

Universidad Autónoma de Guadalajara

INCORPORADA A LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

ESCUELA DE CIENCIAS QUIMICAS



TESIS CON
FALSA LE CRGEN

ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES DE HYPALON MODIFICADO
PARA SU POSIBLE APLICACION EN PIELES SINTETICAS

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

INGENIERO QUIMICO

P R E S E N T A

ADRIANA HORTENSIA MOLLER CRUZ

Asesor: I. Q. Tito Enrique Herrera Larrasilla

GUADALAJARA, JAL. NOVIEMBRE DE 1987



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.

Í N D I C E

	Página
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I.- GENERALIDADES	3
CAPÍTULO II.- OBTENCIÓN DEL COPOLÍMERO Y DETERMINACIÓN DE SUS PROPIEDADES.	
II.1 Reacción de injertación	12
II.2 Determinación de la relación de injertación	14
II.3 Determinación de las propiedades de las películas.	18
II.3.1 Determinación de la absorción de agua en las películas.	18
II.3.2 Permeabilidad al vapor de agua.	19
II.3.3 Espesor	19
II.3.4 Módulos	19
II.3.5 Flexión	20
II.3.6 Resistencia a los disolventes	21
CAPÍTULO III.- RESULTADOS Y DISCUSIONES	
III.1 Datos obtenidos de la reacción de injertación a 40 y 50 C.	22
III.2 Cinética de la injertación a 40 y 50 C. Interpretación y discusión de los resultados.	24 25
III.3.1 Datos obtenidos de la absorción del agua en las películas.	29

Cinética, interpretación y discusión.	30
III.3.2 Datos obtenidos de la permeabilidad al vapor de agua (P.V.A).	32
Interpretación de los resultados.	32
III.3.3 Datos obtenidos del espesor, tensión y porcentaje de elongación de las películas.	33
Interpretación de los resultados.	34
III.3.4 Resultados y discusión sobre la prueba de flexión.	35
III.3.4 Resultados y discusión sobre la resistencia a los disolventes.	35
CAPÍTULO IV.- FACTIBILIDAD DE LAS ADAPTACIONES AL PROCESO, DIAGRAMA DE FLUJO.	
IV.1 Comparaciones de las propiedades físicas del copolímero con las películas de poliuretano.	36
Interpretación y discusión.	37
IV.2 Adaptaciones al proceso existente.	38
IV.3 Balance de Materia.	40
RESUMEN	49
CONCLUSIONES	51
APÉNDICES	52
BIBLIOGRAFÍA	58

INTRODUCCIÓN

Dado que el producto del presente trabajo pretende patentarse, omitiremos el nombre de una de las materias primas, a la cual llamaremos "Polímero A".

A través del tiempo las industrias, entre ellas la textil, han aumentado tanto su desarrollo como su tecnología, esto es, han suplido fibras naturales por sintéticas; como ejemplos podemos citar: el nylon, poliéster, rayón, etc.

De igual manera se ha tratado de sustituir la piel natural utilizada en la industria del calzado y vestido, por medio del procesamiento de polímeros sintéticos, cuyo resultado es conocido comercialmente como piel sintética.

Para nuestro interés, la piel sintética debe poseer características semejantes a las de la piel natural, lo que actualmente ha sido logrado por los polímeros sintéticos existentes excepto en lo referente a la permeabilidad al vapor de agua.

En este trabajo tenemos como objetivo principal, obtener un copolímero (hypalon-polímero A) cuya propiedad sea la permeabilidad al vapor de agua así como también las demás propiedades que debe poseer la piel sintética para que sea lo más parecido a la piel natural.

El uso de hypalon en este estudio lo justificamos por ser un elastómero que posee muy buenas propiedades entre otras la de resistencia a los ácidos, rayos ultravioleta, ozono, etc. y tenemos conocimiento de que ya anteriormente fué considerado para usarlo en pieles sintéticas.

Las razones por las cuales no tuvo éxito anteriormente fueron que su costo era alto y no era mejor a las pieles sintéticas existentes.

Con la modificación que pretendemos darle al hypalon, además de mejorar la permeabilidad al vapor de agua, abatimos también el costo.

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

I.1 PIELES SINTÉTICAS

Las pieles sintéticas son todos los cueros o pieles artificiales obtenidas por revestimiento de tejido que imitan exteriormente al cuero natural.

Podemos distinguir dos partes principales en la piel sintética : El soporte y el recubrimiento.

En muchos casos la capa de plástico ó recubrimiento es la parte más importante, sirviendo únicamente la base textil ó soporte para reforzar y fijar la primera.

I.1.1 Soportes :

En este caso nos referiremos al soporte textil mas común que es el algodón, que dependiendo del tipo de trama del cual esté hecho cumplirá sus objetivos, como son la resistencia, cuerpo y costo.

Otro tipo de soportes textiles son el poliéster, nylon, lycra, etc.

I.1.2 Recubrimientos :

El recubrimiento es una película de polímero sintético, como el PVC y el Poliuretano (PU).

Como en la industria de pieles sintéticas es usado el término "skin" en lugar de película externa ó recubrimiento; le seguiremos dando el mismo nombre en este trabajo.

Propiedades de los recubrimientos :

- 1) Buena solubilidad: Comúnmente se usan sistemas de dos disolventes (para variar el punto de ebullición).
- 2) Suavidad y transparencia: Una película suave de adhesivo para la superficie es particularmente necesaria cuando se transfiere la película, esto es, entre más suave la película de adhesivo es más pegajosa. entonces se adhiere mejor al recubrimiento y posteriormente al soporte textil, pues sirve de unión entre el recubrimiento y el soporte textil.

Las películas de adhesivos deben tener una dureza de no más de 70 Shore A.

Las capas claras requieren buena transparencia; en capas pigmentadas no debe quebrarse la superficie en el artículo terminado.

- 3) Buena flexibilidad en el frío: La transición de temperatura, T_g , de las películas debe ser al menos -20 C , ó mucho mejor de -40 C .
- 4) Estabilidad en la luz: es importante que cuando la película o skin la sometamos a la radiación, resulte:
 - a) muy poco descolorida
 - b) perder muy poca tensión

- 5) Buena resistencia a la hidrólisis bajo pruebas en condiciones tropicales (12 días al 98% de humedad relativa a 80 C):

La fuerza de tensión no debe bajar del 10 % del valor original. En la práctica, es posible tener casi una completa retención a la fuerza de tensión (90 %-100 %), cuando hacemos una pequeña variación en la formulación.

- 6) Buena adhesión al sustrato.
- 7) Razonable resistencia a los solventes.
- 8) Buena elasticidad de la película.

Normalmente se aplican dos recubrimientos, uno sería el skin ó película superficial y otro el adhesivo, éste último sirve de unión entre el skin y el soporte de algodón.

Como adhesivo tenemos la emulsión de PU, y sus características son :

- 1) alta resistencia a los disolventes.
- 2) cuerpo (para que ayude a ser lo más parecido a la piel natural).
- 3) alta adhesividad.
- 4) alta resistencia a la hidrólisis.

Otro adhesivo es la emulsión de acrílico y sus características son :

- 1) baja resistencia a los disolventes.
- 2) baja resistencia a la hidrólisis.
- 3) baja adhesividad.

Entonces dependiendo del trabajo a que se destine usaremos uno u otro.

1.2 MÉTODOS DE APLICACIÓN DE LOS RECUBRIMIENTOS

Para aplicar los recubrimientos a las materias textiles existe un gran número de máquinas desarrolladas especialmente para ese fin. La selección de la máquina a utilizar depende principalmente de como sea el plástico que se emplee para el recubrimiento, puesto que éste puede presentarse en forma líquida, en pasta, en forma derretida, en polvo o en granulado.

También existen varios métodos de aplicación de recubrimientos; el tipo de método a utilizar depende hasta cierto punto del efecto del recubrimiento que deseemos obtener.

Se utilizan dos métodos principalmente : Calandrado y Transferencia. Siendo éste último el que se emplea más comúnmente para la obtención de cuero artificial o piel sintética.

1.2.1 Calandrado :

En este procedimiento, el plástico sólido es transportado por rodillos calentados, aplicándolo en estado de película plástica al tejido de base. En la figura (1.1) mostramos el método de aplicación.

1.2.2 Transferencia :

En este procedimiento aplicamos el PU disuelto, sobre un papel especial llamado papel de transferencia, el espesor de la capa de PU que es depositado sobre el papel se ajusta y es dado por una rasqueta la cual debe estar perfectamente pulida para que no dañe la cara de la superficie de la película. El PU es transportado por este papel de transferencia que se dirige hacia la capa textil, la cual se adhiere al recubrimiento por la cara superior. La cinta de papel se desprende y enrolla después del recubrimiento. Así pues, la parte inferior de la capa de PU forma la superficie del recubrimiento y puede ser brillante, rugosa, etc. según la clase de papel de transferencia que se haya utilizado.

En la figura (1.2) mostramos el método de transferencia.

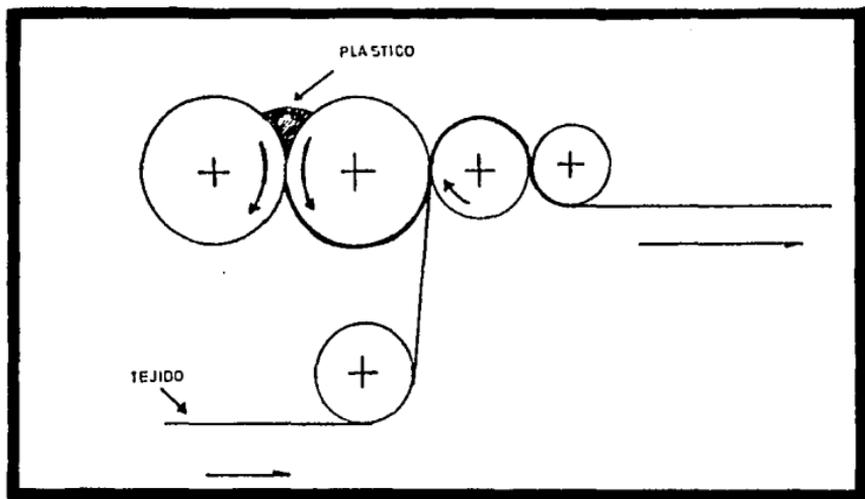


Figura (1.1) Método de Calandrado.

El tejido y el plástico se canalizan por rodillos diferentes hasta que coinciden, en este punto es aplicada la pasta caliente sobre el soporte, pasan posteriormente por una serie de rodillos donde se van enfriando y la película de plástico queda adherida al tejido.

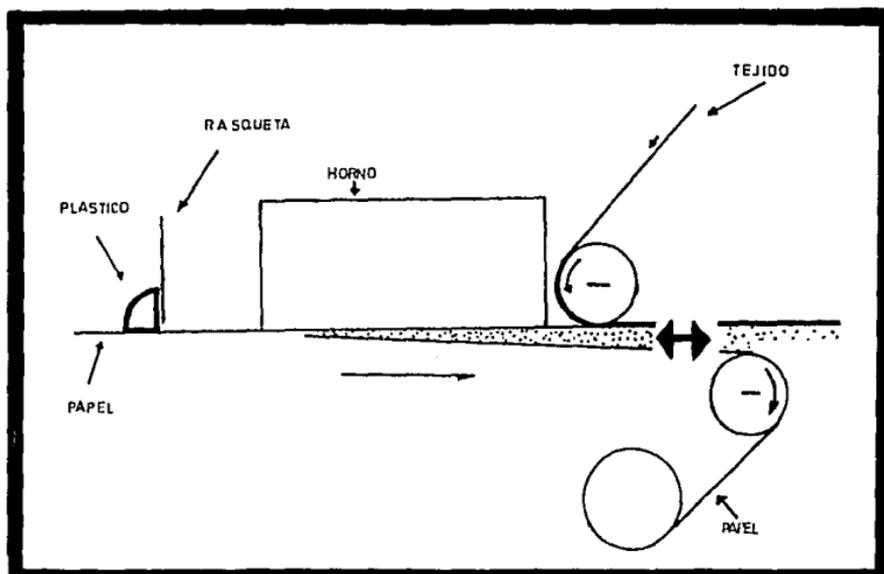


Figura (1.2) Método de transferencia.

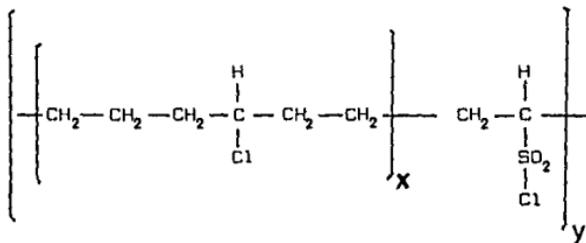
El papel de transferencia pasa por una serie de rodillos hasta que llega un punto donde está el plástico en disolución y se pone en contacto sobre el papel, después pasa por un horno donde se seca, entonces aplicamos una capa de adhesivo, el tejido viene por otra serie de rodillos y se une a la capa de adhesivo, pasa entonces por un horno para evaporar el disolvente y secar, después de enfriar desprendemos el papel de transferencia del recubrimiento.

Con la copolimerización esperamos la modificación del hypalon haciendolo parcialmente hidrofílico, permaneciendo el resto de sus propiedades sin alterar.

1.4 HYPALON

Nuestro polímero principal es el hypalon 40 sintetizado por Du Pont, que es un polietileno clorosulfonado, de alto peso molecular, que tiene la característica de ser resistente al ozono, calor, ambiente, disolventes y aceite.

Existen varios tipos de hypalon que contienen de 25 a 43 % de cloro y de 1 a 1.4 % de azufre, que equivale casi a un átomo de cloro por cada 6 átomos de carbono, y 1 grupo de cloruro de sulfonilo por cada 100 átomos de carbono.



La relación de y/x varía con el tipo de hypalon.

Cada tipo de hypalon está numerado, como ejemplos podemos citar el hypalon 20, 30, 40, 45 ó 4B. Este número tiene relación con el peso molecular de cada tipo de hypalon, en nuestro caso el hypalon 40 quiere decir que tiene un peso molecular aproximado de 40 000 .

Cada tipo de hypalon tiene propiedades diferentes. Por ejemplo el hypalon 20 es utilizado para substratos flexibles, el hypalon 30 es utilizado para substratos rígidos, el hypalon 40 tiene el mejor balance de procesamiento.

Las moléculas del hypalon se pueden entrecruzar mediante una técnica de curado, con este efecto se pueden formar películas insolubles que son resistentes a los disolventes, al ataque químico, a los agentes atmosféricos, etc.

Existen varias técnicas de curado para el hypalon :

- 1) Por efecto de la temperatura : A la formulación se agregan cargas y aditivos que al ser sometidas a cierta temperatura y tiempo se logra un curado satisfactorio.
- 2) Por exposición a cierto porcentaje de humedad.
- 3) Por inmersión en la solución curante.

APLICACIONES:

La combinación de propiedades hacen del hypalon aplicable en muchos usos domésticos e industriales.

Para hacer mangueras, cubiertas, cables, material de construcción, cobertores aislantes, películas, etc.

Podemos pigmentar el hypalon con los procedimientos habituales utilizados por la industria de la pintura para producir recubrimientos que sean tenaces, elásticos, resilientes y resistentes a los agentes atmosféricos, abrasión, flexión, calor, combustión, etc.

CAPÍTULO II

PARTE EXPERIMENTAL

OBTENCIÓN DEL COPOLÍMERO Y DETERMINACIÓN DE SUS PROPIEDADES

Teniendo como base los estudios preliminares de la copolimerización, se realizan las siguientes pruebas.

II.1 REACCION DE INJERTACIÓN :

Por copolimerización entendemos la polimerización conjunta de dos ó varios monómeros, por lo que la macromolécula del copolímero obtenido contiene como unidades estructurales los monómeros participantes.

Esta copolimerización la llevamos a cabo entre el hypalon y el polímero A, a temperaturas de 40 y 50 C y tiempos de 1 a 3 horas.

En la fig. 2.1 mostramos el aparato empleado para efectuar la reacción de copolimerización.

II.1.1 Procedimiento de la reacción de injertación :

- 1) La relación de los polímeros es de 1:1.
- 2) Pesamos una muestra de hypalon, la cuál disolvemos en la mínima cantidad de disolvente B.
- 3) Pesamos una muestra del polímero A, y la disolvemos en una cantidad de disolvente.
- 4) Preparamos un baño a cierta temperatura constante, entonces se sumerge el matraz de reacción que ya contiene al hypalon y al polímero A disueltos.
- 5) La reacción se lleva a cabo con ayuda de agitación, a una determinada temperatura y tiempo de 1 a 3 horas.

- 6) Después que termina el tiempo estipulado para que se lleve a cabo la reacción, los productos se vierten en un vaso de precipitado que contiene un disolvente en agitación, en el cual el hypalon no es soluble, con el objeto de precipitar al copolímero formado.
- 7) Después de la decantación el sólido se pasa a un homogenizador, donde se trata durante 30 segundos.
- 8) Decantamos, y hacemos 2 tratamientos iguales al anterior con agua.
- 9) Por último lo homogenizamos con metanol.
- 11) Las filtraciones las hacemos en un filtro de vidrio lavando con metanol.
- 12) Secamos el copolímero a vacío.

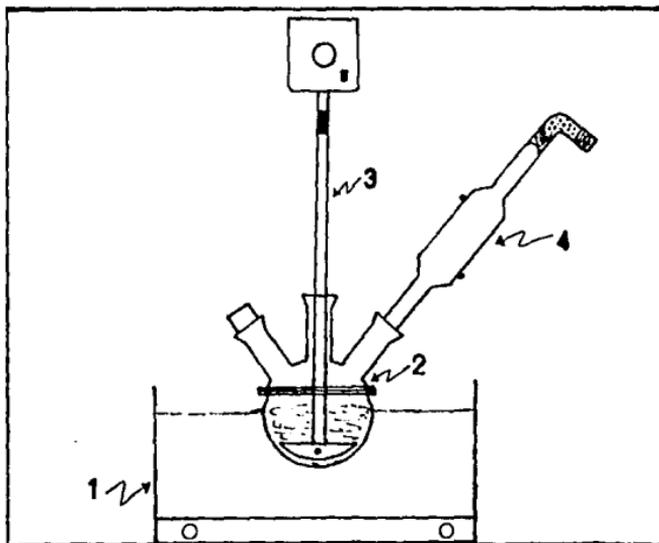


Fig. (2.1) Sistema para la reacción de injertación.

- 1) Baño de temperatura; 2) matraz de reacción; 3) Agitador;
- 4) Refrigerante.

II.1.2 Purificación del Producto :

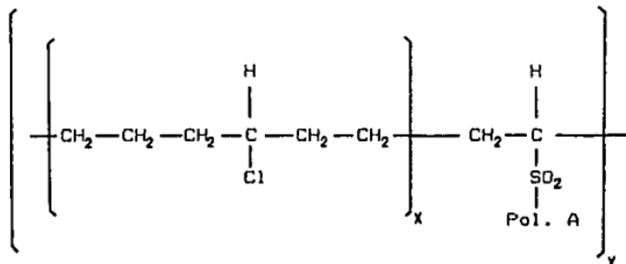
- El producto lo disolvemos en cloroformo, precipitamos en metanol y hacemos lavados con metanol y agua.
- Después de los lavados la muestra se seca al vacío, para hacer la determinación del porcentaje de cloro (% Cl), y posteriormente el porcentaje de injertación (F.I.).

II.2 DETERMINACIÓN DE LA RELACIÓN DE INJERTACIÓN :

Esta determinación la hacemos de la siguiente manera :

Por la bibliografía (5) sabemos que el hypalon que usamos tiene un porcentaje de 35 % en Cl, dato que comprobamos experimentalmente, como los describimos posteriormente.

El polímero A se injerta al hypalon sustituyendo el Cl del grupo clorosulfonilo con el polímero A quedando de la siguiente forma :



Quiere decir que entre mas polímero A se injerte en hypalon habrá menos porcentaje de cloro.

La determinación del porcentaje de Cl la llevamos a cabo utilizando la combinación de 2 métodos conocidos con pequeñas variaciones, que son: el ASTM E 442-74 y el método de Volhard [1]. (Ver Apéndice 1).

Primero determinamos el porcentaje de Cl del hypalon para tener ese valor experimental como base.

Para obtener la relación de injertación, iniciamos esa reacción con las condiciones mencionadas anteriormente en el procedimiento; tomamos muestras de 10 ml del copolímero en intervalos de tiempo iguales, digamos cada 10 ó 15 min., cada una de estas muestras de copolímero se someten a las pruebas de determinación del porcentaje de Cl.

Una vez obtenido el porcentaje de Cl en los diferentes intervalos de tiempo, procedemos a obtener el porcentaje de injertación (P.I.) mediante la siguiente fórmula:

$$P.I. = \frac{(\% Cl)_0}{\% Cl} - 1 \quad (1)$$

donde :

$(\% Cl)_0$ = porcentaje de cloro inicial:

$\% Cl$ = porcentaje de cloro experimental, en los diferentes intervalos de tiempo de reacción.

A continuación mostramos la deducción de esta fórmula :

"Relación entre el contenido de cloro y la razón de polímero injertado "

Definiendo :

$$P.I. = \frac{W(pol. A)}{W(hyp)} \quad (2)$$

$$y \quad \% \text{ Cl} = \frac{W(\text{Cl})}{W(\text{hyp}) + W(\text{pol. A})} \quad (3)$$

donde :

$W(\text{pol. A})$ = peso del polímero A.

$W(\text{hyp})$ = peso del hypalon.

$W(\text{Cl})$ = peso del cloro.

considerando estas expresiones por unidad de peso de hypalon es decir $W(\text{hyp}) = 1$, entonces tenemos :

$$P. I. = W(\text{pol. A}) \quad (4)$$

$$y \quad \% \text{ Cl} = \frac{W(\text{Cl})}{1 + W(\text{pol. A})} \quad (5)$$

substituyendo la ecuación (4) en la ecuación (5) nos queda la siguiente ecuación :

$$\% \text{ Cl} = \frac{W(\text{Cl})}{1 + (P. I.)} \quad (6)$$

despejamos la ecuación (6) para obtener : el porcentaje de injertación (P.I.) de la siguiente forma :

$$\% \text{ Cl} (1 + P. I.) = W(\text{Cl}) \quad (7)$$

De la manera descrita obtenemos valores para construir una curva de P.I. vs. tiempo.

II.3 DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE LAS PELÍCULAS :

II.3.1 Determinación de la absorción de agua en la película.

Procedimiento :

- 1) La muestra del copolímero la disolvemos en tolueno.
- 2) Hacemos tres películas. (Ver apéndice 2)
- 3) Las películas formadas las secamos al vacío y las pesamos.
- 4) Las películas las introducimos en diferentes recipientes con agua.
- 5) En un determinado intervalo de tiempo, sacamos las películas de los recipientes les quitamos el exceso de agua poniéndolos en contacto con papel filtro y las pesamos.

Estos intervalos de tiempo varían en minutos y después en días; para obtener el porcentaje en peso de agua absorbida ($\% W_{H_2O}$), tenemos la siguiente ecuación.

$$\% W_{H_2O} = \frac{(W_{mh}) - (W_{ms})}{(W_{ms})} * 100 \quad (10)$$

donde :

$\% W_{H_2O}$ = Porcentaje en peso de agua absorbida.

Wmh = Peso de la muestra húmeda en gramos.

Wms = Peso de la muestra seca en gramos.

De esta forma tenemos datos de porcentaje en peso de agua absorbida vs. tiempo.

II.3.2 Permeabilidad al vapor de agua :

Esta es una prueba importante, en la que en este caso la película está soportada sobre tela de algodón, esta determinación la llevamos a cabo siguiendo el procedimiento del manual : Productos de Poliuretano para el Revestimiento y Laminado de Textiles, publicado por la compañía alemana Bayer [2]. (Ver apéndice 3).

A esta prueba se sometieron los recubrimientos de PU, del copolímero, del hypalon y de la piel natural para poder hacer una comparación experimental de la permeabilidad al vapor de agua.

II.3.3 Espesor :

El instrumento utilizado para efectuar estas pruebas es el micrómetro. Hacemos medidas del espesor a la película del copolímero en varias zonas para así obtener un valor promedio.

II.3.4 Módulos : porcentaje de elongación, resistencia a la tensión, ruptura.

Estas pruebas las llevamos a cabo en el mismo aparato que es el tensómetro; las muestras de la película son recortadas según las especificaciones, como son 5 cm de largo por 3.5 cm de ancho.

Colocamos la muestra en los sujetadores del aparato el cual tiene un disco que va marcando el valor del módulo conforme se va estirando la película, estos módulos se miden al 100, 200, 300 % de la longitud de la muestra, en el momento de la ruptura de la muestra tomamos el último valor del módulo.

El porcentaje de elongación la obtenemos mediante la ecuación # 11

$$\% \text{ elong.} = \frac{l_r - l}{l} * 100 \quad (11)$$

donde :

l_r = longitud en centímetros de la muestra al momento de romperse.

l = longitud inicial de la muestra en centímetros.

II.3.5 Flexión :

Esta prueba la llevamos a cabo en un aparato llamado flexómetro, en el cual colocamos una muestra de la película soportada sobre tela de algodón.

Dejamos la muestra por unas 7 horas en el aparato, donde se flexiona la muestra en un período de 120 ciclos/min , al cabo de este tiempo analizamos la muestra de los puntos donde fué flexionada para ver si hubo ruptura ó si hubo separación entre la película y el soporte.

II.3.6 Resistencia a los disolventes :

La película formada debe tener resistencia a los disolventes mas comunes, esta prueba la efectuamos al aplicar algunas gotas de los disolventes por la cara del soporte, al secar mas o menos después de dos horas observamos si hubo separación entre la película y el soporte.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIONES

III.1 Reacción de Injertación :

El copolímero obtenido tiene un color blanco y es esponjoso. Una vez obtenido el injerto, como mencionamos en la parte experimental, tomamos muestras del copolímero a diferentes tiempos de reacción a temperatura constante, entonces hacemos determinaciones por duplicado del contenido de cloro, los datos que se muestran en las tablas III.1 (a) y III.2 (b) son un valor promedio del porcentaje de cloro.

Resultados Experimentales :

TABLA III.1 (a) Resultados de la prueba 1 a 50 C.

T (min)	% Cl
20	33.15
40	30.53
60	27.23
80	25.98
100	24.20

TABLA III.2 (b) Resultados de la prueba 2 a 40 C.

T (min)	% Cl
15	25.68
30	25.67
45	24.04
60	23.40
75	22.90

Con el porcentaje de cloro obtenido obtuvimos el porcentaje de inertación (F. I.) por medio de la ecuación (1).

III.1.1 Purificación del Producto :

Este paso no va a ser necesario puesto que después de purificado el producto determinamos el porcentaje de cloro y comparamos este valor con el porcentaje de cloro del producto no purificado y observamos que no hay una diferencia significativa entre los resultados.

III.2 Determinación de la relación de injertación :

En las tablas III.2 (a) y III.2 (b) mostramos los valores de P.I. obtenidos a partir de la ecuación (1). Como los valores de P.I. vs. t siguen los lineamientos de una parábola, entonces procedemos a ajustar estos puntos a una recta mediante la ecuación :

$$(P.I.)^2 = c T + c_1$$

los valores de $(P.I.)^2$ los mostramos en las tablas III.2 (a) y III.2 (b).

TABLA III.2 (a) Resultados de P.I. a 50 C

T (min)	P. I.	$(P. I.)^2$
20	4.97	24.70
40	13.98	195.44
60	27.77	771.17
80	33.94	1151.92
100	43.74	1913.18

Los resultados de $(P.I.)^2$ contra t están ilustrados en la fig. (3.1).

TABLA III.2 (b) Resultados de P.I. a 40 C

T (min)	P. I.	(P. I.) ²
15	35.56	1264.51
30	35.59	1266.65
45	42.37	1795.22
60	48.35	2337.72
75	51.91	2694.65

Los resultados de $(P.I.)^2$ contra t están ilustrados en la figura (3.2).

Interpretación y discusión de los resultados :

Sobre la cinética de injertación, podemos apreciar en las figuras 3.1 y 3.2, que los puntos siguen los lineamientos de una ecuación cuadrática de forma $(P.I.)^2 = c T + c_1$, a la cual los datos se ajustan satisfactoriamente, pues nos da una correlación = 0.9968 a la temperatura de 50 C y una correlación = 0.9955 a 40 C.

Ahora si comparamos nuestra ecuación $(P.I.)^2 = c T + c$, con la ecuación de orden n :

$$1 / C^{n-1} = kT + c \quad \text{que es equivalente a } 1/(P.I.)^2 = c T + c,$$

donde :

$$1/C^{n-1} = 1/(P.I.)^2 .$$

n = orden de la reacción.

n-1 = -2 , (despejando n obtenemos que n= -1).

k = c , es la pendiente.

t = tiempo en minutos.

c = c., es la intersección.

obtendríamos un orden de -1, en algunos trabajos reportados en la bibliografía interpretan un orden negativo diciendo que el producto es inhibidor de la propia reacción.

Observando las figuras 3.1 y 3.2 nos podemos dar cuenta que la recta a 50 C se aleja mucho del origen, no siendo el mismo caso para la recta a 40 C, probablemente influyó el que al empezar la reacción a la temperatura de 50 C, no colocamos los reactivos disueltos al mismo tiempo sino que primero disolvimos el hypalon con ayuda de agitación y temperatura y una vez disuelto agregamos el polímero A disuelto, entonces este alejamiento del origen pudo deberse al tiempo de acoplamiento y estabilización de temperaturas entre los reactivos y disolventes pues tuvo que pasar tiempo para que el polímero A alcanzara la temperatura deseada. En el caso de la reacción a los 40 C agregamos los reactivos disueltos al mismo tiempo, de este modo hubo acoplamiento desde un principio.

El mejor porcentaje de injertación que obtuvimos fué a los 40 C, siendo de 51.91 % a los 75 minutos.

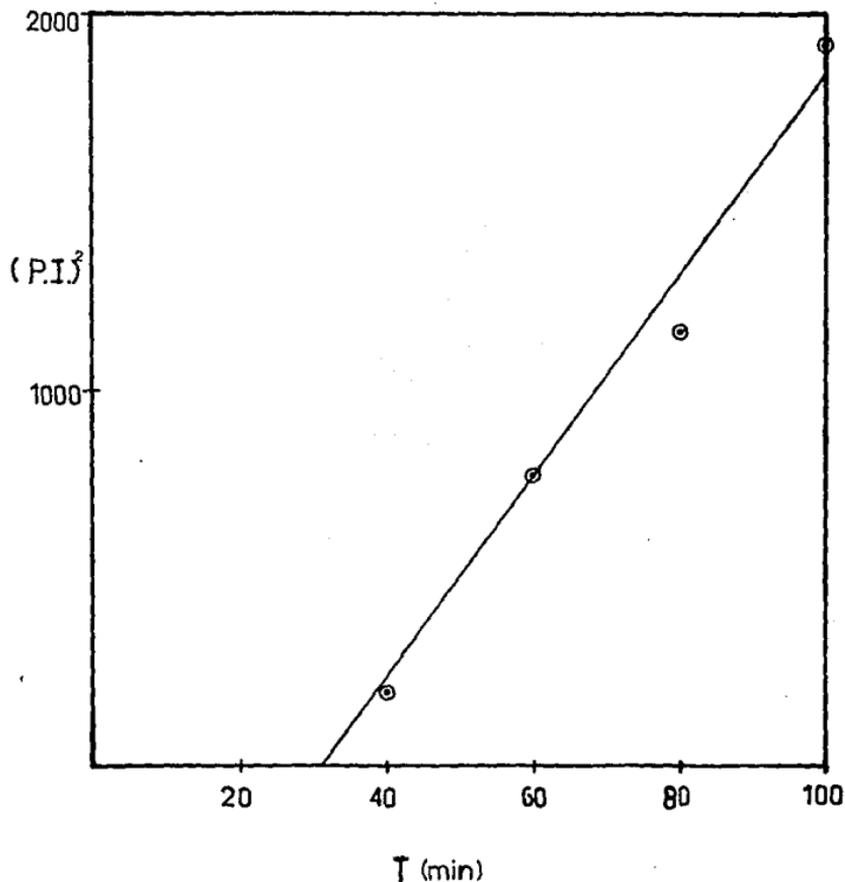


FIGURA # 3.1 : Reacción de injertación a 50 C.

(P.I.)² vs. t (minutos)

AJUSTE A UNA RECTA DEL PORCENTAJE DE INJERTACIÓN DEL COPOLÍMERO CONTRA TIEMPO MEDIANTE LA ECUACIÓN $(P.I.)^2 = c t + c_1$

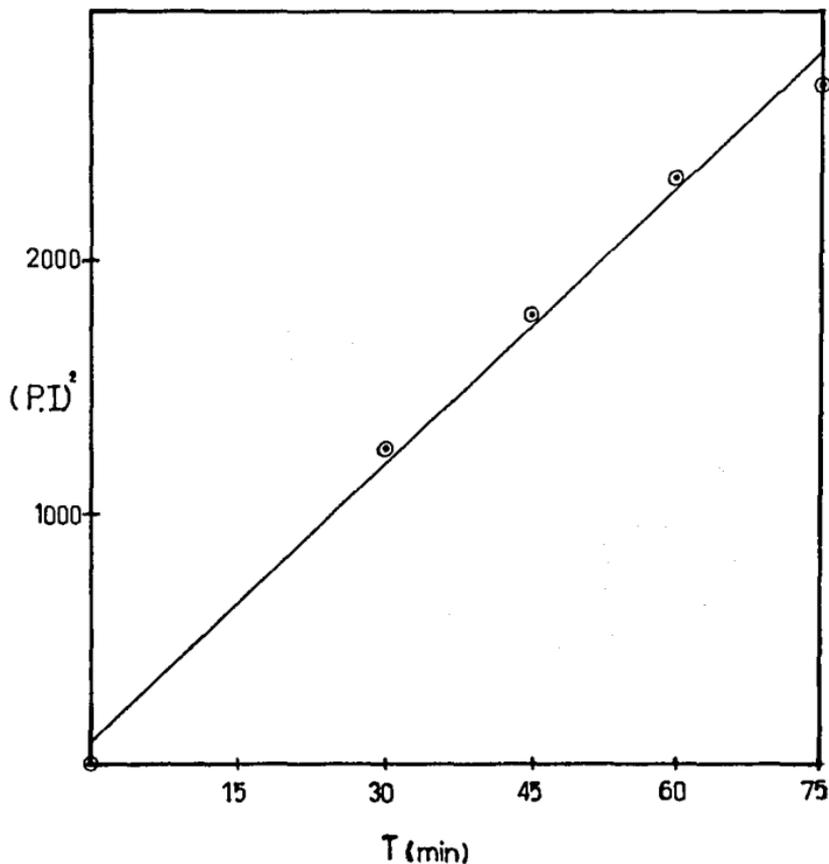


FIGURA # 3.2 : Reacción de injertación a 40 C .

(P.I.)² vs. t (minutos)

AJUSTE A UNA RECTA DEL PORCENTAJE DE INJERTACIÓN DEL COPOLÍMERO CONTRA EL TIEMPO MEDIANTE LA ECUACIÓN $(P.I.)^2 = c t + c_0$.

III.3 Determinación de las propiedades de las películas :

III.3.1 Absorción de agua en películas.

En la tabla III.3 (a) mostramos los datos promedio de la absorción de agua, los datos individuales los mostramos en el apéndice 4.

Los valores de los porcentajes en peso de agua los obtuvimos a partir de la ecuación (10).

Resultados Experimentales :

TABLA III.3 (a) Resultados de la absorción de agua en las películas

T (días)	% W H ₂ O
1	12.40
2	14.51
3	15.79
4	16.82
7	20.81
8	21.74
9	22.44

Los datos anteriores son ilustrados en la figura (3.3).

Interpretación y discusión de los resultados :

Para realizar este estudio, tomamos los pesos de las muestras de la película, primero cada diez minutos, después cada hora y por último cada día, entonces procedemos a obtener el porcentaje en peso de la absorción de agua mediante la ecuación (10). Estos datos los podemos observar en la figura 3.3 desde el punto cero de absorción hasta el primer día, la curva asciende rápidamente y después continúa con una pendiente uniforme. Con esos datos procedemos a obtener la cinética desde el primer día hasta el noveno; estos datos se ajustan a una ecuación de orden cero con una correlación de 0.999, una intersección de 11.72 y una pendiente de 1.25. Por la bibliografía (8) sabemos que la característica distintiva de una reacción de orden cero consiste en que el porcentaje de un producto aumenta linealmente con el tiempo.

Teniendo como ecuación de orden cero;

$$\% W (H_2O) = kt + c$$

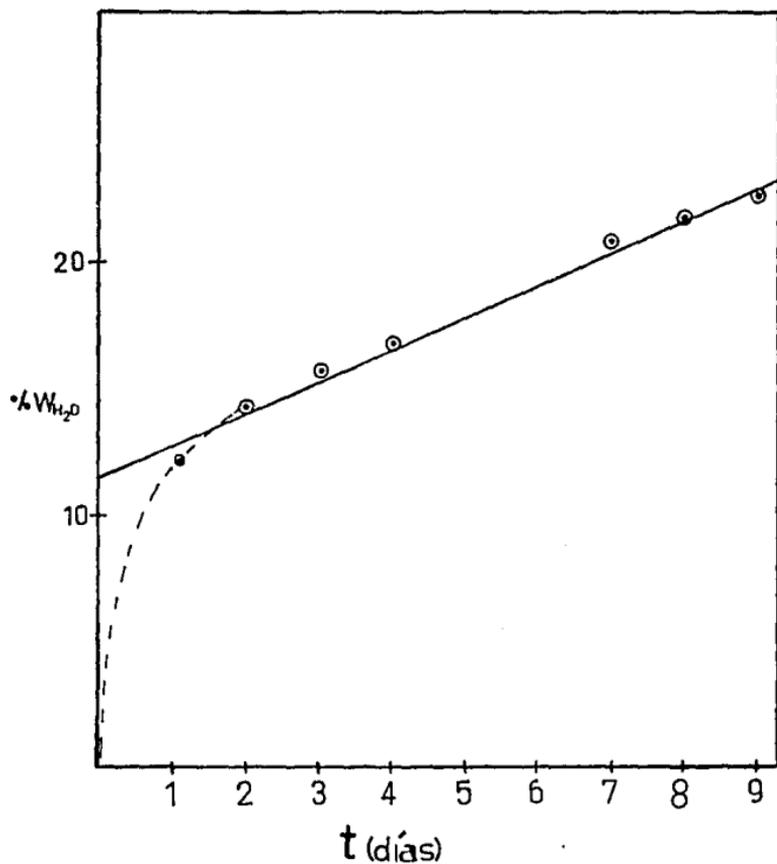


FIGURA # 3.3 : Absorción de agua en las películas.

% W (H_2O) vs. t (días)

(porcentaje en peso de agua)

III.3.2 Permeabilidad al vapor de agua :

Resultados experimentales :

TABLA III.3 (b) Resultados de la Permeabilidad al Vapor de Agua.

	P. V. A. (gr/24 h m ²)
Hypalon	51.79
Poliuretano	61.62
Injerto	99.76
Piel Natural	330.57-406.19

P. V. A. = Permeabilidad al vapor de agua.

Interpretación y discusión de resultados :

Según podemos apreciar en la tabla III.3 el valor de P.V.A del injerto es menor que el de la piel natural pero mayor que el del poliuretano en el orden de un 62 %. Debemos tomar en cuenta que este dato no representa un límite, ya que si aumentamos el porcentaje de injertación, aumentará también la permeabilidad al vapor de agua.

III.3.3 Espesor, tensión, elongación :

A continuación mostramos un valor promedio de las pruebas mencionadas. Los valores del porcentaje de elongación los obtuvimos a partir de la ecuación (11).

Resultados Experimentales :

Pruebas hechas a películas de una capa.

Espesor (E) = 0.005 cm

Area (A) = 0.023 cm²

TABLA III.3 (c) Resultados de los Módulos

Módulos al	Kg	Kg/cm ²
100 %	0.25	10
200 %	0.5	20
300 %	1.25	50
ruptura	3.5	140

Porcentaje de elongación = 400 %

Prueba hecha a una película de 2 capas :

Espesor (E) = 0.017 cm

Area (A) = 0.0825 cm²

TABLA III.3 (d) Resultados de los módulos

Módulos al	Kg	Kg/cm ²
100 %	1	24.26
200 %	1.37	16.64
300 %	2.37	28.68
ruptura	15.5	189.52

Porcentaje elongación = 474.28 %

Interpretación y discusión de resultados :

Teniendo mas o menos el mismo valor en el espesor, observamos que los valores de los módulos que reporta el injerto son bajos, pues el valor que se toma como base es el módulo al 100 %, con un valor mínimo permitido de 30 Kg/cm² el cual no se cumple en este caso, pero podemos mejorar estos resultados mediante un tratamiento de curado, ya que de esta manera aumenta la resistencia a la tensión en la película por el entrecruzamiento de cadenas.

Respecto al porcentaje de elongación los rangos permitidos van desde un 50-100 % hasta un 500 %, el cual cumple satisfactoriamente.

III.3.4 Resultados y discusión sobre la flexión :

Después de las siete horas de prueba, la muestra no presentó variación o alteración, entonces la película es aceptable.

III.3.5 Resultados y discusión sobre la resistencia a los disolventes :

Las pruebas fueron efectuadas con los siguientes disolventes: benceno, tolueno, cloroformo y acetona, en las que la película no sufrió daños o alteraciones. Quiere decir que la película presenta buenas propiedades en cuanto a la resistencia a los disolventes.

CAPÍTULO IV

FACTIBILIDAD DE LAS ADAPTACIONES AL PROCESO, DIAGRAMA DE FLUJO

IV.1 COMPARACIONES DE PROPIEDADES FÍSICAS CON LAS PELÍCULAS DE POLIURETANO.

Estas comparaciones fueron respecto a los módulos, tacto, flexión, etc.

Los datos de los módulos los mostramos en la tabla IV.

Tacto :

P U = duro (resbala).

Vinilo = suave (pegajoso).

Copolímero = entre suave y duro.

TABLA IV. Resultados de la comparación de los módulos

	P U	COPOLÍMERO	
		1 Capa	2 Capas
Espesor	0.004 cm	0.005 cm	0.017 cm
Módulo al 100 %	50 Kg/cm ²	10 Kg/cm ²	12 Kg/cm ²
Ruptura	275 Kg/cm ²	140 Kg/cm ²	189.52 Kg/cm ²
% elongación	471.4 %	400 %	474.285 %

Interpretación y discusión :

Una vez habiendo comparado los resultados, observamos que las deficiencias que presenta el injerto podemos mejorarlas; en el caso de la permeabilidad al vapor de agua aunque el injerto resultó mejor que el PU todavía queda abajo de un valor aceptable, que podría mejorar aumentando el tiempo de reacción de injertación.

Respecto a las propiedades físicas como la tensión y el tacto se podrían mejorar con un buen curado del injerto, esto dependería desde la formulación que sería la base para obtener buenos resultados.

Los métodos de curado empleados para el copolímero, fueron tomados de la bibliografía (6) referidas al hypalon, una vez curado el copolímero presenta mejoras en el tacto y la tensión sin alterar la propiedad de permeabilidad al vapor de agua.

Una gran ventaja de este copolímero es que además de utilizarse como recubrimiento superficial también se le da el uso de adhesivo, ya que si tuvieramos que utilizar otro material tendría el inconveniente de ser impermeable.

Teniendo la formulación requerida, el proceso de fabricación de la nueva piel sintética sería el mismo que se utiliza actualmente, solo se harían algunas adaptaciones, como las que mencionamos a continuación.

IV.2 ADAPTACIONES AL PROCESO EXISTENTE

Si utilizáramos el copolímero obtenido para la fabricación de piel sintética, seguiríamos el mismo procedimiento que usa actualmente la industria de la piel sintética, sólo se harían algunas variaciones al proceso existente. En la figura 4.1 ilustramos el diagrama de flujo actual con las adaptaciones sugeridas que van encerradas por líneas punteadas; como podemos observar, el departamento de formulación (1) además de mezclar la resina con las cargas, aditivos y pigmentos, se incluyen los agentes que posteriormente ayudarán a que se lleve a cabo el curado.

Una vez que aplicamos la película superficial sobre el papel de transferencia, pasa al horno secador (2), en esta parte se encuentran los extractores del disolvente, aquí es donde adaptaríamos rectificadores para la recuperación del disolvente, una vez seca esta película superficial aplicamos otro recubrimiento que va a servir de adhesivo, al cuál se adhiere por su cara superior el soporte textil pasando al horno de secado donde se vuelve a extraer el solvente, en el último horno de secado es donde se lleva a cabo el curado del recubrimiento, el tiempo de residencia del recubrimiento puede variar de 3 a 10 min, pues depende de la temperatura a la cuál se encuentre el horno, entonces estableciendo la temperatura de trabajo será el tiempo requerido para el curado, el que se regula disminuyendo o aumentando la velocidad de la banda transportadora (3).

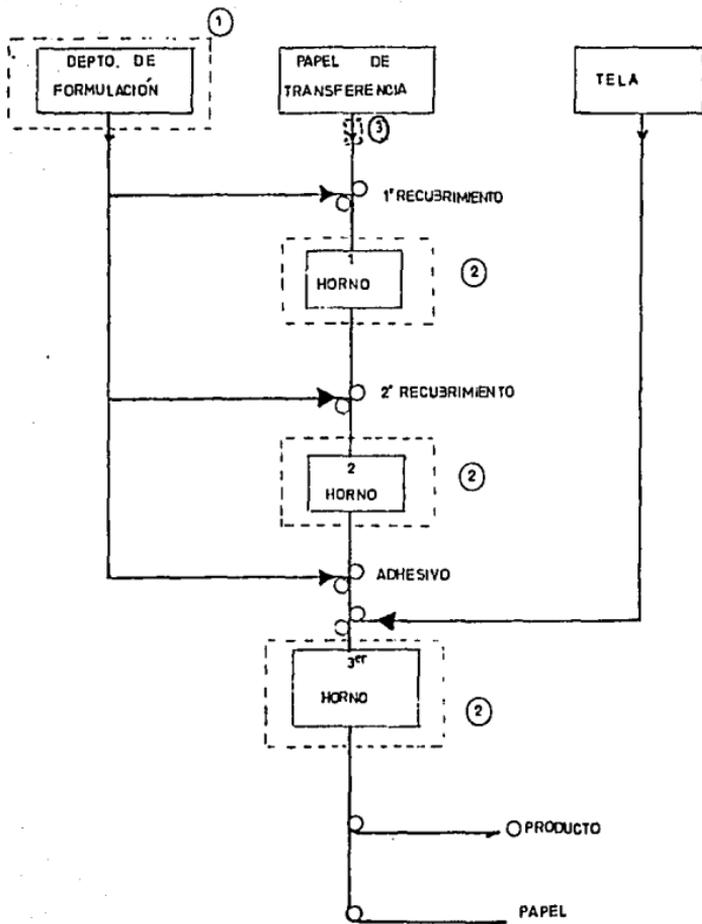


FIGURA # 4.1 Adaptación al proceso existente

Las partes rodeadas por las líneas punteadas, es donde deben ir las adaptaciones.

IV.3 BALANCE DE MATERIAL

Para tener una idea del flujo de material que entra y sale del sistema, debemos considerar un balance de materiales.

La ecuación general es :

$$\text{Acumulación} = \text{entradas} - \text{salidas} + \text{generación} - \text{consumo} \quad (12)$$

como no hay reacciones químicas dentro del sistema nos queda :

$$\text{Acumulación} = \text{entradas} - \text{salidas} \quad (13)$$

y como no hay acumulación dentro del sistema tenemos :

$$\text{entradas} = \text{salidas} \quad (14)$$

Para poder efectuar el balance de materia, tomamos algunos datos de las condiciones a las cuales trabajan las industrias de pieles sintéticas, como son los flujos de aire y márgenes de seguridad, puesto que nuestro proceso de fabricación es similar.

Balance de material en el primer Horno

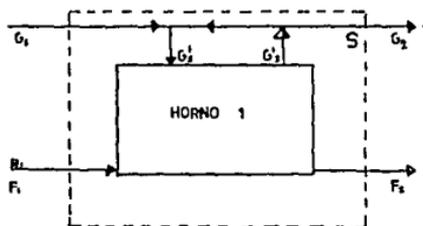


Figura 4.2 Entradas y salidas de material en el primer horno.

Definiendo:

Disolvente del copolímero (hypalon-polímero A) : benceno.

v = velocidad del producto en metros/minuto.

C = concentración de la resina, en porcentaje en peso.

G_1 = flujo volumétrico del gas de entrada en metros³/minuto.

R_1 = cantidad recubierta de disolución del copolímero en Kg/m.

F_1 = flujo de la disolución en Kg/min.

F_2 = cantidad de materia no volátil que sale del horno Kg/min.

S = cantidad de vapor de disolvente que sale del sistema Kg/min.

G_1 = flujo de aire fresco en metros cubicos/minuto.

G_2 = flujo de gas a la atmósfera en metros cubicos/minuto.

G_2' = flujo de salida del horno en metros cubicos/minuto.

t = tiempo en minutos.

f = flujo mínimo de aire hacia dentro del sistema S.

\overline{PM} = peso molecular promedio.

PM_1 = peso molecular del aire.

PM_2 = peso molecular del benceno.

PM_3 = peso molecular del tolueno.

X_1 = fracción molar del aire.
 X_2 = fracción molar del benceno.
 X_3 = fracción molar del tolueno.
 W_i = flujo másico en Kg/ min.

Datos :

v = 9 m/min.
 C = 10 % en peso.
 G_1 = 200 m³/min.
 R_1 = 0.210 Kg/m.

Cálculos :

$$F_1 = (R_1) (v) \quad (15)$$

$$F_1 = (0.210 \text{ Kg/m}) (9 \text{ m/min})$$

$$F_1 = 1.89 \text{ Kg/min.}$$

$$F_2 = (F_1) (C) \quad (16)$$

$$F_2 = (1.89 \text{ Kg/min}) (0.10)$$

$$F_2 = 0.189 \text{ Kg/min.}$$

Los flujos de aire se determinan teniendo en cuenta la concentración máxima permisible de disolvente dentro del horno; es decir, el punto en el que la mezcla aire- disolvente es explosiva con la presencia de una chispa.

El punto de inflamación, es aquél en que el contacto de una llama en un solo punto basta para provocar una inflamación que se va propagando poco a poco a toda la masa, pudiendo llegar a ser explosiva.

Si la proporción de gas o de aire en la mezcla es pequeña, la inflamación no se propaga.

A continuación mostramos los valores correspondientes a los disolventes utilizados :

Disolvente	PM	Punto de ignición C	Presión atm	Concentración gr solv/gr aire
tolueno	92	4	0.011	0.035
benceno	78	-11	0.021	0.059

El copolímero utilizado como recubrimiento se disuelve en benceno, utilizando su concentración máxima permisible y considerando un 20 % en peso de aire fresco en exceso como margen de seguridad.

Con estos datos calculamos los flujos de gas:

S = cantidad de vapor de disolvente que sale del sistema.

$$S = F_1 - F_2 \quad (17)$$

$$S = 1.89 \text{ Kg/min} - 0.189 \text{ Kg/min.}$$

$$S = 1.701 \text{ Kg de disolvente / min.}$$

concentración máxima permisible de disolvente = 0.059 Kg disol./Kg aire.

flujo mínimo de aire hacia dentro del sistema S

$$f = \frac{1.70 \text{ Kg disolv./min.}}{0.059 \text{ Kg disolv./ Kg aire}} \quad (18)$$

$$f = \frac{28.81 \text{ Kg aire/ min}}{\text{-----}}$$

considerando el margen de seguridad igual a 20 % obtenemos G_1

$$G_1 = (1.2) (28.81 \text{ Kg aire/min}). \quad (19)$$

$$G_1 = \frac{34.57 \text{ Kg aire/min.}}{\text{-----}}$$

calculando G

$$G_2 = \text{Kg disolv/t} + \text{Kg aire/t} . \quad (20)$$

$$G_2 = 1.7 \text{ Kg disolv/min} + 34.57 \text{ Kg aire/min} .$$

$$G_2 = \frac{36.27 \text{ Kg gas /min.}}{\text{-----}}$$

G_1 está determinado por la capacidad de los ventiladores de recirculación dentro del horno y es de $200 \text{ m}^3/\text{min}$.

La temperatura promedio del aire dentro del horno es de 100 C .

El peso molecular promedio de la mezcla es :

$$\overline{PM} = X_1 PM_1 + X_2 PM_2 \quad (21)$$

donde :

PM_1 = peso molecular del aire.

PM_2 = peso molecular del benceno.

X_1 = fracción molar del aire.

X_2 = fracción molar del benceno.

$$\overline{PM} = \frac{34.57 (29)}{36.27} + \frac{1.7 (78)}{36.27}$$

$$\overline{PM} = 31.29 \text{ Kg/Kgmol}$$

$$\text{como } PV = (W_1/PM) RT \quad (22)$$

despejando W tenemos :

$$W_1' = \frac{PV PM}{RT} = \frac{(1 \text{ atm}) (200 \text{ m}^3/\text{min}) (31.29 \text{ Kg/Kgmol})}{(0.082 \text{ m}^3\text{atm/Kgmol K}) (373 \text{ K})} \quad (23)$$

$$\underline{W_1' = 204.6 \text{ Kg/min}}$$

que viene siendo G_1 expresado en flujo másico.

El balance del segundo horno es igual al primero.

Balance de material en el tercer horno

En este horno es donde se evapora el disolvente del adhesivo. El adhesivo se disuelve en una mezcla de benceno/tolueno.

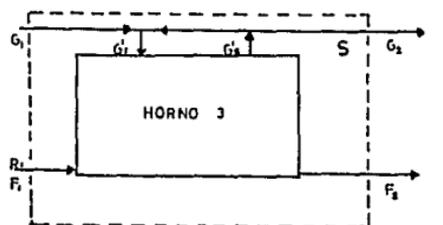


Figura 4.3 Entrada y salida de material en el tercer horno.

Datos :

$$v = 9 \text{ m/min.}$$

$$C = 20 \% \text{ en peso.}$$

$$R_1 = 0.25 \text{ Kg/m.}$$

$$G_1' = 200 \text{ m}^3/\text{min.}$$

Cálculos :

$$F_1 = (R_1) (v)$$

$$F_1 = (0.25 \text{ Kg/m}) (9 \text{ m/min})$$

$$F_1 = 2.25 \text{ Kg/min}$$

$$F_2 = (F_1) (C)$$

$$F_2 = (2.25 \text{ Kg/min}) (0.20)$$

$$F_2 = 0.45 \text{ Kg/min}$$

cantidad de vapor de disolvente que sale del horno

$$F_1 - F_2 = 2.25 \text{ Kg/min} - 0.45 \text{ Kg/min}$$

$$\underline{F_1 - F_2 = 1.8 \text{ Kg/min.}}$$

concentración máxima permisible de los disolventes:

benceno 0.059 gr disolv/gr aire

tolueno 0.035 gr disolv/gr aire

la relación de los disolventes es de 1:1, entonces la concentración del tolueno debe cuidarse para evitar que sobrepase el nivel de seguridad.

Flujo mínimo de aire hacia el sistema S :

$$f = \frac{(1.8 \text{ Kg disolv/min}) / (2 \text{ Kg disolv/Kg tolueno})}{0.035 \text{ Kg tolueno/Kg aire}} = \frac{25.71 \text{ Kg aire}}{\text{min}}$$

considerando el margen de seguridad igual a 20 %

$$G_1 = (1.2) (25.71 \text{ Kg aire/min})$$

$$\underline{G_1 = 30.85 \text{ Kg aire/min.}}$$

$$G_2 = \frac{\text{Kg disolv.}}{t} + \frac{\text{Kg aire}}{t}$$

$$G_2 = 1.8 \text{ Kg disolv/min} + 30.85 \text{ Kg/min}$$

$$\underline{G_2 = 32.65 \text{ Kg/min}}$$

G_1 está determinado por la capacidad de los ventiladores en la distribución del aire y es igual $200 \text{ m}^3/\text{min}$.

La temperatura promedio dentro del horno es 125 C.

$$\overline{PM} = X_1 PM_1 + X_2 PM_2 + X_3 PM_3$$

$$\overline{PM} = \frac{30.85 (29)}{36.25} + \frac{1.8/2 (78)}{36.25} + \frac{1.8/2 (92)}{36.25}$$

$$\overline{PM} = 28.90 \text{ Kg/Kgmol}$$

de la misma forma tenemos :

$$W_i = G' = \frac{P V \overline{PM}}{R T} = \frac{(1 \text{ atm}) (200 \text{ m}^3/\text{min}) (28.90 \text{ Kg/Kgmol})}{(0.082 \text{ m}^3 \text{ atm/Kgmol K}) * (398 \text{ K})}$$

$$W_i = 177.10 \text{ Kg/min}$$

$$\text{El reflujo } R_f = G_1 / G_i \quad (24)$$

$$R_f = \frac{30.85 \text{ Kg/min}}{177.10 \text{ Kg/min}} = 0.1742$$

RESUMEN

La modificación del hypalon para su posible utilización en pieles sintéticas, es una buena opción para mejorar la permeabilidad al vapor de agua, haciéndolo reaccionar con el polímero A (funcionalizado) que tiene la particularidad de ser hidrofílico.

El rango de temperaturas en la que llevamos a cabo la reacción es entre 40 y 60 C, evitando que sobrepase el valor de ésta última para evitar la gelación de las materias primas.

Otra variable es el tiempo de reacción pues de éste depende el valor del porcentaje de injertación, que entre mas alto sea, presentará mejor permeabilidad al vapor de agua (P.V.A.) que es el objetivo principal de este trabajo.

Una vez hechas las películas, otro factor a controlar es el curado pues de éste dependerá la obtención de las propiedades físicas requeridas; como son la tensión, porcentaje de elongación y tacto, para así hacerlo lo más parecido a una piel natural.

En el caso de la absorción de agua en películas hicimos dos tipos de pruebas. En la primera solo la película del injerto se pone en contacto con agua y observamos cuanta agua absorbe en determinado tiempo.

La segunda la hicimos con la película soportada sobre tela de algodón que es como se usaría ordinariamente en la piel sintética, haciendo la prueba de P.V.A. que es muy importante, pues además de las otras propiedades que debe presentar, de esta prueba depende el resultado final para saber si se puede emplear como piel sintética.

Como resultado obtuvimos un valor de P.V.A. del copolímero = 99.76, que es un valor mayor que el poliuretano en un orden del 62 %.

Todas las pruebas efectuadas como la reacción de injertación, la formación de películas, y el curado, las hicimos en el laboratorio. La aplicación de este copolímero en gran escala industrial seguiría el proceso que actualmente se usa en la industria de pieles sintéticas aunque con algunas variaciones como lo son la recuperación de disolvente y la introducción de los agentes de curado en la formulación.

CONCLUSIONES

La realización de este trabajo, nos dá un clara visión de las mejoras que pueden hacerse a productos ya existentes.

Según podemos apreciar en los resultados obtenidos, deducimos que el injerto formado sí nos puede dar la propiedad deseada que es principalmente la permeabilidad al vapor de agua.

La reacción de injertación debe tener un tiempo mínimo de reacción de 3 horas, y la temperatura no debe pasar de los 60 C para evitar la gelación.

No debemos olvidar la agitación, pues es importante para llevar a cabo la copolimerización, pues de ésta depende el grado de injertación que directamente favorece en un buen resultado en la P. V. A.

Otro factor muy importante es el curado de la película, puesto que de éste dependen las propiedades físicas que vienen a repercutir en el producto terminado.

Con las adaptaciones hechas al proceso ya establecido, tenemos la ventaja de recuperar el disolvente. Por una parte evitaríamos la contaminación del ambiente y por otra desde el punto de vista económico reutilizaríamos el disolvente.

Refiriéndonos al costo de las materias primas, el precio del hypalon se reduce por lo menos en un 30 % al modificarlo con el polímero A, esto quiere decir que este producto no sobrepasa el costo de la actual piel sintética.

APÉNDICES

APÉNDICE 1

METODO PARA LA DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE CLORO [1]:

[1] ASTM E 442-74 y Método de Volhard.

- Pesar 0.1 gr de muestra y se coloca cuidadosamente en un papel filtro.
- Añadir 10 ml de agua en 2 ml de KOH 2 N mas 3 gotas de una solución de peróxido de hidrógeno al 30 % a un frasco de 500 ml.
- Nivelar el frasco de combustión con el flujo de O_2 por 1 min.
- Iniciar la combustión.
- Después de llevada a cabo la combustión, enfriar por 1 min. en un baño de hielo.
- Pasar el contenido del frasco de combustión a uno de 250 ml que es resguardado de la luz.
- Añadir 2 ml de HNO_3 (1:1) y completar agregando 6 veces en porciones de 15 ml de etanol al frasco de combustión y después combinarlo con el frasco de 250 ml.
- Añadir a la muestra 10 ml de HNO_3 6 M exento de cloruro y recién hervido.
- Con una bureta añadir una disolución patrón de $AgNO_3$ hasta que haya en la mezcla un exceso. Cerca del punto de equivalencia coagulará el precipitado.
- Cuando esto ocurra agitar bien, dejar sedimentar el precipitado y añadir un poco mas de $AgNO_3$ al líquido sobrenadante.
- Añadir entonces unos 2 ml de nitrobencono, tapan el matraz y agitar enérgicamente.

- Añadir 5 ml del indicador alumbre férrico y valorar el exceso de ion plata con una disolución patrón de tiocianato potásico.
- Cuando aparece en la disolución la primera tonalidad rosa, agitar y dejar sedimentar el precipitado.
- Si desaparece el color, agregar mas tiocianato hasta que aparezca el color rosa.

CALCULOS :

$$V = V_{\text{AgNO}_3(t)} - V_{\text{Tio}} - V_{\text{Blanco}} \quad (25)$$

$$\% \text{ Cl} = (V * N * 3.545) / W \quad (26)$$

donde :

V = mililitros de nitrato de plata utilizados en la titulación por retroceso.

N = normalidad exacta de la solución de nitrato de plata.

W = gramos de la muestra.

V_{Tio} = volumen de tiocianato en mililitros.

V_{AgNO₃(t)} = volumen total en mililitros de nitrato de plata.

APÉNDICE 2

Procedimiento para la formación de películas :

- La muestra la disolvemos en cloroformo.
- Una vez disuelta la depositamos sobre una capa de mercurio, donde la solución se extiende.
- Dejamos evaporar el disolvente.
- Se forma entonces una película uniforme sobre el mercurio.
- Retiramos con cuidado y la película se seca a vacío.

APÉNDICE 3

PERMEABILIDAD AL VAPOR DE AGUA [2]

[2] Producto de PU para el revestimiento y laminado de textiles, publicado por la compañía alemana Bayer.

- A un recipiente agregar aproximadamente 5 gr de cloruro de calcio.
- Cortar una muestra del material a analizar del tamaño del diámetro de la tapa del recipiente. Fijar la muestra firmemente en la tapa con el anillo sellador.
- El equipo con la muestra, colocarla en una atmósfera controlada de 23 C y 95 % de humedad relativa, por dos horas.
- Separar la muestra y pesarla.
- Colocar de nuevo la muestra en la misma forma que antes, y dejarla en la misma atmósfera por 16 h.
- Separar y pesar la muestra nuevamente.

La permeabilidad al vapor de agua la calculamos, por medio de la siguiente ecuación :

$$P.V.A. = \frac{(W' - W) * (24)}{(t) (A)} \quad (27)$$

donde :

P.V.A = Permeabilidad al vapor de agua en gramos/24 horas metros cuadrados (gr/24 h m²).

A = Area de la muestra en metros cuadrados.

W = Peso en gramos de la muestra después de 2 horas.

W' = Peso en gramos de la muestra después de 16 horas.

t = Tiempo que la muestra estuvo en la atmósfera controlada.

APÉNDICE 4

DATOS DE LAS MUESTRAS 1, 2 Y 3 SOBRE EL PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA
POR LAS PELÍCULAS

	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
	$W_s = 0.1892$	$W_s = 0.2063$	$W_s = 0.1903$
T (días)	% W (H_2O)	% W (H_2O)	% W (H_2O)
0	3.96	3.88	3.78
0.21	9.62	7.85	8.67
1	13.37	11.68	12.14
2	15.22	13.48	14.82
3	16.54	15.12	15.71
4	17.65	16.00	16.82
7	21.56	20.94	19.92
8	22.25	22.10	20.86
9	23.83	22.15	22.33

donde :

W_s = peso de la muestra seca en gr.

Tomando los datos desde el primer día hasta el noveno, tenemos que estos datos se ajustan a una ecuación de orden cero. Teniendo :

	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
correlación	0.99	1	1
intersección	12.68	10.31	12.60
pendiente	1.19	1.49	1.06

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA

- 1) Fred W. Billmeyer, Jr.
Textbook of Polymer Science
John Wiley & Sons, Inc.
2 edición, 1971.

- 2) Miguel Uribe Velasco, Pierre Y. Mehrenberger.
Los Polímeros Síntesis y Caracterización
Limusa, S.A., 1980.

- 3) Ferdinand Rodríguez
Principios de Sistemas de Polímeros
Editorial El Manual Moderno, S.A. de C.V., 1984.

- 4) Dr. Hans-Joachim Koch.
The Structure and Properties of Polyurethane textile Coatings
Farbenfabriken Bayer.
Leverkusen, D.R. 1975.

- 5) D. C. Thompson
Artículos moldeados industriales.
E. I. DuPont de Nemours & Co (Inc)
Elastomer Chemicals Department, 1975.

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

- 6) Maurice Morton
Rubber Technology
Van Nostrand Reinhold Company, 1973.

- 7) W. J. S. Naunton.
Ciencia y Tecnología del Caucho.
Compania Editorial Continental, S.A., 1967.

- 8) Samuel H. Maron y Carl F. Prutton.
Fundamentos de Fisicoquímica.
Limusa, 1980.

- 9) Dr. G. Louis.
Recubrimiento y Pegado por Capas de textiles empleando plasticos
Textil Praxis, # 11 , págs. 759-765, 1968.

- 10) J.M. Smith.
Ingeniería de la Cinética Química.
C.E.C.S.A. , 1982.

- 11) John H. Perry.
Manual del Ingeniero Químico.
Mc Graw-Hill, 1976.