



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE QUÍMICA

**Desarrollo y Fabricación de un Compuesto para
Forrado de Conductores Eléctricos Tipo 105° C,
a Base de Resina de Cloruro de Polivinilo**

T E - S I S

Que para obtener el título de :

INGENIERO QUÍMICO

p r e s e n t a :

CESAR AYUSO SANCHEZ



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

CLAS TESIS 1979
ABQ M. T. 31
FROHA _____
PROC _____
S _____



PRESIDENTE:	PROF. JULIO TERAN ZAVALETA
VOCAL:	PROF. ANTONIO REYES CHUMACERO
SECRETARIO:	PROF. ROLANDO A. BARRON RUIZ
1ER. SUPLENTE:	PROF. MARGARITA GONZALEZ TERAN
2DO. SUPLENTE:	PROF. ERNESTO IBARRA NUÑEZ

SITIO DONDE SE DESARROLLO EL TEMA:

LUGATOM, S.A.

FACULTAD DE QUIMICA

SUSTENTANTE:

CESAR AYUSO SANCHEZ

ASESOR:

QUIM. JULIO TERAN ZAVALETA

A MIS PADRES

PORFIRIO AYUSO GALLARDO (In Memoriam)

EVA SANCHEZ DE AYUSO (In Memoriam)

A MIS HERMANOS

MARCO ANTONIO (In Memoriam)

RUBEN

IRMA

MA. ELENA

LUZ CELESTE

ANA BELIA

A MI HIJA

EVA LORENA

A MIS MAESTROS

A MIS COMPAÑEROS DE TRABAJO

AGRADEZCO A TODAS LAS PERSONAS QUE ME BRINDARON SU AYUDA PARA LA REALIZACION DE ESTE TRABAJO, EN ESPECIAL AL MAESTRO JULIO TERAN Z., Y A MA. DE LOS ANGELES.

DESARROLLO Y FABRICACION DE UN COMPUESTO PARA FORRADO DE CONDUCTORES

ELECTRICOS TIPO 105°C, A BASE DE RESINA DE CLORURO DE POLIVINILO

INTRODUCCION.

Motivos por los que se hace la tesis.

TEMA I.

GENERALIDADES SOBRE RESINAS DE PVC.

Procesos industriales.

Propiedades de los varios tipos:

Emulsión

Suspensión

Masa o Granel

Solución

TEMA II.

COMPUESTOS DE PVC.

Formulaciones básicas.

Influencia y propiedades de cada uno de los componentes:

Plastificantes

Estabilizadores

Cargas

Lubricantes

Antioxidantes

Aditivos para determinados efectos

Colorantes y pigmentos

TEMA III.

DESARROLLO.

Selección y niveles de cada compuesto.

Métodos de prueba.

Propiedades eléctricas, mecánicas y físicas.

D

D-1

D-2

D-3

TEMA IV.

PROCESO DE GRANULACION.

Generalidades.

Factores de selección del equipo.

Descripción del equipo.

Granulación del compuesto seleccionado.

Cálculo de la eficiencia del sistema.

E

E-1

TEMA V.

COSTOS.

Costos directos.

Costos indirectos.

Coefficiente de rentabilidad.

CONCLUSIONES.

BIBLIOGRAFIA.

INTRODUCCION

El rápido desarrollo industrial que ha experimentado nuestro país en los últimos años, se ha debido principalmente a que hemos comprendido la necesidad de ser auto-suficientes, tanto como sea posible, con productos y servicios generados en México, adecuados a las necesidades de un mercado cada vez más grande y tecnificado, así como exigente de calidad y de rápido suministro.

El objeto de esta tesis es presentar la selección, desarrollo y procesado de un compuesto dieléctrico, a base de resina de cloruro de polivinilo (PVC), que pueda ser utilizado por las industrias que requieren de un material con propiedades y características especiales, como son: óptima calidad, resistencia a elevadas temperaturas, resistencia a los ácidos y a los álcalis, resistencia a la intemperie, resistencia a la flama, etc. Dichas industrias son la eléctrica, la electrónica, la de comunicaciones, la de la construcción, la electrodinámica, la naval y muchas otras más.

Durante la Segunda Guerra Mundial, todas esas industrias necesitaron materiales dieléctricos capaces de sustituir al hule, tan escaso en esa época. Desde entonces, los compuestos de PVC han tenido un auge constante, llegando actualmente a sustituir hasta en un 90% al hule natural, reemplazándolo con ventaja y en muchos casos superándolo en facilidad de procesado, amplitud de usos, facilidad de diseño de fórmulas específicas y desarrollo de nuevos sistemas dieléctricos, en unión con otro termoplástico de gran versatilidad, como lo es el polietileno.

Factores como velocidad de recubrimiento, facilidad de extrusión, auto-extinción, resistencia a la abrasión, a la intemperie y a la oxidación, así como sus propiedades dieléctricas, contribuyeron a sustentar la rápida aceptación del PVC en la manufactura de forros aislantes para cables y alambres, siendo éste actualmente uno de los usos más importantes del PVC plastificado.

En la presente tesis, se analizan los procesos de fabricación de resinas de PVC, las propiedades físicas y químicas de los componentes de las mezclas, así como los usos generales de los mismos. Todos estos datos se presentan en forma tabular, con objeto de simplificar su identificación y selección.

También, se tratan los conceptos y bases fundamentales para el diseño de fórmulas de compuestos de PVC en general, los factores a considerar en la selección de los equipos de extrusión, y por último, se presentan las bases para el cálculo de la rentabilidad de la elaboración del compuesto o similares.

TEMA IGENERALIDADES SOBRE RESINAS DE PVC

Las resinas de cloruro de polivinilo, comúnmente conocidas como resinas de PVC, son obtenidas por polimerización del monómero de cloruro de vinilo. Estas resinas tienen diferentes formas y propiedades físicas, de acuerdo a su proceso de obtención.

Comercialmente fueron producidas a principios de la década de 1930, en Alemania. La técnica original de manufactura fue por medio de un proceso de emulsión. Actualmente hay cuatro procesos básicos que pueden ser utilizados para la polimerización del PVC:

Suspensión
Emulsión
Masa o Granel
Solución.

1) Polimerización por Suspensión.

Este proceso emplea agua como fase continua, con monómero de cloruro de vinilo dispersado por medio de agentes de suspensión, cuya naturaleza es hidrofílica-liofílica. El grupo hidrófilo de la sustancia ejerce un efecto solubilizante y tiende a llevar a la molécula a disolución completa. El grupo hidrófobo, en cambio, y debido a su insolubilidad, tiende a contrarrestar la tendencia del otro. Al lograr el equilibrio, estas sustancias se concentran en la interfase líquido-líquido, de manera que los grupos hidrófilos se orientan hacia la fase acuosa, mientras que los hidrófobos hacia la no acuosa. Este proceso es en principio igual al de masa, sólo que el tamaño de partícula comprendida entre 50 y 150 micrones se obtiene a través del uso adecuado de pequeñas cantidades de agentes de suspensión.

Los costos de manufactura son significativamente menores que los de las resinas producidas por emulsión o solución. El nivel de las impurezas, tales como emulsificantes o coloides de protección, es bajo, comparativamente contra el de las resinas obtenidas por emulsión.

Esto proporciona una absorción mínima de agua y una claridad y propiedades eléctricas superiores.

El sistema de suspensión empleado es fundamental para la calidad de la resina producida. Los tipos y cantidades empleadas afectan el tamaño de la partícula, su forma, distribución y porosidad. Estos factores afectan a su vez la densidad, la absorción del plastificante, las propiedades de procesamiento, etc.

Los agentes de suspensión generalmente usados son:

- Alcohol polivinílico
- Gelatina
- Copolímero de vinil acetato - anhídrido maleico
- Metil celulosa
- Carboximetil celulosa

Los catalizadores o iniciadores, tales como peróxidos, lauroil, decanoil y benzoil, son solubles en monómero, y se usan para promover e iniciar la reacción de polimerización.

La temperatura es un factor muy importante. Altas temperaturas de polimerización producen un aumento de ramificación cruzada, fracciones de peso molecular bajo, aglomeración y formación de ojos de pescado. La máxima temperatura de operación es considerada a 71°C.

La temperatura de polimerización es el mejor método de control del peso molecular; por consiguiente, las especificaciones de peso molecular, viscosidad específica, etc., determinan la temperatura de polimerización.

También se puede modificar el peso molecular empleando agentes transformantes de cadena, como el tricloroetano.

La polimerización se efectúa en reactores vidriados o de acero inoxidable, enchaquetados, para calentamiento inicial y enfriamiento posterior.

Estos poseen deflectores para mejorar la agitación y generalmente están diseñados para soportar una presión de 20 Kg/cm². Además, están equipados con discos de ruptura para eliminar la presión en caso de una reacción fuera de control. Los discos de ruptura, como su nombre lo indica, son discos de acero inoxidable, que se colocan en el reactor por medio de 2 bridas, y que se rompen cuando se excede la presión máxima de diseño de los discos, la cual debe ser mayor que la presión de trabajo pero menor que la presión de diseño del reactor.

Si el volumen es mayor, su contenido disminuye el porcentaje de sólidos posibles durante la polimerización, y por consiguiente se anula la ventaja del aumento de tamaño.

Antes de cargar el reactor, se purga con gas inerte o se evacúa para eliminar el oxígeno. Los ingredientes se pesan y cargan desde tanques pesadores o medidores. El agua empleada debe ser deionizada. El reactor se puede calentar a la temperatura de reacción por circulación de agua caliente en la chaqueta o por inyección de vapor dentro del reactor. Durante toda la reacción, la temperatura se controla por medio de un equipo automático, dentro de un intervalo de más o menos 0.5°C.

Se opera a una temperatura de reacción de entre 49°C y 55°C, y a 7 Kg/cm² de presión. El tiempo de reacción es de aproximadamente 15 horas. La terminación de la reacción se conoce por una caída de presión que ocurre aproximadamente al 90% de conversión.

Después de completada la reacción, se descarga el lote a un despojador, para remover el residuo de monómero. La suspensión se pasa por una centrífuga, con objeto de separar el agua. Se lava la resina con agua limpia para después ser secada en secadores tipo rotatorio, y de esta manera reducir la humedad hasta 0.2% o menos.

2) Polimerización por Masa.

La polimerización en masa, es decir, sin recurrir a la dispersión del monómero en agua, ofrece dificultades, fundamentalmente en la eliminación eficiente del calor, ya que después del 90% de conversión se obtiene una fase viscosa de polímero con monómero absorbido, lo que da lugar a sobrecalentamientos locales.

Después de varios intentos, el consorcio Pechiney-St. Gobian (francés), desarrolló un procedimiento que parece haber vencido las dificultades existentes, eliminando los defectos de calidad. Este procedimiento se basa en la teoría de que las propiedades fundamentales del grano se fijan en el período inicial de polimerización, aproximadamente hasta un 10% de reacción, durante el resto ya no se forman partículas nuevas, sólo aumentan de tamaño. Basados en esta teoría, su procedimiento está dividido en dos etapas.

En la primera etapa se utiliza un reactor vertical normal, con chaqueta. Aquí se efectúa la reacción de polimerización hasta un 10% de conversión, a un alto grado de agitación, más o menos 130 RPM y durante un período de unas tres horas (la dispersión de polímero en el monómero líquido todavía se puede agitar bien). La disipación de calor en esta primera etapa se efectúa por la pared refrigerada del reactor. Como iniciadores, entre otros, se usan Azo Diisobutilo - Nitrilo: 32 g. y Monómero: 200 Kg.

La segunda etapa se efectúa en un reactor horizontal, con agitador de cinta horizontal, y a 30 RPM. Esta segunda etapa tarda aproximadamente unas 9 a 10 horas. La temperatura de polimerización se mantiene a 62°C. La conducción de calor se efectúa por condensado del monómero evaporado; la conversión total después de 12.5 horas es del 62.5%. La temperatura al final de la reacción es de 62.2°C.

Cuando se termina la reacción, se desgasifica el monómero residual, y al mismo tiempo el polímero se lleva del reactor a la cámara de preparación (no se necesita secar), donde se criba y muele el material que pasa de 250 micrones.

El procedimiento Pechiney - St. Gobian produce resinas de alta absorción de plastificante; el control del tamaño de partícula, que depende de la programación del mezclado, permite producir resinas similares a las de suspensión, y también plastisoles.

La principal ventaja de la resina obtenida por el procedimiento de masa es su pureza, ya que no requiere solventes, agua o emulsificantes. Esto se traduce en una excelente claridad y transparencia del producto terminado.

3) Polimerización por Emulsión.

Este proceso emplea agua como fase continua, y a la vez permite que el calor sea removido fácilmente. Se ha encontrado que la exclusión del oxígeno aumenta la velocidad de la reacción. Esto se hace purgando el reactor con nitrógeno u otros gases inertes, evacuando el reactor antes de cargarse, o por arrastre con el agua utilizada en el lote.

Se emplean iniciadores solubles en el agua o en el monómero, como el persulfato de potasio. También los sistemas "Redox" se emplean usando un agente reductor, como el bisulfito de sodio. Esta técnica es efectiva a bajas temperaturas y generalmente se agrega durante el curso de la reacción.

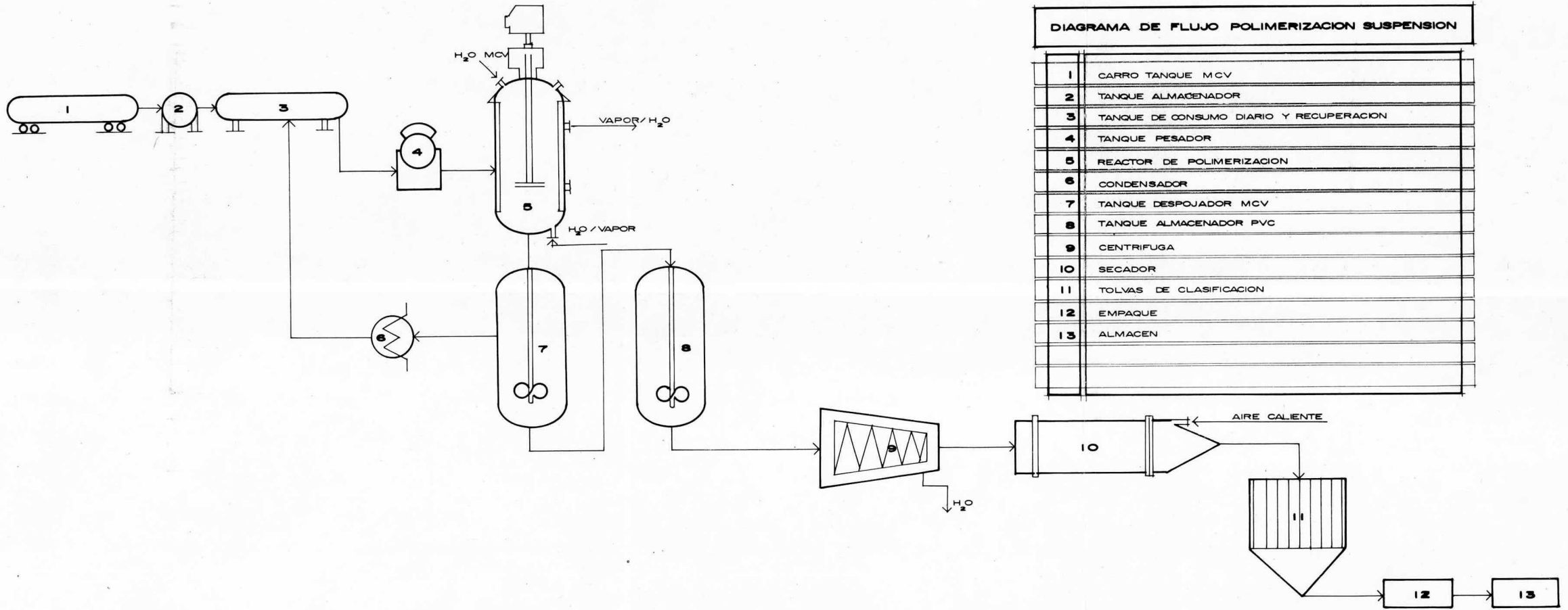
Emulsificantes aniónicos, como ésteres sulfatados o sulfonatados, son empleados al igual que los no iónicos. Para suministrar estabilidad mecánica y reducir aglomeraciones de partículas durante la polimerización, se agregan coloides protectores, como el alcohol polivinílico o algunos derivados de la celulosa.

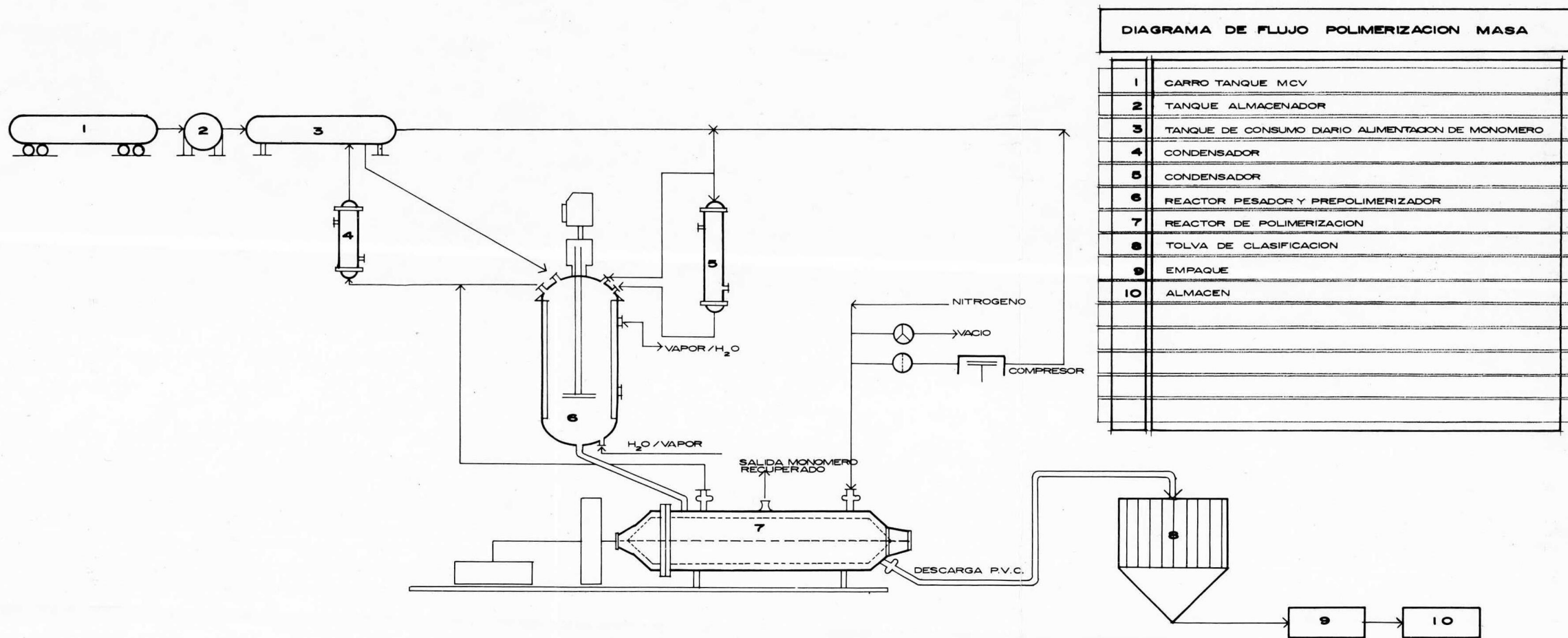
La selección de emulsificantes y coloides protectores es muy importante, ya que éstos pueden presentarse como impurezas en el producto terminado, afectando por lo tanto la absorción de agua, la resistividad eléctrica, la claridad y la compatibilidad con los ingredientes de compuestos de PVC.

En este tipo de polimerización los costos son altos.

4) Polimerización por Solución.

Este método utiliza como medio un disolvente orgánico que disuelve tanto al monómero como al polímero. El disolvente utilizado es decisivo en las propiedades del cloruro de polivinilo obtenido. Se pueden obtener productos pulverulentos o gelatinosos. Elevando la temperatura, aumentando la cantidad de activador y diluyendo al mismo tiempo la mezcla de polimerización, es posible obtener viscosidades más bajas. En la mayoría de los casos los productos obtenidos por este método se trabajan en estado pastoso para fines de revestimiento.





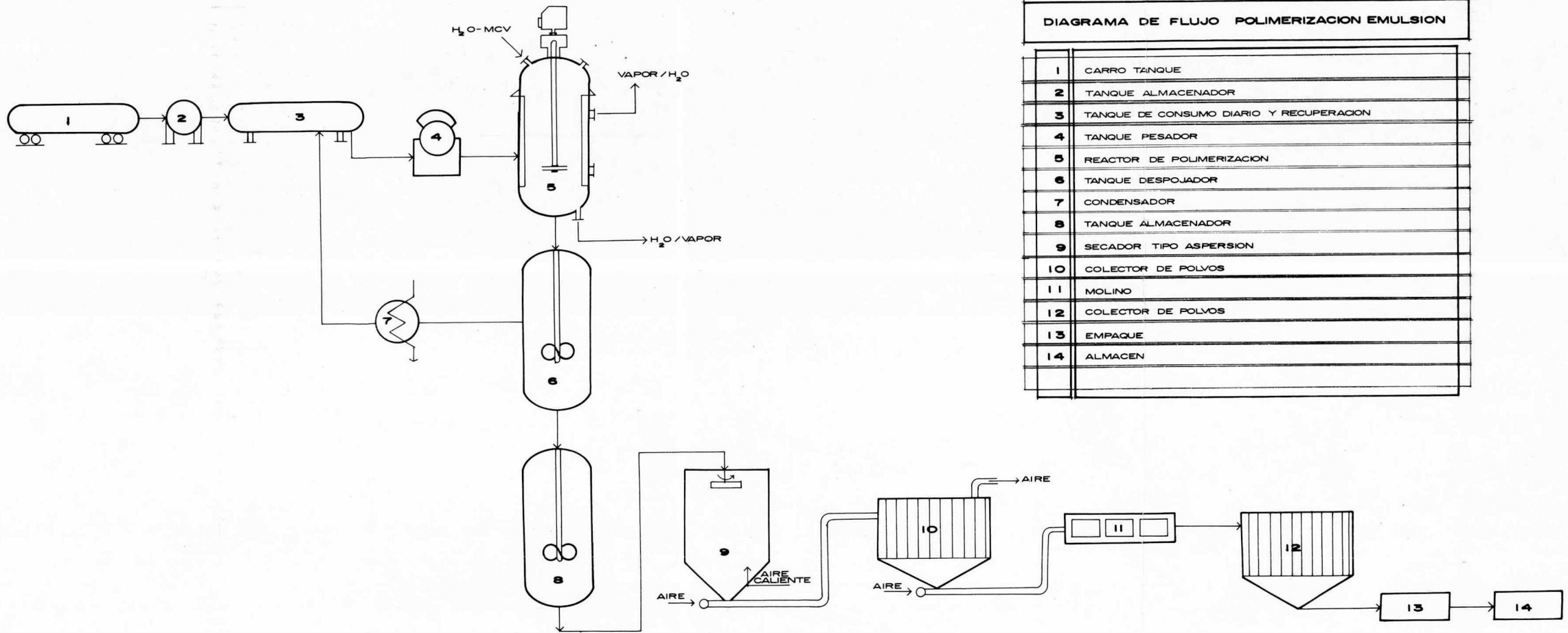


DIAGRAMA DE FLUJO POLIMERIZACION EMULSION

1	CARRO TANQUE
2	TANQUE ALMACENADOR
3	TANQUE DE CONSUMO DIARIO Y RECUPERACION
4	TANQUE PESADOR
5	REACTOR DE POLIMERIZACION
6	TANQUE DESPOJADOR
7	CONDENSADOR
8	TANQUE ALMACENADOR
9	SECADOR TIPO ASPERSION
10	COLECTOR DE POLVOS
11	MOLINO
12	COLECTOR DE POLVOS
13	EMPAQUE
14	ALMACEN

TEMA II

COMPUESTOS DE PVC

Se da el nombre de compuestos de PVC a las mezclas físicoquímicas de resinas de polímeros de cloruro de vinilo con una gran variedad de sustancias que le imparten procesabilidad y propiedades específicas. Tales sustancias son:

- Plastificantes
- Estabilizadores
- Cargas
- Lubricantes
- Antioxidantes
- Aditivos para determinados efectos
- Colorantes y pigmentos

Del balance de estos ingredientes dependen las características físicas de los productos o piezas terminadas. Por ello, es aconsejable tratar las propiedades físicas solamente después de conocer sus muy complejas influencias, o en casos aislados, aplicarlas de forma que se facilite su comprensión.

1) Plastificantes.

Los plastificantes se pueden definir como las sustancias que modifican el flujo, la procesabilidad y las propiedades físicas de las composiciones plásticas a las que se agregan. La acción de los plastificantes a niveles intermoleculares se hace patente al disminuir las fuerzas de cohesión de Vander Waals, a la vez que por ello disminuye también la temperatura de transición cristalina.

Se denomina temperatura de transición cristalina al intervalo de temperatura en el cual el polímero cambia de un estado elástico a un estado cristalino. La temperatura de transición cristalina es característica para cada sustancia. Los polímeros a un intervalo inferior a su temperatura de transición cristalina, se encuentran en un estado cristalino y quebradizo, mientras que a un intervalo arriba de dicha temperatura, adquieren mayor flexibilidad, resistencia al impacto y resiliencia, debido a que se aumenta la movilidad de los segmentos de cadena por efecto de la temperatura.

El estado de fragilidad puede eliminarse por medio de calor o con sustancias que debiliten las fuerzas de unión intermolecular. Si se requiere que las macromoléculas sean móviles por debajo de la temperatura de transición cristalina en el PVC puro, se deberán emplear esta clase de aditivos, es decir, se habla de una plastificación externa del PVC en que la dureza, la rigidez y la subsiguiente estabilidad dimensional son influenciadas por el calor.

Otra manera de disminuir las fuerzas de enlace intermolecular, consiste en la plastificación interna, usando monómeros de otro tipo. Si se mezcla PVC y otros polímeros, es posible conseguir el mismo efecto, distinguiéndose así, esencialmente, entre las siguientes posibilidades de modificación de la plastificación del PVC:

- a) Plastificación Interna
- b) Plastificación Externa

a) Plastificación Interna.- Se pueden disminuir las grandes fuerzas de enlace dipolar entre las cadenas de moléculas del PVC, incluyendo sustancias polimerizables, con o sin débil efecto dipolar. El aumento de la distancia entre las macromoléculas y su movilidad se denomina plastificación interna. El PVC plastificado internamente no contiene materias volátiles o fácilmente extraíbles, por lo que no es posible la migración.

Son desfavorables la frecuente disminución de la estabilidad a los agentes químicos, la menor termoestabilidad, la menor rigidez y la mayor permeabilidad al gas y al vapor, en comparación con el PVC exento de plastificante. Es ventajosa su más fácil gelificación.

b) Plastificación Externa.-- Técnicamente, este tipo de plastificación es el más importante y es el que dió origen al desarrollo del procedimiento de mezcla en caliente o dry blend.

Un plastificante efectivo, además de reducir la temperatura de transición cristalina, debe presentar las siguientes características: buena compatibilidad, es decir, ninguna migración, buen poder gelificante, escasa volatilidad, termoestabilidad, resistencia a la extracción, buenas propiedades eléctricas, inoloro. Cabe mencionar que, al igual que los estabilizadores, se emplean en algunos casos mezclas de dos plastificantes, con objeto de optimizar las propiedades específicas de los productos finales, o bien, para disminuir costos sin deterioro de dichas propiedades.

Los plastificantes se dividen, según su compatibilidad, en primarios y secundarios; según los alcoholes empleados en la esterificación, en monoméricos o poliméricos. Estos últimos usan alcoholes polihídricos.

En general, los plastificantes son ésteres derivados de los ácidos ftálico, sebásico, adípico, azelaico, fosfórico, maleico, laúrico, etc.

Desde el punto de vista físico, se prefieren sustancias de puntos de fusión relativamente elevados, para que permanezcan sin cambios frente a las condiciones de proceso, durante su manufactura y transformación del compuesto. De preferencia se usan como plastificantes aquellas sustancias cuyo punto de ebullición al nivel del mar no es inferior a los 400°C.

Otro criterio usado es la viscosidad de la sustancia plastificante, puesto que se ha observado que la deformación de los artículos terminados depende de la viscosidad del plastificante usado.

Características de los Plastificantes.

Eficiencia. El nivel de plastificante requerido para producir una dureza específica, flexibilidad o módulo, nos representa una medida de eficiencia.

Solvatabilidad. Esta propiedad relaciona el tipo de plastificante contra la dosificación y la temperatura mínima a la cual se manifiestan las propiedades de plastificación. Este valor se usa como medida para el tiempo requerido de proceso.

Permanencia y Migración. Es un término empleado para juzgar el grado de pérdida de plastificante que pueda sufrir un compuesto debido a evaporación, migración y/o extracción. La volatilidad aumenta con la presión de vapor y disminuye con aumento de la compatibilidad. La migración va en función inversa a la compatibilidad y extracción, en razón directa a la solubilidad del plastificante en el medio extractor.

Compatibilidad. La ausencia de exudación puede usarse como medida de compatibilidad. Los plastificantes primarios y secundarios se evalúan sobre mezclas, con objeto de determinar los niveles máximos de tolerancia.

Estabilidad Térmica. Esta es producto de la estabilidad molecular de la sustancia plastificante frente a incrementos de temperatura. Las pruebas se basan en la pérdida de peso y aumento de dureza a incrementos controlados en tiempo y grado de calentamiento de muestras de un compuesto de PVC determinado.

Propiedades Eléctricas. Los plastificantes de mayor polaridad molecular son los preferidos en la formulación de compuestos dieléctricos de PVC, probablemente debido a que esa mayor polaridad se manifiesta bloqueando por combinación química los sitios con cargas eléctricas en la cadena del polímero.

Se requiere que estos plastificantes tengan baja volatilidad, flexibilidad a baja temperatura, resistencia a la extracción, estabilidad al calor y buena compatibilidad, además de buenas propiedades eléctricas.

Estabilidad Ultravioleta. La pérdida de flexibilidad, decoloración y exudación, resultan de la degradación de la luz ultravioleta. Es mejor el uso de plastificantes de cadena líneal que de ramificados. Se ha encontrado que la presencia de oxígeno acelera la degradación ultravioleta. La evaluación de esta propiedad se efectúa por medios acelerados en un equipo como el intemperómetro.

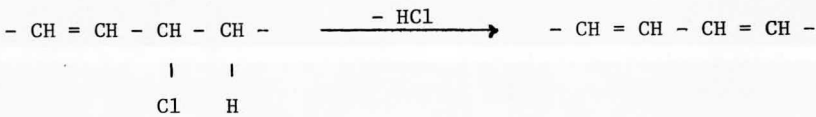
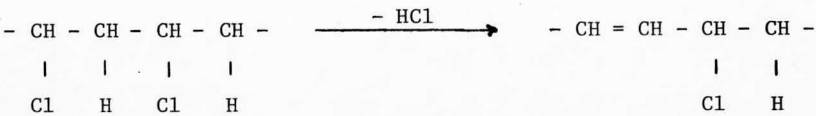
PLASTIFICANTES

TIPOS	PROPIEDADES ESPECIALES	APLICACIONES
Esteres del Acido Ftálico	<p>Buena estabilidad al calor y a la luz. Buena transparencia y cristalinidad. Componente alcohólico $< C_8$: Buena acción gelificante, elevada volatilidad, fuerte migración. Componente alcohólico $= C_8$: Buena acción gelificante, propiedades universales, plastificante estándar. Componente alcohólico $> C_8$: Moderada acción gelificante, escasa volatilidad, muy buenas propiedades eléctricas.</p>	<p>En general para todo tipo de compuestos. No se recomienda para bajas o muy altas temperaturas, ni donde haya necesidad de resistencia a la flama.</p>
Esteres del Acido Fosfórico	<p>Altamente resistentes a la flama y difícilmente saponificables. Altos Costos. Fosfatos de Triarilo: Buena acción gelificante, elevada volatilidad, buena estabilidad al frío. Fosfatos de Triarilo: Buena acción gelificante, elevada tenacidad, buena resistencia a la abrasión, menor estabilidad al frío que en los ftalatos.</p>	<p>En casos específicos donde se requiere resistencia a la flama. Recubrimientos de pared, cancelería, etc.</p>
Esteres de los Acidos Adípico, Azelaico y Sebásico	<p>Plastificantes con elevada resistencia al frío. Al aumentar la longitud de cadena del ácido dicarboxílico, mejora el comportamiento al frío y disminuye la volatilidad y la facilidad de extracción. El DOA es sensible al agua.</p>	<p>Considerados ideales para compuestos con resistencia al frío, como empaques de refrigeradores, automóviles, aviones, etc.</p>
Plastificantes Polímeros	<p>Pesos moleculares de 200 (baja viscosidad), hasta 8,000 (elevada viscosidad). Al aumentar el peso molecular, se incrementa la estabilidad a la extracción (resistencia a la gasolina y al aceite), y disminuye la acción gelificante y el efecto plastificante. No volátiles, resistentes a la migración.</p>	<p>Empleados en la industria textil, en la industria de aislamientos eléctricos, en protecciones industriales, etc.</p>
Parafinas Cloradas	<p>Clasificadas como secundarias. Tienen efecto anti-inflamable, no saponificables, buena acción gelificante, compatibilidad con PVC, buenas propiedades mecánicas.</p>	<p>En compuestos para uso eléctrico y en combinación con otros plastificantes para optimizar costos en formulaciones.</p>
Aceites y Esteres Epoxidados	<p>Resistentes a altas temperaturas, buenas propiedades de procesado, buena resistencia a la migración y al calor. Son sinérgicos de estabilizadores a base de Ba y Cd.</p>	<p>En casi todo tipo de compuestos. No recomendados para bajas temperaturas.</p>

2) Estabilizadores.

El PVC tiene la misma estructura o esqueleto básico de los plásticos -C-C-C-, que confiere facilidad de procesado y otras propiedades favorables, pero que es susceptible al ataque por varias formas de energía: calor, tensión eléctrica, movimientos mecánicos o un grupo de tipo químico.

El PVC no es una excepción, y presenta inestabilidad a temperaturas de 200°C, a la luz y a las radiaciones ultravioletas. Su mecanismo de degradación consiste en la emigración del radical cloro, generalmente cerca de los extremos de la cadena, produciéndose dobles ligaduras que, o se rompen por el ataque oxidante, o se abren para formar enlaces cruzados entre las cadenas.



El proceso de degradación va acompañado por un cambio de color, que va desde el amarillo al negro, pasando por los colores intermedios, sin embargo, el mecanismo o mecanismos exactos de esa degradación son poco claros y no son conocidos con precisión.

Debido a la gran sensibilidad del PVC al calor y a las radiaciones de onda corta, es necesario estabilizarlo contra estas influencias perniciosas, antes de su transformación. Al elegir el estabilizador, debe tenerse en cuenta el sistema de transformación y las exigencias del uso del producto terminado. En este sentido, pueden citarse:

a) Que exista compatibilidad del estabilizador o de su producto de reacción, con todos los componentes de la fórmula.

- b) Que posea baja volatilidad, así como estabilidad térmica a la temperatura de transformación.
- c) Que no presente tendencia a formar depósitos en los elementos de conformación.
- d) Que los efectos que tendrá sobre las propiedades eléctricas sean los deseados.
- e) Que no produzca olor, sabor o color, según sea el caso.
- f) Que produzca opacidad o bien transparencia.
- g) Que no sea nocivo para la salud.

La variedad de características que se exigen de un estabilizador hace comprensible que un solo estabilizador no pueda proporcionar resultados óptimos, sino que sea necesario un sistema de ellos. Los estabilizadores de este sistema, en unión de antioxidantes, regulados de acuerdo con todos los demás componentes de la mezcla, proporcionan por acción sinérgica, una estabilización mejor de la que podría esperarse de los componentes por separado.

La acción de los estabilizadores no ha sido suficientemente determinada. Existen varias teorías sobre el mecanismo de estabilización, cuya exactitud es probable. Es de suponer que los estabilizadores de PVC no sólo fijan el HCl desprendido, formando cloruros metálicos, sales de amonio y clorhidrinas, sino que reaccionan con átomos de cloro inestables en la molécula de PVC, formando cloruros metálicos y ésteres del ácido carbónico. Sin embargo, estos cloruros crean un catalizador para otras reacciones de separación de HCl. Por ello, un sistema de estabilizadores debe contener substancias que dejen sin efecto a estos cloruros metálicos. Estas substancias son los quelatos (fosfitos orgánicos) de acción sinérgica, que fijan los cloruros metálicos, con formación de complejos.

Los antioxidantes refuerzan adicionalmente la acción estabilizadora. Estos antioxidantes son sustancias que pueden fijar el oxígeno que favorece la separación del HCl.

Con objeto de evitar la degradación fotoquímica ocasionada por luz de onda corta, se recomienda usar adicionalmente estabilizadores ultravioleta, que transforman la luz de onda corta en energía térmica de onda larga. Sin embargo, estos estabilizadores de luz ultravioleta son solamente efectivos cuando su máximo de absorción se halla en 310 nm. Con esta longitud de onda de la luz, se produce un nuevo deterioro del PVC, en los enlaces dobles y grupos carbonílicos formados en la molécula de PVC por la acción térmica sufrida durante la transformación.

La amplia oferta de los estabilizadores que se encuentran en el mercado y la anonimidad de la composición, dificultan la elección de los mismos. A continuación se presenta un resumen de los más comunes:

ESTABILIZADORES

CLASE	SUBGRUPO	PROPIEDADES	USOS
Estabilizadores de Plomo	Estabilizadores complejos de Pb	Bajo costo	Compuesto para forros
	Estabilizadores líquidos de Pb	Buenas propiedades dieléctricas	Aislantes de conductores eléctricos
	Estabilizadores pigmentarios	Alta eficiencia	Rígidos no transparentes
	Coprecipitados	Baja absorción de agua	PVC espumado
Estabilizadores de Ba/Cd	Jabones de Ba/Cd	Buena estabilidad a la luz y calor	Perfiles, láminas y películas
	Estabilizadores complejos	Tóxicos	Vinilos calandreados
	Estabilizadores líquidos	Tóxicos	Compuestos de inyección
Estabilizadores de Estaño	Estabilizadores con contenido de azufre	Magnífica estabilidad térmica. Alto Costo	Rígidos para botellas y películas transparentes.
	Estabilizadores sin azufre	La combinación con octilo es fisiológicamente inocua.	
Estabilizadores de Ca/Zn	Jabones de Ca/Zn	Escasa estabilidad térmica	Compuestos atóxicos, como empaques, mangueras de venoclisis, etc.
	Estabilizadores complejos	Fisiológicamente inocuos	
Estabilizadores Orgánicos	Derivados de urea	Escasa estabilidad térmica y a la luz	En compuestos atóxicos.
	Derivados del indol, ésteres del ácido amino crotónico	Fisiológicamente inocuos	
Estabilizadores Epoxidados	Aceite de soya epoxidado	Coestabilizadores para mejorar la estabilidad permanente.	Compuestos flexibles, particularmente para artículos que van a estar expuestos a la luz.
	Esteres sintéticos	Fisiológicamente inocuos	
Agentes Quelantes	Fosfitos orgánicos	Coestabilizadores para mejorar el color inicial y la transparencia.	Perfiles, láminas, películas, artículos flexibles con buena cristalinidad.
Estabilizadores Ultravioleta	Benzofenonas	Coestabilizadores con buena acción protectora contra la luz.	En compuestos cuyos artículos van a estar expuestos a la luz.
	Benzotriazoles		
	Salicilatos		

3) Cargas.

Las cargas deberán ser utilizadas en el PVC, eligiendo la clase y cantidad de la carga. Se deben conseguir determinados efectos, como opacidad, aumento en la dureza, resistencia a la luz ultravioleta, buenas propiedades dieléctricas, etc.

El uso de cargas trae como resultado una reducción de tensil y de resistencia a la ruptura, elongación, resistencia química y resistencia a la abrasión. A altos niveles, se reduce el brillo y se crea un ligero blanqueo. También aumenta la viscosidad, con resultados negativos en producción Kg/h. Cuando se usen cargas, deben aumentarse los niveles de plastificante.

La amplia variedad de tipos de cargas, el tamaño de partícula y forma, la distribución del tamaño de partícula, el método de manufactura y los numerosos nombres de marca empleados para las mismas, hacen difícil una selección adecuada. Por ejemplo, el carbonato de calcio también se identifica como piedra caliza, blanco de España, gis o por nombre de marca.

La evaluación del efecto de cargas sobre las propiedades físicas es complicada, debido a factores como absorción de plastificante, densidad, dureza y tamaño de partícula.

La gravedad específica de las cargas empleadas en PVC es aproximadamente 2 a 3 veces la de compuestos no cargados. Por tanto, la densidad de los compuestos cargados aumenta rápidamente al aumentar la carga. Los costos, por lo tanto, se reducen en base a peso, y no en base a volumen. Las cargas con baja densidad son más ventajosas, en base volumen.

Absorción de aceite.- La absorción de plastificante aumenta con la finura y varía con el tipo de carga y de plastificante.

Propiedades eléctricas.- Se ha comprobado que niveles de 10 a 15% de caolín calcinado proporcionan resistencia eléctrica a los compuestos de PVC, a la vez que reducen la deformación al calor del aislamiento eléctrico.

Impurezas.- La presencia de fierro y de zinc afecta la estabilidad al calor, causando cambio de color durante su proceso. Asimismo, otras impurezas pueden afectar las propiedades eléctricas.

C A R G A S

TIPO DE CARGA	PROPIEDADES Y APLICACION
Caolín	Mejora la resistencia al rayado y al desgaste de los recubrimientos para suelos. Los tipos exentos de agua, junto con otros componentes seleccionados de la mezcla, procuran masas aislantes de buenas propiedades eléctricas y dieléctricas, que pueden emplearse también a temperaturas superiores a los 100°C.
Creta tratada Clay	Mejora la fluidez de los compuestos de PVC. Optimo para mejorar los valores eléctricos y dieléctricos en los forros de cables. Se mejora la superficie al emplear estearato de calcio.
Espato Pesado	Elevado peso específico. Buena transparencia, incluso a niveles altos de carga.
Acido Silícico Coloidal	Partículas rígidas y porosas. Hace al material áspero, duro, quebradizo, y reduce la estabilidad térmica.
Carbonato de Calcio	Existen dos tipos: Micronizado Precipitado Este último es el de mejor aceptación por su finura, color y termoestabilidad.

4) Lubricantes.

Se agregan estas sustancias a los compuestos con objeto de facilitar su procesamiento y permitir el control del flujo. La efectividad del lubricante depende de su marginal o completa insolubilidad en los compuestos de PVC. Esta incompatibilidad se manifiesta en exudación del polímero-metal o interfase polímero-polímero, reducción de fricciones, adhesión, etc.

Las condiciones de transformación (temperatura, presión, tiempo y tipo de máquina) y de formulación (tipo de PVC, plastificantes, estabilizadores y otros aditivos) exigen que el lubricante se elija de acuerdo con su compatibilidad, poder de separación y estado de agregación (sólido o líquido).

La acción lubricante radica siempre en la cadena de hidrocarburos alifáticos del lubricante. La diferencia de longitudes, las ramificaciones y los sustituyentes ejercen influencia sobre la acción lubricante, el efecto de separación, la solubilidad, la compatibilidad, etc. De acuerdo a la composición química, se tienen los siguientes lubricantes:

Derivados de:

Acidos grasos

Alcoholes grasos

Hidrocarburos naturales

Hidrocarburos sintéticos

Jabones metálicos

Esteres

Lubricante:

Acido esteárico

Alcohol palmítico

Parafinas, aceite de parafina

Parafinas sintéticas, ceras polietilénicas

Estearato de calcio

Esteres del ácido esteárico-estearilo

Derivados de:	Lubricante:
Esteres parciales	Monoestearato de glicerina
Triglicéridos	Triestearato de glicerina
Mezclas de los anteriores, como:	Esteres/Jabones metálicos Hidrocarburos/ésteres/ jabones metálicos

Comúnmente se emplean dosis que van de 0.25 a 1.0%, dependiendo del tipo de compuesto, proceso y características del producto final (adhesión, tipo de pigmentos, brillo, tersura, etc.) y siempre deberán ser agregados al final de todos los componentes de la mezcla.

Además de su clasificación según su composición química, pueden subdividirse según su eficacia, y tenemos: lubricantes externos y lubricantes internos.

Los lubricantes externos actúan en la superficie de la masa plastificada, logrando buen poder de separación entre ella y las máquinas donde se procese, mientras que los lubricantes internos actúan a nivel intermolecular, reduciendo fricciones y modificando la reología del compuesto.

5) Antioxidantes.

Cuando se desea obtener compuestos con óptima estabilidad a la luz, se hace necesario emplear absorbedores de luz ultravioleta. Los antioxidantes e inhibidores son sustancias que disminuyen la rapidez de oxidación de los materiales que son sensibles a la acción del calor o a la luz. Un carácter importante de estos inhibidores es su gran eficacia en concentraciones muy bajas, del orden de unas cuantas centésimas o milésimas de uno por ciento.

Existen dos clases de antioxidantes:

a) Aquéllos que inhiben la oxidación a través de la reacción de formación de radicales libres, como por ejemplo, aminas secundarias alifáticas o fenoles.

b) Aquéllos que descomponen al peróxido formado en un producto estable, como por ejemplo, fosfitos y varios tipos de compuestos sulfurados, como ésteres del ácido tioldipropiónico.

6) Aditivos para determinados efectos.

Cuando por necesidades del producto se requieren efectos como: determinado olor, propiedades antiestáticas, impedimento o retardación de mohos o desarrollo de bacterias, o bien, buena resistencia al impacto, se hace necesario adicionar ingredientes que imparten estas cualidades. Como se menciona, los citados ingredientes tienen un papel auxiliar en las formulaciones fundamentales, por lo que se deben considerar como casos especializados.

7) Colorantes o Pigmentos.

Los colorantes o pigmentos se dividen en orgánicos e inorgánicos, solubles o insolubles, siendo la característica más notable el tamaño de la partícula, mientras que los colorantes no refractan ni difractan la luz como los pigmentos (mayores tamaños de partícula), los pigmentos no son tan fuertes ni brillantes para colorear.

Las características que deben ser consideradas en la selección de pigmentos son:

a) Aquéllas de naturaleza general que deben ser tomadas en cuenta en el desarrollo del compuesto, como son: color, precio, toxicidad, etc.

b) Aquéllas que influyen durante la manufactura del compuesto, como facilidad de incorporación, efectos reológicos, resistencia al calor, resistencia química, etc.

c) Aquéllas que relacionan el uso del artículo final, como resistencia a agentes químicos o solventes, resistencia al intemperismo, opacidad o transparencia, etc.

Pigmentos:

Propiedades:

Orgánicos

Poseen alto rendimiento, poco poder cubriente. Matizan e intensifican las coloraciones inorgánicas. Ejemplo: compuestos azo, ftalocianinas, quinacrisonas, antraquinonas, negros de carbón.

Por lo general son caros.

Inorgánicos

Poseen un poder cubriente más o menos fuerte, bajo costo, alta resistencia a la luz y al calor.

Ejemplo: dióxidos de titanio, óxidos de hierro, cromatos de plomo y zinc, cadmios, mercurio-cadmios, etc.

TEMA IIIDESARROLLO

1) En esta sección se mencionan las formulaciones propuestas, es decir, los distintos niveles empleados de cada uno de los componentes. Tomando como base que se desean obtener las propiedades especificadas por las normas internacionales de la Underwriter's Laboratories, para aislantes termoplásticos tipo 105°C, cuyos requerimientos son: Dureza Shore "A", 78-82; Peso Específico, 1.35 g/cm³ máximo; Resistividad Volumétrica, 2×10^{14} Ohm-cm mínimo; Resistencia a la Tensión, 175 Kg/cm² mínimo; Elongación, 150% mínimo; Retención de la Resistencia a la Tensión y a la Elongación, 90% mínimo, propiedades que son función de los tipos y niveles de los plastificantes utilizados y también de la carga. Se compara en el presente estudio a los plastificantes poliméricos, a los monoméricos y a las mezclas resultantes de los mismos, en relaciones porcentuales, como sigue: 100, 50:50, 33:33:33 y 50:25:25. Para la evaluación de los niveles de carga, se estudiaron los niveles máximo y mínimo, recomendados por Harold A. Sarvetnick.⁽³⁾

Dichas fórmulas se calcularon en base a 100 partes de resina. Se fabricaron 3 kilogramos de cada una en una mezcladora Papenmeier, en el Laboratorio, utilizando el proceso de mezcla seca, bajo las siguientes condiciones de proceso:

a) Se calienta la resina por fricción, hasta 40°C, empleando baja velocidad en el mezclador.

b) A esta temperatura, se agrega el estabilizador o sistema de estabilizadores, y se continúa el mezclado hasta 70°C.

c) A los 70°C, se procede a agregar el o los plastificantes, poco a poco, previamente calentados a 80°C. Es necesario utilizar calor para separar adecuadamente las cadenas del polímero, debido a la resistencia que presentan las ligaduras secundarias.

d) A los 90°C se deberán agregar cargas, lubricantes y otros aditivos. Al llegar a 115°C se deberá hacer la descarga de la mezcla seca.

e) La mezcla deberá ser enfriada hasta 50°C, con objeto de proteger al compuesto térmicamente.

Preparación de las Placas.

La mezcla seca se pasa a un molino de rodillos de 15.24 cm por 30.48 cm de diámetro a la abertura de 5 mm, y a una temperatura de 150°C, con objeto de lograr la homogenización de la mezcla, e incorporar todos los ingredientes al estado fundido. El tiempo de molienda es de 5 minutos.

Enseguida se saca el manto, se hace una placa moldeada de 0.317 cm. de espesor en la prensa hidráulica, a una presión de 2100 Kg/cm². Se deja reposar por 24 horas.

Esta placa nos sirve para determinar las propiedades físicas y mecánicas de los compuestos a estudiar.

2) Métodos de Prueba.

a) Determinación de Dureza.

- Aparatos y Materiales:

Durómetro tipo Shore "A"

Cronómetro

Placa de 0.317 cm de espesor de PVC

Temperatura de trabajo: 23°C \pm 1

Humedad relativa: \pm 50%

- Procedimiento:

Se coloca la placa horizontalmente y se presiona el durómetro sobre la misma. Se toma la lectura a los 10 segundos. Se repite la operación varias veces y en distintas áreas de la placa, con objeto de tener el valor promedio.

- Reporte:

Se reporta la dureza en la escala correspondiente.

b) Determinación de Peso Específico.

- Aparatos y Materiales:

Balanza analítica

Vaso con agua de 100 ml

Alambre delgado

Temperatura de trabajo: $23^{\circ}\text{C} \pm 1$

Humedad relativa: $\pm 50\%$

Muestra de PVC

- Procedimiento:

Se cortan de 1 a 3 gramos de la placa de PVC y se pesan en la balanza analítica (W_1).

Se determina el peso de la muestra en el aire y sopor-
tada por el alambre (W_2).

Se determina el peso de la misma muestra y alambre, su-
mergida totalmente en el agua (W_3).

La muestra no debe presentar burbujas de aire, ni deberá tener contacto con las paredes del recipiente.

- Cálculos:

Deberá emplearse la siguiente fórmula:

$$\text{Peso específico} = \frac{W_1}{W_2 - W_3} \quad \text{g/cm}^3$$

c) Determinación de Estabilidad Térmica.

- Aparatos y Materiales:

Estufa con circulación de aire a 180°C

Tijeras

Papel Aluminio

Reloj

Molino de Rodillos

Muestra de PVC.

- Procedimiento:

Se toma una muestra de PVC en polvo. Se molinea por 5 minutos.

Se saca un manto de 2 mm de espesor. Se cortan 9 pedazos de 2 x 2 cm.

Se colocan 8 muestras en una hoja de papel aluminio y se meten a la estufa.

La otra muestra se deja como patrón de comparación.

Se sacan las muestras una por una, a intervalos de 20 minutos.

Se colocan todas las muestras en una carta de comparación.

- Reporte:

Se reportan los cambios de color durante la exposición al calor.

d) Determinación de Resistividad Volumétrica.

- Aparatos y Materiales:

Electrómetro alimentado a 250 volts

Cronómetro

Muestra de PVC - placa circular de 7.62 cm de diámetro por 0.317 cm de espesor

Temperatura: 23°C \pm 1°C

- Procedimiento:

Encender el electrómetro 6 horas antes de hacer la determinación.

Se coloca la placa entre los electrodos y se cierra el recipiente con objeto de evitar que se salte la corriente.

Se accionan los botones del medidor y el de salida de voltaje en +. Verificar que el aparato marque cero.

A los tres minutos, se "dispara" el aparato con el verificador de cero y se gira el marcador de potencias hasta que se obtenga una lectura en la escala.

Se dejan otros tres minutos para estandarizar el aparato, y se toma la lectura respectiva.

- Cálculos:

Se emplea la siguiente fórmula:

$$V.R. = \frac{22.9 \times \text{voltaje}}{\text{espesor (cm)} \times \text{lectura (amperios)}} = \text{OHM} - \text{cm}$$

e) Determinación de Resistencia a la Ruptura y Elongación.

- Aparatos y Materiales:

Dinamómetro

Balanza analítica

Muestras de PVC - 5 probetas de 0.317 cm de espesor

- Procedimiento:

Se marcan 2.54 cm al centro de las probetas.

Se coloca una probeta entre las mordazas del dinamómetro, cuidando de que queden libres las marcas de los 2.54 cm.

Se acciona el dinamómetro a una velocidad de 51 cm por minuto, hasta la ruptura de la probeta.

Se toman lecturas del esfuerzo necesario para la ruptura y la distancia de elongación de los 2.54 cm marcados hasta el momento de la ruptura.

Córtese la probeta a las marcas de los 2.54 cm y pésese esta medida.

- Cálculos:

$$R.R. = \frac{\text{Fuerza}}{\text{Area}} = \text{Kg/cm}^2$$

$$\text{Area} = \frac{\text{Peso de los 2.54 cm}}{\text{Peso específico del material} \times 2.54} = \text{cm}^2$$

Elongación en %

$$\text{Elongación} = \frac{\text{Distancia alargada} - 25.4 \times 100}{26.6} = \%$$

f) Determinación de % de Retención de Resistencia a la Ruptura y Elongación.

- Aparatos y Materiales:

Estufa

Aceite

Recipiente de 1,000 cm³

Dinamómetro

Muestras de PVC - 5 probetas de 0.317 cm de espesor

- Procedimiento:

Se sumergen las probetas en baño de aceite

Se meten a la estufa a las temperaturas de envejecimiento y por el tiempo indicado según el método. En este caso particular se trata de un compuesto eléctrico TW 105°C, cuyas condiciones son 7 días a 136°C.

Transcurrido el tiempo indicado, se sacan las probetas, se escurren y dejan reposar 16 horas.

Enseguida se efectúan las pruebas en el dinamómetro, tomándose las lecturas respectivas.

Observación: Es necesario efectuar la prueba e) para poder calcular la f).

- Cálculos:

$$\% \text{ Retención resistencia a la ruptura} = \frac{\text{Resist. Rupt. Env.}}{\text{Resist. Rupt. Original}} \times 100$$

$$\% \text{ Retención de elongación} = \frac{\text{Elongación envejecida}}{\text{Elongación original}} \times 100$$

g) Determinación de Resistencia a la Flama.

- Aparatos y Materiales:

Cámara de prueba de placas metálicas

Pesa de 1.816 Kg.

Quemador Tirrell

Reloj o Cronómetro

Indicador de propagación de flama: papel Kraft engomado

Muestras de PVC - 3 conductores de 45.72 cm de largo.

- Procedimiento:

Colóquese la muestra en el aparato de prueba, pegándole una vuelta del papel indicador, de tal forma que quede a una distancia de 25.4 cm del punto en que se aplicará el cono azul de la flama.

Los extremos del papel indicador se pegan entre sí y deben sobresalir 1.9 cm por el lado opuesto al de aplicación de la flama en posición vertical. El quemador se alimenta por medio de una válvula principal de gas, con la cual se ajusta la altura de la flama a 12.7 cm y el cono interior a 3.81 cm.

Colóquese el quemador en su posición de prueba, teniendo encendida únicamente la llama piloto y de tal modo que el punto de aplicación de la flama esté a no menos de 7.62 cm arriba del extremo inferior del espécimen. Se abre la llave del gas durante 15 segundos y se cierra otros 15 segundos. Esta operación se repite hasta completar las cinco aplicaciones requeridas.

El cono azul de la llama deberá tocar la superficie de la muestra. Si después de la quinta aplicación de la llama, la muestra continúa encendida por más de 1 minuto, o si el papel indicador se quema en más de 25% de la porción saliente, se considera que el material ha fallado en esta prueba.

- Cálculos:

Repórtese el porcentaje de indicador quemado.

h) Determinación de la Capacidad Específica Inductiva.

- Aparatos y Materiales:

Fuente de poder de 10 volts a una frecuencia de 1000
ciclos

Recipiente con agua

Muestra de PVC - alambre forrado de 457.2 cm de longitud

- Procedimiento:

Se sumergen 304.8 cm de la muestra en el recipiente con agua, dejando 76.2 cm en cada extremo, con objeto de fijar la muestra.

Determinese la capacidad específica inductiva a las 24 horas, y 30°C, conectando las terminales de la muestra a la fuente de poder. Hágase la lectura en microfaradios.

- Cálculos:

$$\text{C.E.I.} = 41.5 C \log \frac{D}{d}$$

C = Capacitancia en microfaradios

D = Diámetro exterior del aislamiento

d = Diámetro interior del aislamiento

i) Prueba de Voltaje.

- Aparatos y Materiales:

Fuente de poder

Interruptor de circuito

Recipiente con agua a temperatura controlada entre 10 y 27°C

Muestra de PVC - alambre forrado con PVC.

- Procedimiento:

Aplíquese el voltaje progresivamente a partir de cero, hasta llegar al voltaje de prueba. El voltaje de prueba no será más del 100% del voltaje nominal de operación del conductor en 10 segundos y en no menos del 100% en 60 segundos.

Si el conductor pasa los valores indicados, cumplirá con las características requeridas de aislamiento.

Cuando el aislamiento tenga una falla, ésta se detecta cuando se incrementa de improviso la corriente, debido a que disminuye la resistencia del circuito. Este aumento de corriente abre un interruptor y se corta el circuito.

Si el conductor lleva pantalla conductora sobre el aislamiento, la prueba será en seco. Si la prueba es en corriente alterna, se necesitará un transformador con suficiente capacidad, y el factor de cresta del voltaje deberá encontrarse en el intervalo de + y - 10% de la onda senoidal cuando el transformador está en carga. La frecuencia del voltaje de prueba estará comprendida entre 25 y 60 ciclos por segundo. Cuando la prueba es para corriente directa, se usará un rectificador adecuado.

j) Determinación de Resistencia al Aislamiento.

- Aparatos y Materiales:

Megóhmetro

Recipiente con agua a temperatura controlada entre 10°
y 27°C

Muestra de PVC - conductor forrado con aislante de PVC

- Procedimiento:

Esta prueba deberá hacerse después de efectuar la prueba de voltaje.

Descargar el conductor poniéndolo a tierra.

Controlar la temperatura del agua, por lo menos 30 minutos antes de la prueba, entre 10° y 27°C.

Se sumerge el conductor en el agua del recipiente, cuidando que los extremos queden fuera y puedan ser cubiertos con parafina, con objeto de evitar que la humedad llegue a formar una trayectoria conductora entre la superficie del aislamiento y el conductor.

Si la muestra lleva cubierta protectora, la prueba deberá hacerse en seco.

Conéctese la muestra al equipo de medición. El circuito del megóhmetro se completa a través del agua, que sirve como un electrodo. Si la prueba es en seco, se deberá conectar a la pantalla conductora.

- Cálculos:

Los aislamientos deberán satisfacer los valores especificados para cada tipo, y el valor de la resistencia al aislamiento medida para cada uno de ellos no deberá ser menor al valor de la R calculada mediante la siguiente fórmula:

$$R = K \log_{10} \frac{D}{d}$$

R = Resistencia al aislamiento en M/Km.

K = Constante que depende del tipo de aislamiento

D = Diámetro exterior del aislamiento

d = Diámetro interior del aislamiento

NOTA: Para determinar las propiedades eléctricas, se utilizaron conductores forrados con los compuestos experimentales de PVC tipo AWG18.

A continuación se presentan las tablas de las mezclas experimentales, conteniendo los niveles de cada uno de los componentes, y los resultados de las pruebas realizadas a los mismos.

COMPOSICION DE MEZCLAS EXPERIMENTALES

MATERIAS PRIMAS	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12	X13	X14
Resina Alto Peso Molecular	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Ditridecil Ftalato	60	-	30	20	20	20	30	30	30	22	22	22	25	-
Plastificante Poliéster 2	-	-	-	-	20	20	15	-	15	18.5	-	-	-	-
Triooctil Trimelitato	-	60	30	20	-	20	15	15	-	20	20	18.5	25	50
Plastificante Poliéster 1	-	-	-	20	20	-	-	15	15	-	18.5	20	-	-
Ftalato Dibásico de Plomo	10	10	10	7	7	7	-	-	-	7	7	7	-	-
Sulfato Tribásico de Plomo	-	-	-	-	-	-	6	6	6	-	-	-	6	6
Estearato Dibásico de Plomo	-	-	-	-	-	-	1.5	1.5	1.5	-	-	-	1.5	1.5
Caolín Calcinado	10	10	10	10	10	10	5	5	5	10	10	10	5	5
Carbonato de Calcio Prec.	10	10	10	10	10	10	5	5	5	10	10	10	5	5
Estearato de Calcio	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Oxido de Antimonio	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Antioxidante	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Protector UV	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
Aceite Epoxidado de Soya	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4

PROPIEDADES DE LAS MEZCLAS EXPERIMENTALES

PROPIEDADES	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12	X13	X14
Dureza (Shore A)	86	82	81	81	81	79	79	80	79	82	83	80	77	78
Peso específico (g/cm3)	1.33	1.35	1.34	1.32	1.35	1.35	1.26	1.25	1.26	1.35	1.35	1.33	1.30	1.31
Estabilidad térmica	R	R	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	R
Resistividad volumétrica (ohm/cm)	2.4	3.0	2.3	2.3	2.1	2.0	1.7	1.6	1.9	2.6	2.5	2.4	11.0	11.0
Resistencia a la ruptura (kg/cm2)	157	169	160	163	175	173	216	215	216	174	176	171	180	260
Elongación (%)	353	388	367	350	352	329	348	333	321	361	359	357	242	281
Retención de resistencia a la ruptura (%)	95	99	90	107	100	104	95	104	94	105	100	104	98	110
Retención de elongación (%)	61	91	92	95	90	94	59	81	57	90	90	94	89	92
Resistencia a la flama (%)	No Pasa	13	No Pasa	19	19	18	No Pasa	No Pasa	No Pasa	22	24	24	No Pasa	10
Capacidad específica inductiva (microfaradios)	6.7	6.5	6.7	6.7	7.0	6.8	7.2	7.2	7.1	6.8	6.6	6.7	5.1	4.9
Voltaje	Pasa	Pasa	Pasa	Pasa	Pasa	Pasa	Pasa	Pasa	Pasa	Pasa	Pasa	Pasa	Pasa	Pasa
Resistencia al aislamiento (megohm/km)	4891	5112	4802	4799	4681	4650	4281	4202	4601	4915	4974	5126	4925	5237

TEMA IV

PROCESO DE GRANULACION

El objeto de llevar el material a un estado sólido granulado y no a un estado sólido en polvo, es facilitar el manejo de materiales y reducir los problemas de humidificación y variación de flujo en el forrado de conductores, y de esta manera obtener un producto final que posea una superficie homogénea tersa y no rugosa, como sería trabajando con polvos. En este capítulo se tratan los aspectos más importantes en la selección del equipo de granulación, y los aspectos prácticos, incluyendo resultados de la granulación de nuestro diseño de fórmula.

Granulación en Equipo de Extrusión.

La extrusión es un medio especialmente atractivo de granulación y fabricación de materiales plásticos, debido al bajo capital de inversión, a los bajos costos de mantenimiento y a los mínimos requerimientos de trabajo.

El proceso de extrusión consiste esencialmente en transportar, calentar y formar una resina termoplástica, bajo condiciones controladas, a través de un orificio o dado, cuyo diseño está relacionado con la citada forma. El proceso de extrusión se puede dividir en las siguientes etapas:

- Alimentación
- Fusión del material
- Mezclado y granulación
- Desarrollo de presión
- Dado
- Equipo para post-extrusión

En los últimos años se han desarrollado avances considerables en la tecnología y diseño de equipo, pero básicamente el proceso consiste en la rotación de un tornillo de Arquímedes dentro de un cilindro calentado.

Dado que los termoplásticos son sólidos a la temperatura ambiente, el equipo de extrusión debe encargarse de transformarlos en un fluido de viscosidad apropiada, por calentamiento y mezclado o amasado, y dotar a esa masa fluída de la presión suficiente para ser expulsada por la sección o forma deseada.

Factores de Selección de un Extrusor.

Debido a que hay una línea diversificada de equipos de extrusión, el problema de la selección del equipo puede ser muy complejo. Fundamentalmente, los extrusores son similares, pero cada uno tiene ciertas características o ventajas sobre otros equipos. Para seleccionar un equipo de extrusión debe uno considerar un número de factores que le darán ciertos efectos al uso final del equipo.

Factores a considerar:

- Producción
- Costo inicial
- Costo de instalación
- Costo de mantenimiento
- Costo de calentamiento
- Tipo de enfriamiento
- Construcción del barril
- Diseño de las transmisiones
- Método y diseño del motor
- Potencia disponible
- Facilidad de limpieza
- Accesibilidad al sistema de calefacción
- Diseño del tornillo
- Diseño del cabezal y/o dado

Materiales de Construcción.

Para seleccionar el equipo de extrusión no es necesario estar familiarizado con los materiales de construcción, dado que existe un acuerdo general entre los fabricantes de extrusores para usar los metales apropiados.

La selección del extrusor debe basarse en los aspectos de ingeniería del equipo, los cuales deben ser apropiados para el uso final que se pretende. El tornillo generalmente se fabrica de una aleación de acero forjado y tratado térmicamente, a una dureza que pueda ser maquinada. Es recomendable el uso de metales con especial resistencia a la corrosión para trabajar con algunos termoplásticos que se descomponen térmicamente y que como consecuencia generan gases que son corrosivos, por ejemplo, el PVC y el acetato de celulosa.

Es costumbre usar una aleación Xaloy en la construcción del barril, debido a que posee buenas propiedades de resistencia a la corrosión, excelente resistencia al uso y tiene una superficie lisa y pulida.

Control Térmico.

En el proceso de extrusión se requiere que la temperatura proporcionada al material sea uniforme, puesto que cuando se suministran temperaturas variables, se obtiene variabilidad en las propiedades físicas, superficies rugosas y dimensiones pobres.

Cuando se seleccione el sistema de calentamiento, se deben evaluar los siguientes puntos:

- Uniformidad de temperatura y precisión
- Rango de temperatura
- Facilidad de control de temperatura
- Mantenimiento

Es recomendable disponer de enfriamiento para controlar los problemas por calentamiento excesivo. Existen varios tipos o sistemas para este fin, como ventiladores, serpentines enrollados alrededor del barril, bobinas, etc. El sistema normalmente se controla automáticamente y se sincroniza con el sistema de calentamiento a través de un instrumento común.

Motor.

La función primordial del equipo motriz es, además de suministrar la fuerza motriz, suministrar al material energía para su fusión. La siguiente tabla nos muestra una relación de potencia, usada de acuerdo al tamaño del extrusor.

<u>Diámetro del Tornillo</u> (Pulgadas)	<u>Potencia</u> (Caballos de Fuerza)
1.5	3 - 5
2	7.5 - 15
2.5	10 - 25
3.5	20 - 50
4.5	40 - 60
8	100 - 200

El Tornillo.

Es el órgano principal del extrusor, cuyas características de diseño tienen más influencia en la calidad y cantidad del producto final obtenido. Los parámetros que caracterizan al tornillo son su longitud, su perfil o distribución de zona, el paso de hélice del filete y la profundidad del canal por donde fluye el material, número de entradas del tornillo, luz entre cresta del filete del tornillo y el cilindro, y la forma del extremo del tornillo que tiene que ver con el tipo del plástico.

El material de construcción deberá soportar esfuerzos mínimos de 80 Kg. sobre milímetro cuadrado, tener resistencia al desgaste y resistencia química a ácidos.

Cilindro o Barril.

Tiene como característica el alojar y guiar al tornillo o tornillos que giran en su interior, además de transferir calor al termoplástico y soportar la presión interior.

En general, se trata de un cuerpo cilíndrico hueco, de pared gruesa, hecho de acero aleado laminado, redondo, o bien de fundición de acero con un encamisado interior.

Debe soportar presiones hasta de 700 Kg/cm², tener resistencia química a ácidos y resistencia al desgaste por fricción.

Cabezal o Dado.

Le confiere forma al termoplástico derretido, dotado de presión en forma de flujo laminar circular, por lo que se dice que el cabezal es un tipo muy especial de conducción de fluidos.

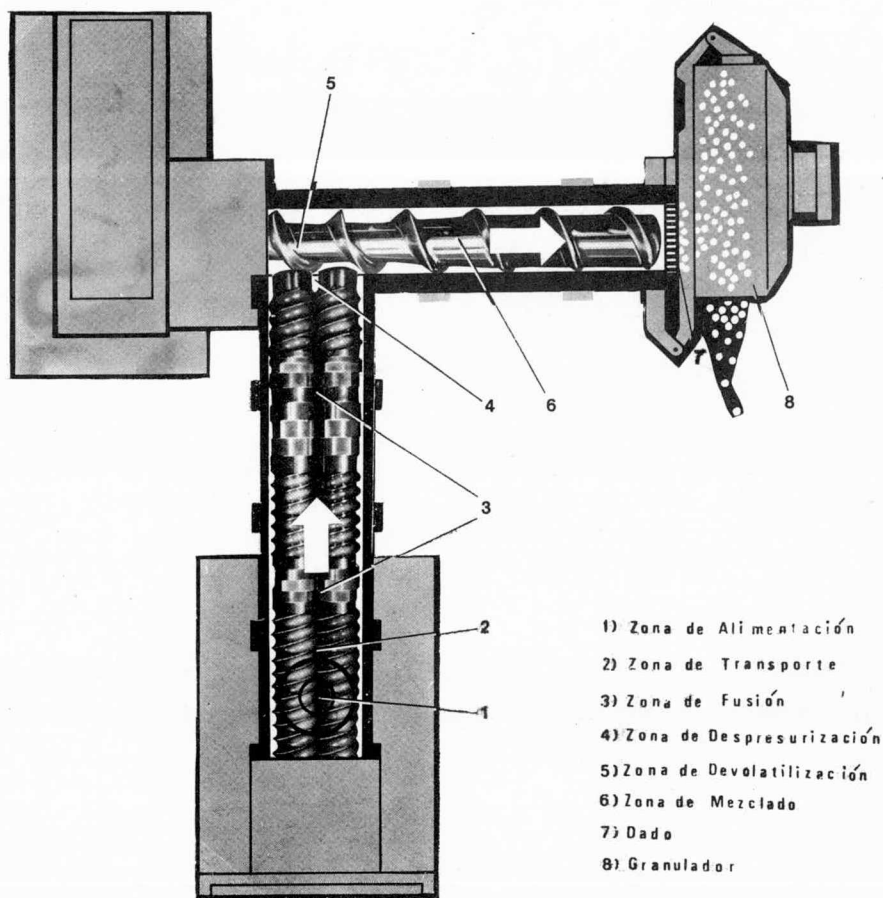
Debe fabricarse de un acero maleable, y las dimensiones finales deberán ser de un 10 a un 20% arriba de las del artículo, para permitir una ligera disminución durante la extrusión. Es recomendable endurecer o cromar el dado para evitar el deterioro de su superficie por manejo y limpieza.

Granulación del compuesto seleccionado.

En base a los resultados de las pruebas de laboratorio, seleccionamos el compuesto X14, como el óptimo a producirse en una planta, por lo que se procedió a granular dicho producto.

a) Granulación del compuesto experimental en una extrusora de las siguientes características:

Extrusora marca Kombi Plast, tipo KP-100, la cual consta de 2 etapas, siendo la primera una unidad a doble husillo y co-rotacionales de 83 mm de diámetro, y longitud de 15 D. La segunda etapa consta de un monohusillo de 100 mm de diámetro y una longitud de 6 D, la cual se muestra en el siguiente diagrama:



- 1) Zona de Alimentación
- 2) Zona de Transporte
- 3) Zona de Fusión
- 4) Zona de Despresurización
- 5) Zona de Devolatilización
- 6) Zona de Mezclado
- 7) Dado
- 8) Granulador

b) Condiciones de Operación:

<u>Zona</u>	<u>Temperatura en °C</u>
1	115
2	125
3	135
4	145
5	155
6	165

Temperatura del material:	170°C
Velocidad del monohusillo standard:	50 rpm
Consumo de amperaje:	70 amperes
Velocidad del monohusillo variable:	48 rpm
Consumo de amperaje:	72 amperes
Presión de trabajo:	110 Kg/cm ²

Balance de energía.

Para hacer el balance de la energía en la extrusora Kombi Plast KP-100 de 100 mm de diámetro, se consideró el balance entre las diferentes zonas, de donde se tiene que:

Energía mecánica + energía de resistencias = energía consumida por el compuesto + la energía disipada en el dado.

O sea:

$$P + H = W C_p (T_2 - T_1) + W_v p$$

- P = energía mecánica proporcionada por el motor en Kcal/Hr.
 H = energía proporcionada por las resistencias eléctricas en Kcal/Hr.
 W = cantidad de material procesado en Kg/Hr.
 C_p = calor específico del PVC en Kcal/Kg °C
 T_2 = temperatura del PVC a la salida del dado en °C
 T_1 = temperatura de alimentación del PVC en °C
 p = presión de extrusión en Kg/cm²
 W_v = cantidad de material procesado en cm³/Hr.

Energía proporcionada por el motor.

Se utilizó la siguiente ecuación:

$$p = \sqrt{3} VI \text{ (f.p.)}$$

V = 440 volts

I = 70 amperes

factor de potencia = 0.85

p = potencia en watts

$$p = 1.73 \times 440 \times 70 \times 0.85 = 45291.4 \text{ w}$$

$$p = 45.2914 \text{ Kw}$$

Considerando una eficiencia del 65% para el sistema, la potencia neta sería:

$$P_n = P \times E$$

$$45.291 \times .65 = 29.43$$

$$P_n = 29.43 \times 860 \text{ Kcal/Hr}$$

$$KW = 25310 \text{ Kcal/Hr.}$$

Energía proporcionada por las resistencias.

Para la primera zona, correspondiente al monohusillo standard, se tienen 2 resistencias de 3 Kw cada una; para la zona correspondiente al monohusillo variable, se tienen 4 resistencias de 3 Kw cada una, y en el cortador se tiene 1 resistencia de 3 Kw, las que sumadas nos dan un total de 21,000 wats. Estas resistencias trabajan un promedio de 15 minutos por cada hora de proceso.

$$H = 21.00 \text{ Kw} \times 0.25 = 5.25 \text{ Kw/Hr.}$$

Transformando a Kcal/Hr.:

$$H = 5.25 \text{ Kw/Hr} \times 860 \text{ Kcal/Hr} - \text{Kw} = 4,515 \text{ Kcal/Hr.}$$

Considerando una eficiencia de 65% en el sistema, la energía neta proporcionada por el sistema sería:

$$H_n = H \times E$$

$$H_n = 4,515 \times .65 = 2,935 \text{ Kcal/Hr.}$$

Energía consumida por el PVC.

La energía consumida por una masa de 150 Kg/Hr de un compuesto de PVC, para pasar de una temperatura de alimentación de 20°C, temperatura a la que se enfría la mezcla seca, hasta una temperatura de 170°C, se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$Q = W C_p (T_2 - T_1)$$

Donde:

Q = calor consumido por el PVC en Kcal/Hr.

W = masa de PVC en Kg/Hr.

Cp = calor específico = 0.42 Kcal/Kg - °C

T2 = temperatura del PVC a la salida del dado en °C

T1 = temperatura de alimentación del PVC en °C

$$Q = 150 \text{ Kg/Hr.} \times 0.42 \text{ Kcal/Kg} - ^\circ\text{C} \times 170 - 20 = 9,450 \text{ Kcal/Hr.}$$

Energía disipada en el dado.

La siguiente ecuación nos presenta esta energía como una función de la presión de extrusión y el gasto volumétrico.

$$Q_d = W_v p$$

Donde:

Qd = energía disipada en el dado en Kcal/Hr.

Wv = gasto volumétrico del PVC en cm³/Hr.

p = presión de extrusión en g/cm²

W = 150 Kg/H = 150 x 10³ g/Hr.

v = 1.3 g/cm³ (densidad del compuesto de PVC)

p = 110 Kg/cm² = 110 x 10³ g/cm²

Transformando:

$$W_v = \frac{150 \times 10^3 \text{ g/Hr}}{1.3 \text{ g/cm}^3} = 115.38 \times 10^3 \text{ cm}^3/\text{Hr.}$$

Sustituyendo la ecuación:

$$Q_d = 115.38 \times 10^3 \text{ cm}^3/\text{Hr} \times 110 \times 10^3 \text{ g/cm}^2 = 12.69 \times 10^9 \text{ g-cm/Hr.}$$

$$Q_d = 12.69 \times 10^9 \text{ g-cm/Hr} \times 2.343 \times 10^{-8} \text{ Kcal/gr-cm}$$

$$Q_d = 29.74 \times 10 = 297.4 \text{ Kcal/Hr.}$$

Resumiendo, tenemos lo siguiente:

$$\text{Energía proporcionada al sistema} = 25,310 + 2,935 = 28,245 \text{ Kcal/Hr.}$$

$$\text{Energía consumida por el sistema} = 9,450 + 297.4 = 9,747.4 \text{ Kcal/Hr.}$$

$$\text{Eficiencia térmica del sistema} = \frac{\text{Energía consumida}}{\text{Energía proporcionada}}$$

Sustituyendo, tenemos:

$$\text{Eficiencia térmica} = \frac{9,747.4}{28,245} = 0.34$$

$$\text{Eficiencia térmica del sistema} = 34\%$$

T E M A V

COSTOS

Generalidades

La finalidad primordial del control de costos en la empresa, es obtener una producción económica mínima para poder competir en el mercado, o bien, ofrecer al consumidor el artículo al más bajo precio posible.

Por consiguiente, el conocimiento del costo del producto nos lleva a fijar el precio de venta y programación de producción, o bien, a fijar la mínima elaboración del producto base, de bajo o nulo rendimiento en la utilidad bruta.

La técnica del cálculo de costos standard, a diferencia del cálculo práctico de costos, sirve de instrumento de medición de eficacia, porque su determinación está basada precisamente en la eficiencia de trabajo normal de la entidad económica.

Las desviaciones que se encuentran al comparar el costo histórico contra el standard, nos indican las deficiencias o superaciones perfectamente definidas y analizadas.

Los objetivos que se persiguen con la implantación de este sistema, son los siguientes:

- 1) Determinar el costo unitario.
- 2) Fijar los precios de venta.
- 3) Decidir sobre elaborar o comprar el artículo que se está produciendo a un punto intermedio.

- 4) Obtener medidas de control de las operaciones.
- 5) Determinar anticipadamente las posibles utilidades a lograr.

Costos Directos.

Los costos que consideramos en nuestro caso son los siguientes:

a) Materias Primas.- En este concepto se consideraron todos los materiales que componen la mezcla del compuesto de PVC.

b) Servicios.- En este renglón se tomaron en cuenta todos los servicios que intervienen en la fabricación del compuesto de PVC, y son: los combustibles, energía eléctrica, agua, vapor, etc.

c) Mano de Obra.- En este costo se consideró el sueldo y salario de los trabajadores que intervienen directamente en la fabricación del compuesto de PVC.

d) Empaque.- En el concepto de este costo interviene todo tipo de envase y embalaje (bolsas de papel, bolsas de polietileno, etiquetas, etc.).

Costos Indirectos.

En este tipo de costos se consideraron los siguientes:

a) Amortización o depreciación del equipo.- Se tomó en cuenta toda la maquinaria utilizada en la fabricación del compuesto de PVC, es decir, el mezclador, el extrusor, el dosificador, el molino, etc.

b) Mantenimiento.- Para este caso se considera el mantenimiento preventivo y correctivo necesario de proporcionar al equipo.

c) Administración.- Todos los gastos utilizados en el mejor aprovechamiento de los recursos que se disponen.

d) Seguros.- Se consideraron los seguros tomados contra toda clase de riesgos (incendios, riesgos naturales, robos, etc.).

e) Ventas.- Se tomaron en cuenta todos los gastos utilizados en el logro de la venta (gastos de viaje, publicidad, etc.).

f) Financieros.- En este concepto se consideraron los diferentes financiamientos para operar en buenas condiciones en la fabricación del compuesto de PVC.

Cálculo de Costos Directos.

Para el cálculo de las materias primas que intervienen en la fabricación del compuesto de PVC, se consideraron los precios vigentes al 1° de febrero de 1979, para una producción estimada de 150 Kg. por hora, 230 días de trabajo al año, y un turno.

Fórmula del compuesto.

	Kg.	Precio \$/Kg.
Resina de PVC	100	18.25
Triooctil Trimelitato	50	50.00
Sulfato Tribásico de Plomo	6	26.00
Estearato Dibásico de Plomo	1.5	41.18
Caolín Calcinado	5	6.16
Carbonato de Calcio Precipitado	5	4.10
Estearato de Calcio	1	39.40
Oxido de Antimonio	5	129.10
Antioxidante	0.05	397.76
Protector UV	0.30	653.84
Aceite Epoxidado de Soya	4	42.00

a) Costo de las Materias Primas.

Base de cálculo: 1 kilogramo de mezcla.

Resina de PVC	=	$\frac{100}{177.85}$	x	18.25	=	\$10.26
Triocetil Trimelitato	=	$\frac{50}{177.85}$	x	50.00	=	\$14.06
Sulfato Tribásico de Plomo	=	$\frac{6}{177.85}$	x	26.00	=	\$ 0.88
Estearato Dibásico de Plomo	=	$\frac{1.5}{177.85}$	x	41.18	=	\$ 0.35
Caolín Calcinado	=	$\frac{5}{177.85}$	x	6.16	=	\$ 0.17
Carbonato de Calcio Precipitado	=	$\frac{5}{177.85}$	x	4.10	=	\$ 0.11
Estearato de Calcio	=	$\frac{1}{177.85}$	x	39.40	=	\$ 0.22
Oxido de Antimonio	=	$\frac{5}{177.85}$	x	129.10	=	\$ 3.63
Antioxidante	=	$\frac{0.05}{177.85}$	x	397.76	=	\$ 0.11

$$\text{Protector UV} = \frac{0.30}{177.85} \times 653.84 = \$ 1.10$$

$$\text{Aceite Epoxidado de Soya} = \frac{4}{177.85} \times 42.00 = \$ 0.94$$

Costo de Materia Prima:

$$10.26 = 14.06 + 0.88 + 0.35 + 0.17 + 0.11 + 0.22 + 3.63 + \\ 0.11 + 1.10 + 0.94 = 31.83 \text{ \$/Kg.}$$

b) Costo de Mano de Obra.

Bases:	Producción real	150 Kg/hora
	1 Operador	\$173.00/día
	1 Supervisor	\$185.00/día

$$\text{Costo por hora: } \frac{\$358.00}{8 \text{ horas}} = 44.75 \text{ \$/hora}$$

$$\text{Costo por kilogramo producido: } \frac{44.75}{150 \text{ Kg.}} = 0.30 \text{ \$/Kg.}$$

Costo Directo Total: \$/Kg.

Materias Primas	31.83
Mano de Obra	0.30
Servicios	0.32
Empaque	0.20
	<hr/>

Total \$32.65

=====

Cálculo de Costos Indirectos.

a) Amortización del Equipo.

Base: 8% de activos fijos.

Activos Fijos.- El costo del equipo utilizado que es de \$1,200,000.00.

$$\text{Amortización} = 0.08 \times 1,200,000 = \$96,000/\text{año}$$

Para una producción anual de 276,000 Kg. de compuesto tenemos que la amortización que soporta cada kilogramo se calcula de la siguiente manera:

$$\frac{96,000 \text{ \$/año}}{276,000 \text{ Kg./año}} = \$0.35/\text{Kg.}$$

b) Mantenimiento.

Base: El 2% de los activos fijos.

$$M = 0.02 \times 1,200,000 = \$24,000.00/\text{año.}$$

Para cada kilogramo de compuesto se tiene:

$$\frac{24,000 \text{ \$/año}}{276,000 \text{ Kg/año}} = 0.09 \text{ \$/Kg.}$$

c) Administración.

Base: 2.2% sobre ventas.

Para este cálculo debemos tener fijado el precio de venta del compuesto, pero para observar la rentabilidad, tomaremos de base el precio actual en el mercado y compararemos con el de nuestro producto.

Precio actual = \$39.00/kilogramo.

Consideraremos que la producción anual está completamente vendida.

Ventas = 276,000 Kg./año x 39 \$/Kg. = 10,764,000.00 \$/año.

Gastos de administración = 0.022 x 39 = 0.86 \$/Kg.

d) Seguros.

Base: 1% sobre activos fijos.

Seguros = 0.01 x 1,200,000 = \$12,000.00/año.

$$\frac{12,000 \text{ \$/año}}{276,000 \text{ Kg/año}} = 0.04 \text{ \$/Kg.}$$

e) Gastos de Ventas.

Usando las siguientes fórmulas:

Gastos de Ventas = 1.3% ventas netas.

Ventas netas = ventas totales - I.S.I.M. - Fletes

El precio de venta del compuesto sin el 4% de I.S.I.M. es de:

$$\text{P.V.} = 37.50 \text{ \$/Kg.}$$

De acuerdo con el flete actual que se cotiza en el mercado, y que es de \$0.11/Kg., tenemos:

$$\text{Ventas Netas} = 37.50 - 0.11 = 37.39 \text{ \$/Kg.}$$

$$\text{Gastos de Ventas} = 0.013 \times 37.39 = 0.49 \text{ \$/Kg.}$$

$$\text{G.V.} = 0.49 \text{ \$/Kg.}$$

f) Gastos Financieros.

$$\text{Gastos financieros} = 16\% \text{ financiamiento}$$

$$\text{Financiamiento} = 18\% \text{ ventas totales}$$

O sea:

$$\text{Gastos financieros} = 0.0288 \text{ Ventas Totales}$$

Y en nuestro caso:

$$\text{Gastos financieros} = (0.0288) \times (37.39) = 1.07$$

$$\text{G.F.} = 1.07 \text{ \$/Kg.}$$

Con los valores obtenidos procedemos a calcular el costo indirecto total, en la siguiente tabla:

<u>Costo Indirecto</u>	\$/Kg.
Amortización	0.35
Mantenimiento	0.09
Administración	0.86
Seguros	0.04
Gastos de Ventas	0.49
Gastos Financieros	1.07
	<hr/>
TOTAL	2.90

Cálculo del Costo Total.

Costo Total = Costos Directos + Costos Indirectos

Costo Total = 32.65 + 2.90 = 35.55 \$/Kg.

Ahora procederemos a comparar nuestro costo con el precio actual en el mercado, para determinar la rentabilidad.

Costo Total	35.55 \$/Kg.
Flete	0.11
I.S.I.M.	1.42
	<hr/>
	37.08 \$/Kg.

Precio estimado = Costo Total + Flete + I.S.I.M.

Precio estimado = 37.08 \$/Kg.

47.76

Cálculo del Coeficiente de Rentabilidad.

$$\text{Coeficiente de Rentabilidad} = \frac{\text{Utilidad Neta}}{\text{Ventas Netas}}$$

$$\text{Utilidad Neta} = \text{Precio Venta} - \text{Costo Total}$$

$$\text{Utilidad Neta} = 37.39 \text{ \$/Kg.}$$

$$\text{Coeficiente de Rentabilidad} = \frac{39.00 - 35.55}{37.39} = 0.092$$

Cálculo de Ganancias Anuales.

$$\text{Ganancias Anuales} = \text{Producción Anual} \times 1.92$$

$$\text{Ganancias Anuales} = 276,000 \times 1.92 = 2,431,560 \text{ \$/año}$$

$$\text{Ganancias Anuales} = 276,000 \text{ Kg/año} \times 1.92 \text{ \$/Kg.}$$

$$\text{Ganancias Anuales} = 529,920.00 \text{ \$/año}$$

CONCLUSIONES

La rentabilidad calculada en la fabricación del compuesto dieléctrico de PVC para el forrado de conductores eléctricos tipo 105°C, es baja, comparativamente con el promedio existente en el mercado, que es del 18%.

Sin embargo, la elaboración de dicho compuesto en una empresa ya establecida, preferentemente del mismo ramo, contribuiría a absorber los gastos fijos de la misma, además del 9% de rendimiento que representa esta operación.

Si se desea lograr una mayor rentabilidad en la manufactura del mencionado compuesto dieléctrico, se tendría que disminuir el costo de las materias primas, en perjuicio de la calidad del producto, o bien, tener una mayor demanda del mercado, o también fijar un precio de venta mayor al que se consideró como base de cálculo, y que sería ampliamente justificado en el mercado, por la mejor calidad que se ofrece.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- "Annual Book of ASTM Standards" (1977)
- 2.- "Encyclopedia of PVC" Vol. 1,2 y 3
Marcel Dekker, Inc. (1977)
- 3.- Sarvetnick, Harold A.; "Polyvinyl Chloride",
Van Nostrand Reinhold Co., N.Y. (1969)
- 4.- "Encyclopedia of Polymer Science and Technology"
Vol. 14, Pág. 320-358, 394-452, Interscience
Publishers, N.Y. (1971)
- 5.- H.E. Frey; "Polyvinyl Chloride Resins", Chemical
Economics Handbook, Stanford Research Institute,
Manlo Park, California (1975)
- 6.- "Modern Plastics Encyclopedia", Vol. 49, Págs.
102-110, 104-475, 163,164, 406, 408,456,
McGraw Hill, Inc. (1972-1973)
- 7.- "Standard for Thermoplastics - Insulated Wires",
Underwriters Laboratories, Inc. (1976)
- 8.- "Flammability Report", Modern Plastics International,
Pág. 50-53, McGraw Hill, Inc. (1972)
- 9.- G. Wanser y L. Wiznerowicz; "Aislamientos de Material
Plástico para Cables", Plásticos Universales, Vol. 5,
Págs. 172-176, 185-188, 188-192
Carl Hanser Verlag, (1977)
- 10.- H. Kopsch, "La influencia de la estructura del plastificante
en la estabilidad térmica de mezclas de PVC plastificado"
Kunststoffe, Vol. 4, Pág. 137-142; (1977)

- 11.- Chan I. Chung; "A Guide to Better Extruder Screw Design",
Plastics Engineering, Pág. 34, Society of Plastics
Engineers, Inc. (1977)

- 12.- Fernando Chevassus; "Propiedades de Envejecimiento de los
Polímeros en Cablería", Hule Mexicano y Plásticos, No. 397,
Pág. 5-10, 12-18, 20, Imprenta Mexicana, S. de R.L. y C.V.
(1979)