presenta una buena estabilidad térmica. Sin embargo la calidad de la resina obtenida en este proceso puede ser variable ya que su control es crítico en base a la temperatura.

d) Solución

En este proceso se requiere de disolver el monómero en un solvente adecuado e inerte con el catalizador.

La polimerización en solución puede disminuir la velocidad de reacción y así controlar mejor la temperatura, es un proceso adecuado cuando se desea aplicar el polímero en forma líquida, por ejemplo en los recubrimientos y adhesivos líquidos. Para que se tengan fluidos no muy viscosos conviene mantener bajo el peso molecular promedio del polímero.

El inconveniente de este proceso es el riesgo que se presenta en el manejo de solventes debido a su toxicidad y flammabilidad. Comercialmente es el menos usado.

CAPITULO III

ADITIVOS DE PVC

No obstante de haberse sintetizado el monómero de cloruro de vinilo desde fines del siglo pasado y haberse obtenido su polímero desde el primer tercio de este siglo, las resinas termoplásticas de PVC no fueron consumidas, debido a su alto contenido de elemento de gran actividad química, el cloro, el cual está adherido a un radical también muy activo, el vinilo. Debido lo cual existe una gran posibilidad de reacción dehidroclorante, que una vez iniciada es autocatalítica.

Esta tendencia a la descomposición condicionó negativamente los intentos de uso de este material hasta que en 1931 Kyrides patentó el uso del DOP (2 etil hexil ftalato) como sustancia plastificadora por excelencia para el PVC. Esta sustancia al ser absorbida por las partículas de PVC les reduce enormemente sus fuerzas de cohesión, ablandándolas y absorbiendo con ello, una gran parte de la energía de fricción/calor en que se basan los procesos de transformación.

El desarrollo acelerado de la tecnología hizo posible la creación de otros plastificantes y aditivos necesarios al procesado, dando compuestos de aspecto y comportamiento huleso. Esto se vio acelerado durante la segunda guerra mundial, donde por escasez del latex de hule natural (*hevea brasiliensis*), motivada por la invasión japonesa al sudeste asiático y la peligrosidad de navegación entre Brasil y Estados Unidos, hubo necesidad de substituir muchas piezas de hule por partes de PVC plastificado.

Actualmente el PVC es el segundo termoplástico mundial, solo atrás en consumo a las poliolefinas y por gran margen el más versátil. Sus manufacturas cubren desde artículos muy suaves y resistentes, hasta piezas rígidas y tenaces, que como en el caso de las tuberías de PVC rígido, representan el sector de más dinámico crecimiento mundial para estas resinas.

Como se mencionó con anterioridad, para que sea posible usar la resina de PVC en procesos industriales, es necesario combinarla con diversos aditivos que le modifiquen sus propiedades de acuerdo al proceso a que vaya ser sometida y al uso que se le dé al producto final.

Los principales aditivos que se usan son:

- Lubricantes.
- Plastificantes.
- Estabilizadores.
- Cargas.
- Pigmentos.
- Ayuda de proceso.
- Modificador de impacto.
- Modificador de flujo.
- Antiéstáticos.
- Antioxidantes.

A continuación se describirá su función y tipos de cada uno de ellos.

III.1 LUBRICANTES

La mayoría de las técnicas de procesamiento empleadas en la utilización del PVC requieren de algún tipo de lubricación para evitar que el compuesto se adhiera al equipo o evitar excesiva fricción entre las moléculas del PVC, lo que alteraría características de tupo

Entre algunos lubricantes comunes podemos incluir a:

- Ácido esteárico.
- Sales de metales pesados del ácido esteárico.
- Ceras naturales y sintéticas.
- Poliétileno de bajo peso molecular.
- Ácidos minerales.

Los niveles de lubricación que van de 0.25 a 0.5 partes por cien de resina(PCR) son suficientes para la mayoría de los compuestos plastificados. Si se requiere de niveles mayores se debe tener presente que la emigración del plastificante se puede presentar con el tiempo, lo que interfiere con algunas propiedades del producto terminado y ocasionar una apariencia desagradable.

Los lubricantes actúan de varias maneras. Sus efectos entre las partículas de resina antes de la fusión y entre el metal y la superficie del polímero después de su fusión, pueden ser consideradas como externas, mientras que su influencia entre las moléculas de la resina después de la fusión es interna con referencia al polímero fundido. De acuerdo con lo anterior tendríamos los siguientes mecanismos.

III.1.1 LUBRICACION EXTERNA

Un lubricante de este tipo reduce la afinidad del plástico fundido por las superficies metálicas. Para esto se selecciona un agente que por tener mayor afinidad por el metal y muy poca compatibilidad con el plástico fundido, establece una barrera entre el plástico y el metal.

Se podría concluir que esta función del lubricante podría lograrse mejor aplicando el agente en la superficie metálica, sin embargo la abrasión y la emigración al compuesto fundido aún a bajas compatibilidades, requeriría de la reposición del agente, lo cual no resultaría práctico.

Tampoco es práctico, con algunas excepciones, cubrir las superficies metálicas con un polímero lubricante tal como el teflón, puesto que se necesita un desprendimiento de la superficie metálica de un manera controlada. Una cierta adhesión al metal es requerida en los rodillos de la calandria, las aspas del mezclador o el husillo del extruder para alcanzar a transportar el fundido, lograr una mayor homogenización y generar un trabajo adecuado.

III.1.2 LUBRICACION INTERNA

Los lubricantes usados para reducir la viscosidad del fundido y el subsecuente aumento de calor por fricción interna, pueden considerarse como pseudoplastificantes. Estos materiales por lo general son más compatibles con el compuesto de PVC que los productos que proporcionan lubricación externa.

Los lubricantes internos juegan un papel relativamente menor en el PVC plastificado, puesto que los plastificantes convencionales reducen la viscosidad del fundido. Por otro lado los plastificantes convencionales son de uso limitado en el PVC rígido puesto que causan fragilidad.

El considerar los lubricantes internos como pseudoplastificantes a temperaturas de proceso, sugiere que podría reducir la viscosidad del fundido por un mecanismo similar a los plastificantes convencionales, por ejemplo, reduciendo las fuerzas de Van der Waals entre las cadenas poliméricas. Sin embargo a diferencia de los plastificantes, estos efectos son despreciables a temperaturas ambientales y solo llegan a ser significativos a temperaturas de fusión, quizás por un incremento en la compatibilidad. Estructuralmente, los lubricantes internos se componen de uno ó más segmentos de hidrocarburo de cadena larga junto con un grupo funcional polar. Este último se requiere para el balance exacto de la compatibilidad y eficiencia a temperaturas de fusión y para prevenir la exudación a temperatura ambiente.

En la tabla III.1 (anexo A) se presenta la clasificación de los lubricantes con sus principales características y algunos nombres comerciales.

III.2 PLASTIFICANTES

Un plastificante es esencialmente un líquido no-volátil o un sólido de bajo punto de fusión, usados para modificar las propiedades de la resina impartándole propiedades elastoméricas de flexibilidad, elongación y elasticidad. Químicamente estos productos se obtienen por esterificación de ácidos y alcoholes.

Cuando se formulan con homopolímeros de suspensión, se obtienen compuestos para la producción de materiales flexibles. Cuando se combinan con resinas de pasta nos dan los plastisoles para la producción de otros materiales también flexibles.

Las fuerzas de enlace de Van der Waals son factor determinante de la rigidez o flexibilidad de un plástico dado.

Las moléculas de plastificante mezcladas con las de la resina separan la moléculas de ésta última debilitando las fuerzas de Van der Waals. El primer efecto que la mezcla resina-plastificante recibe es el de ser más flexible. Es importante hacer notar que en la mayoría de los casos el plastificante no reacciona con la resina, dando como resultado un sistema dinámico en el que las moléculas del plastificante tengan varios grados de movilidad dentro de las de la resina.

De lo anterior podemos decir, que la cantidad y elección de un determinado plastificante o sistema de plastificación, queda determinado por un lado a las propiedades de los productos, tales como flexibilidad a bajas temperaturas, inflamabilidad, características eléctricas, manipulación, toxicidad, olor, estabilidad térmica y resistencia a solventes específicos, y por otro lado a las propiedades asociadas a los plastificantes como: compatibilidad, comportamiento, eficiencia y por supuesto economía.

La compatibilidad es por mucho una función de la configuración molecular, la cual incluye a la polaridad y al tamaño de la molécula.

Estas propiedades del plastificante están relacionadas específicamente con el comportamiento del compuesto como un producto terminado. Sin embargo dos propiedades se asocian con el procesado real del compuesto, las características de solvatación y el efecto de la estabilidad al calor.

III.2.1 COMPATIBILIDAD

Cuando el material se puede usar solo o en la mayor proporción sin peligro de exudación, este es considerado un plastificante primario. Los materiales que pudieran exudarse usándose de esta manera, son considerados plastificantes secundarios. De acuerdo con la anterior definición, la diferencia entre los plastificantes primarios y secundarios es la COMPATIBILIDAD. Aún más, hay grados de compatibilidad dentro de cada serie de plastificantes, tales como los ftalatos o fosfatos. La compatibilidad parece ser una función de la atracción relativa entre la resina y el plastificante a temperatura ambiente. En la tabla III.2 (Anexo A) se enlistan algunos plastificantes de acuerdo a su compatibilidad relativa.

La experiencia indica que la aromaticidad de la molécula del plastificante generalmente esta asociada con altos grados de solvatación durante el procesado, por ejemplo, el tricresilfosfato se solvata más rápido que el trioctilfosfato. Sin embargo un alto grado de aromaticidad no significa necesariamente que el plastificante tenga una buena compatibilidad. Así tenemos que el tricresilfosfato es considerablemente menos compatible que el trioctil fosfato. En la tabla III.3 (Anexo A) se dan algunos plastificantes con sus puntos de fusión en orden decreciente. Entre más bajo sea el punto de fusión, mayor es la solvatación.

III.2.2 EFECTO EN LA ESTABILIDAD TERMICA

Dependiendo del grupo funcional o de la compatibilidad del plastificante, será su influencia en la estabilidad térmica. De esta manera tenemos:

a) Plastificantes diester simples.

Estos plastificantes no se considera que presente problemas de estabilidad térmica, se atribuye a la ausencia de enlaces o insaturaciones alifáticas, los cuales son vulnerables para ataques oxidativos.

b) Plastificantes fosfatos.

Estos se añaden para aumentar la resistencia a la flama. Se reconoce que estos plastificantes causan un detrimento en la estabilidad térmica. Este efecto se debe mayormente a la formación de fosfatos ácidos bajo las condiciones de procesado.

c) Plastificantes secundarios.

Se utilizan generalmente para reducir costos. Con la excepción de las parafinas cloradas, la mayoría de estos plastificantes no presentan problemas de estabilidad significativos.

d) Plastificantes epóxicos.

Todos los plastificantes epóxicos mejoran notablemente la estabilidad al calor y a la luz de los sistemas de estabilización tanto de bario -cadmio como organoestanosos.

La incorporación de estos plastificantes al sistema retarda la formación de fosfatos ácidos y la decoloración producida cuando el producto se somete a condiciones de intemperie.

e) Plastificantes poliméricos.

Estos se usan cuando la permanencia (baja volatilidad y migración) y la resistencia a la manchas por parte del plastificante sean requeridos en el producto final. Presentan problemas de estabilidad térmica debido a su bajo poder de solvatación.

III.2.3 PROPIEDADES DE PERMANENCIA

Una de las más básicas limitaciones para escoger un plastificante, son las propiedades de permanencia. Esto es que las propiedades que deba presentar un compuesto en su forma final sean similares a las que se plantearon en la formulación del compuesto.

Se requiere de un balance del plastificante con la resina para que el primero no salga a la superficie del compuesto final.

III.3 ESTABILIZADORES

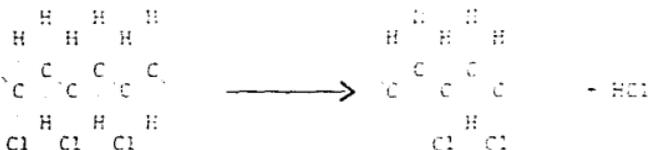
En la manufactura y uso de artículos hechos de PVC, es necesario proteger la resina contra factores deteriorantes tales como : la luz, el calor y la estabilidad térmica durante el proceso, pues actúan para producir decoloración, resquebrajamientos y en general pérdidas de propiedades físicas deseables. Además las formulaciones deben de ser protegidas contra cambios que pueden ser inducidos por la resina, plastificantes, cargas, pigmentos y contaminaciones o por una combinación de estos materiales.

Para evitar lo anterior se adicionan estabilizadores. A pesar de que el estabilizador ideal debería evitar la degradación del polímero en cualquier grado, los estabilizadores comerciales no funcionan realmente de esta manera. La descomposición durante el procesamiento continuará, ya sea que el estabilizador se encuentre presente o no, a pesar de que una elección adecuada del estabilizador reducirá el grado de degradación. La función más importante del sistema estabilizante es dirigir la naturaleza de la descomposición a una incolora, esto es a una forma de mejor apariencia. Las reacciones químicas exactas que tienen lugar durante el calentamiento de un compuesto vinílico no son plenamente conocidas.

Sin embargo hay fuertes indicaciones de que la descomposición del PVC se efectúa tanto por mecanismos de dehidrocloración como por oxidación.

a) Dehidrocloración.

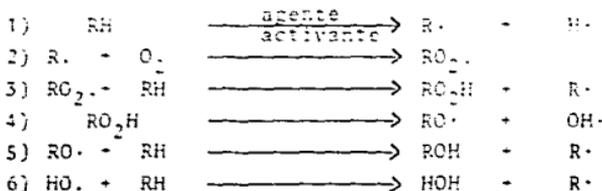
Trazas de otros materiales como catalizador de polimerización, cadenas laterales, propiedades de oxidación del material, etc. y el calor como agente promotor, producen que la molécula de PVC, produzca mediante una reacción, una molécula de HCl y una doble ligadura a la cadena:



La doble ligadura en posición alílica con respecto al siguiente átomo de cloruro es mucho más reactivo y reacciona con calor simplemente. Así se van formando dobles ligaduras conjugadas, que constituyen grupos cromofóricos.

b) Oxidación.

Este mecanismo de degradación consiste en la inserción de átomos de oxígeno. Aunque los mecanismos de oxidación no son bien entendidos, se han interpretado como una reacción de radicales libres. Las reacciones se pueden describir de la siguiente manera:



Los productos resultantes de la oxidación afectan las propiedades ópticas y mecánicas.

La inestabilidad del polímero de PVC se ha atribuido a :

1. La presencia de estructuras capaces de romper la regularidad de los grupos $-CH_2-CH$. Estas estructuras incluyen fragmentos de los catalizadores de polimerización, cadenas ramificadas y dobles enlaces terminales.
2. La presencia de átomos de carbono terciarios en lugares de ramificación junto con la influencia electronegativa de la ramificación.
3. La inestabilidad de los átomos de cloro en lugares de ramificación así como aquellos cercanos a los enlaces insaturados-terminales, son causas del desprendimiento de la primera molécula de HCl.

Esta dehidrocloración es causada también por la iniciación de radicales libres en el sistema polimérico. La subsiguiente formación de estructuras poliméricas que producen configuraciones cromáticas se explica por la activación alílica de los átomos de hidrógeno situados cerca de los enlaces insaturados recién formados.

La aceleración de la dehidrocloración en la presencia de oxígeno se debe probablemente a las estructuras poliénicas con tendencia a la oxidación y a los átomos de carbono alílica situados en enlaces aislados o doble conjugados.

La formación de grupos funcionales que contienen oxígeno y su efecto en incrementar la inestabilidad de ciertos átomos de cloro, también contribuye al proceso de dehidrocloración.

El mecanismo de fotodescomposición del PVC, puede ser considerado semejante al mecanismo de descomposición térmica. El mismo fenómeno sucede bajo la acción de la luz ultravioleta como cuando el polímero es calentado.

En resumen encontramos que las formas básicas de la descomposición del PVC son : dehidrocloración, oxidación de polimerización y por último un entablamiento cruzado de los fragmentos del polímero. Sin embargo la adición de sales metálicas adicionadas en combinación con aditivos orgánicos especiales evitan las manifestaciones visuales de la degradación, retardando la formación de las estructuras coloreadas antes mencionadas.

III.3.1 FUNCION DEL ESTABILIZADOR

En vista de los mecanismos de degradación explicados, las funciones de un estabilizador ideal son muchas. Algunas de las reacciones químicas que contribuyen a la estabilización son : la absorción de HCl, la eliminación de átomos de cloro inestables, la ruptura de dobles enlaces, la protección antioxidante, la absorción de radicales libres, reactividad con impurezas de la resina, la prevención de degradación de productos y la filtración de la luz ultravioleta. Razón por la cual tenemos una variedad de estabilizadores y estos se deben de elegir dependiendo del compuesto que se vaya a elaborar.

III.3.2. TIPOS DE ESTABILIZADORES

La elección del estabilizador depende en mayor parte de las propiedades necesarias durante el proceso y del costo. Cualquier clasificación de los estabilizadores es arbitraria pero podría dividirse en las siguientes categorías generales:

a) Sales de plomo.

Estos son de bajo costo pero tienen desventajas tales como la producción de opacidad, toxicidad y manchado. Entre algunos de ellos tenemos: carbonato básico de plomo, estearato tribásico de plomo y los ftalatos dibásicos de plomo.

b) Sales metálicas.

Estos rara vez se usan solos. Generalmente se encuentran en mezclas sinérgicas. Como ejemplos tenemos: bario-cadmio, sales de zinc, sales de ácidos grasos orgánicos, estearato de calcio y una gran variedad de jabones de estroncio.

c) Compuestos organoestanosos.

Generalmente se usan cuando se necesita la mayor estabilización térmica y claridad. Son los menos caros en base al peso. Algunos ejemplos son: mercapturos di-n-alkil-estaño, dilaurato butil estaño, maleato dibutil estaño.

d) Tipos orgánicos y misceláneos.

Normalmente no se usan solos. Las resinas epoxy y los plastificantes frecuentemente se usan como estabilizadores auxiliares con otras categorías. Entre ellos tenemos: los aceites epoxidados, ésteres y fosfitos que sirven como quelantes.

e) Mezclas sinérgicas.

Estas son diseñadas para eliminar los exudados y tener buena dispersabilidad. Se usan en plastisoles y compuestos transparentes y translúcidos para aplicaciones de PVC flexible. Ejemplos son: bario-cadmio, bario-cadmio-zinc, bario-zinc.

III.3.3 USOS DE ESTABILIZADORES

a) Estabilidad al calor.

Se entiende por estabilidad al calor, las temperaturas que tiene que resistir la preparación del compuesto, así como la manufactura del producto. Lograr la estabilidad al calor de varios sistemas de estabilización es algo difícil realmente de lograr; no se pueden comparar los sistemas a menos que se defina la resina, proceso y formulación. Además en la comparación se debe contemplar los costos equivalentes para los niveles de concentración usados.

Como una regla de las formulaciones flexibles procesadas por algún método convencional (calandreo, extrusión, inyección) responderá mejor a la estabilización de bario-cadmio ó sistema de plomo que a estabilizadores organoestanosos. Sin embargo cuando se expone a estos compuestos por más de algunos minutos a temperaturas mayores de 205° C se requiere el uso de mercapturos estanosos.

Para aplicaciones en proceso convencionales donde el producto final requiere claridad o transparencia, ausencia de manchas y máxima resistencia a los cambios de color, se prefiere la estabilización bario-cadmio-zinc ó bario-cadmio a la estabilización con plomo. Sin embargo cuando se usa una alta cantidad de cargas, las formulaciones tienden a modificar algunas ventajas de los sistemas bario-cadmio y la elección del estabilizador se debe hacer por otras consideraciones.

Las formulaciones rígidas requieren de máxima estabilidad térmica en contraste con las más flexibles, la elección del sistema estabilizante debe considerar las condiciones de procesamiento, así por ejemplo, en la extrusión de resinas vinílicas de pesos moleculares altos o medios sin plastificante, se usan mercapturos organoestanosos.

b) Estabilidad a la luz.

La mayoría de los compuestos metálicos usados para la estabilización térmica funcionan también como estabilizadores a la luz. Los sistemas bario-cadmio, ricos en cadmio y fosfito proveen extraordinariamente buena estabilidad. Sin embargo algunos materiales funcionan solamente como estabilizadores a la luz como es el caso de algunos compuestos de fósforo pentavalentes, como el difenil octil fosfato, el hexametil fosfotriamina, estos materiales tienen una desventaja común: reducen las características de estabilidad al calor en la formulación total.

III.4 CARGAS

El uso principal de estos aditivos es con el objeto de reducir costos, impartir opacidad y modificar ciertas propiedades mecánicas finales de compuestos, tales como: la resistencia a la abrasión, la resistencia al rasgado, etc.

Los materiales empleados son generalmente productos inertes, inorgánicos y minerales. Podemos nombrar entre ellos a:

Carbonato de calcio.

Silicatos:

Arcilla.

Caolín.

Talco.

Asbesto

El más ampliamente usado es el carbonato de calcio debido a su costo y por modificar las propiedades de los compuestos, mientras que el asbesto se usa principalmente en la producción de loseta vinil-asbesto.

III.5 PIGMENTOS

Su uso es principalmente decorativo. Son insolubles en agua así como también en la mayor parte de los solventes comunes, y para su uso en plásticos se requiere que posean ciertas propiedades tales como:

- Tamaño de partícula.
- Resistencia a la luz.
- Compatibilidad con otros ingredientes.
- Resistencia a altas temperaturas.
- Alto poder de cubrimiento.
- Transparencia.
- Opacidad.
- Resistencia a ácidos y álcalis.

Debido a la gran variedad de pigmentos que existen actualmente, no resulta sencillo hacer una clasificación de ellos, existiendo sistemas de clasificación fundados en métodos de fabricación, composición química y en color.

En la industria se utilizan pigmentos metálicos de aluminio, cobre, oro, bronce y otros metálicos combinados, como organo-metálicos. Sin embargo los más empleados en exteriores son el blanco y el negro, dadas sus propiedades de reflexión y absorción de la luz.

III.6 AYUDA DE PROCESO

La función de los ayuda de proceso es similar a la de los lubricantes pues hacen al compuesto menos sensible a los efectos de la fricción producida tanto al contacto con el metal del equipo como a la fricción interna, en esta forma el material podrá resistir mayores esfuerzos de deslizamiento sin sufrir por ello un calentamiento excesivo y una degradación, difiere de los lubricantes en que no forman una película protectora como aquellos, sino que actúan en forma más directa sobre el polímero, sin que se conozca con precisión el mecanismo ocurrido.

Se usan principalmente en la formulación de compuestos rígidos. En general este tipo de aditivos son acrílicos que hacen el procesado más suave, dando un mejor acabado y una fusión más rápida y temprana, pero aumentan la viscosidad de la fusión.

III.7 MODIFICADORES DE IMPACTO.

Se emplean para aumentar la resistencia al impacto de los compuestos rígidos, creando una interfase, donde el elastómero entre la resina actúa como absorbedor de choque en el proceso de absorción y disipación de energía.

Es muy importante darle un trabajo apropiado en el momento de fundir al compuesto formulado para lograr una buena dispersión, pues de otra forma el producto no tendrá las propiedades deseadas.

También se emplean en los compuestos flexibles con el objeto de que estos puedan retener grabados efectuados por operaciones de post-formado.

Los materiales usados como modificadores de impacto deben ser compatibles con el polímero y tener la capacidad de absorber la energía producida por las deformaciones, entre ellos tenemos a:

- ABS (estireno acrílico butadieno)
- Poliétileno clorado.
- Acrílico de butadieno.
- Estireno.
- Acrílicos.

III.8 MODIFICADORES DE FLUJO

Su aplicación es exclusivamente para los plastisoles, aunque eventualmente se usan en compuestos rígidos.

Se emplean para bajar, regular y conservar la viscosidad de los compuestos como en el caso de los plastisoles ya que tienden a incrementar con el tiempo su viscosidad a niveles no adecuados de operación.

Esos modificadores son esencialmente agentes surfactantes que imparten por naturaleza efectos lubricantes comúnmente son del género de los ésteres grasos de etilén-glicol.

III.9 ANTIESTÁTICOS

Son productos empleados en las formulaciones de PVC con objeto de eliminar el efecto de estática, defecto principal en los discos fonográficos donde la suciedad crea ruidos indeseables. Químicamente los productos empleados son surfactantes iguales a los modificadores de flujo.

CAPITULO IV

PROCESOS DE TRANSFORMACION

Existen diferentes métodos para la transformación de los compuestos rígidos y flexibles, como los son : inyección, extrusión, calandreado, vaciado, compresión, soplado, al vacío, espumado. De estos métodos, los que mayor importancia tienen para este estudio son: **Extrusión, Inyección y Compresión.**

IV.1 EXTRUSION

Debido a que la extrusión es una operación continua, representa uno de los métodos menos caros por unidad de volumen de material para el procesado en la industria de plásticos. Sin embargo, está limitado a materiales termoplásticos y a formas continuas tales como: filamentos, varillas, tubos, película, cubiertas para alambre y varias formas de perfiles. Hay tres tipos de métodos de extrusión.

1) La extrusión directa.

En la cual el diseño de un dado extrusor y el dispositivo para extraer, determinan el control de la forma extruida.

2) La extrusión semipositiva.

En la cual las superficies más importantes son controladas por un dado de formación o molde después de que el material plástico deja el extrusor.

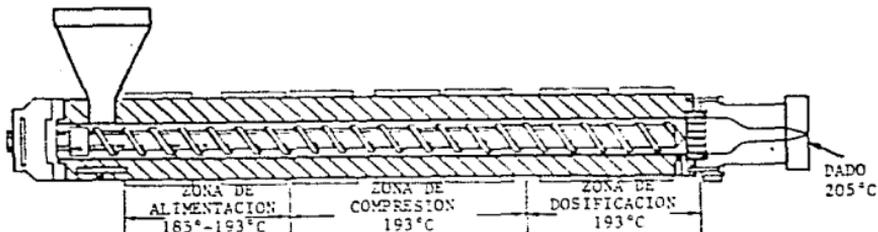
3) La extrusión positiva.

En esta todas las superficies son controladas por un molde después de que el material deja el extrusor. A este tipo también se le llama "extrusión por inyección".

Los principios básicos involucrados en la extrusión incluyen: transportación, calentamiento, compactación y forzado del plástico fundido a través de una abertura u orificio (dado) de dimensiones especificadas, bajo condiciones de temperatura y presión controladas. El equipo básico es un tornillo conductor rotatorio, un cilindro calentado y un dado. Este sistema se calienta a temperaturas que varían de 152°C para compuestos plastificados, hasta 218°C para compuestos granulados y aún mayores para compuestos rígidos. En algunas unidades se usa un tornillo enfriado por agua aunque se mantengan estas temperaturas externas para controlar las temperaturas reales, las cuales particularmente en el PVC rígido pueden diferir grandemente de las indicadas por los medidores localizados a lo largo del barni. La temperatura del extruder puede variar de 66°C a 177°C dependiendo del tipo de compuesto y de las condiciones de operación.

En la figura IV.1 se señalan variaciones de temperatura que pueden existir a través de un extruder.

Figura IV.1
Localización de zonas y temperaturas en un extrusor.



A la máquina en sí se le llama extrusoras, algunas vienen equipadas con tornillos gemelos, que pueden ser entrelazados para un mejor mezclado, (estas máquinas son menos sensibles a la formulaciones aunque tienen menor entrega que un extrusor de un husillo del mismo tamaño), otras vienen equipadas con una sección extractora para la volatilización de los vapores gaseosos que de otra forma podrían causar imperfecciones en la pieza extruida.

La operación de extrusión consiste en la alimentación de resina (polvo o material granulado) a través de la tolva dentro de la parte trasera del cilindro calentado y el tornillo revolvente. Esta sección es llamada "sección de alimentación" del tornillo.

Con la rotación del tornillo, el material es movido continuamente hacia adelante a medida que se funde la mayoría del plástico. A esta parte del tornillo se le llama "sección de transferencia".

A medida que el plástico fundido es empujado hacia adelante, entra en la "sección de compresión o medición" del tornillo donde es compactado y finalmente forzado hacia afuera a través de la pequeña abertura o dado, aquí se le da el contorno deseado.

IV.1.1 CONDICIONES DE PROCESADO

Las velocidades de procesamiento en una extrusión pueden ir desde 100 kg/hr. en una máquina de 4.5 pulgadas para una hoja rígida, hasta 160 kg/hr en la misma máquina para compuestos plastificados. Las operaciones de extrusión se usan para la manufactura de mangueras, cables, perfiles, recubrimientos y últimamente en película y hojas.

La extrusión es más sensible a las propiedades de lubricación del compuesto que a algunas otras técnicas, tales como el calandreo.

Una cantidad excesiva de lubricación evitará un adecuado trabajo y mezclado del compuesto aún puede producir el escurrimiento del compuesto a lo largo del tornillo, por lo tanto los estabilizadores-lubricantes se deben seleccionar con esto en mente.

En el caso de compuestos plastificados se puede lograr un control independiente de la lubricación usando tenatos de bario-cadmio en combinación con ácido esteárico.

Los problemas de remoción de materiales volátiles tales como aire y humedad también son importantes, aunque estos problemas generalmente se resuelven por medios mecánicos tales como: extruder con venteo y tolvas con vacío.

IV.2 INYECCION

Este moldeo es el usado con mayor frecuencia para la formación de materiales termoplásticos. En este caso la resina (en polvo o granular) que es alimentada intermitentemente en la tolva en cantidades predeterminadas, se pasa a un cilindro caliente donde es ablandado por el calor y empujado hacia adelante por un émbolo o pistón a través de una boquilla dentro de la cavidad del molde. Después de llenar el molde, el material plástico caliente es fijado al molde en un sólido mediante enfriamiento; el molde es abierto y la parte moldeada descargada. El émbolo es regresado a la parte trasera de la cámara para recibir una nueva carga de compuesto de moldeo. Dentro del cilindro se mantiene un cuidadoso control de temperatura por medio de termostatos y controlado el flujo de electricidad a los calentadores colocados alrededor de las paredes del cilindro. El cilindro de calentamiento está dividido en tres zonas :

- Sección de carga.
- Sección de fusión.
- Sección de descarga.

En la sección de fusión es colocado un "torpedo" que forza al plástico fundido contra los lados del cilindro calentado, asegurando así la fusión y mezclado del material.

Se debe reconocer que hay ciertas limitantes de diseño para el moldeo por inyección de artículos de PVC rígido. Paredes delgadas pueden generar condiciones de alto esfuerzo y por lo tanto causar que el material se queme. Por otro lado, piezas con un espesor mayor de una pulgada no se pueden enfriar lo suficientemente rápido para evitar la degradación dentro del dado.

Obviamente uno de los mayores problemas al formular compuestos para moldeo por inyección es el desarrollo de características de flujo en fundido satisfactorias, de tal manera que todas las secciones del molde se llenen adecuadamente. Este objetivo generalmente se logra con altas temperaturas de proceso o resinas de bajo peso molecular.

Las altas temperaturas no son recomendables, puesto que inmediatamente producen problemas de estabilidad térmica. El mismo problema ocurre cuando las temperaturas altas se usan para reducir ciclos de producción.

Para alcanzar las adecuadas características de flujo en fundido, así como altos ciclos de producción, se usan homopolímeros de bajo peso molecular o copolímeros de acetato.

En años pasados, la mayoría de los compuestos para este proceso requerían de un prefundido y extruido para obtener "pellet". Con la introducción de la mezcla seca sin fundir, el grado de calentamiento al cual se somete el compuesto es enormemente reducido, como consecuencia, el problema de estabilidad térmica es menos severo aunque todavía importante.

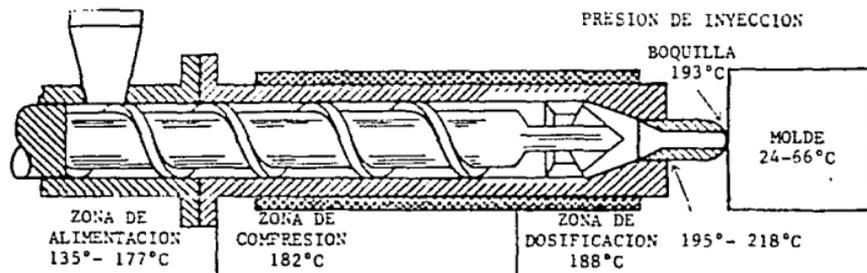
IV.2.1 CONDICIONES DE PROCESADO

Los sistemas de estabilización para esta aplicación generalmente dependen de las condiciones de proceso. Para compuestos rígidos, donde se usan temperaturas altas (191 °C a 204 °C), se recomiendan sistemas de alta eficiencia, tales como jabones de bario-cadmio o mercapturos organoestanos.

Para piezas plastificadas se usan temperaturas más bajas por lo que se recomiendan estabilizadores de propósitos generales tales como bario-cadmio.

En la figura IV.2.1. se establecen las zonas y temperaturas en un proceso de inyección

Figura IV.2.1.
Localización de zonas y temperaturas en inyección



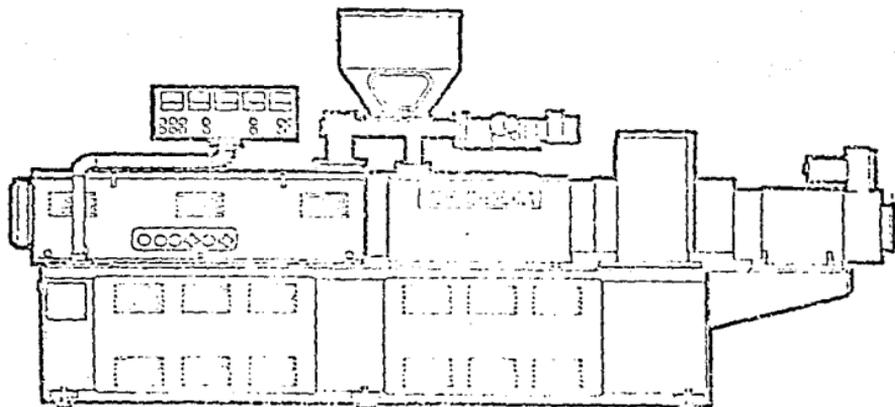
IV.3 COMPRESION

Este proceso se opera bajo presión (del orden de 300 kg/cm^2) con el fin de permitir un buen llenado del molde e impedir la formación de burbujas debidas a emanaciones del gas, particularmente de vapor de agua. El material a moldear (compuesto de PVC) es introducido en un molde calentado a unos 150°C , ya sea electricamente o por circulación de un fluido caliente (vapor de agua, aceite).

En el caso de objetos de gran espesor la transmisión del calor resulta deficiente, por lo que antes de introducir la mezcla seca al molde se debe precalentar a unos 100°C en una estufa o por algún otro medio.

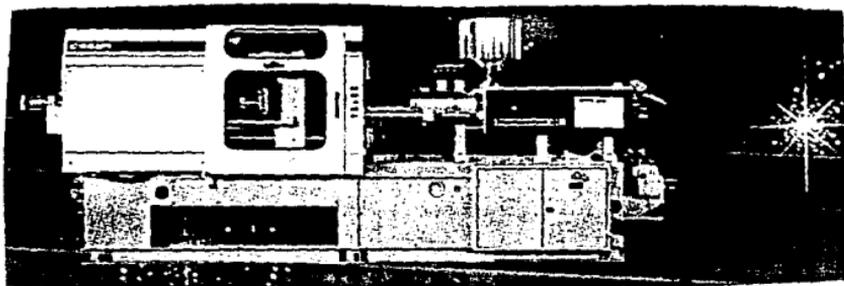
Este proceso se usa principalmente en la manufactura de discos fonográficos.

Figura IV 12
Máquina extrusora



Máquina Extrusora

Figura IV.2.2
Máquina inyectora



CAPITULO V

FORMULACIONES PARA PVC

El siguiente capítulo nos muestra una referencia de la preparación de los compuestos vinílicos en virtud del método de manufactura que se use. Esta división se desarrolló de acuerdo a la división de métodos que se estudiaron en el capítulo IV.

V.1 EXTRUSION

V.1.1 COMPUESTOS GENERALES

A continuación se enlistan formulaciones típicas para dos tipos de compuestos básicos en partes por cien de resina (PCR).

Compuestos Transparentes	PCR
Homopolimero medio o alto peso molecular.	100
Plastificante ftalato.	40
Plastificante epoxidado.	5
Estabilizador bario-cadmio.	2
Acido esteárico.	0.3

Compuestos opacos

Homopolimero medio o alto peso molecular	100
Plastificante ftalato.	40
Carbonato de Calcio.	5 a 20
Pigmento.	el necesario
Plastificante epoxidado.	5
Estabilizador bario-cadmio.	1.5 a 3
Acido esteárico.	0.0 a 0.25

Para el caso de máquinas de un solo husillo, la sobrelubricación puede constituir un problema. Si se prefiere un control de la lubricación en forma separada del estabilizador, se puede obtener por el uso de tenatos de bario-cadmio líquidos en unión con acido esteárico.

V.1.2 CABLES

Los compuestos para cables requieren los mismos ingredientes básicos que otros compuestos plastificados para extrusión, pero cada componente de la formulación debe ser grado eléctrico. Las resinas deben estar libres de electrolitos. Los plastificantes, cargas y pigmentos se deben seleccionar tanto por sus propiedades físicas como eléctricas.

PCR

Homopolimero de peso molecular medio	100
Plastificante primario (DOP, DIOP, DIDP, DTDP).	30
Plastificante secundario.	15
Carbonato de calcio.	8
Arcilla.	10
Estabilizador de tipo bario-cadmio.	2

V.1.3 COMPUESTOS RIGIDOS

La extrusión del PVC rígido se refiere principalmente a la producción de tubería, perfiles y láminas. Los problemas de estabilidad asociados con la extrusión de compuestos rígidos es especialmente difícil.

Debido al objetivo de este estudio, por su gran relación con formulaciones para compuestos rígidos y por su importancia, hablaremos con algo de detalle de las formulaciones para tubería. Posteriormente se hablará más ampliamente de los compuestos para disco en un apartado independiente.

Las resinas para esta aplicación deben de ser de peso molecular medio a alto, con el fin de lograr buena resistencia química así como rigidez. Los estabilizadores necesarios para la producción de compuestos para tubería dependen de la aplicación del producto.

Para tubería de agua potable se recomiendan sistemas de estabilizadores basados en mercapturos organoestanosos. La selección de un organo estano en particular depende generalmente del tipo de tubería a producir; por ejemplo, compuestos de impacto normal (Tipo 1, Tabla V.1 del Anexo A) se estabilizan con sistemas de mercapturo estano con baja lubricidad, lo cual provee adecuados flujos y suficiente estabilidad térmica en procesos largos.

Por otro lado compuestos para alto impacto (Tipo 2, Tabla V.1 del Anexo A), modificados con resinas polietilénicas, acrílicas o ABS, requieren generalmente mercapturo organoestano con mayor lubricación junto con un lubricante interno. Esto se debe a que los modificadores de impacto incrementan el grado de fusión de los compuestos, lo cual se debe controlar a través del uso de estabilizadores y lubricantes adecuados.

Los sistemas de estabilización para tubería industrial, drenaje y para otras aplicaciones, se basan en estabilizadores de plomo. Los sistemas de mercapturos organoestanosos también se recomiendan para esta aplicación cuando se requiere alta eficiencia y claridad.

En la tabla V.1 del anexo A se observan las formulaciones típicas para tubería.

V.2 MOLDEO POR INYECCION

V.2.1 COMPUESTOS PLASTIFICADOS.

Como se mencionó con anterioridad el primer requisito de un compuesto para inyección satisfactorio, es el de que posea propiedades de flujo fundido adecuadas. El uso de homopolímeros de bajo peso molecular y copolímeros cumplen con esta necesidad.

Por supuesto conforme el contenido de plastificante en el compuesto disminuye las propiedades de flujo van siendo menos satisfactorias para una temperatura dada. Por lo tanto se requieren temperaturas más altas para compensar este incremento en la viscosidad de fundido.

Se ha encontrado que la incorporación de un plastificante epoxy relativamente no polar, logra características de fluidez buenas.

Las formulaciones son similares a las de los compuestos opacos en extrusión.

V.2.2 COMPUESTOS PARA BOTELLA

Deben de poseer excelentes características de flujo para llenar todas las posiciones del molde. Una de las formas preferidas de optimizar las necesidades de flujo es el uso de homopolímeros de bajo peso molecular.

Los compuestos de botella caen dentro de dos categorías:

a) Aquellos que se usan en recipientes para alimentos, que requieren de claridad en todos sus ingredientes y deben ser autorizados por la FDA (Food and drug administration), o sea que no sean tóxicos.

b) Envases para usos generales (como shampoos, jabones, etc.)

Para el primer caso se da la siguiente formulación:

Homopolímero de bajo peso molecular.	PCR
Modificador de impacto.	100
Ayuda de proceso.	5 - 10
Plastificante epoxy.	2 - 5
Estabilizador atóxico.	1 - 3
Acido esteárico.	1.2 - 2
	0 - 1

Se recomiendan para estas formulaciones no tóxicas, plastificantes epoxy para mejorar estabilidad antes del oscurecimiento, así como las propiedades de flujo además de minimizar las temperaturas de distorsión térmica.

Como estabilizador se recomiendan los fosfatos que ayudan a mantener la claridad.

Para aplicaciones generales se recomiendan estabilizadores organo-estanosos. estos producen compuestos de gran claridad con excelente estabilidad térmica, a continuación se muestra una formulación típica:

	PCR
Homopolimero de bajo peso molecular .	100
Modificador de impacto.	5 - 10
Ayuda de proceso.	2 - 5
Estabilizador organoestanso.	1 - 2
Lubricante.	0.5 - 2

V.3 MOLDEO POR COMPRESION

V.3.1 COMPUESTOS PARA DISCOS FONOGRAFICOS

Dado que el proceso de fabricación de discos fonográficos se asemeja al proceso de extrusión, mencionamos enseguida una formulación típica:

	PCR
Copolimero con contenido de acetato del 15%. 100	
Estabilizador bario-cadmio-plomo.	1 - 1.5
Pigmento.	0.5

La manufactura de compuestos para discos fonográficos requiere de sistemas de estabilización que den una combinación de estabilidad térmica adecuada, lubricidad y compatibilidad. Además el sistema de estabilización no debe disminuir las cualidades de sonido del disco terminado.

Las resinas que se usan son copolímeros de acetato de vinilo con un contenido del 10 al 15% de este, dando excelentes características de fluidez.

Además de los compuestos para discos de usos generales, existen algunos que contienen agentes antiestáticos para disminuir las partículas de polvo que normalmente se adhieren en el disco terminado, y otros a los que se les adicionan plastificantes para mejorar la estabilidad térmica y la fluidez. Cuando se desea controlar la lubricación por separado se utilizan ceras polietilénicas y lubricantes del tipo estearato en conjunto con estabilizadores de estaño.

CAPITULO VI

REOLOGIA

La reología es la ciencia de la deformación de la materia. La palabra reología se deriva del griego "rheos" y significa el estudio del flujo. Se dice que un cuerpo es deformado cuando se altera su forma o dimensiones al aplicarle un sistema apropiado de fuerzas, y se dice que un cuerpo fluye cuando la deformación cambia continuamente con el tiempo.

Un fluido ideal es incompresible y tiene una viscosidad de cero. Tal fluido no ofrece resistencia a las fuerzas cortantes, por lo tanto, durante la deformación y en el flujo de un fluido ideal, todas las fuerzas de corte son cero.

Se han desarrollado relaciones matemáticas para fluidos ideales, describiendo su comportamiento en diferentes situaciones físicas; pero la aplicación práctica de estas relaciones fue limitada hasta que Prandtl introdujo la teoría de la capa límite.

Prandtl demostró que durante el tiempo que el fluido fluye en un tubo, los efectos de la fricción se reducen a una capa delgada del fluido adyacente a la superficie sólida, esta capa es la llamada capa límite.

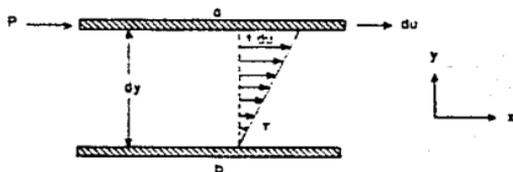
El flujo fuera de esta capa se considera libre de fricción por lo tanto los modelos matemáticos para fluidos ideales pueden aplicarse en esta región.

VI.1 MODELOS MATEMATICOS

VI.1.1 FLUJO NEWTONIANO.

Issac Newton definió a la viscosidad considerando el modelo que se ilustra en la figura VI 2.1.

Figura VI 2.1
Modelo Newtoniano



En el cual dos planos paralelos a y b del fluido de igual área A están separados por una distancia dy, siendo un plano fijo y el otro móvil, resultando un gradiente de velocidad constante du.

Newton consideró que la fuerza P necesaria para mantener esta velocidad era proporcional a la misma. Así expresamos:

$$\tau = \frac{\mu}{g_c} \frac{du}{dy} \quad \dots \dots \dots (1)$$

donde:

- τ = Esfuerzo de corte (psi).
- du/dy = Velocidad de corte (1/seg).
- μ = Coeficiente de viscosidad aparente (poises).
- g_c = Factor gravitacional de conversión.

La anterior ecuación (1) es la base de los fluidos newtonianos y el punto inicial para los modelos no-newtonianos.

VI.1.2 LEY DE LA POTENCIA

La ley de la potencia establece:

$$\tau = \frac{\mu}{g_c} \frac{du}{dy}^n \quad \dots \dots \dots (2)$$

donde n es el índice de flujo.

Para altos polimeros, n varía de 0 a 1 y determina el grado de desviación de los fluidos newtonianos. Se observa que para n = 1 la ecuación (2) se convierte en la ecuación (1), la cual define a los fluidos newtonianos. Cuando n es menor que 1 el comportamiento es pseudoplástico, mientras que para valores superiores a la unidad es dilatante.

La ecuación (2) generalmente se representa de la siguiente forma :

$$\tau = \eta \dot{\gamma}^n$$

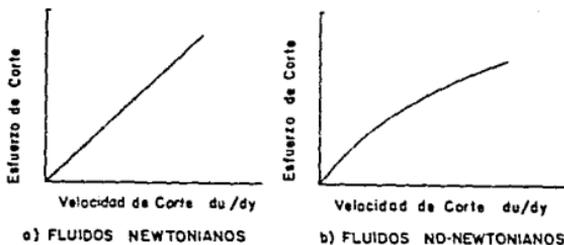
donde:

- τ = esfuerzo de corte (psi).
- η = viscosidad aparente (poises).
- $\dot{\gamma}$ = velocidad de corte (1/seg).
- n = índice de la ley de la potencia.

VI.2 CLASIFICACIÓN DE LOS MATERIALES

Los materiales que no pueden clasificarse por una relación newtoniana son llamados fluidos no newtonianos; para estos la viscosidad, a una temperatura dada, es función del gradiente de velocidad (ver figura VI.3.1). Los fluidos no-newtonianos pueden todavía clasificarse de acuerdo a la manera en la que varía su viscosidad con la velocidad de corte.

Figura VI.3.1
Clasificación de los materiales



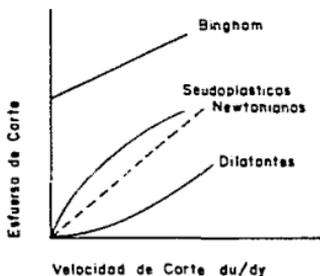
Los plásticos Bingham comienzan su deformación cuando alcanzan un punto específico debido a la fuerza aplicada.

Los materiales dilatantes son aquellos en los cuales la viscosidad incrementa con la velocidad de corte (tenemos en este grupo como ejemplos a la mantequilla y a las suspensiones de almidón).

Los materiales pseudoplásticos son aquellos en que la viscosidad disminuye cuando se incrementa la velocidad de corte, pero que el material se deforma tan pronto como se aplica el esfuerzo de corte. Esta clase de materiales probablemente tienen la más grande aplicación en la industria, puesto que todos los grandes polímeros en fundido siguen este comportamiento.

En la figura VI.3.2 se muestra el comportamiento de esfuerzo de corte contra velocidad de corte de los fluidos no-newtonianos más comunes.

Figura VI.3.2
Comportamiento de los plásticos no newtonianos



VI.3 PROPIEDADES REOLOGICAS

Como se mencionó en el inciso VI. 1 la reología es una rama física relacionada con la fuerza y la deformación, los resultados de los modelos prácticos de dichas propiedades se expresan en términos de fuerza, energía, dureza, consistencia, viscosidad, fragilidad, suavidad y adhesividad. Propiedades que no permiten manejar nuestro producto (disco fonográfico) con las especificaciones de mercado y las características de fidelidad y de resistencia mecánica. Pero aquellas propiedades que si nos acercan al conocimiento del disco, son la viscosidad y la elasticidad, aunque básicamente la primera.

a) Viscosidad.

Es la propiedad reologica más importante, muchas veces es la única propiedad usada para cerciorarse de la conveniencia de un polímero para su aplicación final. En si, es un control efectivo de composición cuando se trabaja con mezclas complejas. Esto no solo es cierto en plásticos sino también en pinturas, barnices, tintas y productos alimenticios.

La viscosidad aparente para el policloruro de vinilo se ve influenciada por diferentes variables independientes, entre las que podemos citar: peso molecular de la resina, velocidad de corte, concentración del plastificante, efectividad del lubricante, el estabilizador y por la temperatura.

b) Elasticidad

Es característica especial de los polímeros fundidos el que puedan almacenar energía mientras fluyen, este efecto se observa más comunmente cuando la energía almacenada es emitida como una expansión del extrusado (al momento de salir del proceso el polímero aumenta su espesor).

La tira del extrusado tiende a expandirse en el área de su sección transversal, bajo condiciones de deslizamiento altas; en ocasiones, para algunos polímeros la expansión es 16 veces el área de la sección transversal del dado. El procesador en la mayoría de la operaciones, contrarresta la tendencia a la dilatación, incrementando la velocidad del equipo. Durante la expansión del extrusado, ocurre un relajamiento de la tirantés elástica en el fundido durante algún tiempo después de la extrusión, a menudo medio segundo después.

En la mayoría de las operaciones de extrusión a altas velocidades el fundido es enfriado antes de que toda la tirantés sea relajada. Esto guía a la posibilidad de un endurecimiento con tensiones y otros efectos secundarios, los cuales pueden afectar la calidad del producto.

También se puede necesitar conocer como afectan las condiciones del procesado y la geometría del dado.

La elasticidad es expresada como la relación del área de la sección transversal del extrusado expandido a el área del dado, matemáticamente lo expresamos:

$$\text{Elasticidad} = d/d_0$$

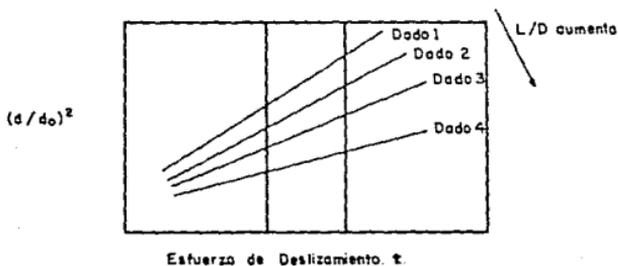
donde:

d = diámetro del extrusado después de una completa expansión.

d_0 = diámetro del dado.

La siguiente figura VI.4.1 muestra el cuadrado de la elasticidad relacionada con el esfuerzo de deslizamiento. En esta grafica se puede ver que el cuadrado de la elasticidad aumenta linealmente con respecto al esfuerzo de deslizamiento. Asimismo, también podemos ver que la elasticidad aumenta cuando la velocidad de extrusión aumenta; a esfuerzo de deslizamiento constante la elasticidad decrece a medida que aumenta L/D (relación longitud-diámetro del dado) y aumentando la longitud del dado disminuirá el nivel de expansión después de la extrusión.

Figura VI.4.1
Elasticidad vs Esfuerzo de deslizamiento



CAPITULO VII

PROCESO DE FABRICACION DE DISCOS FONOGRAFICOS

Thomas A. Edison, en 1877, usó un método acústico para grabar y reproducir sonido en un rodillo de cera. Años más tarde tuvo un uso comercial empleando cilindros con una capa delgada de cera en la cual grababa el sonido y solo podía reproducirse una sola vez.

Posteriormente, en 1881, Alexander Graham Bell inventó su gramofono con el cual se puede considerar que se inició la industria del disco.

Emil Berliner apareció en escena y a él se debe el crédito de los discos y fonógrafos que usamos. En 1877, fué cuando el primer disco grabado fue manufacturado en Estados Unidos; esto hizo que el gramofono se hiciera más popular como medio de entretenimiento.

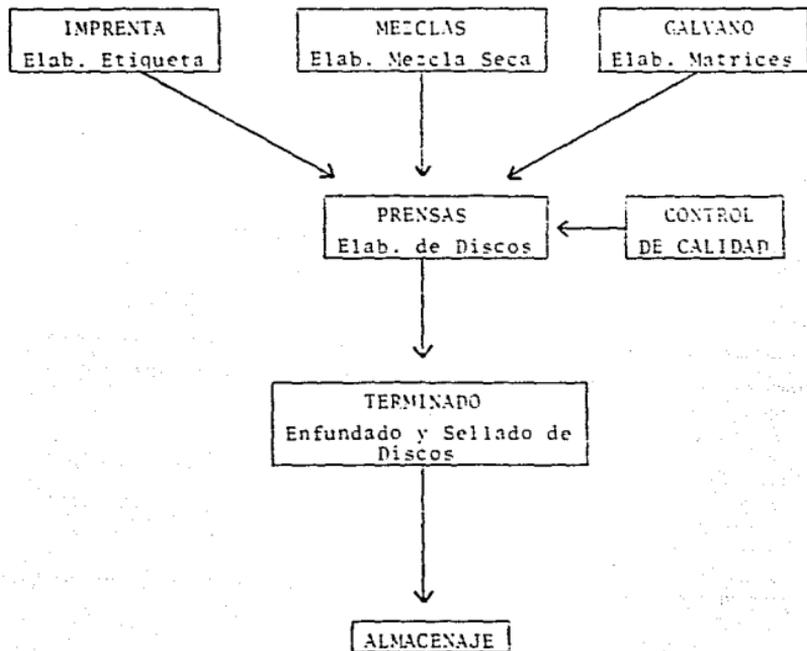
Posteriormente a la cera se empleó un material a base de shellac (goma-laca o resina de la India), goma congó o copal, cargas blancas y rojas (pizarras), negro de humo y estearato de zinc. Y esta fué la primera formulación de compuesto para disco, sin embargo aun no podían reproducirse tantas veces.

Desde 1933 el valor de los discos fabricados a base de resina de policloruro de vinilo (PVC) se aprobó y se reconoció como satisfactorio. La manufactura de los discos hechos a base de PVC se debió al hecho de demostrar superioridad sobre los que eran fabricados con la mejor calidad de shellac disponible.

Para el proceso de elaboración de discos fonográficos intervienen dos procesos: extrusión y moldeado por compresión. Para efectuar este moldeado es necesario contar además de con la mezcla seca o con el "pellet" de PVC con los estampadores, los cuales contienen la información musical del disco en cuestión, las etiquetas que contienen la información escrita del mismo.

La secuencia del proceso de elaboración de los discos fonográficos se muestra en el diagrama VII.1

Diagrama VII.1
Proceso de elaboración de los discos



VII.1 IMPRESION DE ETIQUETA

Actualmente para la elaboración de discos fonográficos se hace necesario contar con las etiquetas impresas en papel con la información de los programas e información legal correspondiente a cada lado del disco, mediante un proceso de offset.

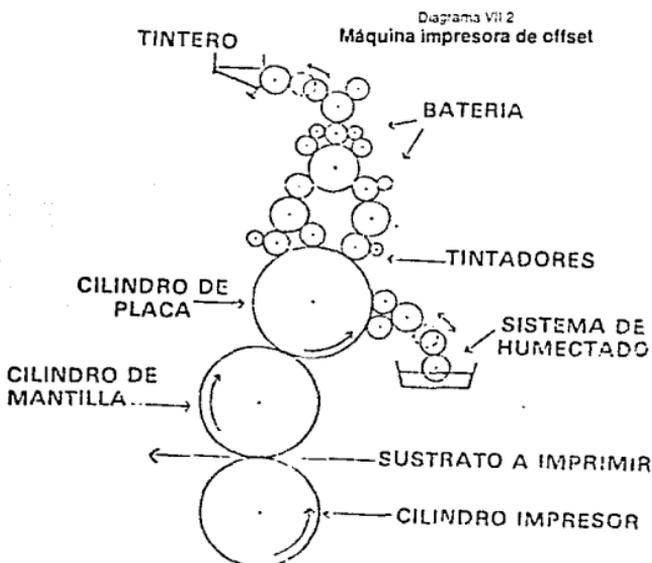
Este proceso se ha preferido por su sencillez aunque existen discos elaborados sin etiquetas en los cuales la información se logra grabar en los estamadores.

VII.1.1 TEORIA

El sistema de impresión de offset (litografía, planografía o impresión indirecta) se basa en el principio fundamental de que la tinta por su constitución lipofílica no es miscible con el agua, de tal manera que la máquina en su unidad impresora posee un sistema de humectado y un sistema de entintado, ambos en contacto con el cliché imagen (placa metálica fotosensibilizada, polimerizada o grabada planográfica).

La placa en zonas de imagen es receptiva de tinta (rechaza el agua) y la zona de no imagen es receptiva de agua (rechaza la tinta), de modo que en cada revolución el sistema de humectado, humedece a la placa (cliché) adhiriéndose ésta únicamente en zonas de no imagen (en realidad se trata de una película diferencial de humedad). Inmediatamente los entintadores aplican la tinta también a toda la placa, pero como las zonas de no imagen están humedecidas repelen la tinta adhiriéndose ésta solo en zonas de imagen; enseguida la imagen con tinta se transfiere a un cilindro intermedio llamado cilindro de mantilla, blanket o hule y de aquí pasa al sustrato contra al cilindro impresor, precisamente el paso de la imagen entintada al cilindro intermedio antes que al sustrato es donde toma el nombre de impresión directa.

El diagrama VII.2 corresponde a una máquina impresora de offset muy simplificada.



VII.1.2 OBTENCION DE ETIQUETAS

Para su elaboración es necesario contar con un "master", mismo que se obtiene en una máquina de escribir "compose" que cuenta con diversos tipos y tamaños de letras. Una vez que se encuentra escrita toda la información en una hoja de papel (master) se procede a elaborar un negativo, mediante la fotografía del master y revelado de película fotográfica.

El negativo se pasa a la sección de transporte donde se expone a una placa de aluminio presensibilizada a través del negativo mediante luz blanca. Posteriormente se revela esta placa fotosensibilizada para desarrollar la información correspondiente.

Una vez obtenida la placa se procede a montarla en el cilindro de placa de la prensa offset, continuando el proceso según se describió anteriormente. En esta máquina obtenemos las etiquetas en una planilla por lo que se procede a suajarlas y perforarlas para obtenerse de esta manera la etiqueta que se conoce en los discos.

Finalmente es horneada para eliminar la humedad del papel. En el diagrama VII 3 se puede apreciar la secuencia del proceso.

Diagrama VII 3
Secuencia del proceso de obtención de etiquetas



VII.2 ELABORACION DE MATRICES

El electroformado es de particular importancia en la manufactura de discos fonográficos. los surcos que llevan el sonido, son cortados en material relativamente suave y tienen una superficie más tersa que el mejor de los acabados mecánicos, de esta manera son posibles rugosidades menores a 0.05 micropulgadas. Si cuando algunas de las amplitudes del sonido son menores a 7 micropulgadas de pico, la superficie tiene que ser mucho más tersa de tal manera que la señal de sonido se distinga del ruido causado por la rugosidad del surco.

El problema es obtener un negativo de esta superficie grabada con suficiente detalle para reproducir fielmente el surco sonoro y al mismo tiempo tener dureza adecuada para ser usado como un molde duplicador del surco original en disco tras disco.

El valor particular del electroformado es su habilidad para copiar la superficie hasta el último detalle, de forma que cuando se monta en una máquina de moldeo, se pueden obtener miles de discos y de esta manera reproducir hasta 60 minutos de música en menos de 30 segundos.

VII.2.1 TEORIA

Los baños de galvanoplastia consisten en soluciones bastante concentradas de los metales a depositar, junto con otros elementos inorgánicos que no varían o que varían muy poco por el paso de la corriente entre los electrodos, pero que desempeñan determinadas funciones. Los procesos en uso para los depósitos metálicos y la actuación de los complementos de los baños no son todavía conocidos científicamente en todas sus particularidades.

La solución de un baño contiene el metal a depositar en forma de iones, como son los iones de cobre o de níquel en un electrolito ácido, o combinados en forma de complejos como los baños alcalino cianurados de zinc o cobre. Al pasar la corriente eléctrica por una solución electrolítica ocurre que las partículas cargadas de electricidad, iones, se ponen en marcha en el seno de la solución bajo la influencia de la tensión eléctrica aplicada, de esta manera los iones metálicos cargados positivamente (cationes) van hacia el cátodo y los cargados negativamente (aniones) van hacia el ánodo. La corriente eléctrica es conducida a la solución a través de sustancias que poseen una buena conductibilidad (metales o carbón). En estos electrodos y por el paso de corriente se producen fenómenos electroquímicos, de reducción en el cátodo y de oxidación en el ánodo. En los metales la oxidación y la reducción van siempre unidas a una variación de la valencia o del número de electrones de valencia libre.

VII.2.2 OBTENCION DE MATRICES

El primer paso para la elaboración de las matrices es contar el programa musical en un acetato (material relativamente suave). El medio generalmente empleado es una lamina de aluminio recubierto con acetato de nitrocelulosa. El acetato de nitrocelulosa es por lo general de un peso molecular bajo y altamente plastificado para darla esa estructura relativamente suave.

El acetato grabado debe tener una superficie conductora. Para lograrlo, la superficie es inicialmente desengrasada con un jabón suave, seguido lo cual es sensibilizada con cloruro estano y finalmente plateada por reducción química de una solución amoniacal de plata.

El acetato plateado se coloca en unos ganchos para niquelarse en una solución de sulfamato, un ejemplo típico de baño es:

Sulfamato de níquel	270-330 gr/l.
Cloruro de níquel.	15 gr/l.
Acido bórico.	30 -45 gr/l.

Después de alcanzar un espesor de 0.25 milímetros la capa de níquel formada, se separa del acetato, a esta pieza se le denomina master o negativo y se trata de un disco metálico con la información del acetato a contrarrelieve, a continuación del despegado se le da un lavado y un tratamiento químico (pasivación), consistente en una oxidación de la superficie, lo cual hará que se pueda despegar la nueva pieza que se vaya formando en él. Nuevamente la pieza se coloca en ganchos y se sumerge al baño, al alcanzar un depósito de un espesor de 0.25 mm, se separa obteniéndose la matriz o positivo. Se le conoce así porque se trata de una reproducción fiel del acetato. A esta pieza se le realiza una inspección en un tocadiscos percibiendo la fidelidad de la copia original.

Al aceptarse la matriz, se lava y se pasiva, llevándola a otro tanque de níquelado para que alcance un espesor de 0.12mm sucedido lo cual se le da un terminado que incluye lijado, centrado, troquelado, lavado y horneado. Esta pieza es un negativo y llega a producir hasta 1300 discos.

VII.3 ELABORACION DE LA MEZCLA SECA

VII.3.1 FORMULACION

Con anterioridad se mencionó una formulación típica utilizada durante muchos años para la fabricación del compuesto para discos fonográficos. A continuación se comentará otro tipo de formulación desarrollada para cubrir las deficiencias de la anterior, a saber:

Copolímero con alto contenido de acetato.	PCR
Homopolímero o copolímero con bajo contenido de acetato.	100
Estabilizador organoestano.	10
Lubricante.	0.5
Pigmento.	0.5
	0.3

La adición del homopolímero o de un copolímero con bajo contenido de acetato obedece a la necesidad de controlar las propiedades de flujo del material a extruirse y pensarse.

Una de las ventajas adicionales de usar homopolímero en lugar de copolímero es el del costo, ya que es más económico.

El cambio del estabilizador de bario-cadmio-plomo por un organometálico, por un lado se debe a la toxicidad y por otro a la eliminación de problemas de audio. Asimismo se ha comprobado que aunque el costo de un organometálico es mayor que el de una sal metálica, resulta ser más económico el organometálico, debido a que se requiere de menor cantidad.

La adición del lubricante es consecuente del cambio del estabilizador, así como para que no haya adhesión al equipo.

VII.3.2 CARACTERISTICAS DE LAS MATERIAS PRIMAS

Desde 1933 el valor de los discos fabricados a base de una resina de PVC se probó y reconoció como satisfactorio. Sin embargo esta resina así como los aditivos, deben de cumplir con una serie de requisitos para que la calidad del disco sea la adecuada.

RESINA

Las resina para la elaboración de discos fonográficos deben de tener:

1. Buen flujo.
2. No ser suaves a temperaturas elevadas.
3. Buenas propiedades físicas y mecánicas.
4. Deberán estar libres de partículas con centro duro, debido a fracciones de peso molecular alto, producidas en la polimerización.
5. Menor contenido de volátiles.
6. Para buena procesabilidad el compuesto deberá tener un buen balance entre la viscosidad y elasticidad en fundido.
7. El óptimo contenido de acetato es un compromiso entre la facilidad de moldeabilidad y la firmeza y durabilidad. Altos contenidos disminuirán la temperatura de transición vítrea por debajo de 55 °C y producirán deformación en los surcos, pobre durabilidad y chuecura. Niveles de 8 - 10 % de acetato con una temperatura de transición alta produce un flujo pobre.

Las especificaciones que se pueden determinar en un laboratorio de la industria del disco, son las siguientes:

a) Tamaño de partícula	retenido en mallas
malta no. 40	0%
malla no. 60	20% máx.
malla no. 140	abierto
malla no. 200	abierto
charola	10% máx.
b) Contenido de humedad	1% máx.
c) Punto de fusión	160 °C
d) Viscosidad específica	0.50 - 0.52

ESTABILIZADOR

Al escoger un estabilizador deberá buscarse que reúna las óptimas condiciones, las cuales son:

1. Deberá ser un aceptor del ácido clorhidrico tan pronto este se desprenda del copolímero. El producto de esta reacción deberá de ser insoluble, excepto en algunos casos.
2. Deberá de ser compatible con la resina y los otros componentes. Esto implica que realmente debe dispersarse y ser compatible no solo inicialmente, sino también con el paso del tiempo.
3. También debe inhibir la degradación por el calor y la luz, es decir filtrar la luz ultravioleta.
4. Debe destruir el color producido por los grupos polieno.
5. De preferencia no ser tóxico.
6. Tener propiedades tales como: ser bajo en costo, capaz de usarse en pequeñas cantidades, no afectar las propiedades en el proceso y tener efectos de lubricante.

Como no existe un estabilizador que reúna todas estas características, al decidirse por alguno se tomara en cuenta que características son más importantes para la aplicación de que se trate.

Al estabilizador se le efectúan las siguientes determinaciones:

a) Contenido de humedad	1% máx.
b) Punto de fusión (estabilizadores sólidos)	160-180 °C
c) Gravedad Específica	1.12+- 0.02

LUBRICANTE

La principal función de los lubricantes es prevenir la adherencia del compuesto al equipo e impartir buen desprendimiento de las piezas ya moldeadas. Algunas de estas ventajas derivan del hecho de que el uso de lubricantes permite trabajar con temperaturas menores.

Los lubricantes deben tener una compatibilidad muy limitada con el compuesto para tener un buen funcionamiento. No deben ser afectados por la luz y el calor y no deben afectar el sonido de los discos. Siempre se usan en pequeñas cantidades por su limitada compatibilidad.

El lubricante más común en la industria del disco ha sido el ácido esteárico, aunque también se ha empleado la cera E.

La desventaja de estos lubricantes es su emigración hacia la superficie del disco produciendo manchas indeseables.

PIGMENTO

El negro de humo es el colorante empleado casi universalmente en la industria del disco. Esto obedece a ser el mejor colorante, pues resiste las condiciones más severas de luz y clima por absorber la luz ultravioleta; debe señalarse como un factor adverso el que el negro de humo actúe como una carga que en cantidades elevadas produce ruido.

Sin embargo y debido a que en la industria del disco ha tomado auge en cierta proporción la fabricación de discos de colores, señalaremos que los colorantes frecuentemente funcionan como estabilizadores y cargas. La estabilidad térmica se reduce con pigmentos que contienen zinc, cobalto, manganeso, cobre, cloro y pequeñas cantidades de hierro ó azufre. Por otro lado la estabilidad térmica es mejorada cuando se usan colorantes que contienen bario, cadmio, plomo, estaño y calcio.

Los colorantes también deben resistir la acción del ácido clorhídrico liberado, no deben sangrar (emigrar a la superficie) y deben ser de una textura suave para que sean fácilmente dispersados.

En cuanto al negro de humo, se deben tomar en cuenta las siguientes cualidades:

1. Tamaño de partícula. los negros de humo son de partículas esféricas y con una distribución de tamaño simétricas. Las partículas más pequeñas poseen mayor negrura; el tamaño de partícula recomendable es 3,5 a 5 milimicras (std. 18 m.).
2. Estructura (densidad aparente), se determina por la absorción de aceite o compresibilidad de un volumen específico. A alta estructura se promueve alta viscosidad, altos módulos elásticos y baja velocidad de flujo.

Al negro de humo se le realiza la siguiente prueba:

- a) Absorción de aceite 15-17 ml/100 g.

VII.3.3 OBTENCION DE LA MEZCLA SECA

El principio básico de este proceso es el de mezclar todos los ingredientes en una sola operación para obtener un polvo completamente seco y de flujo libre.

La historia de este método es interesante. A pesar de que funcionó la primera vez que se desarrolló, no fue enteramente satisfactorio debido a que las resinas no habían sido suficientemente desarrolladas y pocas compañías contaban con extrusores para elaborar un producto de primera calidad. A medida que se obtuvieron estos desarrollos fue aplicándose más este método. La secuencia es la siguiente:

De acuerdo a la fórmula del compuesto, los porcentajes correspondientes a cada material son colocados en el interior de un mezclador (tipo espas). Durante la operación del mezclado, el mezclador gira inicialmente a una velocidad de aproximadamente 1800 RPM (revoluciones por minuto) pasando después a una velocidad de 3600 RPM. El ciclo completo de mezclado tiene un tiempo aproximado de 5 minutos, en el cual la mezcla alcanza una temperatura de 75°C. al terminar el ciclo los materiales ya mezclados se descargan a un enfriador y de aquí a unos contenedores apropiados para su manejo posterior.

De acuerdo a otros estudios realizados se recomienda que para obtener un buen mezclado la partícula de la resina debe ser de forma irregular y con un tamaño de 100 a 150 micrones (3.9 a 5.9 milésimas de pulgada).

Es importante notar que si adicionamos algún aditivo líquido, se deberá adicionar aproximadamente minuto y medio después de iniciado el mezclado.

VII.4 PRENSAJE DE DISCOS FONOGRAFICOS.

Una vez que tenemos preparados todos los materiales como son: la mezcla seca, las etiquetas y los estampadores, se procede a la elaboración de los discos que usualmente escuchamos. Para que esto sea posible requerimos de dos procesos: la extrusión y el moldeo por compresión. En la extrusión fundimos la mezcla seca y en el moldeo por compresión se forman los discos.

VII.4.1 EXTRUSION DE LA MEZCLA SECA

La extrusión se puede describir como el proceso de conformar un material forzándolo a pasar a través de una boquilla. La extrusión por vez primera de un material termoplástico data de 1870, cuando el nárate de celulosa fue extruido en forma de barra, empleando para la extrusión un pistón hidráulico. Los extrusores de tornillo se usaron por primera vez para extruir termoplástico hacia 1930. Las primeras máquinas eran adaptaciones de las utilizadas por la industria del caucho.

Así la mezcla seca es colocada en la tolva de los extrusores y al husillo se le va dosificando la cantidad de polvo necesario para irlo extruyendo como se explicó en los capítulos anteriores. De esta manera es fundida, la mezcla seca, obteniéndose la pasta que será utilizada para el prensaje de los discos. A esta porción de pasta fundida se le conoce como "disquet".

De acuerdo a las exigencias actuales de producción los ciclos de extrusión han reducido su tiempo, por lo que es necesario que la resina de PVC tenga la propiedad de fundirse rápida y completamente.

VII.4.2 PRENSAJE DE LOS DISCOS EN MOLDEO POR COMPRESIÓN

El prensaje de los discos siempre ha sido arte empírico, cosa que no es de extrañarse si se toma en cuenta que en este moldeo intervienen una gran cantidad de factores interrelacionados. Entre estos factores se encuentra la transferencia de calor, las propiedades de los materiales termoplásticos, la presión del moldeo.

Para la fabricación de los discos, los estampadores son colocados sobre unos moldes o dados los cuales tienen entradas y salidas de vapor y agua de enfriamiento. Se coloca un estampador en el molde superior y otro en el inferior. Al "bisquet" obtenido de la extrusión se le colocan las etiquetas (una por la parte superior y otra en la inferior) siendo introducido a la prensa, ubicándolo en la parte central de los moldes. Se procede a unir los moldes a una presión de 140 Kg/cm² y se mantiene así por aproximadamente 30 segundos, tiempo durante el cual tenemos primeramente un ciclo de calentamiento e inmediatamente un enfriamiento. La prensa abre y se retira el disco, cortando el excedente de pasta y obteniendo el diámetro normal del disco, posteriormente se deja entrar a temperatura ambiente.

Cuando el estampador se encuentra a una temperatura mayor que la de la pasta, el compuesto en contacto con la superficie del duplicado adquiere una temperatura prácticamente igual a la superficie del metal. Esto produce que la viscosidad del compuesto sea menor en la superficie y el desplazamiento del plástico sea en forma relativamente plana.

Esta situación es benéfica en el moldeo de los discos. Puesto que la viscosidad es menor en la superficie de el estampador la pasta fluye con mayor facilidad dentro de la configuración de los surcos.

Cuando la temperatura de los estampadores es menor que la del compuesto, la viscosidad aumenta en la superficie y el flujo en la parte central será relativamente mayor que el flujo hacia los surcos de la música, produciendo un moldeo deficiente.

En cuanto a la presión diremos que esta tiene su máximo valor en el centro y disminuye en razón al cuadrado del radio a considerar; en la orilla del plástico su valor es cero. En el moldeo de los discos se utiliza un anillo externo para restringir el flujo y crear una contrapresión; un anillo más ancho producirá una contrapresión mayor al momento de entrar en contacto con la pasta. Por otra parte, la contrapresión aumenta al disminuir la distancia entre los anillos.

Es lógico esperar que para un buen moldeo sea necesario desarrollar suficiente contrapresión. Esto se lograría usando un anillo bastante ancho pero a expensas de la velocidad, pues la velocidad al cerrar los moldes es lenta usando anillos anchos; por esta razón es necesario buscar el ancho óptimo de los anillos.

Así de esta forma se obtienen los discos fonográficos, dejándose entrar para pasar al departamento de empaque donde son introducidos en su funda, sellados y empacados.

CAPITULO VIII

EXPERIMENTACION Y RESULTADOS

Para la parte experimental se contó con el instron reológico y un viscosímetro brookfield. Estos aparatos se escogieron por la posibilidad de contar con ellos y su conocida utilidad en reología.

La primera parte está dirigida a establecer el % óptimo de homopolímero tomando en cuenta diferentes contenidos de acetato. Esto tiene una gran importancia por la diferencia del costo en la formulación introduciendo homopolímero, ya que este es de menor costo que el copolímero.

La segunda parte está enfocada a optimizar la formulación de acuerdo a la viscosidad de la resina que se recibe. Esto se hace debido a la imposibilidad de encontrar material del todo homogéneo y la necesidad de contar con un compuesto 100% uniforme originado por los altos costos que se tienen en las variaciones al procesar los discos.

VIII.1 EXPERIMENTACION EN INSTRON REOLOGICO

VIII.1.1 ¿COMO FUNCIONA EL INSTRON REOLOGICO?

Este aparato relaciona el esfuerzo y la relación de deslizamiento. El esfuerzo de deslizamiento se obtiene de la medida del gradiente de presión y la relación de deslizamiento del flujo volumétrico.

En este equipo la relación de deslizamiento es constante y la fuerza de deslizamiento varía de acuerdo al material. Se usa una máquina que mueve al pistón que entra en el tubo capilar a velocidad constante, en esta forma se hace que el fluido pase a través del orificio más pequeño, que en sí es un tubo capilar de precisión, la temperatura se mantiene constante mediante un termostato. La fuerza requerida para hacer fluir el material a una determinada velocidad es medida por un dispositivo y registrada por un graficador.

El reómetro consta de un motor síncrono y de un sistema de manejo el cual controla que la velocidad del pistón, que entra al capilar, sea constante independiente de la fuerza que requiera el pistón. Esto permite que la relación del flujo volumétrico, a través del capilar, sea constante. Este sistema de manejo consta de 6 velocidades de corte que van de 20 pulgadas / min. a 0.006 pulgadas / min. La cual se selecciona mediante un botón.

La viscosidad es dependiente de la temperatura por lo que el reómetro mantiene un cerrado control de la temperatura desde la entrada al barril hasta la salida de él, incluyendo por el capilar, dentro de un rango de $\pm 2^{\circ}\text{C}$.

Así se puede determinar la curva del flujo del material haciendo variar la velocidad del pistón. Estos aparatos tienen 10 velocidades diferentes en las que se puede trabajar y cubren un margen de fuerza de 0 a 1000 lb.f... Se pueden usar diferentes capilares de precisión de acuerdo con el material que se vaya a usar.

VIII.1.2 PRUEBAS REALIZADAS

Se eligieron al inicio 8 muestras de resinas con diferentes contenidos de acetato. A cada una de ellas se les modificó el % de homopolímero de 10 en 10, desde 0 hasta 50 %.

Posteriormente se eligieron otros rangos de porcentaje de homopolímero, de acuerdo a los resultados obtenidos con las pruebas anteriores, estableciéndose un rango de acetato de 15.7 a 16.1.

Asimismo se elaboraron, con un 30 % de homopolímero, a lotes de resina con un contenido de acetato del 14%.

A todas las muestras se les realizaron pruebas en el instrón reológico a las mismas velocidades de corte.

VIII.1.3. LOTES DE RESINA Y SUS CARACTERISTICAS.

De las diversas características de la resina, las que más influencia tienen en el compuesto para discos fonográficos son:

Viscosidad.

% de contenido de acetato.

Tamaño de partícula.

En nuestro estudio solo se consideraron las dos primeras, ya que la tercera en un estudio preliminar se había ya determinado, por lo que las muestras estudiadas se seleccionaron con un tamaño de partícula fino.

Las resinas analizadas provienen de dos fabricantes diferentes dado que el mercado del PVC es competitivo y aunque se ofrezcan resinas similares a la competencia excepcionalmente son iguales, de esta manera los materiales que se ofrecen nunca son homogéneos ni aún dentro de la misma compañía.

LOTE	VISCOSIDAD RELATIVA	% DE ACETATO
713001	1.51	17.0
713013	1.52	16.2
713004	1.53	14.1
713002	1.50	15.7
713012	1.52	15.8
713010	1.51	16.1
623060	1.54	15.6
1830736	1.57	15.17
1831011	1.60	14.08
1831008	1.61	14.30
1831005	1.61	14.06

VIII.1.4 RESULTADOS

<u>LOTE 715001</u>						
% HOMOPOLIMERO	0	10	20	30	40	50
VELOCIDAD DE CORTE (Seg-1)	ESFUERZO DE CORTE (Kgf/cm ²)					
676.536	10.062	-	-	12.134	-	-
202.961	7.398	10.7388	12.3455	12.260	16.3197	19.955
67.653	5.394	8.2021	10.1469	8.751	13.9521	13.529
20.296	3.508	5.2426	6.7308	5.614	9.3014	7.563
6.765	2.283	3.1794	3.8897	3.280	5.8345	4.312

<u>LOTE 715013</u>						
% HOMOPOLIMERO	0	10	20	30	40	50
VELOCIDAD DE CORTE (Seg-1)	ESFUERZO DE CORTE (Kgf/cm ²)					
676.536	9.555	-	-	14.5745	16.2351	-
202.961	8.709	11.8382	12.9573	11.6690	15.8969	27.3968
67.653	6.045	8.2021	10.2315	8.587	14.1212	20.6321
20.296	3.957	5.3162	6.2255	5.817	9.8510	14.9663
6.765	2.435	3.2132	3.4161	3.838	6.5955	8.9631

<u>LOTE 713004</u>						
% HOMOPOLIMERO	0	10	20	30	40	50
VELOCIDAD DE CORTE (Seg-1)	ESFUERZO DE CORTE (Kgf/cm ²)					
676.536	10.781	12.091	-	-	-	-
202.961	9.766	10.992	13.1065	10.7389	15.0513	15.7278
67.653	6.933	7.737	9.6396	8.3712	12.3455	13.9521
20.296	4.667	5.124	6.2573	5.8134	8.4558	9.7242
6.765	2.942	3.196	3.8220	3.2766	5.4117	6.0544

<u>LOTE 713002</u>						
% HOMOPOLIMERO	0	10	20	30	40	50
VELOCIDAD DE CORTE (Seg-1)	ESFUERZO DE CORTE (Kgf/cm ²)					
676.536	9.8933	10.8254	12.0918	13.1065	No fluyó	18.264
202.961	8.2867	8.9631	10.4852	12.4300	se esforzó	17.965
67.653	5.3441	5.8514	6.4941	7.5256	mucho el	17.672
20.296	3.4161	3.6191	3.8558	4.3970	equipo	15.021
6.765	2.0970	2.0970	2.1647	2.5367		7.821

<u>LOTE 715012</u>						
¿ HOMOPOIMERO	0	10	20	30	40	50
VELOCIDAD DE CORTE (Seg-1)	ESFUERZO DE CORTE (Kgf/cm ²)					
676.556	9.8087	10.1469	11.6690	13.9521	16.9116	-
202.961	8.8755	8.3712	10.3161	13.3601	15.8969	14.2050
67.653	5.6442	5.1411	6.1896	8.6249	10.1469	13.529
20.296	3.6191	3.1117	3.4839	5.0058	6.3418	8.965
6.765	2.0970	1.7926	1.8603	3.0441	3.7852	5.547

<u>LOTE 715010</u>						
¿ HOMOPOIMERO	0	10	20	30	40	50
VELOCIDAD DE CORTE (Seg-1)	ESFUERZO DE CORTE (Kgf/cm ²)					
676.556	9.5014	10.738	11.1617	11.5508	16.3197	15.558
202.961	7.4411	11.415	8.6249	9.5014	14.3750	14.121
67.653	4.9720	7.948	5.3779	5.8146	9.7242	11.835
20.296	3.0779	4.836	2.9764	3.1286	6.0036	7.314
6.765	1.7565	2.570	1.6912	1.6916	3.6867	4.312

<u>LOTE 623060</u>						
% HOMOPOLIMERO	0	10	20	30	40	50
VELOCIDAD DE CORTE (Seg-1)	ESFUERZO DE CORTE (Kgf/cm ²)					
676.536	11.203	12.2609	-	-	16.319	-
202.961	9.935	10.5697	12.4300	13.2122	15.389	19.6175
67.653	7.102	7.6948	9.7242	9.7664	11.626	17.7572
20.296	4.735	5.2003	6.4264	6.5617	9.766	11.9227
6.765	3.010	3.1793	3.8897	4.1603	5.885	7.4411

<u>LOTE 1830730</u>						
% HOMOPOLIMERO	0	10	20	30	50	
VELOCIDAD DE CORTE (Seg-1)	ESFUERZO DE CORTE (Kgf/cm ²)					
676.536	9.2160	11.669	-	14.924	17.841	
202.961	6.561	6.878	11.3308	12.430	17.418	
67.653	4.819	6.764	8.9631	9.470	12.937	
20.296	3.314	4.515	5.7499	6.494	9.132	
6.765	2.080	2.891	3.5514	4.278	6.206	

<u>LOTE 713010</u>			
1 HOMOPOLIMERO	28	60	75
VELOCIDAD DE CORTE (Seg-1)	ESFUERZO DE CORTE (kgf/cm ²)		
676.536	9.047	11.161	17.968
202.961	7.677	10.569	17.122
67.653	5.665	7.779	12.514
20.296	3.858	5.141	8.540
6.765	2.418	3.280	6.121
2.029	1.437	2.054	4.397

<u>LOTE 713012</u>			
1 HOMOPOLIMERO	28	60	75
VELOCIDAD DE CORTE (Seg-1)	ESFUERZO DE CORTE (kgf/cm ²)		
676.536	10.146	10.654	9.216
202.961	9.301	10.485	8.053
67.653	6.950	7.906	5.800
20.296	4.785	5.360	3.686
6.765	3.247	3.517	2.209
2.029	2.080	2.299	1.268

<u>LOTE 713002</u>			
% HOMOPOLIMERO	28	60	75
VELOCIDAD DE CORTE (Seg-1)	ESFUERZO DE CORTE (Kgf/cm ²)		
676.536	9.470	11.838	13.529
202.961	7.880	10.865	13.275
67.653	5.749	8.286	10.231
20.296	3.686	5.952	7.441
6.765	2.291	4.210	5.445
2.029	1.336	2.908	4.075

LOTE No.	1831011	1831008	1831006	1831006
% HOMOPOLIMERO	30	32	30	38
VELOCIDAD DE CORTE (Seg-1)	ESFUERZO DE CORTE (Kgf/cm ²)			
676.536	9.724	8.624	8.202	9.724
202.961	7.694	7.610	7.711	8.878
67.653	5.462	5.445	5.327	6.527
20.296	3.382	3.517	3.213	4.329
6.765	2.020	2.164	1.911	2.739
2.029	1.128	1.251	1.124	1.623

VIII.1.5 INTERPRETACION Y AGRUPACION DE RESULTADOS

De acuerdo a la fórmula presentada en el capítulo de reología, se sabe que al graficar el esfuerzo de corte y la velocidad de corte obtenemos una curva logarítmica donde la pendiente nos indica la viscosidad aparente.

Se procedió a obtener la pendiente de todas las pruebas, con la ayuda de una calculadora HP modelo 41 C (el programa se encuentra en el anexo B).

Las pendientes así obtenidas se muestran en las siguientes tablas (tablas 1 y 2):

TABLA No. 1

%HOMOPOLIMERO	0	10	20	30	40	50
LOTE	VISCOSIDAD APARENTE					
713001	1.69	2.25	2.26	2.11	3.17	4.61
713013	1.65	2.52	2.86	2.34	2.20	5.34
713004	1.80	2.05	2.74	2.17	2.88	2.92
713002	1.78	1.98	2.30	2.53	2.32	2.24
713012	1.79	1.91	2.30	2.62	3.10	2.68
713010	1.69	1.98	2.14	2.21	2.66	2.54
623060	1.87	2.04	2.54	2.66	2.29	3.72
1830736	1.52	1.90	2.33	2.36	2.50	2.74

TABLA No. 2

% HOMOPOLIMERO	28	30	32	38	60	70
LOTE	VISCOSIDAD APARENTE					
713010	1.41	--	--	--	1.73	2.59
713012	1.50	--	--	--	1.61	1.46
713002	1.49	--	--	--	1.65	1.82
1931011	--	1.53	--	--	--	--
1831008	--	--	1.36	--	--	--
1831006	--	1.36	--	1.51	--	--

Con las viscosidades aparentes se procedió a elaborar una serie de gráficas manteniendo en las ordenadas a las viscosidades y en las abscisas las diferentes variables (%de homopolímero, % de acetato, viscosidad relativa).

VIII.1.5.1 GRAFICAS

Las gráficas elaboradas fueron:

- Gráfica A . Viscosidad contra % de acetato con % de homopolimero constante.
- Gráfica B. Viscosidad contra % de acetato con viscosidad relativa de 1.51 y % homopolimero constante.
- Gráfica C. Viscosidad contra % de acetato con viscosidad relativa de 1.52 y % homopolimero constante.
- Gráfica D. Viscosidad contra viscosidad relativa con % de homopolimero constante.
- Gráfica E. Viscosidad contra % de homopolimero por lote.
- Gráfica F. Viscosidad con % de homopolimero promediando los comportamientos de los lotes de propiedades semejantes.

Las gráficas se pueden localizar en el anexo C.

De esta serie de gráficas de la que se pudo obtener información más substancial es de la gráfica E y esta origina la gráfica F como un planteamiento global.

VIII.1.6 CONCLUSIONES

Lo que permite un proceso más estable en cuanto a la relación de acetato y % de homopolimero, son aquellos en los que los porcentajes de homopolimero varía de un 20 a un 28%, ya que en esta zona los cambios son menores.

De esta manera se asegura un comportamiento que no afecte tan bruscamente los cambios de temperatura para la fusión del compuesto, manteniendo así un proceso estable con un compuesto de menor costo, ya que al aumentar el contenido de homopolimero disminuiríamos la cantidad de copolimero, que es de un costo más elevado.

Asimismo es importante controlar que la resina de copolimero no posea un contenido de acetato mayor del 15.5%, ya que con contenidos más elevados los cambios son bruscos por lo que su control en la temperatura se hace difícil.

VIII.2 EXPERIMENTACION EN VISCOSIMETRO BROOKFIELD

VIII.2.1 ¿COMO FUNCIONA EL BROOKFIELD?

Este aparato mide la fuerza mediante la cual se hace girar una varilla en un fluido.

La fuerza con la cual responde es extremadamente pequeña y el desarrollo óptimo del instrumento depende de la eliminación de cualquier fricción externa que pudiera perturbar la sensibilidad de la medida.

El viscosímetro hace girar un cilindro, disco o varilla, en un fluido midiendo el torque necesario para vencer la resistencia viscosa a inducir el movimiento. La medición se lleva a cabo mediante la inmersión de la "varilla" que es conectado a un resorte de cobre-berilio. El grado al que el resorte sea deformado (esto es la lectura del indicador en la carátula), es proporcional a la viscosidad del fluido para cualquier tipo de varilla y velocidad utilizada.

Se debe tener cuidado ya que la "fuerza necesaria para vencer el movimiento" depende de la velocidad con la que se hace girar la varilla y de la forma y tamaño de ésta. sin embargo, el mínimo rango se obtiene usando la varilla más gruesa con la mas alta velocidad y el máximo rango a la mínima velocidad y la varilla mas delgada.

En el caso que se desee evaluar propiedades reológicas de algún material, se requiere de usar una sola varilla (a elegir forma y tamaño) a diferentes velocidades de rotación.

VIII.2.2 PRUEBAS REALIZADAS

Habiéndose determinado que el maximo contenido de porcentaje de acetato en la resina de PVC es de 15.5 se elejieron muestras con contenidos menores a este.

Se elejieron 4 resinas copolimero y 4 homopolimero, mezclando en diferentes porcentajes el homopolimero. En un inicio se desarrollaron 8 pruebas, posteriormente al confirmar resultados se elaboraron 10 pruebas más.

A cada resina que se analizó en el brookfield, se le disolvió en plastificante DOP. Se usó el modelo de viscosímetro LVT con la varilla no. 1 a una temperatura de 22°C.

Posteriormente se prepararon las mezclas a nivel producción, con un contenido de homopolimero de 10,15, 20, 25 y 30 %.

VIII.2.3 LOTES DE RESINA Y SUS CARACTERISTICAS

A continuación se listan a las resina estudiadas definiendo su viscosidad relativa y contenidos de acetato.

TIPO DE RESINA	LOTE	% ACETATO	VISCOSIDAD
copolimero	1859426	14.3	1.60
copolimero	54026	14.5	1.56
copolimero	54018	14.4	1.56
copolimero	54019	14.2	1.57
copolimero	54016	14.5	1.56
copolimero	1850502	14.4	1.59
copolimero	54024	14.0	1.58
copolimero	54025	14.1	1.57
copolimero	1850504	14.4	1.59
copolimero	1850430	14.1	1.61
homopolimero	2850366	-	2.05
homopolimero	2850470	-	1.90
homopolimero	2850374	-	1.95
homopolimero	2850372	-	2.00

VIII.2.4 RESULTADOS

<u>HOMOPOLIMERO LOTE 2850366</u>							
<u>COPOLIMERO LOTE 1850426</u>							
% HOMOPOLIMERO	0	10	15	20	25	30	100
R.P.M.	LECTURA						
0.3	3.5	3.0	4.0		3.0	3.75	5.75
0.6	6.0	6.5	8.0		6.0	7.0	12.5
1.5	15.5	17.0	19.25		15.75	17.5	33.0
3	31.5	33.75	38.0		32.0	26.0	70.0
6	63.5	67.25	75.6		65.5	72.5	-

<u>HOMOPOLIMERO LOTE 2850470</u>							
<u>COPOLIMERO LOTE 1850426</u>							
% HOMOPOLIMERO	0	10	15	20	25	50	100
R.P.M.	LECTURA						
0.3	3.5	4.0	3.25	3.0	3.0	3.0	8.0
0.6	6.0	8.5	6.5	6.0	7.0	5.5	17.0
1.5	15.5	20.0	16.75	15.5	17.5	14.0	42.0
3	31.5	39.5	33.5	31.5	26.0	28.5	84.0
6	63.5	78.5	67.0	63.5	71.5	56.5	

<u>HOMOPOLIMERO LOTE 2550566</u>							
<u>COPOLIMERO LOTE 540026</u>							
§ HOMOPOLIMERO	0	10	15	20	25	30	100
R.P.M.	LECTURA						
0.3	3.5	3.5	4.5		3.5	3.5	5.75
0.6	7.0	7.0	9.0		7.5	7.5	12.5
1.5	18.0	18.5	22.5		19.5	19.5	33.0
5	36.0	37.0	44.75		39.5	40.0	70.0
6	72.5	74.0	93.5		78.5	80.0	

<u>HOMOPOLIMERO LOTE 2850470</u>							
<u>COPOLIMERO LOTE 54026</u>							
§ HOMOPOLIMERO	0	10	15	20	25	30	100
R.P.M.	LECTURA						
0.3	3.5	3.5	4.0	3.75	2.5	3.5	8.0
0.6	7.0	7.5	4.5	7.0	5.5	7.5	17.0
1.5	19.0	18.0	21.5	18.0	14.5	18.0	42.0
5	36.0	37.5	42.0	35.75	30.25	35.0	84.0
6	72.5	75.5	82.0	71.5	62.0	68.0	-

<u>HOMOPOLIMERO LOTE 2850470</u>							
<u>COPOLIMERO LOTE 54018</u>							
¶ HOMOPOLIMERO	0	10	15	20	25	30	100
R.P.M.	LECTURA						
0.3	2.75	2.5	3.0	3.25	5.5	3.0	8.0
0.6	5.5	6.0	6.0	7.0	12.0	7.0	17.0
1.5	14.25	15.75	15.5	17.0	28.5	18.5	42.0
3	29.0	32.5	31.5	34.0	56.0	38.0	84.0
6	58.0	66.5	65.0	66.75	-	78.0	-

<u>HOMOPOLIMERO LOTE 2850509</u>							
<u>COPOLIMERO LOTE 54018</u>							
¶ HOMOPOLIMERO	0	10	15	20	25	30	100
R.P.M.	LECTURA						
0.3	2.75	3.0	2.5	3.0	3.25	3.25	6.25
0.6	5.5	6.0	6.0	6.25	7.0	6.75	13.0
1.5	14.25	16.0	15.0	16.5	18.75	18.5	33.0
3	29.0	35.0	31.25	33.5	38.0	38.0	67.75
6	58.0	66.0	63.0	68.0	75.5	77.5	-

<u>HOMOPOLIMERO LOTE 2850470</u>							
<u>COPOLIMERO LOTE 54019</u>							
% HOMOPOLIMERO	0	10	15	20	25	30	100
R.P.M.	LECTURA						
0.5	3.25	3.0	2.75	3.5	3.75	3.0	3.0
0.6	6.0	6.0	5.75	7.0	8.5	6.5	17.0
1.5	15.5	17.0	15.0	19.0	21.5	17.25	42.0
3	31.5	35.75	31.0	38.5	45.0	35.5	64.0
6	63.5	72.5	61.5	77.5	86.0	72.0	-

<u>HOMOPOLIMERO LOTE 2850509</u>							
<u>COPOLIMERO LOTE 54019</u>							
% HOMOPOLIMERO	0	10	15	20	25	30	100
R.P.M.	LECTURA						
0.5	3.25	3.0	3.0	45.5	3.5	3.0	6.25
0.6	6.0	7.25	6.5	7.5	7.5	6.25	13.0
1.5	15.5	18.5	16.5	20.0	19.0	16.5	33.0
3	31.5	36.5	33.5	40.5	36.5	34.5	67.75
6	63.5	73.5	67.5	81.0	75.5	70.0	-

<u>COPOLIMEROS</u>						
LOTE No.	540016	540024	540025	1850302	1850504	1850430
R.P.M.	LECTURA					
0.3	3.0	3.5	2.5	2.75	2.5	2.5
0.6	5.75	7.0	5.0	5.75	5.25	5.75
1.5	15.0	16.5	14.0	15.0	14.0	15.5
3	31.5	33.75	29.0	31.0	29.0	32.0
6	64.0	67.5	59.0	62.5	59.5	66.0

<u>HOMOPOLIMEROS</u>		
LOTE No.	2850372	2850374
R.P.M.		
0.3	6.0	6.0
0.6	12.5	12.5
1.5	32.5	32.25
3	66.5	65.5

VIII.2.5 INTERPRETACION Y AGRUPACION DE RESULTADOS

Dado que el esfuerzo de la velocidad de corte depende de la velocidad, forma y grosor de la varilla, las pruebas se desarrollaron a diferentes velocidades pero usando una varilla en particular por lo que las R.P.M. son directamente proporcionales a la velocidad de corte y la deflexión de la aguja (lectura en la carátula) a la fuerza de corte.

Así es posible correlacionar los datos en una curva logarítmica para obtener la pendiente y de esta forma la viscosidad, de acuerdo con la relación matemática 2 del capítulo VI.

Cabe hacer notar que la viscosidad aparente en valor absoluto es mayor que en la experimentación en el instrón reológico, esto se debe a la presencia del plastificante DOP, sin embargo como es constante la concentración en todas las pruebas su influencia es ignorable.

Las pendientes logarítmicas se obtuvieron mediante una calculadora HP 41C de acuerdo al programa de obtención de curvas que se encuentra en el anexo B.

Los datos obtenidos se encuentra en la tabla VIII.3.5 (Anexo A)

De las viscosidades así obtenidas se ajustaron los datos a una ecuación de tres variables tipo:

$$z = a + bx + cy.$$

donde:

z = viscosidad aparente de la mezcla.

x = viscosidad aparente del copolímero.

y = viscosidad aparente del homopolímero.

Se obtuvo una ecuación por porcentaje de homopolímero, llegándose a establecer que:

$$z = 4.91 + 0.70x + 0.01y \quad (\text{ec. 3.5.1})$$

Como el interés de esta sección es conocer la cantidad de homopolímero adicional de acuerdo al material proporcionado, se plantea que:

$$z = (1 - A)x + Ay \quad (\text{ec. 3.5.2})$$

donde:

A = fracción de homopolímero.

1 - A = fracción de copolímero.

Substituyendo la ec. 3.5.2 en la ec. 3.5.1 se obtiene:

$$A = \frac{4.91 - 0.3x + 0.01y}{y - x} \quad (\text{ec. 3.5.3})$$

De la ec. 3.5.3 se obtiene la fracción de homopolímero y multiplicándola por 100 se llega al % de homopolímero que se adicionará a la mezcla. En el anexo B se encuentra el programa para correlación de tres variables en una calculadora HP 41C.

Los resultados obtenidos a nivel producción fueron satisfactorios. Esto es, se preparon las mezclas secas de acuerdo a la ecuación 3.5.3 y posteriormente al fundirse el material, mediante el extrusor y elaborar el disco fonográfico, no existieron problemas en el proceso ni cambios en la calidad auditiva y visual del disco.

VIII.2.6 CONCLUSIONES

La obtención de la ecuación para establecer la combinación de las resinas de PVC (homopolímero y copolímero) es una valiosa herramienta en la industria disquera, ya que asegura un compuesto homogéneo que no permita cambios o ajustes en las máquinas, logrando así una mayor eficiencia en la producción y al mismo tiempo asegurando la calidad del producto.

CONCLUSIONES GENERALES

Uno de los problemas frecuentes que tiene que enfrentar la industria del disco fonográfico, es la inconsistente calidad de sus materias primas.

En el presente trabajo se logró determinar los límites en que se debe requerir una de las principales materias primas para la elaboración del disco, como lo es la resina de PVC. Esto hace que los principales productores de resina enfoquen sus esfuerzos a controlar su proceso para obtener un producto dentro de la calidad que se logró establecer.

Sin embargo y dado que la resina no es siempre homogénea, es importante que en la elaboración de los discos fonográficos (prensas) se suministre un material de una calidad constante, ya que variaciones en el compuesto afectan el proceso y es costoso estar realizando continuos ajustes a las máquinas junto con lo que ello implica.

Es importante hacer notar que se debe requerir la resina en los rangos obtenidos en el capítulo VIII, dado que el costo de que el fabricante de la resina no cumpla con una calidad constante le estaría pegando indebidamente al transformador encareciendo el producto terminado al consumidor.

La formulación obtenida tiene la capacidad de ajustar las variaciones que aun así se den en la materia prima, dando como resultado un producto con especificaciones constantes, que nos permitirá obtener un disco con la calidad visual y auditiva que haga competitivo el producto en el mercado.

BIBLIOGRAFIA

ENCICLOPEDIA DE PVC

Leonard I. Nass
Dekker
1977.

FENOMENOS DE TRANSPORTE

Bird, Stewart, Lightfoot
Ed. Reverté
1978.

PRINCIPLES AND APPLICATIONS OF RHEOLOGY

Fredrickson D.G.
Prentice Hall
1964.

FLOW PROPERTIES OF VYNIL CHLORIDE

Resin Plastics
Industrial and Engineering Chemistry
November, 1954.

MODERN PLASTICS ENCYCLOPEDIA

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

ANEXO A

TABLA III.1
 CLASIFICACION DE LUBRICANTES

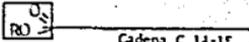
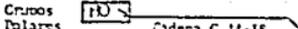
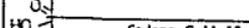
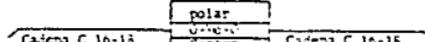
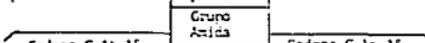
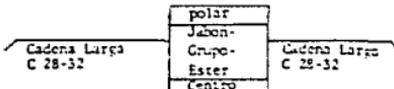
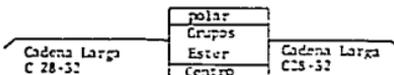
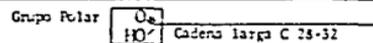
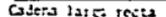
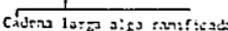
No Lubrificantes	Plastificantes y ayudas de proceso tales como acrilatos.	
Lubricación interna Solubles en PVC	Esteres como Gliceridos	
Claro	Alcohol estearico	
Polar	Acido estearico	
	Jabones Estearatos etc.	
	Cera C	
	Cera GL-3	
Balance entre lubricación interna y externa	Cera CF	
	Cera E	
	Cera S	
Lubricante externo (estos deben ser formulados correctamente para evitar la sobrelubricación)	Aceite de parafina, hidrocarburos	
	n-Parafina	
	FT-Parafina	
	Cera FA-520	
	Cera Polietileno	

TABLA III.2

RELACION DE COMPATIBILIDAD DE LOS PLASTIFICANTES

<u>PLASTIFICANTE</u>	<u>NOMBRE COMERCIAL</u>	<u>COMPATIBILIDAD</u>
Butil ciclohexil ftalato	Elastex 50-B	910 (alto)
Tri(butoxietyl)fosfato	KP 140	750
Triocetyl fosfato	TOF	700
2-Etilhexil difenil fosfato	Santicizer 141	550
Dibutil ftalato	DBP	530
Diisobutil adepato	DIBA	370
Epoxidado di(2-etilhexil) tetrahidroftalato		330
Di(2-etilhexil)ftalato	DOP	290
Diisocetyl ftalato	DIOP	270
Di(2-etilhexil) bixhidroftalato	Flexol CC 55	220
N-octil, n-decil ftalato	MODP, DNODP	210
Tricresil fosfato	TCP	175
Butil bencil ftalato	Santicizer 160	155
Dicapril ftalato	DCP	150
Di(3,5,5-trimetilhexil) ftalato		130
Diisodecil ftalato	DIDP	130
Di(2-etilhexil)adipato	DOA	105

<u>PLASTIFICANTE</u>	<u>NOMBRE COMERCIAL</u>	<u>COMPATIBILIDAD</u>
Butil epoxy estearato	BES	105
Epoxido octil ftalato	Drapex 4.4	100
Dimetil ftalato	DMP	90
Hexyl epoxy estearato	HES	80
Cresil difenil fosfato	Santicizer 140	80
Di(2-etilhexil)isofalato	DOIP, Flexol 380	65
N-octil, n-decil adipato	NODA	65
Di(2-etilhexil)azelato	DOZ	55
Epoxidado octil oliato	Drapex 3.2	50
Di(2-etilhexil)sebacato	DOS	38
Tetraclilen glicol di(2-etilhexil)	Flexol 460	30
Diisodecil adipato	DIDA	25
Trietileno glicol di(2-etilhexoato)	Flexol 360	20 (bajo)

* Calculado de la medida de equilibrio de esponjamiento. Datos obtenidos de la inmersión a temperatura ambiente de un compuesto de vinil molineado conteniendo 50 PCR de DOP en esta variedad de plastificantes. En los valores obtenidos se excluyen los 50 PCR de DOP.

TABLA III.5

PLASTIFICANTES

<u>NOMBRE QUIMICO</u>	<u>NOMBRE COMERCIAL</u>	<u>PUNTO DE FUSION</u>
Dimetil ftalato	DMP	88 (rápido)
Butil bencil ftalato	Santicizer 160	89
Tricresil fosfato	TCP	92
Dutil fosfato	DEP	92
Butil ciclohexil ftalato	Elastex 50-B	92
Trifenil fosfato	TOP	96
Dibutil ftalato	DBP	97
Cresil difenil fosfato	Santicizer 140	100
2-Etil difenil fosfato	Santicizer 141	105
Difenil ftalato	DOP	108
Dipropilén glicol debenzoato	Benzoflex 988	108
Butil octil ftalato	Santicizer 165	119
Butil decil ftalato	Santicizer 603	122
Disoctil ftalato	DIOP	126
Di(2-etilhexil) ftalato	DOP	127
Di(2-etilhexil) isofthalato	DOIF, Flexol 380	129
Dicapril ftalato	DCP	137
Diisodécil ftalato	DIDP	138
Terfenil hidrogenado	HB-40	142

<u>NOMBRE QUIMICO</u>	<u>NOMBRE COMERCIAL</u>	<u>PUNTO DE FUSION</u>
Di(2-etilhexil)adipato	DOA	144
Di(2-etilhexil)azelato	DOZ	149
Plasticante Poliesrer	Santicizer 409	153
Hidrocarburo alquiaromatico	HB-20	154
Ditridecil ftalato	DTDP	155
Di(2-etilhexil) sebacato	DOS	155
Diisodecil	DIDA	156 (lento)

TABLA V.1

FORMULACIONES TÍPICAS PARA TUBERÍA

ADITIVOS	TUBERÍA INDUSTRIAL	TUBERÍA AGUA POTABLE	
		TIPO I	TIPO II
Homopolímero de alto o medio peso molecular.	100	100	100
Modificador de impacto.	0-10	-	5-10
Ayuda de proceso.	2-5	2-5	2-5
Bóxido de titanio.	2	2	2
Negro de humo.	0.1	0.1	0.1
Estabilizador base plomo.	5	-	-
Estabilizador orgánico estanoico con baja lubricación.	-	2	1
Estabilizador orgánico estanoico con alta lubricación.	-	-	1
Lubricante.	0-1	0.5	0.5-2

TABLA VIII.3.5

LOTE HOMOPOLIMERO	2850366	2850470	2850366	2850470	2850470	2850509	2850470	2850509
LOTE COPOLIMERO	1850426	1850426	54026	54026	54018	54018	54019	54019
% HOMOPOLIMERO	PENDIENTES LOGARITMICAS							
0	10.98	10.98	12.60	12.60	9.91	9.91	10.98	10.98
10	11.58	14.24	12.75	12.95	10.65	11.18	11.58	11.76
15	13.79	11.76	15.82	14.65	10.50	10.43	10.52	11.51
20	13.00	10.98	12.60	12.57	11.78	11.42	12.97	13.48
25	11.08	12.05	13.31	10.09	19.70	12.64	14.55	13.02
30	12.54	10.26	13.37	12.65	12.41	12.54	11.80	11.51
100	22.12	28.53	22.12	28.53	28.53	22.52	28.53	22.52

LOTE HOMOPOLIMERO	2850372	2850372	2850372	2850374	2850374	2850374	2850374
LOTE COPOLIMERO	54016	1850502	1850504	54024	54025	1850504	1850430
% HOMOPOLIMERO	PENDIENTES LOGARITMICAS						
0	10.36	10.54	9.70	11.72	9.69	9.70	10.49
10	11.36	11.47	10.94	12.22	10.94	10.95	11.44
15	12.68	12.95	11.68	14.78	11.70	11.71	12.91
20	11.82	11.96	11.28	12.92	11.26	11.27	11.92
25	12.64	12.69	12.45	12.99	12.42	12.42	12.64
30	12.55	12.55	12.55	12.54	12.56	12.56	12.55
100	21.93	21.93	21.93	21.80	21.80	21.80	21.80

ANEXO B

PROGRAMA PARA OBTENCION DE CURVAS

01*LBL L1H 02 S 03 L1H 04 GTO 17 05*LBL L1P 06 C 07 -EXP 08 GTO 17 09*LBL L1Q 10 Z 11 -LOG 12 GTO 17 13*LBL L1R 14 B 15 -POT 16*LBL L1S 17 XEQ L1H 18 STO 00 19 RSTO 00 20 SPEG 10 21 CLR 22 BEEP 23 RVIEW 24 STOP 25*LBL C 26 XEQ 27 XEQ L1D 00 28 S- 29 *TOP 30*LBL 0 31 XEQ Y 32 XEQ L1D 00 33 S+ 34 STOP 35*LBL 07 36 LH 37 PTN 38*LBL 08 39 LH 40*LBL 06 41 XEQ Y 42 LH 43 XEQ Y 44 PTN	Lineal Exponencial Logarítmica Potencial Zumbido, presenta y dispone registros I Corrección Entrada de datos Log Potencial y exp	45*LBL 1 46 PCL 15 47 PCL 11 48 PCL 10 49 PCL 10 50 XEQ 03 51 STO 03 52 PCL 12 53 PCL 11 54 PCL 10 55 PCL 14 56 XEQ 03 57 PCL 03 58 - 59 STO 04 60 XEQ L1D 00 61 STO 04 62 PCL 15 63 PCL 14 64 PCL 10 65 PCL 12 66 XEQ 03 67 PCL 03 68 - 69 *TO 05 70*LBL 03 71 PCL 04 72 PCL 12 73 + 74 PCL 05 75 PCL 14 76 + 77 + 78 PCL 12 79 XEQ 80 PCL 15 81 - 82 STO 09 83 - 84 PCL 17 85 PCL 03 86 - 87 - 88 *C 89 XEQ 07 90 PCL 07 91 + 92 XEQ 07 93 PCL 07 94 -	Calcular A by a b
R00 Indre R01 x R02 y R03 0H R04 A	R05 - b R06 a R07 uss R08 100015P R09 100015P R10 120		

PROGRAMA PARA OBTENCION DE CURVAS (continuación)

95 GTO 01		145+LBL *	Reincienza
96+LBL 02		146 GTO 111D	
97+LBL 02		08	
98 ETK		147+LBL -111	
99+LBL 05	Transforma inversa	1-	
100+LBL 07		148 CLRQ	Para inicialización
101 RTH		149 CF 00	
102+LBL 09		150 CF 01	
103 *		151 CF 02	
104 STO 07	Work,ente de	152 SF 21	
105 RDN	determinacion.	153 SF 27	
106 *		154 CF 29	
107 PCL 07		155 RTH	
108 -		156 .END.	
109 RTH			
110+LBL 00			
111 -Y- *			
112+LBL 01	Calcula I'	Estado	
113 -Y- *		SIZE = 016	
114 ARCL 2		I = 10	
115 RVIEW		Fu 2	
116 FS7 55			
117 STOP			
118+LBL 04		Señales indicadoras	
119 GTO 111D		empesadas	
00		F00	
120+LBL 05		F01	
121 PCL 05		F02	
122 YX		F21	
123 GTO 07	Entrada de x para	F27	
124+LBL 04	calcular y	F20	
125 PCL 05		F55	
126 *			
127 ETK			
128+LBL 07			
129 FCI 00			
130 *			
131 GTO 04			
132+LBL 07			
133 IH			
134+LBL 05			
135 PCL 05			
136 *			
137 PCL 06			
138 *			
139 GTO 00			
140+LBL 05			
141 -Y- *			
142 ARCL 2			
143 RVIEW			
144 RTH			
R10 - I*			
R11 - I*			
R12 - I*			
R13 - I*			
R14 - I*			
R15 - 0			

PROGRAMA PARA CORRELACION DE TRES VARIABLES

01 *LDL -MUL	Inicialización	51 PROMPT	Subrutina para
T-		52 *LDL 01	Ix_1, \dots
02 FIX 2		53 FS? 01	
03 SF 21		54 CHS	Ix_1^2, \dots
04 CLRG		55 ST+ IND	
05 CF 01		14	
06 CLX		56 RCL 14	
07 RTN		57 3	
08 *LDL R		58 -	
09 STO 12	Entrada x_1, y_1, z_1	59 STO 14	
10 RDN		60 RDN	
11 STO 11		61 X ²	
12 RDN		62 FS? 01	
13 STO 10		63 CHS	
14 7		64 ST+ IND	
15 STO 14	Computo	14	
16 RDN		65 RTN	
17 XEQ 01	Ix_1, Iy_1, Iz_1	66 *LDL B	Subrutina para
18 B		67 RCL 00	$a, b,$
19 STO 14		68 RCL 04	c
20 RCL 11	Ix_1^2, Iy_1^2, Iz_1^2	69 *	
21 XEQ 01		70 RCL 07	
22 9		71 X ²	
23 STO 14	$Ix_1 y_1, Iy_1 z_1,$	72 -	
24 RCL 12	$Iz_1 x_1$	73 STO 13	
25 XEQ 01		74 RCL 00	
26 RCL 10		75 RCL 03	
27 RCL 11		76 +	
28 +		77 RCL 08	
29 FS? 01		78 RCL 09	
30 CHS		79 *	
31 ST+ 01		80 -	
32 RCL 10		81 +	
33 RCL 12		82 STO 12	
34 +		83 RCL 00	
35 FS? 01		84 RCL 01	
36 CHS		85 +	
37 ST+ 02		86 RCL 07	
38 RCL 11		87 RCL 08	
39 RCL 12		88 +	
40 *		89 -	
41 FS? 01		90 STO 10	
42 CHS		91 RCL 00	
43 ST+ 03		92 RCL 02	
44 1		93 +	
45 FS?C 01		94 RCL 07	
46 CHS		95 RCL 09	
47 ST+ 00		96 +	
48 RCL 00		97 -	
49 "H="		98 STO 11	
50 DPCL ::		99 =	

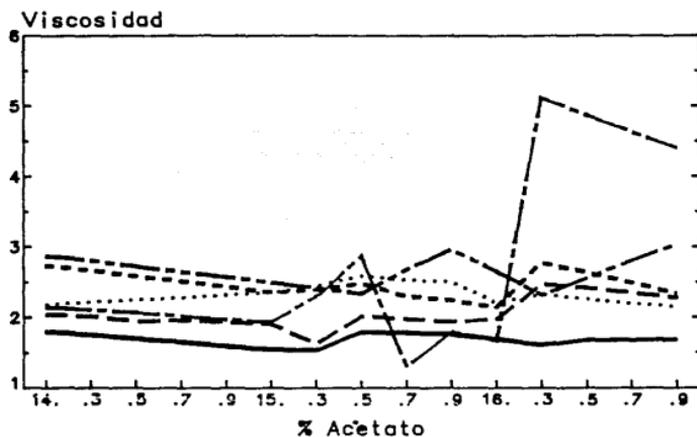
PROGRAMA PARA CORRELACION DE TRES VARIABLES (continuación)

100 RCL 12		152 RCL 12	
101 X<>Y		153 RCL 03	
102 -		154 +	
103 RCL 13		155 +	
104 RCL 08		156 RCL 02	
105 RCL 05		157 X12	
106 *		158 RCL 00	
107 RCL 08		159 /	
108 X+2		160 -	
109 -		161 RCL 06	
110 *		162 RCL 09	
111 RCL 18		163 X12	
112 X12		164 RCL 08	
113 -		165 /	
114 /		166 -	
115 STO 12	c → R12	167 /	
116 RCL 11		168 -R2-	
117 RCL 10		169 GTO 00	
118 RCL 12		170 LBL D	Calcular z
119 +		171 RCL 12	datos x, y
120 -		172 *	
121 PCL 13		173 X<>Y	
122 /		174 RCL 11	
123 STO 11	b → R11	175 +	
124 RCL 02		176 +	
125 RCL 12		177 RCL 10	
126 RCL 02		178 +	
127 *		179 -E+	
128 -		180 GTO 02	
129 RCL 11		181 LBL J	
130 RCL 07		182 SF 01	
131 *		183 GTO A	Corrección de
132 -		184 LBL 00	valores de
133 RCL 00		185 RDV	entrada
134 /		186 LBL 02	
135 STO 10	a → R10	187 "E"	
136 "b"		188 ARCL X	Salida de
137 XEQ 00		189 RVIEW	rutina
138 RCL 11		190 END.	
139 "b"			
140 XEQ 02			
141 RCL 12			
142 "c"			
143 GTO 02			
144 LBL C			
145 RCL 10			
146 RCL 09			
147 *			
148 RCL 11			
149 RCL 02			
150 *			
151 +			

ANEXO C

Viscosidad vs % Acetato
% homopolimero constante

0% Hom. 10% Hom. 20% Hom. 30% Hom. 40% Hom. 50% Hom.



Gráfica A

Viscosidad vs % Acetato
a Visc.Relativa 1.51 con % de homopolimero constante

0% Hom. 10% Hom. 20% Hom. 30% Hom. 40% Hom. 50% Hom.

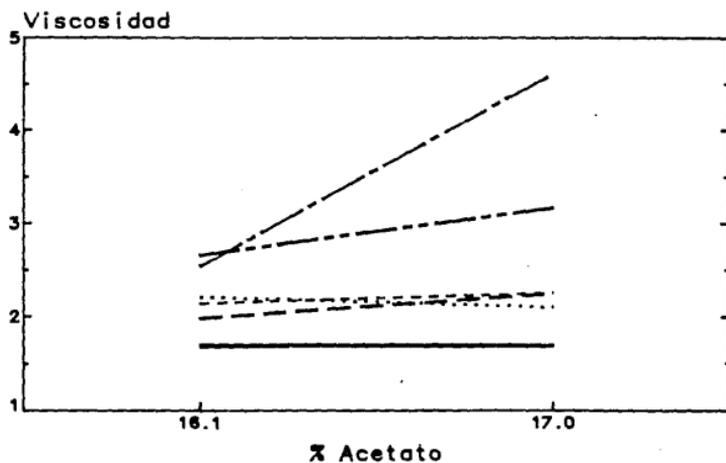
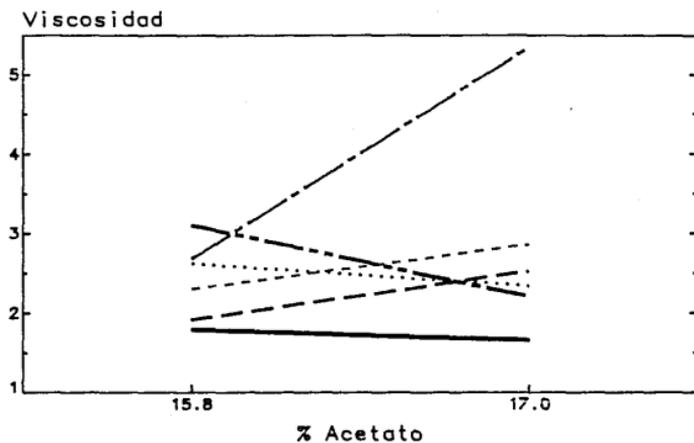


Grafico B

Viscosidad vs % Acetato
a Visc.Relativa 1.52 con % de homopolimero constante

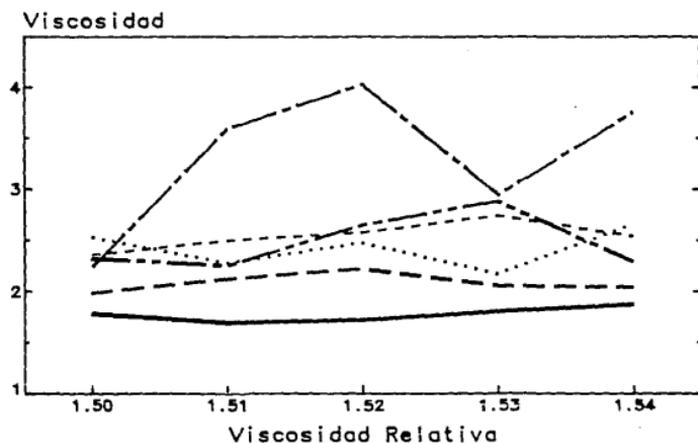
0% Hom. 10% Hom. 20% Hom. 30% Hom. 40% Hom. 50% Hom.



Grafica C

Viscosidad vs Viscosidad Relativa
con % de homopolimero constante

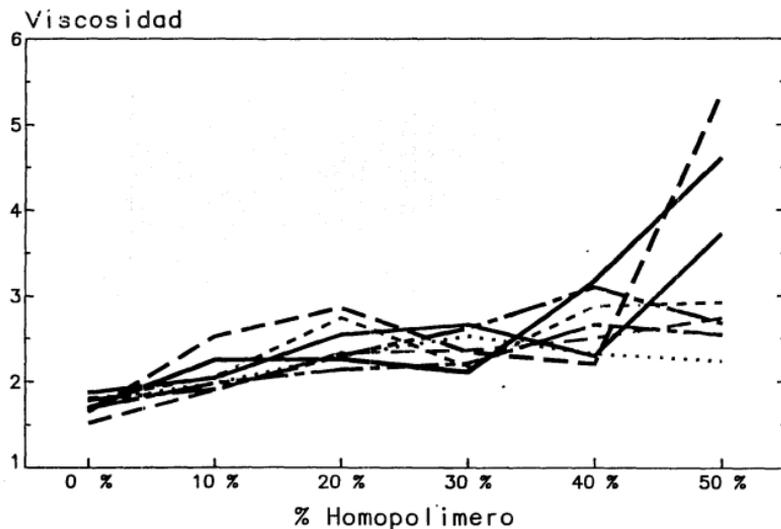
0% Hom. 10% Hom. 20% Hom. 30% Hom. 40% Hom. 50% Hom.



Grafica D

Viscosidad vs % Homopolimero por lote

713001 713013 713004 713002 713012 713010 623060 1830736



Grafica E

Viscosidad vs % Homopolimero

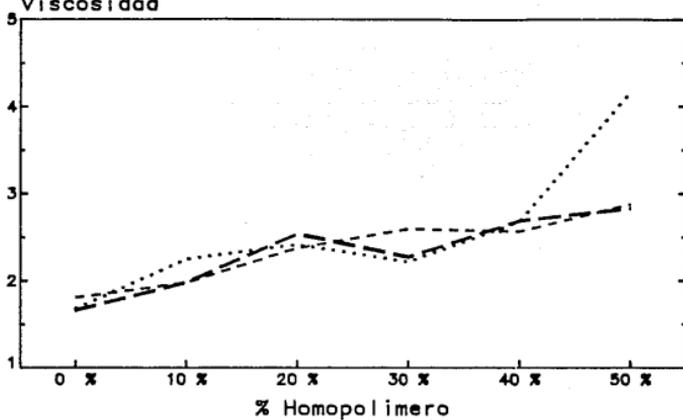
Promediando comportamiento lotes con propiedades semejantes

<< 15.6 %

15.6 %
16.0 %

>> 16 %

Viscosidad



Gráfica F