

Nº 4  
2 EJ



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO**

**FACULTAD DE QUIMICA**

**ASPECTOS ECONOMICOS DEL PVC Y SU  
FORMULACION PARA TELAS PLASTICAS**

**TRABAJO MONOGRAFICO DE ACTUALIZACION**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO QUIMICO  
P R E S E N T A :  
ALBERTO ALVARADO ANZALDO**



**1992**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

UNAM



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

## INDICE GENERAL

página

INTRODUCCION.....	1
-------------------	---

### CAPITULO 1

#### ASPECTOS ECONOMICOS DE LA INDUSTRIA DE LOS POLIMEROS

1.1.-Los polimeros a nivel mundial.....	4
1.1.1.-Capacidad instalada.....	4
1.1.2.-Consumo.....	5
1.1.3.-Crecimiento del consumo.....	7
1.2.-Los polimeros en México.....	8
1.2.1.-Panorama de los plásticos en México.....	8
1.2.2.-Capacidad instalada y producción.....	9
1.2.3.-Importaciones y exportaciones.....	11
1.2.4.-Consumo aparente.....	13
1.2.5.-Crecimiento y tendencia del consumo.....	14

### CAPITULO 2

#### IMPORTANCIA ECONOMICA DEL PVC

2.1.-Panorama mundial de la resina de PVC.....	16
2.1.1.-Capacidad instalada.....	16
2.1.2.-Principales productores.....	16
2.1.3.-Consumo.....	19
2.1.4.-Participación y tendencia por aplicación.....	20
2.1.5.-Proyectos y perspectivas.....	21
2.2.-Situación de la resina de PVC en México.....	22
2.2.1.-Capacidad instalada y producción.....	22
2.2.2.-Importaciones y exportaciones.....	23
2.2.3.-Consumo aparente.....	23
2.2.4.-Participación y tendencia por aplicación.....	24
2.2.5.-Proyectos y perspectivas.....	25

### CAPITULO 3

#### CARACTERISTICAS Y FUNCIONAMIENTO DE LOS COMPUESTOS USADOS EN LA FORMULACION DEL PVC PARA LAS TELAS PLASTICAS

3.1.-Monómero Cloruro de Vinilo.....	26
3.2.-Resinas del PVC.....	27

3.2.1.-Resina por el proceso en suspensión y masa.....	27
3.2.2.-Resina por el proceso en emulsión.....	28
3.3.-Propiedades del PVC rígido.....	29
3.4.-Estabilizadores térmicos.....	31
3.4.1.-Principales estabilizadores usados en el PVC.....	31
3.4.2.-Propiedades del estabilizador Bario-Cadmio.....	32
3.5.-Absorbentes de Luz Ultravioleta.....	35
3.6.-Modificadores al impacto.....	35
3.6.1.-Principales modificadores al impacto para el PVC.....	35
3.7.-Solventes para el PVC.....	36
3.7.1.-El copolímero cloruro-acetato de vinilo.....	39
3.8.-Plastificantes.....	40
3.8.1.-Propiedades del ftalato de di-2-etilhexilo (DOP).....	41
3.9.-Agentes para espumar.....	43
3.9.1.-Propiedades de la Azodicarbonamida.....	44
3.9.2.-Clasificación de las espumas.....	46
3.10.-Rellenos.....	47
3.10.1.-Propiedades del Carbonato de Calcio.....	48
3.11.-Materiales para dar color.....	49
3.11.1.-Colorantes.....	49
3.11.2.-Pigmentos.....	50
3.11.3.-Pigmentos compatibles con el PVC.....	52
3.12.-Lubricantes.....	54
3.12.1.-Clasificación de los lubricantes.....	54

#### CAPITULO 4

##### FABRICACION DE LAS TELAS PLASTICAS A BASE DE PVC

4.1.-Construcción Pelicula-Tela de refuerzo.....	56
4.1.1.-Mezcla para formar la película de PVC.....	57
4.1.2.-Proceso de calandreado.....	58
4.1.3.-Proceso de laminación y grabado.....	60
4.2.-Construcción Pelicula-Espuma-Tela de refuerzo.....	62
4.2.1.-Preparación del plastisol superficie.....	63
4.2.2.-Preparación del plastisol espuma.....	64
4.2.3.-Máquina recubridora.....	65
4.2.4.-Proceso para grabar.....	67
4.3.-Proceso para imprimir y barnizar.....	68

4.3.1.-Preparación de la tinta de impresión.....	68
4.3.2.-Preparación del barniz.....	70
4.3.3.-Máquina para imprimir y barnizar.....	71
4.4.-Ejemplos de otros tipos de construcción.....	74
4.5.-Datos Económicos de las telas plásticas en México.....	74
4.5.1.-Producción.....	74
4.5.2.-Importaciones y exportaciones.....	75

## **CAPITULO 5**

### **ELIMINACION Y RECICLADO DE LOS DESPERDICIOS PLASTICOS**

5.1.-Análisis de los desperdicios sólidos.....	77
5.2.-Eliminación de los desperdicios sólidos.....	78
5.2.1.-Tiradero a cielo abierto.....	78
5.2.2.-Relleno sanitario.....	79
5.3.-Recuperación de Energia y Productos Químicos.....	80
5.3.1.-Incineración.....	80
5.3.2.-Pirólisis.....	82
5.3.3.-Despolimerización y Conversión Química.....	84
5.4.-Recuperación de los plásticos.....	84
5.4.1.-Código para el reciclado de plásticos.....	85
5.4.2.-Métodos para recuperar plásticos.....	86
5.5.-Reciclado de los plásticos recuperados.....	87
5.5.1.-Reciclado por Coextrusión.....	87
5.5.2.-Reciclado por Extrusión.....	88
5.6.-Reciclado de las telas plásticas.....	89

<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>91</b>
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>96</b>

## **APENDICE 1**

### **CLASIFICACION DE LOS POLIMEROS**

1.1.-Clasificación de acuerdo a su estructura química.....	99
1.2.-Clasificación de acuerdo a su consumo.....	100

## **APENDICE 2**

### **PROCESOS PARA OBTENER LAS RESINAS DE PVC**

2.1.-Polimerización en suspensión.....	102
--	-----

2.2.-Polimerización en emulsión.....	103
2.3.-Polimerización en masa.....	103

### **APENDICE 3**

#### **FIBRAS Y TELAS TEXTILES**

3.1.-Fibras.....	104
3.2.-Clasificación de las fibras.....	104
3.3.-Resistencia a la tensión de las fibras.....	106
3.4.-Telas tejidas.....	108

### **APENDICE 4**

#### **IMPORTACIONES DE MAQUINARIA Y EQUIPO PARA LA TRANSFORMACION DE LAS RESINAS SINTETICAS EN MEXICO**

4.1.-Importaciones de maquinaria.....	110
4.2.-Importaciones de equipo complementario.....	111

## INTRODUCCION

A nivel mundial actualmente existen más de 50 clases distintas de polímeros que ofrecen una gran variedad de propiedades físicas. Los polímeros pueden sustituir a la madera, el vidrio, los metales, el concreto, el papel y el cuero o piel de los animales. Actualmente se realizan enormes expansiones y nuevos proyectos enfocados a incrementar la capacidad para producir y transformar los polímeros.

A nivel nacional las aplicaciones y demanda de los plásticos crece año con año como resultado de los avances y tendencias tecnológicas a nivel mundial, las exigencias internas de calidad, la competencia de productos importados y la necesidad de exportar manufacturas con mayor valor agregado. La firma del Tratado de Libre Comercio traerá como consecuencia el establecimiento de una política para exportar manufacturas, lo cual incrementará el potencial de crecimiento en el consumo de resinas y su transformación.

La industria manufacturera de artículos de plástico en México se encuentra formada por empresas altamente desarrolladas junto a empresas medianas, pequeñas y en su mayoría microindustrias. Estas últimas deben realizar en el corto plazo un enorme esfuerzo para preparar una sólida plataforma que soporte las amenazas, ya presentes en la actualidad, desde el punto de vista comercial. El sector transformador de plásticos ha destinado tradicionalmente su planta productiva a la elaboración de manufacturas de elevado volumen y con gran competencia en el mercado, dejando a una minoría de empresas la oportunidad de incursionar en productos de alta rentabilidad y bajos volúmenes, además este sector hasta el momento actual no ha participado en forma importante dentro del rubro exportación, considerándose como una oportunidad vigente aún no explotada.

En México el sector que produce y transforma las resinas ha mostrado en la última década un crecimiento constante, por lo que se estima que junto con la electrónica, la biotecnología y otras tecnologías avanzadas, serán factores importantes en el desarrollo industrial del país.

El Poli(cloruro de vinilo) o PVC es la resina más versátil, es el único material que puede ser moldeado por 12 procesos diferentes de transformación y que se puede formular con 22 diferentes aditivos para dar lugar a una gran diversidad de productos. El PVC representa el primer lugar en capacidad instalada a nivel mundial. Esta capacidad es prácticamente insuficiente para abastecer el mercado durante los próximos dos años por lo cual se realizan proyectos de expansión y construcción en diversas partes del mundo principalmente en Estados Unidos, Japón y Medio Oriente.

A nivel mundial, a pesar de los múltiples ataques que ha recibido el PVC, continuará utilizándose, principalmente en el sector de la construcción y empaque. El mayor consumidor en el mundo de la resina de PVC es Estados Unidos, donde las aplicaciones con crecimiento y participación importante son la película rígida y flexible, el recubrimiento de metal y las telas recubiertas o telas plásticas.

En México la producción de resina de PVC en los últimos 6 años, ha tenido un crecimiento inestable, canalizando excedentes a la exportación y en algunos casos aumentando inventarios.

A partir de la apertura comercial y las diversas fases del Pacto de Solidaridad Económica, la industria nacional, productora de la resina de PVC ha reorientado sus estrategias manejando precios acordes a la realidad internacional, y estableciendo políticas de apoyo a empresas transformadoras que destinan parte de su producción a la exportación.

En México las aplicaciones que muestran un crecimiento importante son los productos destinados al sector de la construcción, el empaque y las prendas de vestir, como son la tubería para construcción, el ducto eléctrico, el recubrimiento de alambre y cable, el envase y la tapicería automotriz y mueblera.

Uno de los principales usos del PVC es la llamada tela recubierta o tela plástica. Este material se utiliza en prendas de vestir, vestiduras de autos, pisos, recubrimientos para paredes, cortinas para baño, manteles, calzado, bolsas, artículos domésticos, etc.. Para lograr las propiedades que requieren las diferentes telas plásticas, es necesario que la resina de PVC se mezcle con aditivos, tales como estabilizadores al calor, modificadores al impacto, solventes, plastificantes, retardadores a la flama, agentes para



espumar, rellenos, pigmentos, lubricantes, etc. antes de ser procesado. La selección de aditivos y su dosis dependen de cada aplicación. El formulador se basa fundamentalmente en sus propios conocimientos y experiencia para proponer una formulación inicial. Así mismo debe tomarse en consideración el equipo de mezclado y de procesamiento a fin de cumplir con las especificaciones del producto final.

Las telas plásticas, a diferencia de otros productos plásticos, tienen ciclos de vida útil muy largos y presentan la posibilidad de ser reciclados.

Este trabajo tiene por objetivo el estudio de la importancia económica del Poli(cloruro de vinilo) o PVC y la tendencia de sus aplicaciones a nivel mundial y nacional, en especial del mercado de las telas recubiertas o también llamadas telas plásticas.

La estructura del trabajo es la siguiente:

Introducción. Se establecen los objetivos e importancia del trabajo, así como un breve resumen de cada capítulo.

Capítulo 1. Incluye información económica general sobre la industria de los polímeros a nivel internacional y nacional.

Capítulo 2. Presenta el panorama económico mundial y nacional del PVC y sus principales productos. Destacando la tendencia del crecimiento de las telas plásticas.

Capítulo 3. Describe características y funcionamiento de los aditivos en la formulación del PVC para la fabricación de las telas plásticas.

Capítulo 4. Presenta las formulaciones características, descripción del equipo de mezclado y procesamiento, y las especificaciones mínimas que deben de cumplir las telas plásticas.

Capítulo 5. Presenta el manejo de los desperdicios plásticos y el proceso de reciclado de las telas plásticas cuando ha terminado su ciclo de vida.

La fabricación de las telas plásticas en México, es tan importante que tiene un impacto en el desarrollo de otras industrias relacionadas, como son la textil, la de aditivos para la formulación del PVC y de las industrias que requieren de las telas plásticas, para elaborar las manufacturas destinadas al mercado nacional o a la exportación.

## CAPITULO 1

### ASPECTOS ECONOMICOS DE LA INDUSTRIA DE LOS POLIMEROS

#### 1.1.-Los polímeros a nivel mundial

Los polímeros pueden sustituir a la madera por tener mayor estabilidad dimensional y resistencia a los microorganismos, al vidrio por tener mayor resistencia al impacto, al papel por tener mayor resistencia al agua, a los metales por su gran resistencia y menor densidad, al cuero por su menor costo en zapatos, bolsas y prendas de vestir. Por lo tanto si en algún tiempo de la vida humana se le llamo la edad de piedra y la edad de los metales, por ser los materiales que más se utilizaban, a nuestra época se le debería de llamar la edad del plástico.

##### 1.1.1.-Capacidad instalada

La capacidad instalada a nivel mundial para la producción de resinas sintéticas ascendió en 1989 al orden de las 118.5 millones de toneladas. El Poli(cloruro de vinilo) o PVC es la resina que tiene la mayor capacidad instalada a nivel mundial, como se muestra en la tabla # 1.

Resina	miles de ton/año	%
Policloruro de vinilo	20,030	16.9
Poli(etileno) baja densidad	15,800	13.3
Poli(propileno)	13,570	11.4
Poli(etileno) alta densidad	12,660	10.7
Poli(estireno)	9,740	8.2
Poli(etileno) baja densidad lineal	4,650	3.9
Otras	42,050	35.5
Total	118,500	100.0

Tabla # 1: Capacidad instalada a nivel mundial para producir resinas en 1989.

Fuente: Anuario Estadístico del Plástico. Edición 1990. (1).

El 74 % de la capacidad instalada se encuentra localizada en los Estados Unidos, Europa Occidental y Japón, el restante 26 % en los Países Asiáticos, Europa del Este, Latinoamérica, Canada, Medio Oriente y Africa. (1).

### 1.1.2.-Consumo

La región con mayor consumo de resinas a nivel mundial es Europa Occidental, como se muestra en la tabla # 2.

Región	miles de ton.	%
Europa Occidental	26,860	28.2
Estados Unidos	24,234	25.4
Asia y Pacífico	13,560	14.2
Japón	11,075	11.6
Europa del Este	8,785	9.2
Latinoamérica	5,243	5.5
África y Medio Oriente	3,350	3.5
Canadá	2,296	2.4
Total	95,403	100.0

Tabla # 2: Consumo mundial de resinas por región en 1989.  
Fuente: Anuario Estadístico del Plástico. Edición 1990. (1).

El país con mayor consumo de resinas a nivel mundial es Estados Unidos con el 25.4 % como se muestra en la tabla # 3. México ocupa el 15avo lugar, con un consumo de 1.3 millones de toneladas.

No.	País	miles de ton.	%
1	Estados Unidos	24,234	25.40
2	Japón	11,075	11.61
3	Alemania Occidental	7,600	7.97
4	U.R.S.S.	3,920	4.11
5	Italia	3,885	4.07
6	China	3,400	3.56
7	Reino Unido	3,200	3.35
8	Francia	3,150	3.30
..	.....	.....	...
15	México	1,306	1.37
	Resto del mundo	33,633	35.25
	Total	95,403	100.00

Tabla # 3: Consumo de resinas por país en 1989.  
Fuente: Anuario Estadístico del Plástico. Edición 1990. (1).

El consumo per cápita para cada país calculado sobre la base de la demanda interna de resinas para su transformación y la población del país, se presenta en la tabla # 4. Esta tabla muestra que países como Bélgica, Hong kong, Dinamarca, Finlandia y países que entraron recientemente a la etapa de industrialización como Taiwan y Korea del Sur, muestran consumos per cápita muy elevados. Sin embargo, la mayoría de estos países cuentan con pocos habitantes y la demanda de resinas reportada no es totalmente para consumo interno, sino para la producción de manufacturas que van al mercado de exportación. Analizando estos datos y considerando las observaciones anteriores, los cinco principales países con mayores consumos per cápita realmente son Alemania Occidental, Estados Unidos, Canada, Italia y Reino Unido. México ocupa el 35avo lugar a nivel mundial con un consumo per cápita de 15.9 kg/hab, (1).

No.	País	consumo miles de ton.	población millones hab.	consumo kgs/hab.
1	Bélgica	1,700	9.9	171.7
2	Taiwan	2,670	19.9	134.2
3	Alemania Occidental	7,600	59.8	127.1
4	Hong Kong	690	5.8	119.0
5	Dinamarca	540	5.0	108.0
6	Finlandia	475	5.0	95.0
7	Japón	11,075	123.4	89.7
8	Estados Unidos	24,234	271.0	89.4
9	Canada	2,296	25.9	88.6
10	Suiza	570	6.6	86.4
11	Suecia	690	8.4	82.1
12	Austria	570	7.5	76.0
13	Korea del sur	3,080	42.6	72.3
..	.....	.....	.....	.....
35	México	1,306	82.0	15.9
	Resto del mundo	37,907	4,477.2	8.4
	Total	95,403	5,150.0	18.5

Tabla # 4: Consumo de resinas per cápita por país en 1989.  
Fuente: Anuario Estadístico del Plástico. Edición 1990. (1).

### 1.1.3.-Crecimiento del consumo

El consumo mundial de resinas observó un crecimiento del 5.4 % durante el periodo 1987-1989, pasando de 86.1 a 95.4 millones de toneladas. En su conjunto las regiones que mostrarón un crecimiento por encima del promedio durante el período 1987-1989 fueron Japón, Europa Occidental y Latinoamérica, como se muestra en la tabla # 5.

Región	miles de toneladas		crecimiento anual (%)
	1987	1989	
Europa Occidental	23,710	26,860	6.6
Estados Unidos	22,600	24,234	3.6
Asia y Pacífico	12,280	13,560	5.2
Japón	9,505	11,075	8.2
Europa del Este	8,110	8,785	4.1
Latinoamérica	4,660	5,243	6.2
Africa y Medio Oriente	3,100	3,350	4.0
Canada	2,180	2,296	2.7
Total	86,145	95,403	5.4

Tabla # 5: Crecimiento en el consumo de resinas por región.  
Fuente: Anuario Estadístico del Plástico. Edición 1990. (1).

En la tabla # 6 se observa un bajo crecimiento en el consumo de la mayoría de los plásticos durante el periodo 1987-1989. Esto se debe a que muchos de ellos tienen mercados maduros. Sin embargo en este mismo período el PP, UP, PET, PA y PC muestran crecimientos mayores al 7 % anual.

Se estima que el consumo mundial de plásticos se incrementa entre el 4.5-5.5 % anual durante el período 1990-1992, lo que representará aproximadamente un consumo mundial de 112 millones de toneladas. Este importante crecimiento se dará principalmente en las resinas termoplásticas debido a su facilidad de procesamiento, a la gran variedad de diseños que pueden elaborarse con estos materiales y a su posibilidad de ser reciclados. La demanda de materiales termofijos experimentará bajos crecimientos debido principalmente a la madurez de sus mercados, (1).

Plástico	miles de toneladas		crecimiento	
	1987	1989	1987/1989	1990/1992
Comodities (a)			(% anual)	(% anual)
LDPE	16,685	18,190	4.5	5.0
PVC	15,900	17,200	4.0	4.0
PP	9,485	11,000	8.0	8.5
HDPE	9,510	10,483	5.1	4.5
PS	7,527	8,175	4.3	4.6
Versátiles (a)				
PUR	3,950	4,500	7.0	6.0
PF	2,720	2,950	4.2	3.0
UP (b)	2,225	2,650	9.5	4.0
PMMA	825	920	5.7	5.0
EP	685	770	6.2	4.5
Técnicos (a)				
ABS	2,250	2,495	5.4	5.0
PET (c)	1,140	1,450	13.6	12.0
PA	665	790	9.4	9.0
PC	392	465	9.3	9.0
POM	290	330	6.9	8.0

(a) Apéndice # 1. Clasificación y abreviaciones estándar de los plásticos.

(b) reforzado y sin reforzar.

(c) incluye PET grado botella, no incluye fibra.

Tabla # 6: Consumo mundial de plásticos y su crecimiento en el consumo durante el periodo 1987-1992.

Fuente: Anuario Estadístico del Plástico. Edición 1990. (1).

## 1.2.-Los polímeros en México

### 1.2.1.-Panorama de los plásticos en México

La producción nacional de resinas sintéticas para plásticos se remonta escasamente a 42 años. El interés y demanda por los plásticos crece año con año, como resultado de los avances y tendencias tecnológicas a nivel mundial, las exigencias internas de calidad, originada por la importación de productos muchas veces

competitivos y la necesidad de exportar manufacturas con cierto valor agregado, (1).

#### 1.2.2.-Capacidad instalada y producción

La capacidad instalada en México para la producción de resinas en 1980 era de 525,000 ton. De 1980 a 1984 el incremento fué del 50 % y de ese año a 1989 la capacidad se ha duplicado, representando un potencial de producción de 1.6 a 1.8 millones de ton./año como se observa en la tabla # 7.

Resina	miles de ton./año	%
LDPE	340.0	20.0
PVC	308.0	18.1
HDPE	200.0	11.8
PS	182.0	10.7
UF	109.3	6.4
PUR	66.5	3.9
Otras	495.2	29.1
Total	1,701.0	100.0

Tabla # 7: Capacidad instalada en México en 1989.  
Fuente: Anuario Estadístico del Plástico. Edición 1990. (1).

En la tabla # 8 se presenta la evolución de la producción total durante el período 1981-1989. La tasa de crecimiento en este periodo fué del 9.97 % anual. Sin alcanzar aún los altos crecimientos mostrados a finales de la década de los 70's, donde se alcanzaron tasas del 14 % anual. De las resinas fabricadas durante 1989, el LDPE es la de mayor producción ya que representa el 28.9 % de la producción total, siguiéndolo el PVC con el 24.4 %.

La producción conjunta de los plásticos LDPE, PVC, PS y HDPE ha crecido sustancialmente durante la presente década. En 1981 el volumen ascendió a 390,500 ton. representando el 59.6 % del total de las resinas elaboradas en México de ese año. En 1985 la producción se incrementó a 587,000 ton. correspondiendo al 69.6 % y para 1989 representó el 72.1 % con 849,300 toneladas. Lo anterior pone de manifiesto que el consumo de plásticos en México, está destinado en su mayoría al sector empaque y envase. En tanto otros sectores aún subutilizan los materiales plásticos, (1).

miles de toneladas				
Resina	1981	1985	1989	% en 1989
LDPE	91.2	160.0	340.0	28.86
PVC	131.5	262.9	287.5	24.41
PS	89.7	96.3	124.7	10.59
HDPE	78.1	67.8	97.1	8.24
UF	37.2	56.0	75.6	6.42
PUR	51.0	26.5	35.3	3.01
UP	20.5	18.7	21.5	1.82
PET	---	---	18.7	1.59
PF	14.0	15.5	14.6	1.24
ABS	9.2	9.8	13.5	1.15
PMMA	6.1	8.3	10.0	0.85
MF	6.5	3.7	9.0	0.76
Otras	120.2	117.5	130.4	11.07
Total	655.2	843.0	1,177.9	100.00

Tabla # 8: Producción de resinas en México en 1989.  
Fuente: Anuario Estadístico del Plástico. Edición 1990. (1).  
y Anuario Estadístico de la Industria Química. Ed. 1990. (2).

El sector transformador de plásticos ha destinado principalmente su planta productiva a la elaboración de manufacturas de elevado volumen y con gran competencia en el mercado, dejando a una minoría de empresas la oportunidad de incursionar en productos con alta rentabilidad y bajos volúmenes, como se observa en la tabla # 9.

Sector	% en 1989
Empaque y envase	46.5
Adhesivos, recubrimientos y pinturas	9.5
Construcción	8.5
Doméstico	8.0
Mueblero	7.0
Otros	20.5

Tabla # 9: Sectores de la industria del plástico en México.  
Fuente: Anuario Estadístico del Plástico. Edición 1990. (1).



### 1.2.3.-Importaciones y exportaciones

Las importaciones de resinas en México han variado poco en los últimos 8 años. Entre 1981 y 1987 este rubro disminuyó, debido a la crisis económica pasando de 312,000 ton. a 228,000 ton.. Sin embargo a partir de 1988 y principalmente en 1989 los volúmenes traídos del exterior, se han incrementado nuevamente en forma significativa, representando tan solo de 1988 a 1989 un aumento del 26 %, (1).

Resina	miles de toneladas			
	1981	1985	1989	% en 1989
PP	99.0	88.6	131.2	35.8
HDPE	18.7	47.4	112.4	30.7
LDPE	167.8	132.4	39.4	10.8
PVC	5.8	2.2	12.5	3.4
PS	0.6	3.7	14.6	4.0
EP	0.9	0.9	4.2	1.1
Otras	19.4	20.4	52.0	14.2
Total	312.2	295.6	366.3	100.0

Tabla # 10: Importación de resinas en México.  
Fuente: Anuario Estadístico del Plástico. Edición 1990. (1).  
y Anuario Estadístico de la Industria Química. Ed. 1990. (2).

La tabla # 10 muestra que el mayor volumen de las importaciones, correspondió al PP, HDPE y LDPE. Así mismo la participación de cada uno de ellos en las importaciones totales ha variado año con año. Así en 1981 el LDPE representó el 53.8 %, el PP 31.7 % y el HDPE con solo el 6 %, mientras que en 1989 esta relación fué para el PP 35.8 %, HDPE 30.7 % y LDPE 10.8 %.

Cabe señalar que el PP, el PC y el POM aún no son fabricados en México y en lo que va de la década se han incrementado las importaciones de otras resinas (acrílicas, melámicas, epóxicas, alcídicas, ureicas, poliuretanos y poliestirenos), así como algunos plásticos técnicos. La apertura comercial en el mercado de las resinas, ha contribuido a eliminar proyectos que se tenían planeados en el mediano plazo, favoreciendo la comercialización de materias primas y productos de importación de marcas reconocidas con calidades estandarizadas, (1).

En 1981 se realizaron exportaciones por aprox. 10,400 tons. que representaron el 1.6 % de la producción nacional. En 1985 se elevaron al 16.6 % y en 1989 se exportaron 238,000 ton. significando el 20.2 % de la producción nacional de resinas. Durante 1989 las resinas exportadas más importantes por su volumen fueron PVC con el 63.7 % y PS con el 15.1 % como se observa en la tabla # 11.

Resina	miles de toneladas			%
	1981	1985	1989	
PVC	0.1	116.4	151.6	63.7
PS	0.7	9.6	36.0	15.1
PET	--	--	9.4	3.9
ABS	--	0.6	4.0	1.7
PMMA	0.2	2.5	3.3	1.4
Otras	9.4	10.7	33.7	14.2
Total	10.4	139.8	238.0	100.0

Tabla # 11: Exportación de resinas en México.  
Fuente: Anuario Estadístico del Plástico. Edición 1990. (1).

El sector de las resinas, debe de continuar en el proceso de búsqueda y permanencia en el mercado internacional, para superar los ciclos de economía en recesión y garantizar el mantenimiento de los niveles de competitividad en volumen, servicio, calidad y precio, adecuándose a los requerimientos solicitados por el mercado interno y externo. (1). Debe fomentar en forma sostenida, el incremento en las exportaciones de resinas para contribuir a la disminución del déficit comercial agudizado durante los últimos años, como se muestra en la tabla # 12.

	millones de dólares		
	1987	1988	1989
Importación	253	385	452
Exportación	168	273	194
Saldo	(-85)	(-112)	(-258)

Tabla # 12: Balanza comercial de resinas en México.  
Fuente: Anuario Estadístico del Plástico. Edición 1990. (1).

#### 1.2.4.-Consumo aparente

El consumo de resinas mostró una caída de aproximadamente 12 %, durante el periodo 1982-1984. Posteriormente ha sido evidente una recuperación moderada en 1986 y 1987 e importante en 1985, 1988 y 1989, (1).

La tabla # 13, muestra que la resina con mayor volumen de consumo en 1989 fué el LDPE, seguido en orden decreciente de importancia por el HDPE, PVC, PP y PS. Durante ese mismo año los plásticos llamados "comodities" representaron el 74.3 % del consumo total.

Resina	miles de toneladas			
	1981	1985	1989	% en 1989
<b>Comodities</b>				
LDPE	259.0	292.4	379.4	29.05
HDPE	96.8	115.2	209.2	16.01
PVC	137.2	148.6	148.4	11.36
PP	99.0	88.6	130.0	9.95
PS	89.6	90.5	103.3	7.91
<b>Versátiles</b>				
UF	37.2	56.0	75.7	5.79
PUR	51.6	26.9	36.4	2.79
UP	19.6	18.7	21.5	1.64
PF	14.3	15.7	15.2	1.16
EP	4.8	4.2	9.4	0.72
MF	6.6	3.9	9.6	0.73
PMMA	6.8	6.4	8.1	0.62
<b>Técnicos</b>				
ABS	10.5	12.7	11.9	0.91
PET	--	--	9.3	0.71
PA	1.2	1.9	3.2	0.24
POM	1.1	0.9	1.3	0.10
Otras	121.7	115.0	134.3	10.27
Total	957.0	997.6	1,306.2	100.00

Tabla # 13: Consumo de resinas en México.  
Fuente: Anuario Estadístico del Plástico. Edición 1990. (1).  
y Anuario Estadístico de la Industria Química. Ed. 1990. (2).

### 1.2.5.-Crecimiento y tendencia del consumo

La tabla # 14 muestra que en el periodo 1981-1985, los plásticos HDPE, LDPE y PVC crecen en forma moderada. La situación económica nacional afecta la demanda interna de productos y en consecuencia se restringen los sectores de la construcción y mueblera entre otras, afectando al PUR y MF principalmente.

Plástico	1981/1985	1985/1989	1987/1989	1990/1992
Comodities	(% anual)	(% anual)	(% anual)	(% anual)
LDPE	3.2	7.4	13.5	2-3
HDPE	4.7	20.4	18.5	6-8
PVC	2.0	--	3.3	4-5
PP	(-2.6)	11.7	2.2	6-8
PS	0.25	3.5	0.6	3-4
<b>Versátiles</b>				
UF	12.6	8.8	5.6	2-3
PUR	(-11.9)	8.8	18.4	6-8
UP	(-1.1)	3.7	3.5	4-6
PF	2.4	(-0.8)	6.1	5-6
EP	(-3.1)	31.0	52.0	8-10
MF	(-10.2)	36.5	41.8	8-10
PMMA	(-1.5)	6.6	4.0	4-5
<b>Técnicos</b>				
ABS	5.2	(-1.6)	8.9	10-12
PET	---	---	34.9	25-30
PA	14.6	17.0	20.6	12-14
PCM	(-4.5)	11.1	5.8	8-10
PC	(-8.9)	---	21.2	12-14

Tabla # 14: Consumo nacional de plásticos, crecimiento 1981-1992  
Fuente: Anuario Estadístico del Plástico. Edición 1990. (1).

En el periodo 1985-1989., se observa cierta recuperación en la demanda, debido a una mejor situación económica del país. Los plásticos que sobresalen en sus tasas de crecimiento son HDPE y PP. Prácticamente todo el grupo de versátiles muestra índices de

crecimiento importantes, destacando las resinas MF y EP (resinas epóxicas). Los plásticos técnicos reiniciaron su penetración en el mercado nacional destacando la PA, POM y el PET de producción nacional en 1986.

En el período 1987-1989, la liberación arancelaria en las importaciones abre al mercado nacional la oportunidad de registrarse en base a la demanda real. Los sectores de la construcción, mueblera, automotriz, eléctrico, electrodoméstico e industrial, muestran signos alentadores de recuperación contribuyendo al crecimiento en el consumo de prácticamente todas las resinas.

Por su parte la tendencia a corto plazo 1990-1992 se estima no continúe con el comportamiento de los últimos dos años debido a la indiscriminada importación de productos terminados en forma importante durante 1989 y que definitivamente afecta y continuará afectando al ámbito total del sector industrial, como por ejemplo el alimentario, electrónico, electrodoméstico, textil, juguetero, empaque, telefónico, bienes de consumo y a partir de 1991 el automotriz. Aunado a lo anterior el acuerdo de libre comercio con Estados Unidos y Canadá reforzará la liberación existente desde 1985, (1).

## CAPITULO 2

### IMPORTANCIA ECONOMICA DEL PVC

#### 2.1.-Panorama mundial de la resina de PVC

##### 2.1.1.-Capacidad instalada

La capacidad instalada para producir la resina de PVC, a nivel mundial en 1989 fué de 20 millones de toneladas, y su ubicación por regiones se muestra en la tabla # 15. Cabe señalar que el PVC tiene la mayor capacidad instalada por resina a nivel mundial, (1).

Región	miles de Ton.	%
Europa Occidental	5,645	28.2
Estados Unidos	4,568	22.8
Asia y Pacífico	3,240	16.2
Europa del Este	2,585	12.9
Japón	1,860	9.3
Latinoamérica	1,230	6.1
Africa y Medio Oriente	510	2.5
Canada	391	1.9
Total mundial	20,029	100.0

Tabla # 15: Capacidad instalada para producir PVC en 1989.  
Fuente: Anuario Estadístico del Plástico. Edición 1990. (1).

##### 2.1.2.-Principales productores

Los principales productores de la resina de PVC por región y su capacidad instalada en 1989 se muestran de la tabla # 16a a la 16h.

Empresa	miles de Ton/año	ubicación
PETROQUIMICA CAMACARI	370	Brasil
GRUPO PRIMEX	150	México
POLICYD	126	México
PETROQUIMICA COLOMBIANA	122	Colombia
ELECTROCLORO	120	Brasil
Otras empresas	342	
Total	1,230	

Tabla # 16a: Principales productores de PVC en Latinoamérica.  
Fuente: Anuario Estadístico del Plástico. Edición 1990. (1).

Empresa	miles de ton/año
OCCIDENTAL CHEMICAL	864
BF GOODRICH	797
SHINTECH	682
FORMOSA PLASTICS	554
GEORGIA GULF	396
Otras empresas	1,275
Total	4,568

Tabla # 16b: Principales productores de Estados Unidos.  
Fuente: Anuario Estadístico del Plástico. Edición 1990. (1).

Empresa	miles de ton/año	ubicación
SINOPEC	870	China
FORMOSA	660	Taiwan
LUCKY LTD	290	Korea del sur
HANYANG CHEM	275	Korea del sur
PETKIM PETROKIMYA	147	Turquía
Otras empresas	998	
Total	3,240	

Tabla # 16c: Principales productores de Asia y Pacífico.  
Fuente: Anuario Estadístico del Plástico. Edición 1990. (1).

Empresa	miles de ton/año	ubicación
Paraestatal	890	U.R.S.S.
Paraestatal	360	Polonia
C.W.BUNA	300	Alemania del Este
Paraestatal	263	Rumania
BVK	210	Hungría
CHEMOPETROL	120	Checoslovaquia
Otras empresas	442	
Total	2,585	

Tabla # 16d: Principales productores de Europa del Este.  
Fuente: Anuario Estadístico del Plástico. Edición 1990. (1).

Empresa	miles de ton/año	ubicación
EVC(ENICHEM/ICI)	1,050	Italia, Reino Unido, Alem. Occ.
SOLVAY	890	Francia, Bélgica, Alem. Occ.
ATOICHEM/APPRYL	540	Francia.
C.W. HÜELS	380	Alemania Occidental.
Otras empresas	2,785	
Total	5,645	

Tabla # 16e: Principales productores de Europa Occidental.

Fuente: Anuario Estadístico del Plástico. Edición 1990. (1).

Empresa	miles de ton/año
SHIN ETSU CHEMICAL	260
RYO NUCHI	160
NIPPON ZEON	159
TOSOH	150
Otras empresas	1,131
Total	1,860

Tabla # 16f: Principales productores de Japón.

Fuente: Anuario Estadístico del Plástico. Edición 1990. (1).

Empresa	miles de ton/año	ubicación
IBN HAYGON	200	Arabia Saudita.
AECI	150	Sudáfrica.
ELECTROCHEMICAL IND.	105	Israel.
Otras empresas	55	
total	510	

Tabla # 16g: Principales productores de Africa y Medio Oriente.

Fuente: Anuario Estadístico del Plástico. Edición 1990. (1).

Empresa	miles de ton/año
BF GOODRICH	291
ESSO CHEMICAL	100
Total	391

Tabla # 16h: Principales productores en Canada.

Fuente: Anuario Estadístico del Plástico. Edición 1990. (1).



### 2.1.3.-Consumo

Los principales sectores de consumo de las resinas de PVC a nivel mundial se muestra en la tabla # 17.

Sector	%
Construcción	63
Envase y empaque	15
Recubrimiento de alambre y cable	7
Industria mueblera	5
Otros	10
Total	100

Tabla # 17: Sectores de consumo de la resina de PVC.

Fuente: Anuario Estadístico del Plástico. Edición 1990. (1).

El consumo mundial de resinas de PVC ascendió en 1989 a 17.2 millones de toneladas. El mayor consumidor de PVC por regiones a nivel mundial durante 1989 fué Europa Occidental seguido por Estados Unidos y Japón como se muestra en la tabla # 18. En esta misma se incluye el consumo por sectores industriales.

Sector	miles de toneladas		
	Europa Occ.	EE.UU.	Japón
Construcción	2,580	2,197	876
Envase y empaque	1,270	327	430
Eléctrico-electrónico	436	245	185
Mueblera	167	119	48
Automotriz	135	90	95
Bienes de consumo	110	128	55
Salud	86	113	26
Calzado	52	29	40
Artículos de recreación	48	39	30
Adhesivos y selladores	40	39	18
Otros	140	86	44
Total	5,064	3,412	1,847

Tabla # 18: Principales consumidores de PVC en 1989.

Fuente: Anuario Estadístico del Plástico. Edición 1990. (1).

#### 2.1.4.-Participación y tendencia por aplicación

En la tabla # 19 se muestran las tendencias por aplicación en EE.UU. Se observa una ligera baja en la fabricación de tubería, conexiones y ducto eléctrico, tal vez debido a la poca recuperación que ha tenido el sector de la construcción. Las aplicaciones con tendencia negativa presente y futura claramente definidas son, la fabricación de discos fonográficos y el recubrimiento de alambre y cable. Entre las aplicaciones con marcada tendencia positiva se encuentran la película rígida y flexible y en tercer término las aplicaciones del PVC en emulsión como son el recubrimiento de metal y tela.

Sector	1984	1987	1988	1989	tendencia
Disco fonográfico	1.1	0.7	0.4	0.4	negativa
Recub. de alambre y cable	7.1	6.0	5.5	5.3	negativa
Tub.,conex. y ducto eléc.	53.6	54.0	53.2	52.6	negativa
Calzado	1.0	0.8	0.8	0.9	variable
Perfil rígido	2.7	2.9	2.9	3.0	positiva
Perfil flexible	1.7	1.8	1.9	2.0	positiva
Manguera	1.5	1.7	1.7	1.8	positiva
Botella	2.5	2.3	2.8	2.8	positiva
Loseta	2.5	2.5	2.6	2.9	positiva
Película rígida	4.4	4.4	4.6	5.0	positiva
Película flexible	9.5	10.3	10.7	10.9	positiva
Recubr. de tela y metal	8.0	7.8	8.1	8.2	positiva
Otros	4.4	4.8	4.8	4.2	

Tabla # 19: Participación y tendencia de los sectores de consumo en Estados Unidos, en (%).

Fuente: Anuario Estadístico del Plástico. Edición 1990. (1).

A nivel mundial se considera que, a pesar de los múltiples ataques que ha recibido desde hace varios años el PVC por prohibiciones parciales en su utilización como material de empaque, éste continuará utilizándose principalmente en el sector de la construcción y en productos como tubería y perfiles. Así mismo, un sector que continuará mostrando tendencias positivas de crecimiento,

es el botellas y en general el soplado de cuerpos huecos, además de las aplicaciones de la lámina extruida y calandreada cuyos usos principales se dan en el empaque por su alta resistencia al agua y aceites y su baja permeabilidad al vapor de agua y gases, (1).

#### 2.1.5.-Proyectos y perspectivas

La capacidad actual para abastecer el mercado durante los próximos dos años es prácticamente insuficiente, ya que considerando una utilización de la capacidad de entre 92-94 %, se tiene la posibilidad de producir hasta 18.8 millones de toneladas a nivel mundial, volumen que se requerirá a mediados de 1991. Para contrarrestar dicha situación, se realizan proyectos de expansión y construcción en diversas regiones del mundo principalmente en Estados Unidos, Países de Asia, Latinoamérica, y en menor escala en Europa Occidental y del Este, Japón y Medio Oriente, como se muestra en la tabla # 20.

Empresa	miles de ton/año.	localización
FORMOSA PLASTIC	360	Estados Unidos
SINOPEC	280	China
Paraestatal	250	U.R.S.S.
SHINTECH	228	Estados Unidos
BRASIVIL	180	Brasil
ELECTROCLORO	180	Brasil
SOLVA/THAIPLASTIC	130	Tailandia
ATO ESPAÑA	120	España
Paraestatal	120	Bulgaria
PEQUIVEN	120	Venezuela
PETROQUIMICA CAMACARI	110	Brasil
LOMBURGE VINYL M.	100	Bélgica
FORMOSA PLASTIC	100	Japón
BF GOODRICH	100	Estados Unidos
NATIONAL PLASTIC	100	Arabia Saudita
HALDIA PETROCHEMICAL	100	India
Total	2,578	

Tabla # 20: Proyectos para producir PVC en el mundo.  
Fuente: Anuario Estadístico del Plástico. Edición 1990. (1).

Adicionalmente a las 2.6 millones de toneladas mencionadas en la tabla # 20, se preveen otros proyectos que contribuirán con aproximadamente 800,000 toneladas. La mayoría de estos proyectos tienen volúmenes menores a las 90,000 ton./año. y están ubicados principalmente en Indonesia, Japón, Holanda, Nigeria, Irak y Egipto. La mayor parte de los proyectos se terminarán durante 1990-1992 con lo cual la capacidad instalada aumentará al orden de las 23.5 millones de toneladas. (1).

## 2.2.-Situación de la resina de PVC en México

### 2.2.1.-Capacidad instalada y producción

La tabla # 21 muestra que la capacidad instalada para producir resina de PVC en México, aumentó 9.2 % en el periodo 1985-1989. (2).

Toneladas	1985	1986	1987	1988	1989
Producción	262,883	264,806	283,745	272,666	287,536
Importación	2,157	4,150	4,251	5,977	12,565
Exportación	116,389	148,186	161,004	148,887	151,699
Consumo	148,651	120,770	126,992	129,756	148,402
Cap. inst.	282,000	301,500	306,000	308,000	308,000

Tabla # 21: Balanza comercial de la resina de PVC en México.  
Fuente: Anuario Estadístico de la Industria Química. 1990. (2).

El PVC es producido en México por cuatro empresas como se muestra en la tabla # 22, que cuentan con las mejores tecnologías a nivel mundial, siendo esta una de las principales razones de su alta competitividad en el mercado exterior, (1).

ALTARESin S.A. DE C.V.	13,000 ton/año	Altamira, Tamps.
POLICYD S.A.	126,000 ton/año	Altamira, Tamps. Tlanepantla, Méx.
POLIMEROS DE MEXICO S.A.	30,000 ton/año	Moyotzingo, Pue.
GRUPO PRIMEX S.A. DE C.V.	150,000 ton/año	Altamira, Tamps. Puebla, Pue.

Tabla # 22: Productores de resina de PVC en México.  
Fuente: Anuario Estadístico del Plástico. Edición 1990. (1).

### **2.2.2.-Importaciones y exportaciones**

En la tabla # 21 se observa que las importaciones de PVC se han incrementado durante los últimos 4 años, pasando de 2,157 toneladas en 1985 al orden de 12,565 toneladas en 1989. Esto ha sido originado directamente por políticas seguidas por el sector productor nacional en el pasado reciente, de entre las que se cuentan una deficiente estrategia comercial en base a servicio y precio.

A partir de la apertura comercial y las diversas fases del Pacto de Solidaridad Económica, la industria nacional productora de PVC ha reorientado sus estrategias, manejando precios acordes a la realidad internacional e incluso menores a las empresas transformadoras que destinen parte de su producción a la exportación o a abastecer las zonas fronterizas. Con la reciente política de precios y el inicio de programas de atención más eficientes hacia el sector transformador seguramente lograrán disminuir esta tendencia a importar en el corto plazo, (1).

Las exportaciones de PVC a partir de 1982 han sido significativas ya que entre 1986 a 1989 han representado más del 50 % de la producción nacional. De entre las empresas exportadoras destacan por su volumen Policyd, S.A. y el Grupo Primex S.A. con aprox. el 88 % de las exportaciones totales. Sin embargo hay una reducción importante en la exportación en 1988 debido a la alta competencia existente en el mercado internacional.

### **2.2.3.-Consumo aparente**

El consumo aparente aumentó de 67,500 toneladas en 1976 a 137,160 toneladas en 1981 significando durante dicho periodo de bonanza un crecimiento del 103 % . Sin embargo, durante la presente década la demanda interna ha mostrado un comportamiento irregular, ocasionando por ello el contar en varios años con inventarios importantes. Se estima en base a investigaciones realizadas que el nivel de inventario durante 1989 ascendió aproximadamente al 5 % de la producción en ese año. Prácticamente la totalidad del consumo se encuentra en la región central del país que comprende en forma principal el Distrito Federal, Estado de México, Guanajuato y Jalisco, (1).

La segmentación del consumo de la resina de PVC en México durante 1989 se presenta en la tabla # 23.

Sector	% en 1989
Construcción	34.0
Empaque y envase	32.0
Calzado	11.0
Muebles(a)	7.0
Electrodomésticos	4.0
Artículos para el hogar	3.0
Discos	2.0
Otros	7.0
Total	100.0

(a) incluye las telas plásticas para tapicería de muebles y asientos de autos.

Tabla # 23: Sectores de consumo de resina de PVC en México.  
Fuente: Anuario Estadístico del Plástico. Edición 1990. (1).

#### 2.2.4.-Participación y tendencia por aplicación

En la Tabla # 24 se observa que la participación en el consumo del PVC en México, durante los últimos años, indica que las aplicaciones con poco crecimiento o incluso disminución, se tendrán en el corto plazo en el sector de juguetes, plastitapa, loseta para piso y discos fonográficos. Entre las aplicaciones que muestran una tendencia positiva de crecimiento se encuentran, la fabricación de artículos destinados principalmente al sector de la construcción, empaque y prendas de vestir. Dentro de estos sectores continuarán con crecimiento positivo la tubería para construcción, el ducto eléctrico, el recubrimiento de alambre y cable, el envase y las aplicaciones en tapicería automotriz y mueblera.

Si se comparan las tablas 19 y 24 se observa que existen aplicaciones como la película flexible y recubrimiento de tela y metal que si bien en el mercado nacional tienen tendencias de crecimiento variable, en el mercado internacional, por ejemplo en Estados Unidos, las mismas aplicaciones tienen un crecimiento positivo.

(datos en %)				
Aplicación del PVC	1981	1985	1989	tendencia
Discos fonográficos.	4.4	3.4	2.0	negativa
Loseta para piso.	1.5	1.5	1.3	negativa
Perfil flexible y manguera.	10.0	6.7	2.5	negativa
Perfil rígido.	0.4	1.6	1.2	variable
Recubr. de alambre y cable.	8.0	6.6	6.8	variable
Película flexible.	16.6	14.6	15.5	variable
Película rígida.	2.0	1.4	2.8	variable
Recubr. de tela y metal.	11.4	12.3	12.0	variable
Tubería y conexiones.	20.8	21.0	21.7	positiva
Botella.	5.9	13.8	16.7	positiva
Calzado.	8.2	9.8	10.8	positiva
Otros.	10.8	7.3	6.7	

Tabla # 24: Participación y tendencia por aplicación en México.  
Fuente: Anuario Estadístico del Plástico. Edición 1990. (1).

#### 2.2.5.-Proyectos y perspectivas

Con respecto a los proyectos destacan el incremento que realizará para 1991 la empresa Grupo Primex, S.A. de C.V. por 100,000 toneladas/año de PVC y el inicio de operaciones a principios de 1991 de la planta Altaresin Caribe, S.A de C.V. por 15,000 toneladas/año en Chetumal, Quintana Roo. Así mismo en el periodo 1991-1992 Policyd, S.A., construirá una nueva planta para elaborar compuestos de PVC para productos rígidos y flexibles.

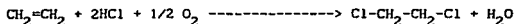
De acuerdo al comportamiento irregular en la demanda interna durante la última década, aunado a la reciente flexibilización comercial realizada por los fabricantes nacionales, se logrará motivar nuevamente la utilización de resina nacional, para producir artículos por medio del sector transformador, para exportar no solamente resinas sino manufacturas plásticas con mayor valor agregado. Estos aspectos se estima contribuyan a una recuperación lenta pero sostenida del PVC, en rangos de crecimiento en el consumo real de 4 al 5 % anual durante el periodo 1990-1992, (1).

### CAPITULO 3

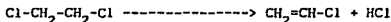
#### CARACTERISTICAS Y FUNCIONAMIENTO DE LOS COMPUESTOS USADOS EN LA FORMULACION DEL PVC PARA TELAS PLASTICAS

##### 3.1.-El monómero cloruro de vinilo

El cloruro de vinilo principalmente se obtiene por el proceso de oxiclорación, en el cual se hace pasar a través de un tubo caliente (250 a 315°C) una carga de etileno, cloruro de hidrógeno y aire sobre un catalizador de  $\text{CuCl}_2/\text{KCl}$ . El HCl se oxida en ese lugar para obtener cloro el cual reacciona de inmediato con el etileno para dar el dicloro etano según la siguiente reacción:



El dicloro etano, se aísla y se desintegra en un horno de craqueo (200-400°C), para obtener el monómero cloruro de vinilo y como subproducto HCl, el cual se recircula.



El monómero cloruro de vinilo, tiene una temperatura de ebullición de -13.8°C, y por lo tanto es un gas a temperatura ambiente. Para almacenarlo se le mantiene licuado a presión y se le agrega un catalizador inhibiente, que pueden ser fenoles polihidricos o aminas aromáticas (hidroquinona, resorcinol, azul de metileno, etc.). Cuando se desea polimerizar el monómero, es necesario eliminar el inhibidor, lo que suele hacerse por destilación, (6) (19).

El principal productor del monómero cloruro de vinilo en México es PEMEX, y toda la producción se utiliza para obtener las resinas del PVC. En la tabla # 25 se presentan los datos económicos del monómero cloruro de vinilo.

Toneladas	1985	1986	1987	1988	1989
Producción	107,751	141,295	178,808	175,002	193,849
Importación	180,470	139,000	142,096	132,576	123,072
Exportación	0	0	0	0	0
Consumo	288,221	280,295	320,904	307,578	316,921
Cap. Inst.	270,000	270,000	270,000	270,000	270,000

Tabla # 25: Balanza comercial del cloruro de vinilo en México.  
Fuente: Anuario Estadístico de la Industria Química. 1990. (2).



### 3.2.-Resinas del PVC

La polimerización del monómero cloruro de vinilo, es una reacción altamente exotérmica (calor de polimerización: 410 cal/gr.), que se lleva a cabo en aparatos a presión, por los procesos en suspensión, en emulsión y en masa, (apéndice # 2). Cada uno de estos procesos proporciona un polímero con diferente tamaño de partícula y propiedades, como se muestra en la tabla # 26.

Resina	Tamaño de partícula (micras)	peso molecular
Suspensión	45-400	24,000-80,000
Masa	70-170	28,000-80,000
Emulsión	1-20	38,000-85,000

Tabla # 26: Cuadro comparativo entre las resinas de PVC.  
Fuente: Estabilizadores térmicos y otros aditivos para el PVC.  
Edición 1989. (3).

#### 3.2.1.-Resina por el proceso en suspensión y en masa

Los procesos de polimerización en suspensión y en masa producen partículas de resina porosas que pueden absorber grandes volúmenes de plastificante. Si a 100 partes de resina se le agregan de 20 a 40 partes de plastificante, la mezcla permanece como un polvo que fluye libremente. Estos tipos de resina tiene partículas de gran tamaño que no se dispersan en los plastificantes y por ello no se emplean en la fabricación de plastisoles (dispersiones de resina en plastificante), (3) (4). La tabla # 27 presenta los fabricantes de la resina de PVC de suspensión en México.

Altaresin, S.A. de C.V.
Grupo Primex, S.A. de C.V.
Policyd, S.A. de C.V.
Polímeros de México, S.A. de C.V.

Tabla # 27: Fabricantes de la resina de PVC de suspensión.  
Fuente: Directorio de Empresas y Productos. 1991. (44).

Los procesos que se aplican a la resina de suspensión y masa son: Extrusión, Inyección, Soplado, Compresión, Calandreado, Termoformado

y Sinterización, (1).

### 3.2.2.-Resina por el proceso en emulsión

Con el proceso de polimerización en emulsión se obtiene una resina particularmente apropiada para mezclarlo con plastificantes y obtener un líquido que fluye libremente. La facilidad con que el PVC de emulsión se dispersa en los plastificantes, se atribuye al pequeño tamaño de sus partículas, las cuales tienen diámetros menores de 20 micras y también al detergente que lleva el polímero que contribuye a estabilizar la mezcla de resina-plastificante en la formación del plastisol, (3) (4). La tabla # 28 presenta los fabricantes de la resina de PVC de emulsión en México.

Policyd, S.A de C.V.

Polímeros de México, S.A. de C.V.

Tabla # 28: Fabricantes de la resina de PVC de emulsión.

Fuente: Directorio de Empresas y Productos. 1991. (44).

Los procesos que se aplican a la resina obtenida por el proceso de emulsión son: Aspersión, Vaciado, Inmersión, Rotomoldeo y Recubrimiento con cuchilla y rodillo, (1).

La tabla # 29 muestra el análisis típico de una resina de suspensión de acuerdo al ASTM-D-1755, (5). Esta especificación establece los mínimos requerimientos para la resina de PVC en su forma original como polvo antes de ser mezclado y procesado.

	Valor	Método de prueba ASTM
Viscosidad inherente	1.018	D-1243
% que pasa por tamiz No. 200	1.3	D-1921
Densidad aparente, grs/cm <sup>3</sup>	0.503	D-1895
Absorción de plastificante, phr	101.0	D-1755
Flujo en seco, seg/400 cm <sup>3</sup>	2.6	D-1895
Conductividad (extracto acuoso), µs/cm gr	1.0	D-1755
Porosidad, cm <sup>3</sup> /gr	0.268	D-2873

Tabla # 29: Análisis típico de una resina de suspensión.

Fuente: ASTM-D-1755, sección 08, volumen 02. 1989. (5).

### 3.3.-Propiedades del PVC rígido

El policloruro de vinilo sin plastificar, es un polímero de bajo costo, es el plástico duro y fuerte más importante. Tiene buena resistencia al impacto y a los productos químicos. A diferencia de los polímeros de hidrocarburos, no es inflamable. Tiene grupos C-Cl polares, los cuales aumentan la atracción entre las cadenas y le dan una temperatura de transición vítrea de 81°C. Su cristalinidad es baja y aunque es opaco cuando se le procesa en forma convencional, la resina que se obtiene por el proceso de polimerización en masa puede utilizarse para obtener botellas transparentes. Su fragilidad a bajas temperaturas es desfavorable, (6). En la tabla # 30 se muestran las propiedades típicas del PVC rígido, (7).

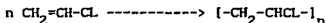
Propiedad	valor aceptado	método de prueba
Densidad, grs/cm <sup>3</sup>	1.32-1.58	ASTM D-792
Resistencia a la tensión, psi	6,000-7,500	D-638
Elongación, %	40-80	D-638
Dureza Rockwell, (shore D)	65-85	D-785
Resistencia al impacto, ft lb/in	0.4-22	D-256
Temperatura de transición vítrea, (Tg), °C	81.0	D-3418
Punto de fusión, (Tm), °C	175.0	D-3418
Índice de refracción	1.52-1.55	D-542
Absorción de agua, %	0.04-0.4	D-570
Efecto a los ácidos débiles	ninguno	D-543
Efecto a los ácidos fuertes	ninguno a ligero	D-543
Efecto a los bases débiles	ninguno	D-543
Efecto a las bases fuertes	ninguno a ligero	D-543

Tabla # 30: Típicas propiedades del PVC rígido.  
Fuente: Plastics Materials and Processes. Ed. 1982. (7).  
y Handbook of Plastic Materials and Technology. 1990. (47).

El PVC rígido (no plastificado) puede extruirse en forma de tubo, conducto o lámina corrugada y sustituye al plomo, al cobre, al hierro galvanizado y a otros metales que tradicionalmente se usan en

tuberías de agua, sanitarias, canales de desagüe y cubiertas de techos y paredes. La industria de la construcción ha sido una área de desarrollo durante muchos años, aunque su fragilidad a bajas temperaturas constituye una desventaja. El PVC sin plastificar no se utiliza mucho para empaque excepto en botellas rígidas, donde ofrece un procesamiento más fácil y un producto menos quebradizo que los materiales transparentes como el PC, PS y PMMA, (6).

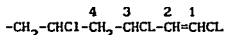
El PVC se obtiene polimerizando el cloruro de vinilo en presencia de peróxidos.



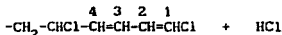
Si la estructura del polímero fuese realmente la indicada en la ecuación anterior, es decir, una secuencia de unidades  $-\text{CH}_2-\text{CHCl}-$ , sin defecto alguno en ella, el PVC sería un material más estable. La realidad es que el polímero tiene defectos estructurales que lo hacen degradarse con relativa facilidad por el calor, la luz, el oxígeno o la acción combinada de estos agentes adquiriendo coloraciones que pasan del rosa al café claro, al café oscuro y finalmente al negro, mientras sufre un deterioro progresivo en sus propiedades, (3).

Existen dos tipos de defectos en las moléculas del PVC.

a). -Dobles enlaces terminales.

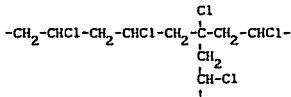


Los átomos de cloro vinílicos, situados en el carbono 1 son inertes, mientras los del 3, llamados cloros alílicos, junto con protones del carbono 4 son eliminados por calentamiento en forma de HCl produciendo otro enlace doble y un nuevo cloro alílico.

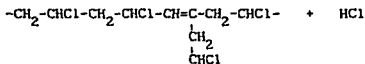


De esta manera se producen rápidamente secuencias de dobles enlaces conjugados que le imparten color al polímero durante la degradación.

b). -Las ramificaciones hacen al PVC susceptible a la degradación.



En el sitio de la ramificación queda un cloro terciario muy reactivo que con hidrógeno adyacente es eliminado por calentamiento como HCl, formando un doble enlace y otra vez un cloro alílico.



El HCl que se forma durante la degradación, además de causar serios problemas corrosivos en el equipo de procesamiento y daños a la salud del personal, cataliza la propia reacción de eliminación, ya sea directamente o formando cloruros de fierro al reaccionar con el acero del equipo. Estos cloruros catalizan la degradación del polímero. La degradación se inhibe por adición de compuestos de estaño, plomo, bario, cadmio, calcio, zinc y de aceites epoxidados llamados estabilizadores térmicos, (3).

#### 3.4.-Estabilizadores térmicos

Estos estabilizadores actúan en el PVC (3), como sigue:

- a).-Neutralizando el HCl.
- b).-Corrigiendo los defectos en las moléculas del PVC, al sustituir los cloros activos por grupos más estables.
- c).-Destruyendo los dobles enlaces por adición de fragmentos del estabilizador.
- d).-Capturando radicales libres.
- e).-Catalizando la reincorporación del HCl a los dienos.
- f).-Inactivando iones metálicos capaces de catalizar la degradación.

##### 3.4.1.-Principales estabilizadores usados en el PVC

###### a).-Estabilizadores de estaño.

Actúan neutralizando HCl, descomponen hidroperóxidos, se adicionan a los dobles enlaces convirtiendo cloros alílicos en cloros secundarios, que son menos activos y sustituyen cloros activos por grupos más estables. Son compatibles con el PVC y los productos estabilizados tienen gran transparencia.

Los tioglicolatos de estaño, son los que se prefieren en los casos más exigentes de estabilización térmica, como es el caso del PVC rígido. Se usan principalmente en la fabricación de perfiles.

Los carboxilatos de estaño, se usan en paneles, marcos para ventanas y películas agrícolas, (3).

b).-Estabilizadores de plomo.

Se usan principalmente para PVC plastificado en recubrimientos de alambres y cables eléctricos, en la fabricación de tubería rígida para drenaje, así como perfiles y otros artículos industriales. Actúan neutralizando el HCl formado. El inconveniente de estos estabilizadores de plomo es que con ellos no pueden obtenerse productos de PVC transparente. Otra desventaja es su toxicidad.

El sulfato tribásico de plomo, se usa para aislamiento de cables.

El ftalato dibásico de plomo y el fosfito dibásico de plomo, se usan para aislamiento eléctrico de alta resistencia térmica.

El salicilato de plomo, se usa en compuestos reforzados con asbesto como en losetas para pisos, (3).

c).-Estabilizadores de zinc.

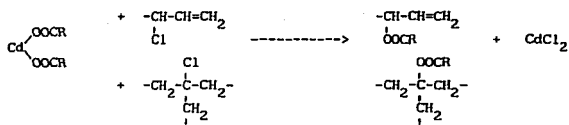
Los estabilizadores a base de zinc, se usan o pueden usarse para hacer linoléum o losetas para pisos, cubreasientos, portatrajes y artículos similares, así como artículos hechos por inmersión, recubrimiento con cuchillas y moldeo rotacional. Especialmente los de calcio-zinc son importantes por su menor toxicidad. Se les emplea para productos que estarán en contacto con alimentos y en artículos médicos, pero su uso generalmente se limita a productos flexibles, en que los requerimientos de estabilización son menos exigentes.

Los estabilizadores bario-zinc y los de calcio-zinc son combinaciones de lauratos o estearatos metálicos que funcionan en forma análoga a las de Bario-Cadmio, (3).

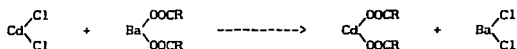
### 3.4.2.-Propiedades del estabilizador Bario-Cadmio

Los estabilizadores de bario-cadmio son actualmente los estabilizadores más usados para el PVC.

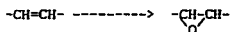
Los estabilizadores de Bario-Cadmio, actúan corrigiendo los defectos en las moléculas del PVC al sustituir cloros activos por grupos RCOO- que son más estables, es decir requieren mayor energía para eliminarlos.



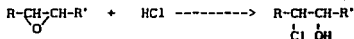
El  $\text{CdCl}_2$ , en algunos casos, puede participar en reacciones que contribuyen a la destrucción del polímero por eso el estabilizador de Cadmio no se puede usar solo, sino que requiere de la presencia de compuestos de Bario. Se regenera el carboxilato de Cadmio, dejando  $\text{BaCl}_2$  que es inerte.



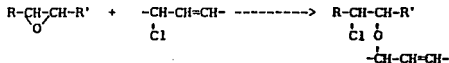
El estabilizador de Bario-Cadmio requiere de otro aditivo para inactivar al  $\text{CdCl}_2$ , evitando o retrasando su acción destructora sobre el PVC. Estos aditivos son los aceites epoxidados, los fosfitos y los polioles. El aceite epoxidado puede ser aceite de soya que ha sido tratado para que tenga grupos epóxidos, en donde originalmente había enlaces dobles.



Los grupos epóxidos inactivan a los cloruros de Cadmio por formación de complejos de coordinación. De igual manera pueden neutralizar  $\text{HCl}$ .



Y además son capaces de sustituir cloros activos.



Los estabilizadores de bario-cadmio son de dos tipos:

- a).-Los sólidos, generalmente lauratos o estearatos.
- b).-Los líquidos, que son fenolatos mezclados con fosfitos, aceites epoxidados y polioles.

Una desventaja de los estabilizadores de Bario-Cadmio es su alta toxicidad. El estabilizador líquido tiene la ventaja de tener una menor tendencia a la exudación y depósitos sobre la superficie del equipo.

Los estabilizadores líquidos de Bario-Cadmio se emplean para plastisoles, en los que no pueden usarse los sólidos porque se incorporan con gran dificultad y elevan mucho la viscosidad. Todos los estabilizadores de Bario-Cadmio imparten al PVC muy buena protección contra la luz solar, especialmente si se les combina con absorbedores de luz ultravioleta y son los preferidos para productos que van a usarse a la intemperie, (3).

En la evaluación de los estabilizadores se pueden utilizar pruebas estáticas o dinámicas. La prueba estática es más rápida y está normada por el método de prueba ASTM D-2115, (8). La tabla # 31 presenta los principales proveedores de estabilizadores al calor para el PVC en México.

Aceites Polimerizados, S.A. (Epoxidado)  
Argus Química Mexicana, S.A. de C.V.  
Ciba Geigy Mexicana, S.A. de C.V.  
Complementos Químicos, S.A. de C.V.  
Derivados Metal Orgánicos, S.A.  
Especialidades Ind. y Qui., S.A. de C.V. (Epoxidado)  
Ferro Mexicana, S.A. de C.V.  
Flexivinilos, S.A. de C.V. (Epoxidado)  
Henkel Mexicana, S.A. de C.V. (Epoxidado)  
Hexaquirola, S.A. de C.V.  
Nil, S.A. de C.V. (Epoxidado)  
Química Hoechst de México, S.A. de C.V.  
Resinas y Materiales, S.A. de C.V. (Epoxidado)  
Tabla # 31: Proveedores de Estabilizadores en México.  
Fuente: Documento Promocional sobre el PVC. 1988. (45).  
y Directorio de Empresas y Productos. 1991. (44).



### 3.5.-Absorbentes de Luz Ultravioleta

Quando un artículo hecho a base de PVC, es usado a la intemperie, se ve afectado por una combinación de factores ambientales que incluyen a la luz ultravioleta, el agua, el ozono y las variaciones de temperatura. La luz ultravioleta es la que produce los efectos ambientales más pronunciados. Los enlaces químicos bajo la acción de los rayos ultravioleta, se rompen, se oxidan, o bien se entrecruzan, produciendo un material frágil de baja resistencia, cambios de color y la degradación de otras propiedades.

Para aumentar la resistencia a la intemperie se pueden usar pigmentos como el dióxido de titanio o el negro de humo y también aditivos que pueden absorber y convertir la energía de la luz ultravioleta en calor. Los absorbentes de uso más común son benzofenonas modificadas y son efectivos a concentraciones bajas como 0.1 %, (9).

La tabla # 32 presenta los principales proveedores de absorbentes a la luz ultravioleta en México.

Argus Química Mexicana, S.A. de C.V.

Ciba Geigy Mexicana, S.A. de C.V.

Cyanamid de México, S.A. de C.V.

Tabla # 32: Proveedores de Absorbentes de Luz Ultravioleta.

Fuente: Documento Promocional sobre el PVC. 1988. (45).

### 3.6.-Modificadores al impacto

Los compuestos de PVC para productos rígidos necesitan contener estos aditivos para mejorar su resistencia al impacto a temperaturas más bajas. Lo que se hace prácticamente es mezclar el plástico rígido con uno elastomérico. El tamaño de partícula del polímero elástico debe ser adecuado para una buena dispersión. También debe existir suficiente compatibilidad entre el polímero rígido y el polímero elástico, para que entre ellos exista adhesión. En general, los modificadores al impacto se usan en cantidades comprendidas entre 1 y 15 partes por cien de resina de PVC, (3).

#### 3.6.1.-Principales modificadores al impacto para el PVC

a).-El CPE (Polietileno de alta densidad clorado). El grado de

compatibilidad con el PVC puede regularse controlando la cloración. Un nivel de 36 % de cloro parece ser el mejor para una buena resistencia al impacto, dispersabilidad y procesabilidad.

b).-El EVA (copolímero etileno-acetato de vinilo). Se utilizan copolímeros con propiedades elastoméricas. Los más eficientes contienen 40-50 % de acetato de vinilo. Tienen buena resistencia al calor y a la luz, buena resistencia química, buenas propiedades al impacto a bajas temperaturas y buena procesabilidad.

c).-El ABS (Acrilonitrilo-Butadieno-Estireno). Las ramas de estireno-acrilonitrilo tienen polaridad semejante a la del PVC y promueven la adhesión de los dos materiales. La porción del polibutadieno, con su gran elasticidad, confiere la resistencia de la mezcla al impacto. Se emplea un terpolímero con alto contenido de butadieno.

d).-El MBS (Metacrilato de metilo-Butadieno-Estireno). La falta de acrilonitrilo permite mayor transparencia. El MBS y el ABS, por su contenido de polibutadieno, requieren formulación especial con antioxidantes y absorbentes de luz UV, cuando el producto va a ser usado en el exterior.

e).-Resinas acrílicas. El metacrilato-butilacrilato-estireno o el metacrilato-hexilacrilato-estireno se pueden utilizar ya que tienen mejor resistencia ambiental que el ABS o MBS, (3).

La tabla # 33 presenta los principales proveedores de modificadores al impacto para el PVC en México.

González Cano y Cia., S.A de C.V.

Industrias Resistol, S.A.

México Marubeni

Rohm and Hass de México, S.A. de C.V.

Tabla # 33: Proveedores de Modificadores al Impacto.

Fuente: Documento Promocional sobre el PVC. 1988. (45).

### 3.7.-Solventes para el PVC

La tabla # 34 muestra las propiedades típicas que se determinan a un solvente, por ejemplo Metiletilcetona (MEK) de acuerdo al ASTM-D-740, (10).

Propiedad	valor	método de prueba ASTM
Pureza, % peso, min.	99.5	D-2804
Gravedad específica, 20/20°C	0.805-0.807	D-891
Color, escala Pt-Co, máx.	10	D-1209
Punto de ebullición, °C, min.	78.5	D-1078
Materia no volátil, gr/100 ml, máx.	0.005	D-1353
Olor	no residual	D-1296
Cantidad de agua, % peso, máx.	0.2	D-1364
Acidez, % peso, máx.	0.005	D-1613

Tabla # 34: Especificaciones para el Metiletilcetona (MEK).  
Fuente: ASTM-D-740, sección O6, volumen O3. 1989. (10).

Los solventes industriales son productos líquidos que pueden disolver o dispersar otros materiales. El solvente puede realizar un proceso de separación al disolver selectivamente un material de una mezcla o puede ser un auxiliar en el proceso que facilite la fabricación de un material. Los recubrimientos para superficie son un ejemplo del uso de solventes como auxiliares en el proceso. Es difícil formar una película con el polímero sólido, pero es más fácil hacerlo si el polímero está en solución, (6).

En el PVC el tamaño de la molécula es importante, ya que esto determina la relación polímero-solvente (11), como se muestra en las tablas # 35 y 36.

	densidad (grs/ml)	P.eb. (°C) (a 760mmHg)	índice de refracción
Método de prueba ASTM	D-891	D-1078	D-1045
Tetrahidrofurano (THF)	0.8892 a 20°C	66.0	1.4070 a 20°C
Oxido de mesitilo	0.8592 a 15°C	130.0	1.4425 a 22°C
Dimetilformamida (DMF)	0.9445 a 25°C	153.0	1.4280 a 25°C
Ciclohexanona	0.9478 a 20°C	155.6	1.4507 a 20°C
Nitrobenzeno	1.2050 a 15°C	210.0	1.5529 a 20°C

Tabla # 35: Solventes para el PVC de alto peso molecular.  
Fuente: The Merck Index. Edición 1990. (11).

Método de prueba ASTM	densidad	P.eb. (°C)	índice de
	(gr./ml)	(a 760mmHg)	refracción
	D-891	D-1078	D-1045
Cloruro de metileno	1.3255 a 20°C	40.0	1.4244 a 20°C
Metiletilcetona (MEK)	0.8050 a 20°C	80.0	1.3814 a 15°C
Dioxano	1.0329 a 20°C	101.0	1.4175 a 20°C
Metilisobutilcetona(MIBK)	0.8010 a 20°C	117.0	1.3960 a 20°C
Dipropilcetona	0.8210 a 15°C	144.0	1.4073 a 22°C
Metilamilcetona	0.8197 a 15°C	151.5	1.4072 a 25°C

Tabla # 36: Solventes para PVC con peso molecular más bajo.  
Fuente: The Merck Index. Edición 1990. (11).

La tabla # 37 presenta los principales proveedores de solventes para el PVC en México.

Carboquímica Block, S.A. de C.V..(Tolueno).
Celanese Mexicana, S.A..(MEK, MIBK y DMF).
Dupont, S.A. de C.V. (THF).
Egon Meyer, S.A..(MEK, MIBK y Tolueno).
Furfural y Derivados S.A..(THF).
Grupo ICI de México, S.A. de C.V..(DMF).
Helm de México, S.A. (THF).
Hidrocarburos y Derivados, S.A..(MEK y MIBK).
J.T. Baker, S.A. de C.V..(MEK, DMF y Tolueno).
Negociación Alvi, S.A.de C.V..(MEK, MIBK y Tolueno).
Petróleos Mexicanos. (Tolueno).
Química Delta, S.A. de C.V..(MEK, MIBK y Tolueno).
Quimivan, S.A. de C.V..(MEK, MIBK, DMF y Tolueno).
Solventes y Prod. Qui. S.A..(MEK, MIBK y Tolueno).
Solvemex, S.A..(MEK, DMF y THF).
Tabla # 37: Proveedores de solventes en México.
Fuente: Directorio de Empresas y Productos. 1991. (44).

### 3.7.1.-El copolímero cloruro de vinilo-acetato de vinilo

El desarrollo de los copolímeros, se realizó para conseguir una plastificación interna del PVC, y disminuir la temperatura de reblandecimiento del producto. El copolímero es más fácil de procesar que el homopolímero. El material reblandecido presenta una mejor fluidez, mejorándose además la solubilidad en disolventes orgánicos. La Copolimerización puede llevarse a cabo en agua por los procesos de suspensión o de emulsión, en cuyo caso los productos van a la industria transformadora de plásticos o bien en disolventes orgánicos para usarse en pinturas y barnices, (12).

La limitada solubilidad del PVC restringe su uso en aplicaciones con solventes. Solamente el 4 % del PVC (homopolímero) puede ser disuelto en MIBK. La copolimerización del cloruro de vinilo con acetato de vinilo se obtienen polímeros con temperatura de reblandecimiento más baja y mayor solubilidad, pero se limita la versatilidad. Con el 15 % de acetato de vinilo aproximadamente el 30 % en peso del copolímero se disolverá en MIBK para usos prácticos. El copolímero cloruro de vinilo-acetato de vinilo se emplea en la transformación de plásticos y en la industria de barnices. Entre los solventes típicos para el copolímero están el cloruro de metileno, el THF, el MIBK y el MEK, (12) (13).

En la tabla # 38 se presentan los principales proveedores del copolímero cloruro-acetato de vinilo en México.

Altaresin, S.A. de C.V.

Du Pont, S.A. de C.V.

Grupo Primex, S.A. de C.V.

Industrias Resistol, S.A.

Polycyd, S.A. de C.V.

Química Hoechst de México, S.A. de C.V.

Tabla # 38: Proveedores en México del Copolímero

Cloruro de vinilo-Acetato de Vinilo

Fuente: Directorio de Empresas y Productos. 1991. (44).

### 3.8.-Plastificantes

Los plastificantes son líquidos de baja temperatura de ebullición o sólidos de bajo peso molecular. Son materiales que se utilizan para lograr que los termoplásticos rígidos sean más flexibles, y para facilitar su procesamiento. Reducen la temperatura de fusión y la temperatura de transición vítrea del material (Tg). En eso consiste la plastificación externa y permite regular la flexibilidad del polímero según el tipo de plastificante y su proporción en la mezcla. (3) (9).

El PVC es un plástico duro y frágil. El uso de plastificantes compatibles con la resina permite impartirle una consistencia blanda y flexible. Al igual que la resina de PVC, el plastificante debe ser polar, pero no demasiado, la polaridad más adecuada es la del grupo éster y por lo tanto los plastificantes de tipo éster son los más utilizados. (6). En la tabla # 39 se dan algunos ejemplos de los plastificantes que se utilizan en el PVC, (3).

Plastificante	d(grs/ml) (a 25°C)	ind.de ref. (a 25°C)
Ftalato de di-2-etilhexilo (DOP)	0.982	1.4850
Ftalato de butil bencilo (BBP)	1.119	1.5375
Fosfato de tricresilo (TCP)	1.160	1.5550
Citrato de trietilo	1.136	1.4405
Sebacato de di-2-etilhexilo (DOS)	0.913	1.4490
Trimelitato de tri-2-etilhexilo (TOTM)	0.987	1.4848
Aceite de soya epóxidado	1.006	1.4710

Tabla # 39: Típicos plastificantes empleados en el PVC.  
Fuente: Estabilizadores Térmicos y Otros Aditivos para el PVC.  
Edición 1989. (3).

Los plastificantes funcionan solvatando los grupos polares de la cadena del polímero, debilitando así las fuerzas intermoleculares de atracción entre cadenas adyacentes. Las cadenas del polímero se separan y se lubrican permitiendo que se deslicen unas sobre otras. La acción es similar a la de los disolventes, excepto en el hecho de que los plastificantes no se evaporan con tanta rapidez. La

evaporación del plastificante es baja debido a las fuerzas de Van der Waals que se desarrollan entre plastificante y polímero, (9).

En la tabla # 40 se presentan los principales proveedores de plastificantes en México.

Aceltes Polimerizados, S.A. de C.V.  
Aldeva, S.A.  
Argus Química Mexicana, S.A. de C.V.  
Celanese Mexicana, S.A. (DOP).  
Egon Meyer, S.A. (DOP).  
Emulsiones y Resinas S.A. de C.V. (DOP).  
Especialidades Ind. y Qui., S.A. de C.V. (DOP).  
Grupo Primex, S.A. de C.V.  
Industria Química Delgar, S.A. (DOP).  
Negociación Alvi, S.A. de C.V. (DOP).  
Nil, S.A. de C.V.  
Plasticlor, S.A. de C.V.  
Reichhold Química de México, S.A. (DOP).  
Resinas y Materiales, S.A. de C.V. (DOP)  
Rohm and Hass de México, S.A. de C.V.  
Síntesis Orgánicas, S.A. de C.V. (DOP).

Tabla # 40: Proveedores de Plastificantes en México.

Fuente: Documento Promocional sobre el PVC. 1988. (45).

### 3.8.1.-Propiedades del ftalato de di 2 etilhexilo (DOP)

Es el plastificante que más se usa para obtener PVC flexible y tiene las siguientes propiedades, (3).

- a).-Baja volatilidad.
- b).-Buena compatibilidad con el PVC.
- c).-Buena resistencia térmica.
- d).-Buena resistencia a la luz ultravioleta.
- e).-Buena resistencia al agua.
- f).-Buenas propiedades eléctricas.

La tabla # 41 muestra las especificaciones estándar para el ftalato de di-2-etilhexilo (DOP) de acuerdo al ASTM-D-1249, (14).

Propiedad	valor aceptado	método de prueba ASTM
Acidez, máx., % peso	0.007	D-1045
Índice de ácido, máx., mg KOH/gr	0.067	D-1045
Contenido de éster, mín., % peso	99.0	D-1045
Gravedad específica, 20/20°C	0.983-0.988	D-1045
Color, máx., escala Pt-Co	35.0	D-1045
Índice de refracción a 20°C	1.483-1.490	D-1045
Humedad, máx., %	0.1	E-203

Tabla # 41: Especificaciones estándar del DOP.  
Fuente: ASTM-D-1249, sección 08, volumen 01. 1989. (14).

La adición de pequeñas cantidades de plastificante (aprox. 1.2 %) hacen al PVC más fuerte y rígido, cantidades mayores lo convierten gradualmente en un plástico blando, flexible y resistente. La flexibilidad puede controlarse con precisión, variando la cantidad de plastificante, (6). Al aumentar la cantidad de plastificante en un compuesto de PVC, disminuye la resistencia a la tensión y aumenta su elongación como se observa en la tabla # 42.

				método de prueba
Plastificante DOP, phr	30	50	70	ASTM
Durómetro A (15 seg)	94	79	66	D-2240
Resistencia a la tensión, psi	4,070	3,140	2,420	D-882
Elongación, %	275	325	370	D-882
Temperatura de fragilidad, °C	-4	-24	-34	D-746

Tabla # 42: Típicas propiedades en función de la concentración del plastificante.  
Fuente: Encyclopedia of PVC. Edición 1976. (15).

El PVC es un retardador de la flama debido a su alto contenido en cloro (aproximadamente 57 %). Cuando el PVC es combinado con plastificantes y otros modificadores, el material generalmente será combustible. La retardancia a la flama es fácilmente restaurada al agregar aditivos sólidos o líquidos que generalmente contienen



cloro, fósforo o antimonio. Los más comunes aditivos retardadores de flama para el PVC son el óxido de antimonio, fosfato de tricresilo e hidrocarburos clorados, como las parafinas cloradas, (9).

La tabla # 43 presenta los proveedores nacionales de retardantes a la flama utilizados en el PVC plastificado.

Celanese Mexicana, S.A.  
Charlotte Chemical Inc.  
Ferro Mexicana, S.A. de C.V.  
Fran-Química, S.A. de C.V.  
Olin-Química, S.A. de C.V.  
Sokomex, S.A.

Tabla # 43: Proveedores de Retardantes a la Flama en México.

Fuente: Directorio de Empresas y Productos. 1991. (44).

y Documento Promocional sobre el PVC. 1988. (45).

El PVC plastificado (PVC flexible), debido a su resistencia al fuego y flexibilidad, es adecuado para aislante de alambre y cables eléctricos. Por su resistencia al agua es conveniente para mangueras, calzoncillos infantiles, calzado, impermeables y capacetes de automóvil. La industria de la construcción utiliza PVC plastificado para pisos, papel tapiz. Películas y hojas de PVC plastificado sirven para empaque. Con el PVC plastificado sobre una tela como soporte, se puede obtener una tela plástica imitación cuero, que sustituye al cuero natural, en equipajes, mobiliario, vestiduras para automóvil, calzado y chamarras, (6).

### 3.9.-Agentes para espumar

El método generalmente aplicable para obtener una espuma de PVC es el que parte de un plastisol conteniendo un aditivo sensible al calor llamado agente para espumar como la fuente de la expansión gaseosa. Este agente en condiciones normales de almacenamiento es una sustancia estable, pero a temperaturas de descomposición bien definidas desprenden gas en forma controlable. Esta claro que se requiere un gas que sea incoloro y no tóxico, y que se difunda lentamente a través de la película del polímero. El  $N_2$  es ideal y la gran mayoría de los agentes para espumar modernos son compuestos

nitrogenados orgánicos. Además de producir un gas adecuado, un agente para espumar no debe producir sub-productos que sean tóxicos o que modifiquen el color de la espuma, (4).

La tabla # 44 muestra agentes comerciales para espumar el PVC.

Descripción	temperatura	
	de descomp. en el aire. (°C)	Rendimiento de gas (ml/gr)
a).-Compuestos Azo.		
Azodicarbonamida (Azobisformamida)	200	220
Azobisisobutironitrilo	115	130
Diazoaminobenceno	103	115
b).-Compuestos nitrosos N.		
Dimetil N-N'dinitroso N-N'tereftalamida	105	126
Dinitroso N-N'pentametilentetramina	195	265
c).-Hidrazidas de sulfonilo.		
Hidrazida del benzensulfonilo	>95	130
Hidrazida del disulfonil 1,3 benceno	146	85
Hidrazida del disulfonil 3,3'difenilsulfona	148	110

Tabla # 44: Agentes típicos para espumar el PVC.  
Fuente: Principios de Sistemas de polímeros. Ed. 1984. (4).

La tabla # 45 presenta los proveedores de agentes para espumar el PVC en México.

Compañía Química Ameyal, S.A.
Concentricel, S.A.
Micro, S.A.
Química Heterocíclica Mexicana, S.A. de C.V.

Tabla # 45: Proveedores de agentes para espumar en México.  
Fuente: Documento Promocional sobre el PVC. 1988. (45).

### 3.9.1.-Propiedades de la Azodicarbonamida

Es el compuesto más utilizado para producir la espuma de PVC plastificado, tiene la fórmula  $H_2N-CO-N=N-CO-NH_2$ , con un peso molecular de 116.1 grs./mol. Es un polvo fino de color amarillo, con

una gravedad específica de 1.66. Es insoluble en los plastificantes y los solventes comunes. Cuando esta pura y seca se descompone entre 195-200°C pero la presencia de otros ingredientes afecta el mecanismo de la descomposición, su rango de descomposición en plásticos es de 160-200 °C, (4).

La reacción de descomposición puede activarse con diversos reactivos llamados iniciadores o promotores, de manera que la descomposición se presente a una temperatura inferior. El agente promotor de la descomposición de la azodicarbonamida más usado es el óxido de zinc. Antes de combinarlo con el plastisol el agente para espumar se mezcla con el iniciador y se dispersa en plastificante utilizando inicialmente un mezclador planetario y después se termina de dispersar en un molino de tres rodillos. (15). La tabla # 46 muestra la mezcla típica para dispersar el agente para espumar.

Material	Cantidad
Azodicarbonamida	100.0
Plastificante DOP	85.0
Activador (ZnO)	10.0

Tabla # 46: Mezcla típica para dispersar el agente para espumar  
Fuente: Enciclopedia of PVC. Edición 1976. (15).

Las espumas son más ligeras y más compresibles que los plásticos de donde provienen. Los plásticos espumados difieren en su densidad. Las espumas más densas son más fuertes y las más ligeras más débiles pero se comprimen más. La tabla # 47 muestra dos ejemplos de formulaciones para obtener espumas de PVC.

Material	Fórmula A	Fórmula B
Resina de PVC	100	100
Plastificante	130	70
Estabilizador	5	5
Agente para espumar	30	20

Tabla # 47: Ejemplos de fórmulas para obtener espumas de PVC.  
Fuente: Polymeric Materials. Edición 1961. (13).

La fórmula A proporciona una espuma suave con densidad de 0.128 gr/cm<sup>3</sup> mientras que la fórmula B produce una espuma dura con una densidad de 0.176 a 0.192 gr/cm<sup>3</sup>, (13).

### 3.9.2.-Clasificación de las espumas

Las espumas pueden clasificarse de acuerdo al tipo de celda que se forme, en espumas de celdas abiertas y cerradas, (4).

#### a).-Espumas de celdas cerradas.

En este tipo de espuma, cada celda puede estar completamente cerrada por una membrana. Una celda cerrada tiende a almacenar reversiblemente la energía como si fuera un pequeño globo. Resultan celdas cerradas cuando la descomposición y la gelación se efectúan en un molde cerrado que esta lleno con plastisol conteniendo el agente para espumar. Después del ciclo de calentamiento, el artículo se enfría en el molde. Las espumas de PVC de celdas cerradas se han vuelto muy populares en el campo de los deportes. Tienen excelentes propiedades de absorción de golpes, se usan en petos, cascos, boyas, chalecos salvavidas, y otros acojinamientos protectores. Además forman una mejor barrera para el calor, (4) (9).

#### b).-Espumas de celdas abiertas.

Cada celda puede estar interconectada con las vecinas. En la espuma de celdas abiertas, es conveniente que la compresión origine el flujo de aire de celda a celda como si fuera una serie de orificios. Cuando un plastisol que contiene un agente para espumar se extiende sobre un sustrato y se funde sin que tenga una superficie que lo confine, la estructura generalmente es de celdas abiertas. Las espumas de PVC de celdas abiertas, ya sea laminado con una tela textil o como sandwich es decir una película de espuma entre dos telas textiles, se utilizan en acabados interiores de autos, ropas de vestir, bolsas de mano y accesorios, cubiertas de cojines, calzado y zapatos tenis, tapicería de muebles y pisos, además ofrecen la mejor modificación acústica, (4) (6) (9).

### 3.10.-Rellenos

Los rellenos son aditivos sólidos que difieren de los polímeros en su composición. Generalmente son inorgánicos. Los rellenos aumentan el volumen y bajan el precio. Algunos son inertes, es decir, afectan poco a las propiedades físicas del polímero y otros son activos porque mejoran algunas de estas propiedades. (3).

La tabla # 48 muestra los rellenos más comunes para el PVC.

Nombre	Composición	Dureza (Mohs)	S. g.	Absorción de aceite
Sílice	Dióxido de silicio	7.0	2.65	20-90
Wollastonite	Silicato de calcio	5.0	2.10	26
Whiting	Carbonato de calcio	3.0	2.71	5-15
Mica	Silicato de Al y K	3.0	2.75	35-70
Arcilla	Silicato de aluminio	2.5	2.59	35-60
Talco	Silicato de magnesio	1.5	2.8	35-65

Tabla # 48: Rellenos más comunes para el PVC.  
Fuente: Encyclopedía of PVC. Edición 1976. (15).

La tabla # 49 presenta los proveedores del relleno Carbonato de Calcio en México.

Centro Químico, S.A.
CO <sub>2</sub> de México, S.A. de C.V.
Derivados Químicos Infra, S.A. de C.V.
González Cano y Cia., S.A. de C.V.
Helm de México, S.A.
Industrias Cerámicas, S.A.
Liquid Carbonic de México, S.A. de C.V.
Productos Industriales Mexicanos, S.A.
Química Delta, S.A.
Sierra Talc, S.A.
Solventes y Productos Químicos, S.A. de C.V.

Tabla # 49: Proveedores de Carbonato de Calcio en México.  
Fuente: Directorio de Empresas y Productos. 1991. (44).

### 3.10.1.-Propiedades del Carbonato de calcio

En el caso del PVC, los rellenos se emplean casi exclusivamente para reducir el costo y el relleno más ampliamente usado para lograr este propósito es el carbonato de calcio. Las ventajas del carbonato de calcio como relleno del PVC son:

- a).-Bajo costo.
- b).-Buena dispersabilidad.
- c).-Baja absorción de plastificantes y otros aditivos.
- d).-Muy bajo carácter abrasivo.
- e).-Mejor apariencia de la superficie de los productos.
- f).-Mejoramiento de algunas propiedades, por ejemplo, mayor rigidez y mejor resistencia a la deformación térmica.

Los carbonatos de calcio de buena calidad para rellenos deben ser de gran pureza, no deben contener iones metálicos que catalicen la degradación del PVC. (3).

La tabla # 50 muestra que los carbonatos de calcio son naturales y sintéticos. Los sintéticos tienen partículas de menor tamaño y más uniforme que los naturales, pero son más caros, (16).

Tipo	Tamaño (micras)	Absorción de aceite	Costo(1990) (dólares/ton)
Naturales		5-15	
grueso	9-17	---	49
medio	4-9	---	70
fino	0.5-4	---	123
Sintéticos		20-65	
fino	0.5	---	212
ultrafino	0.05-0.5	---	540

Tabla # 50: Diferentes tipos de Carbonato de Calcio.  
Fuente: Encyclopedia of PVC. Edición 1976. (15).  
y Chemical Marketing Reporter, Abril 2, 1990. (16).

El tamaño de partícula más adecuado para ser usado como relleno es de 10 a 45 micras de acuerdo al ASTM-D-1199, (17).

Los carbonatos de calcio naturales, como la piedra caliza con distribución favorable de tamaños y absorción mínima de plastificante, son importantes en pastas para recubrimientos y para espumas de PVC. Consolidan los plastisoles y mejoran su adhesión al sustrato, (3). Al agregar el carbonato de calcio a un plastisol formado de 50 partes de DOP por 100 de resina se observa que al incrementar la cantidad del relleno disminuyen el % de elongación y la resistencia a la tensión, como se muestra en la tabla # 51. Sin embargo la cantidad de carbonato de calcio no debe exceder del 20 al 30 % del peso de la resina.

% en volumen de relleno	% elongación	Resistencia a la tensión (psi)
0	280	3,010
6.9	260	2,670
12.9	230	2,270
22.9	210	1,820
30.9	160	1,530

Tabla # 51: Típicas propiedades en función de la concentración del relleno  $\text{CaCO}_3$ .  
Fuente: Encyclopedia of PVC. Edición 1976. (15).

### 3.11.-Materiales para dar color

Existen dos clases de sustancias para dar color a los materiales: Colorantes y Pigmentos.

#### 3.11.1.-Colorantes

Los colorantes son sustancias orgánicas, naturales y sintéticas que están formados de pequeñas partículas, las cuales pueden ser completamente disueltas en agua o algún otro vehículo. Se aplican en solución y el sustrato debe tener cierta afinidad para absorberlo y quedar unido por acción química, calor y otros tratamientos. Los colorantes se emplean principalmente para teñir fibras textiles, productos alimenticios, cuero, papel, tejidos o microbios, (6).

### 3.11.2.-Pigmentos

Los pigmentos son sustancias orgánicas e inorgánicas de origen natural y sintético, que están formadas por partículas coloridas insolubles. Las propiedades que se buscan en un pigmento son: deben poseer color correcto, opacidad, buen poder cubriente, dispersarse con facilidad, humectabilidad por los ingredientes que forman el vehículo, ser químicamente inertes, de baja o nula toxicidad, de costo razonable, firmeza a la luz, al calor, a los disolventes orgánicos, al agua, a los ácidos, a los álcalis y resistencia al "sangrado" y floculación. El grado de "sangrado" depende de la solubilidad del pigmento en los disolventes y la floculación se refiere a la formación de agregados del pigmento, (6) (18).

El poder cubriente se refiere a la capacidad que tiene un pigmento disperso en un vehículo para ocultar el color del sustrato, varía según el tipo de pigmento. Los pigmentos inorgánicos tienen mayor poder cubriente que los pigmentos orgánicos. Los pigmentos oscuros son más efectivos que los de color claro. Mientras más fino esté el pigmento, mayor será el poder cubriente, (19).

En la tabla # 52 se muestran las especificaciones estándar para el pigmento blanco dióxido de titanio según el ASTM-D-476, (20).

Propiedad	valor aceptado	método de prueba ASTM
Dióxido de titanio ( $\text{TiO}_2$ ), min., %	92	D-1394
Gravedad específica	4.0-4.3	D-153
Humedad y otras materias volátiles, máx., %	0.7	D-280
Poder cubriente, $\text{m}^2/\text{kg}$	30.0	D-2805
Absorción de aceite, grs. de aceite/ 100 grs de pigmento	16-48	D-281
Partículas gruesas, residuo total retenido en tamiz No. 325, %	0.2	D-185
Materia soluble en agua, resistencia específica, min., $\text{ohm}^2\text{cm}$	5,000	D-2448

Tabla # 52: Especificaciones estándar para el pigmento blanco dióxido de titanio ( $\text{TiO}_2$ ).

Fuente: ASTM-D-476, sección 06, volumen 02. 1989. (20).



Los pigmentos son importantes en aplicaciones donde la insolubilidad es esencial como son las tintas de impresión donde un colorante solo se esparce o sangra sobre el área en que se aplican. Los pigmentos tienen mayor poder cubriente y resistencia al calor, por lo cual son de valor en las tintas y en la coloración de los plásticos. Los pigmentos no se adhieren a los sustratos en la misma forma que los colorantes. Por lo cual se dispersan en un vehículo adherente que generalmente es un polímero y se fija mecánicamente a la superficie del sustrato, (6).

La función de los pigmentos es la de proporcionar una superficie colorida, proteger la película de los destructivos rayos luminosos y aumentar el atractivo. Para determinar el color de un pigmento se puede utilizar el método de prueba ASTM-D-1535, (21). el cual es un método de comparación visual con colores estándar en ediciones mate y brillosas, o se puede utilizar el método de prueba ASTM-E-308 (22) donde se realizan medidas espectrofotométricas. La tabla # 53 presenta los proveedores de pigmentos inorgánicos y orgánicos en México.

Basf Mexicana, S.A. de C.V.  
Ciba Geigy Mexicana, S.A. de C.V.  
Colorquim, S.A. de C.V.  
Complementos Químicos, S.A.  
Concentrados Plásticos, S.A.  
Ferro Mexicana, S.A. de C.V.  
Hexaquimia, S.A. de C.V.  
Pigmentos para la Industria del Plástico, S.A.  
Pigmentos Poli-Kron, S.A.  
Pigmentos y Óxidos, S.A. de C.V.  
Pigmentos y Productos Químicos, S.A. de C.V.  
Química Hoechst de México, S.A. de C.V.

Tabla # 53: Proveedores de Pigmentos en México.

Fuente: Documento Promocional sobre el PVC. 1988. (45).

### 3.11.3.-Pigmentos compatibles con el PVC

El método general para dar color a los compuestos de PVC es con pigmentos. Las tablas # 54 y 55 muestran los pigmentos inorgánicos y orgánicos que son compatibles con los compuestos del PVC, (15). (18).

Compuesto	color	absorción de aceite	resistencia al calor
Dióxido de titanio	blanco	16-48	muy alta
Oxido de hierro sintético	rojo	60-75	muy alta
Sulfuro-Seleniuro de cadmio	rojo	20	muy alta
Sulfuro-Seleniuro de cadmio	naranja	22	muy alta
Amarillo cromo	amarillo	16-35	alta
Oxido de hierro sintético	amarillo	50-60	alta
Oxido de cromo	verde	14	muy alta
Oxido de cromo hidratado	verde	80-110	muy alta
Azul cobalto	azul	27-36	muy alta
Oxido de hierro sintético	café	24	alta
Negro carbón	negro	33-375	muy alta

Tabla # 54: Pigmentos inorgánicos compatibles con el PVC.  
Fuente: Encyclopedia of PVC. Edición 1976. (15).

compuesto	color	absorción de aceite	resistencia al calor
Quinacridona	rojo	41.0	muy alta
Isoindolinona	rojo	39-55	muy alta
Isoindolinona	naranja	39-55	alta
Pirantrona	naranja	67-71	alta
Flavantrona	amarillo	36-40	muy alta
Isoindolinona	amarillo	39-55	muy alta
Ftalocianina	verde	35-42	muy alta
Ftalocianina	azul	30-58	muy alta
Indantrona	azul	43.0	alta
Quinacridona	violeta	44.0	alta

Tabla # 55: Pigmentos orgánicos compatibles con el PVC.  
Fuente: Encyclopedia of PVC. Edición 1976. (15).

El pigmento que será usado para dar color al plastisol y a la mezcla seca, se dispersa en una pequeña cantidad de plastificante. La tabla # 56 muestra ejemplos de la mezcla pigmento-plastificante.

Pigmento	color	Partes de DOP por 100 de pigmento	Finura (micras)
Dióxido de titanio	blanco	50	4.0
Ftalocianina	azul	230	7.0
Negro carbón	negro	400	5.0

Tabla # 56: Mezclas típicas pigmento-plastificante.  
Fuente: Encyclopedia of PVC. Edición 1976. (15).

El pigmento y el plastificante se mezclan en un mezclador planetario. Este mezclador es de baja velocidad y alto esfuerzo cortante que tiene un par de paletas en forma de anillo que giran con dos movimientos, uno sobre su propio eje y otro describiendo un círculo dentro de una tina. La tina puede cambiarse por otra permitiendo el uso de un solo mezclador para varias tinas o lotes. El mezclador es capaz de manejar mezclas con una viscosidad mayor de 200,000 cps y es muy adecuado para dispersar pigmentos en plastificante, (15).

Para moler finamente la dispersión del pigmento, la cual todavía puede conservar partículas aglomeradas que no fueron dispersadas completamente en el mezclador planetario, se utiliza un molino de tres rodillos. Este molino opera por acción cortante, estirado y compresión de los materiales para formar una mezcla más homogénea. Los rodillos son de acero, con el núcleo dispuesto para enfriamiento. La velocidad de los rodillos aumenta sucesivamente desde el punto de alimentación hasta el lugar de descarga. El material entra por el rodillo más lento, desde el cual se traslada al rodillo siguiente por la acción cortante o de batido del segundo, y así sucesivamente hasta que es retirado del rodillo más rápido por medio de una cuchilla raedera. Con esto se evita que lleguen a la línea de producción partículas gruesas que menoscaban el aspecto y calidad del producto, (23).

La finura de la dispersión pigmento-plastificante se determina visualmente usando el método de prueba ASTM-D-1210, (24).

### 3.12.-Lubricantes

Los lubricantes mejoran la procesabilidad de los polímeros realizando varias funciones importantes, (3).

a).-Reducen la fricción entre las partículas del material, minimizando el calentamiento friccional y retrasando la fusión hasta el punto óptimo.

b).-Reducen la viscosidad del fundido promoviendo el buen flujo del material.

c).-Evitan que el polímero caliente se pegue a las superficies del equipo de procesamiento.

La tabla # 57 presenta los proveedores de lubricantes en México.

Argus Química Mexicana, S.A. de C.V.  
Derivados Metal Orgánicos, S.A.  
Ferro Mexicana, S.A. de C.V.  
Gardhal, S.A.  
Nil, S.A. de C.V.  
Henkel Mexicana, S.A. de C.V.  
Química Hoechst de México, S.A. de C.V.

Tabla # 57: Proveedores de Lubricantes en México.

Fuente: Documento Promocional sobre el PVC. 1988. (45).

#### 3.12.1.-Clasificación de los lubricantes

Los lubricantes se clasifican en externos e internos de acuerdo al grado de compatibilidad que tienen con el PVC. (3).

a).-Lubricantes externos.

Los lubricantes externos, reducen la fricción entre partículas del polímero antes y durante la fusión y además, disminuyen la adherencia polímero-metal. Estos lubricantes son poco compatibles con el PVC y emigran hacia la superficie de las partículas o del material fundido para lubricarlos.

Ejemplos:

Jabones metálicos como los estearatos de Calcio, Zinc, Plomo, Cadmio y Bario.

Ceras parafínicas como las ceras de polietileno.

Ceras tipo éster como el triestearato de glicerol y ceras montánicas.

b).-Lubricantes internos.

Los lubricantes internos, son compatibles con el PVC y sirven para reducir la fricción entre las moléculas del polímero. Reducen la viscosidad del fundido y también la resistencia al flujo. Los lubricantes internos son ácidos grasos, ésteres y alcoholes.

Los ésteres de los ácidos grasos son versátiles y pueden servir como lubricantes internos y también externos. Por ejemplo el monoestearato de glicerilo es un lubricante interno. En cambio el triestearato de glicerilo funciona como lubricante externo.

El ácido esteárico, se usa casi exclusivamente en el PVC flexible, funciona en este caso como lubricante externo, para evitar que el PVC plastificado se pegue a las superficies del equipo de procesamiento, (3). El ácido esteárico es el ácido graso más común, que se encuentra en grasas vegetales y animales. Es incoloro, con olor y sabor que recuerdan al sebo, es insoluble en agua y soluble en alcohol, éter, cloroformo y tetracloruro de carbono. Tiene un punto de fusión de  $69.6^{\circ}\text{C}$ . Se obtiene a partir de sebos en varias calidades llamadas, saponificado, destilado, de un solo prensado, doble prensado y triple prensado. Este último, es el que se utiliza como lubricante en el proceso de calandreado, (11).

## CAPITULO 4

### FABRICACION DE LAS TELAS PLASTICAS A BASE DE PVC

Una tela es una estructura plana, obtenida por el enlace de hilos, fibras o filamentos. Técnicamente, algo que no esté hecho de fibras, no es considerado como tela. Sin embargo, existen materiales en el mercado, que son usados para obtener útiles y atractivos productos para el hogar, los negocios y la industria, pero los cuales no están hechos de fibras, y se denominan telas recubiertas o telas plásticas, (25).

Los tipos de construcción más comunes son:

- a).-Película de PVC
- b).-Película de PVC-Tela de refuerzo.
- c).-Película de PVC-Espuma de PVC-Tela de refuerzo.

La película que tiene una tela como refuerzo resulta más cara que la película sin refuerzo, pero tiene mayor capacidad para coserse y tiene menos posibilidad de romperse a lo largo de la costura o de desgarrarse al ser clavada. La película actúa como una superficie protectora y decorativa mientras que la tela de refuerzo proporciona una mayor resistencia a la tensión en la construcción total. La tela de refuerzo puede ser tela con tejido plano o con tejido de punto, y ser de algodón, rayón, nylon o poliéster (apéndice # 3), según el tipo de aplicación. En los productos para tapicería y prendas de vestir se utiliza generalmente una tela de tejido de punto tipo Jersey de algodón o poliéster. Donde no se requiere una tela que se extienda, por ejemplo en equipaje y calzado, se utiliza una tela con tejido plano tipo satén de algodón. En los casos donde se requiere un peso ligero combinado con alta resistencia como para ser usado en lonas y tiendas de campaña se utiliza una tela con tejido de punto de nylon, (15).

#### 4.1.-Construcción Película-Tela de refuerzo

El principal producto conocido es el material que se utiliza para tapicería. En un principio, esta línea de productos estaba basada enteramente en la construcción Película de PVC-Tela de refuerzo. La película se obtiene por un proceso de calandreado y se une a la tela de refuerzo utilizando un plastisol adhesivo en una máquina que lamina y graba al mismo tiempo, (15).

#### 4.1.1.-Mezcla para formar la película de PVC

La selección de aditivos y su dosis dependen de cada aplicación, el formulador puede utilizar la información que proporcionan los fabricantes de resinas y de aditivos, pero fundamentalmente se basa en sus propios conocimientos y experiencia para proponer una formulación inicial. Este compuesto inicial debe evaluarse mediante pruebas de laboratorio y pruebas de procesado a nivel piloto y su composición después se ajusta hasta obtener el producto con las características deseadas. Entonces, se realizan las pruebas en planta y se hacen los ajustes finales a la formulación, (3).

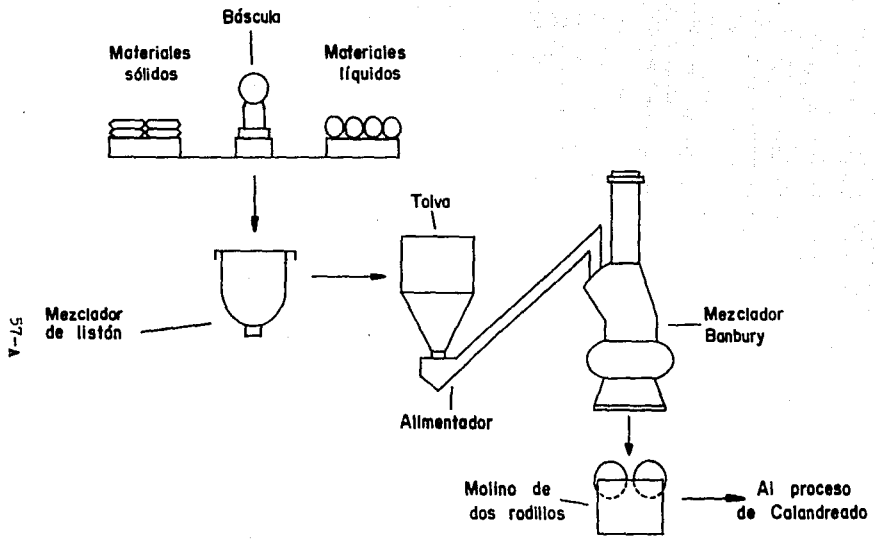
Una formulación típica de la mezcla para fabricar la película de PVC que se utiliza en materiales para tapicería se presenta en la tabla # 58.

Material	Cantidad
Resina PVC de suspensión	100.0
Plastificante DOP	50.0
Estabilizador Ba/Cd	3.5
Acete epoxidado de Soya	3.5
Relleno (CaCO <sub>3</sub> )	14.0
Lubricante (Ac. esteárico)	0.5
Dispersión del pigmento	8.0

Tabla # 58: Formulación típica de la mezcla para obtener la película de PVC que se utiliza en tapicería.

Fuente: Enciclopedia of PVC. Edición 1976. (15).

En la figura # 1 (15), se muestra la preparación de la mezcla para formar la película de PVC. Inicialmente todos los ingredientes polvos y líquidos se pesan y posteriormente se combinan en un mezclador de volteo llamado, Mezclador de Listón, el cual por un simple movimiento de rotación, hace que las partículas suban juntas y que después caigan, separándose en pequeños dominios que se vuelven a reunir al azar en el siguiente ciclo. Después de 10 min. de mezclado se obtiene una mezcla seca, (4).



57-A

Figura # 1: Preparación de la mezcla para formar la película de PVC.



Enseguida para dispersar mejor los ingredientes se utiliza un Mezclador Tipo Banbury, donde la mezcla seca se pasa poco a poco por la tolva de alimentación a una cámara de mezclado, en donde giran dos espirales interrumpidas en direcciones opuestas a una velocidad de 30 a 40 RPM y se mantiene la mezcla bajo la presión de un ariete hidráulico. Tanto los rotores como las paredes de la cámara se encuentran preparados para mantenerlos calientes mediante circulación de vapor de agua. La mezcla final es descargada por una portezuela del fondo, (4) (23).

Del Mezclador Banbury se obtiene una pesada masa pastosa la cual se pasa a un Molino de Dos Rodillos, donde en el espacio que queda entre los dos rodillos, el material recibe una acción de corte, estirado y compresión para formar una mezcla más homogénea. Los rodillos tienen el núcleo preparado para calentarlos con vapor de agua y acelerar el proceso, además no giran a la misma velocidad. El rodillo delantero generalmente gira más lentamente que el trasero. La razón de las velocidades periféricas de los rodillos, llamada razón de fricción esta en el intervalo 1 a 2 y el valor más empleado es 1.2, esta diferencia de velocidades incrementa la acción cortante y el efecto de mezclado. La mezcla que resulta del molino de dos rodillos va directamente a la calandria, (4) (23).

#### 4.1.2.-Proceso de calandreado

La figura # 2 (26), muestra como se obtiene la película de PVC utilizando el proceso de calandreado. Este proceso esta formado por una calandria vertical de tres rodillos calentados internamente con vapor de agua, rodillos para controlar la tensión, tambores de enfriamiento, cuchillas giratorias para cortar las orillas y el enrollador de la película de PVC. Además puede contar con una sección de grabado para dar un acabado mate o satinado a la superficie de la película si es necesario, (26).

En la calandria se deben vigilar los siguientes parámetros.

- a.-Velocidad de los rodillos.
- b.-Temperatura de los rodillos.
- c.-Tamaño de las aberturas entre los rodillos.

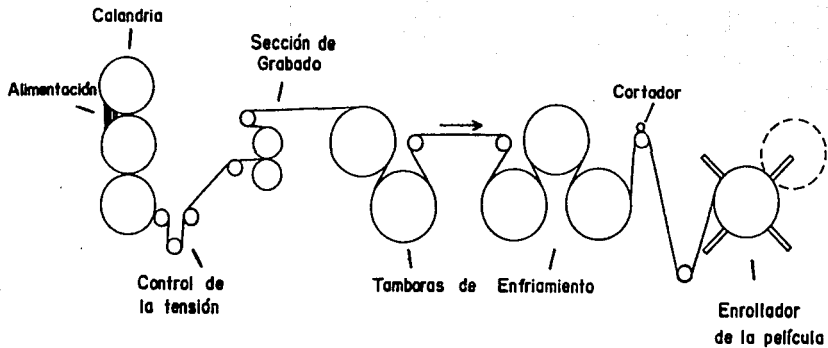


Figura # 2: Fabricación de la película de PVC por el proceso de calendreado.

Las condiciones de operación para la calandria se determinan mediante pruebas, partiendo de condiciones iniciales sugeridas por la teoría o derivadas de productos parecidos. Típicamente, una formulación de PVC rígido, basada en resina de peso molecular medio (valor K de 65-75) debe tener en los rodillos una temperatura promedio de 180-190°C. El PVC flexible es normalmente calandreado a temperaturas de 10-20°C más abajo que el PVC rígido, (47).

Las condiciones típicas de calandreo para película y hoja de PVC flexible están mostradas en la tabla # 59. (47).

No de rodillo	Para hojas		Para películas	
	Temperatura (°C)	Velocidad (m/min)	Temperatura (°C)	Velocidad (m/min)
1	175	38	170	80
2	178	39	173	82
3	181	42	176	85

Tabla # 59: Condiciones típicas de calandreo.  
Fuente: Handbook of Plastic Materials and Technology. 1990. (47).

La masa plástica y caliente que se obtiene inicialmente del mezclador Banbury y posteriormente del molino de dos rodillos se alimenta a la calandria de tres rodillos que giran aproximadamente a la misma velocidad. La calandria exprime la masa en una película a una temperatura que le imparta textura y brillo a la superficie. El espesor de la película depende de la abertura entre los rodillos, de la velocidad de los rodillos enfriadores y del rodillo enrollador los cuales estiran la película plástica. En el proceso de calandreo se obtienen películas con un ancho de 1.30 a 1.50 mts. y con un espesor de 3 a 30 milésimas de pulgada. El espesor depende de la profundidad que se desea obtener en el siguiente proceso de laminación y grabado, (4) (13).

La tabla # 60 presenta las especificaciones estándar para películas de PVC plastificado obtenidas en un proceso de calandreado de acuerdo al ASTM-D-1593, (27).

Propiedad	valor	método de prueba ASTM
Acondicionamiento para la prueba	---	D-618
Resistencia a la tensión, mín., psi	2,300	D-882
Elongación a la ruptura, mín., %	150	D-882
Resistencia al desgarre, mín. lbf/in	200	D-1004
Impacto a baja temperatura, máx., °C	-18 a -20	D-1593
Velocidad de quemado, máx., in/seg	1.2	D-4549
Encogimiento a elevada temperatura, máx., %	7	D-1204
Extracción con agua, máx., %	1	D-1239
Pérdida de materia volátil para película		
con espesor de 3 mils. de pulg., máx., %	10	D-1203
con espesor de 10 mils. de pulg., máx., %	3	D-1203

Tabla # 60: Especificaciones estándar para películas de PVC plastificado con un espesor de 3 a 10 mils. de pulg. obtenidas en un proceso de calandreado.

Fuente: ASTM-D-1593, sección 08, volumen 01, 1989. (27).

#### 4.1.3.-Proceso de laminación y grabado

La figura # 3 (26), muestra la máquina laminadora donde se lamina y graba al mismo tiempo. Cuenta principalmente con una sección de grabado formada por un rodillo grabador y un rodillo recubierto de hule, además tiene rodillos desenrolladores, rodillos abridores, un rodillo aplicador de adhesivo, un gran tambor calentado con vapor de agua, rodillos para calentar y enfriar, un acumulador de material, un enrollador y equipo auxiliar para guiar y tensionar el material con el propósito de tenerlo bien extendido durante todo el proceso, (26).

V-09

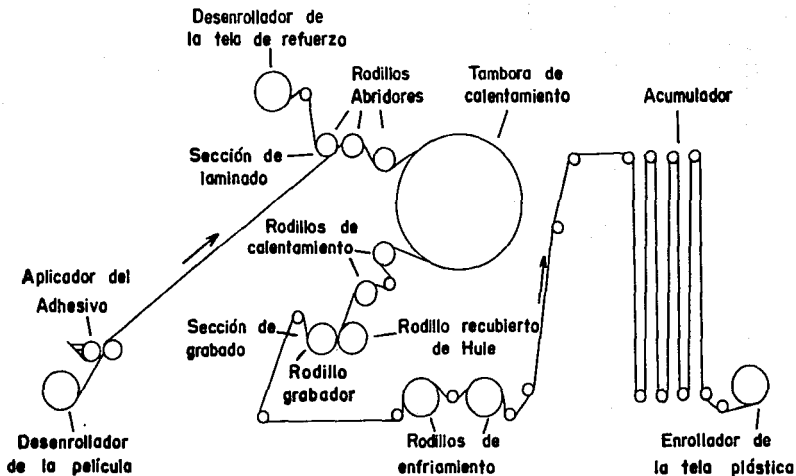


Figura # 3: Proceso de Laminación y Grabado.

En este tipo de máquina se une la tela de refuerzo a la película de PVC plastificado que se obtiene en la calandria, utilizando un plastisol como adhesivo. En la tabla # 61 se presenta la formulación típica de un plastisol adhesivo.

Material	Cantidad
Resina PVC de emulsión	100.0
Plastificante DOP	35.0
Plastificante BBP	35.0

Tabla # 61: Formulación típica de un plastisol adhesivo.  
Fuente: Encyclopedía of PVC. Edición 1976. (15).

Para preparar el plastisol adhesivo se utiliza un mezclador de alta velocidad y alto esfuerzo cortante llamado Mezclador Cowles, el plastisol adhesivo debe tener una viscosidad de 7,000 a 10,000 cps. La viscosidad se mide con un viscosímetro Brookfield de acuerdo al método de prueba ASTM-D-1824, (28).

El hecho de aplicar un adhesivo en forma líquida es que sirve para llenar las asperezas de los sustratos y para dar origen a una unión mecánica y al mismo tiempo debido al acercamiento entre el adhesivo y el sustrato se presenta una unión electrovalente, (9).

El laminado recibe calor en el gran tambor suficiente para gelar y fundir el adhesivo. Con los rodillos de calentamiento se ablanda el material para que llegue en esta condición a la sección de grabado. Se graba a presión con un rodillo grabador enfriado con agua. Posteriormente la tela plástica grabada se enfría, se le corta la orilla para obtener el ancho adecuado y se enrolla.

De esta manera se pueden obtener grabados que imitan los tejidos de la seda, bambú, mimbre, henequén, lino, y paja. También se pueden obtener marcas que imitan la piel de los animales como el antilope, búfalo, cabra, cochino, elefante, novillo, venado, bisonte, vibora, cocodrilo, tortuga, lagarto, potro, morsa, armadillo, y otros. También se pueden obtener marcas geométricas, como cocolos, puntos, círculos, caracoles, remolinos, madera, muro, y flores.

En la tabla # 62 se dan algunos valores de las telas plásticas con el tipo de construcción película de PVC-tela de refuerzo usadas como materiales para tapicería.

clase	tipo de tejido	Tela de refuerzo	Película de PVC
		peso (grs/m <sup>2</sup> )	peso (grs/m <sup>2</sup> )
1	plano tipo satin	271.0	237.0
2	plano tipo satin	339.0	271.0
3	plano tipo duck	395.0	593.0
4	plano tipo duck	395.0	1,000.0
5	plano tipo sarga	322.0	356.0
6	de punto tipo jersey	227.0	434.0
7	de punto tipo jersey	227.0	627.0

Tabla # 62: Típicos valores de telas plásticas con el tipo de construcción película de PVC-tela de refuerzo usadas en tapicería  
Fuente: Enciclopedia of PVC. Edición 1976. (15).

Esta línea de productos se basa en una laminación consistiendo de varios gramos por m<sup>2</sup> de PVC plastificado con una tela como refuerzo. Este simple laminado está todavía disponible, pero actualmente la mayor parte del material usado para tapicería tiene la construcción Película de PVC-Espuma de PVC-Tela de refuerzo, (15).

#### 4.2.-Construcción Película-Espuma-Tela de refuerzo

La construcción formada por Película de PVC-Espuma de PVC-Tela de refuerzo, se obtiene en una máquina recubridora. En este caso una lámina de espuma de PVC está colocada entre la tela de refuerzo y la película de PVC o superficie de desgaste. La presencia de la lámina de espuma proporciona un número de características que han extendido el uso de las telas plásticas. La lámina de espuma de PVC, imparte aislamiento y docilidad en el manejo. El principal uso para esta línea de productos es en tapicería de muebles y asientos para casas, oficina, instituciones, automóviles y transporte público. La suavidad que proporciona este tipo de construcción puede usarse para la fabricación de chamarras, zapatos tenis y otras prendas de vestir, (15).

#### 4.2.1.-Preparación del plastisol superficie

Los plastisoles son dispersiones de resina de PVC obtenida en el proceso de emulsión en plastificante, además contienen otros ingredientes que juegan un papel importante para proporcionar al mismo tiempo las propiedades de flujo necesarias para su aplicación en el procedimiento y las propiedades específicas deseadas en el producto. La tabla # 63 muestra la formulación típica para preparar el plastisol superficie.

Material	Cantidad
Resina PVC de emulsión	100.0
Plastificante DOP	55.0
Estabilizador Ba/Cd	3.0
Aceite epoxidado de soya	5.0
Relleno (CaCO <sub>3</sub> )	35.0
Dispersión de pigmentos	8.0

Tabla # 63: Formulación típica para preparar el plastisol superficie.

Fuente: Encyclopedia of PVC. Edición 1976. (15).

En la figura # 4 (19), se muestra el procedimiento para preparar el plastisol superficie. Todos los ingredientes líquidos se pesan en un tanque de pesadas y se pasan al mezclador Cowles, donde se incorporan todos los ingredientes en polvo y la dispersión de pigmentos y se mezcla hasta formar una mezcla homogénea. La mezcla que resulta debe tener una viscosidad de 3,000 a 4,000 cps. que es la más adecuada para su aplicación. Para determinar la viscosidad del plastisol se utiliza un viscosímetro Brookfield de acuerdo al método de prueba ASTM-D-1824, (28).

El mezclador Cowles, es un mezclador de alta velocidad y alto esfuerzo cortante el cual utiliza una aspa agitadora de diseño especial que gira a alta velocidad para crear una enorme turbulencia en el área que rodea a la aspa agitadora. En dicha área de turbulencia las partículas son dispersadas por el impacto a alta velocidad de unas con otras y también por el esfuerzo cortante del agitador. El mezclador Cowles tiene una velocidad de agitación de



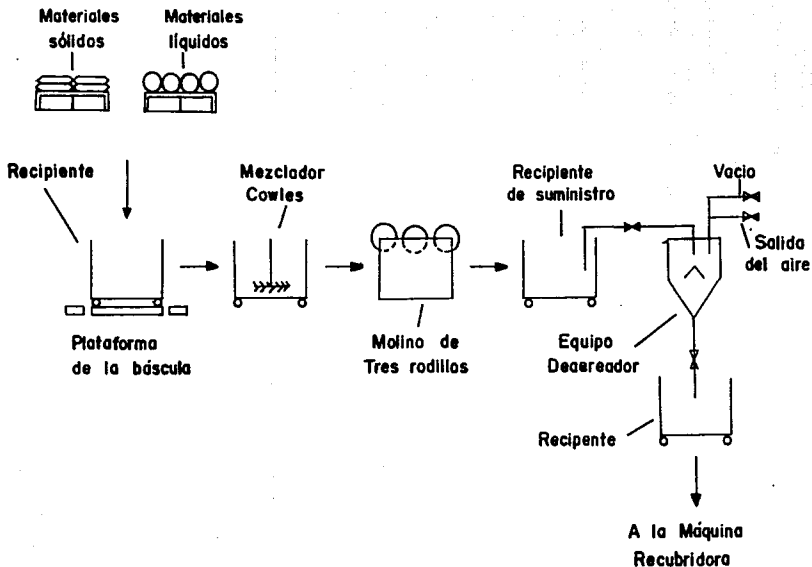


Figura #: 4: Procedimiento para preparar el Plastisol Superficie.

600 a 6,000 rpm. y se recomienda para plastisoles de viscosidades menores de 20,000 cps., (4).

La dispersión se logra rápidamente, en un período de 15 minutos, y se debe evitar que la temperatura de la mezcla supere los 35°C, ya que por encima de esta temperatura, la mezcla tiende a incrementar la viscosidad del plastisol, se recomienda seguir fielmente un determinado orden de adición para asegurarse de obtener un plastisol preparado siempre con el mismo procedimiento. Cuando se prepara un plastisol, durante el mezclado, la dispersión atrapa aire. El uso final dicta la necesidad de hacer o no hacer la deaereación. En los recubrimientos de poco espesor, es muy importante efectuar la deaereación para prevenir burbujas o imperfecciones en el producto terminado, (4).

Las causas de oclusión de aire son: los ingredientes, la viscosidad, la tensión superficial así como el método de mezclado, ya que a mayor agitación se atrapa mayor cantidad de aire. La combinación de estos factores determina la cantidad de aire atrapado, así como la rapidez de su liberación.

Entre los métodos para la deaereación están:

a).-Usando mezcladores con vacío: los cuales deaerean el plastisol a medida que mezclan.

b).-Primero se mezcla y posteriormente se elimina el aire.

Existe un aparato deaerador continuo llamado Versator, donde el plastisol que va a ser deaereado fluye a través de un anillo sobre la superficie de un disco rotatorio. La fuerza centrífuga esparce el plastisol para formar una película delgada al mismo tiempo se aplica vacío (5-6 mmHg) para efectuar la deaereación, (4).

El plastisol superficie deaereado va directamente a la máquina recubridora para su aplicación.

#### 4.2.2.-Preparación del plastisol espuma

La preparación del plastisol espuma, se basa en un plastisol que contiene un agente para espumar. En la tabla # 64 se presenta una formulación típica para la preparación del plastisol espuma.

Material	Cantidad
Resina PVC de emulsión	100.0
Plastificante DOP	55.0
Estabilizador Ba/Cd	3.0
Aceite epoxidado de soya	5.0
Relleno ( $\text{CaCO}_3$ )	20.0
Dispersión del agente para espumar	2.5
Dispersión de pigmentos	8.0

Tabla # 64: Formulación para preparar el plastisol espuma.  
Fuente: Encyclopedia of PVC. Edición 1976. (15).

Los ingredientes líquidos se pesan en un tanque de pesadas y se trasladan al mezclador de alta velocidad llamado Mezclador Cowles, durante el mezclado se atrapa aire pero no es necesario hacer la deaeración. Sin embargo para obtener celdas uniformes, es necesario que el plastisol espuma se pase por un molino de tres rodillos, para reducir el tamaño de las partículas gruesas que lleve el plastisol espuma y lograr un material espumado más uniforme, (4).

Para su mejor aplicación el plastisol espuma debe tener una viscosidad de 3,000 a 4,000 cps medido con un viscosímetro Brookfield de acuerdo al método de prueba ASTM-D-1824, (28).

#### 4.2.3.-Máquina recubridora

La Figura # 5 (15), muestra una típica máquina recubridora. Las partes principales de la máquina recubridora son el papel soporte, las zonas de aplicación y los hornos. Además se cuenta con equipo auxiliar para guiar, enfriar, desenrollar, enrollar y acumular el material, (26).

El papel soporte, es liso y con una superficie siliconada, y es importante mantenerlo bien extendido durante todo el proceso, para evitar que se arruge o se rompa.

Para aplicar el plastisol superficie y el plastisol espuma, sobre el papel soporte se puede utilizar una cuchilla recubridora, la cual es simple y rápida pero el producto carece de la uniformidad que se

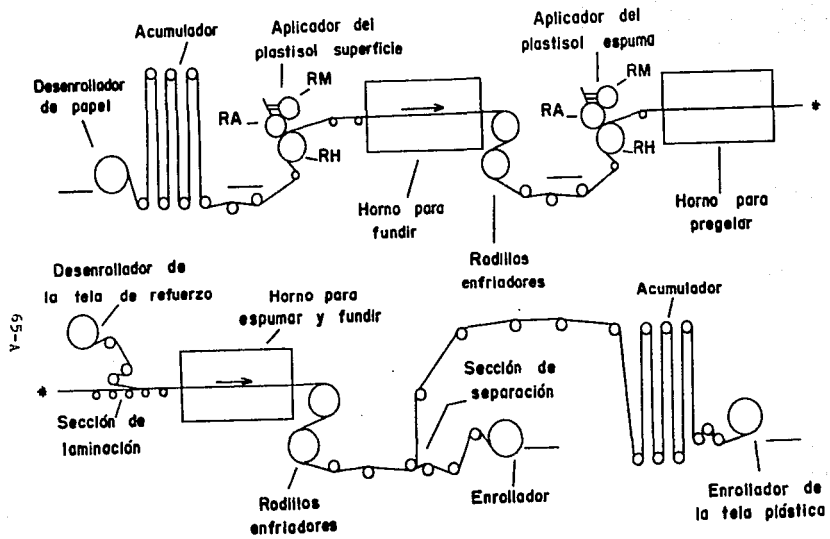


Figura # 5: Máquina Recubridora.

puede conseguir con un rodillo recubridor. El recubrimiento con rodillo es un sistema que consta de tres rodillos lisos, el rodillo medidor (RM), el rodillo aplicador (RA), y el rodillo recubierto de hule (RH), colocados de tal manera que el rodillo recubridor aplique un recubrimiento uniforme sin importar el espesor del papel soporte o su superficie, (13). En las zonas de aplicación el papel es presionado contra la superficie del rodillo aplicador utilizando el rodillo recubierto de hule. El rodillo aplicador gira en sentido contrario al movimiento del papel, toma el plastisol y la cantidad aplicada es medida con el espacio que queda entre el rodillo medidor y el rodillo aplicador y es entonces depositado sobre la superficie del papel.

El horno con circulación de aire caliente es el más adecuado. Con la aplicación de calor, (150-180°C) el plástisol se convierte en un sólido. A temperatura ambiente, se tiene la dispersión de resina en plastificante. Al aumentar la temperatura, las partículas de resina se hinchan, y empiezan a absorber al plastificante. Cuando todo el plastificante es tomado por la resina, el sistema pierde su fluidez. Este estado se llama gelado, en este punto, la masa gelada no tiene fuerza cohesiva. Al penetrar más calor al sistema, las cadenas del polímero son uniformemente disueltas en el plastificante. Este estado se llama fundido, el cual cuando se enfría proporciona un material plástico de considerable fuerza y utilidad. La temperatura y su estado correspondiente se presenta en la tabla # 65.

Estado	Temperatura en °C
Dispersión líquida	25.0
Pre-gelación	54.4
Gelación	82.2
Fusión parcial	137.7
Fusión total	165.5
Sólido	25.0

Tabla # 65: Temperatura y estado correspondiente.  
Fuente: Encyclopedía of PVC. Edición 1976. (15).

La operación de la máquina recubridora, se inicia al poner en movimiento el papel soporte (15-17 m/min). Con el primer rodillo recubridor se aplica el plastisol superficie y entra al primer horno (205°C), donde el plastisol aumenta su temperatura hasta alcanzar el estado de fusión total, sale del horno y al pasar por los rodillos enfriadores se forma una película sólida y resistente, sobre la cual se aplica el plastisol espuma utilizando un segundo rodillo recubridor, (15).

El papel con la aplicación del plastisol espuma, pasa al segundo horno (150°C) donde no pierde toda su fluidez y queda en un estado pre-gelado, el cual da oportunidad al salir del horno de unir la tela textil de refuerzo (poliéster) sin utilizar adhesivo. Enseguida todo la construcción pasa al tercer horno (230-260°C), donde existe el suficiente calor para alcanzar el estado de fusión total y al mismo tiempo para descomponer el agente esponjante y se forme la espuma entre la superficie y la tela textil. Finalmente la tela plástica así formada sale del horno, pasa por rodillos enfriadores y llega al punto donde se despega del papel soporte y se enrolla.

#### 4.2.4.-Proceso para grabar

Con el grabado se obtiene un material más decorativo.

La figura # 6 (26), muestra la máquina grabadora. Esta máquina cuenta con una sección de grabado y equipo auxiliar para lograr que la tela plástica sea cuidadosamente guiada y enrollada con la tensión apropiada, para mantenerla bien extendida durante todo el proceso. Utilizando una guía, la tela plástica con la superficie lisa se conduce hasta el gran tambor y rodillos de calentamiento donde el material se ablanda, y llega de esta manera a la sección de grabado.

La sección de grabado esta formada por un rodillo de acero cubierto de hule y un rodillo de acero grabado y cromado ambos con un núcleo preparado para ser enfriados. El rodillo cubierto de hule se encuentra en una posición fija y el rodillo grabador puede desplazarse para ajustar la separación entre los dos rodillos

V-7-A

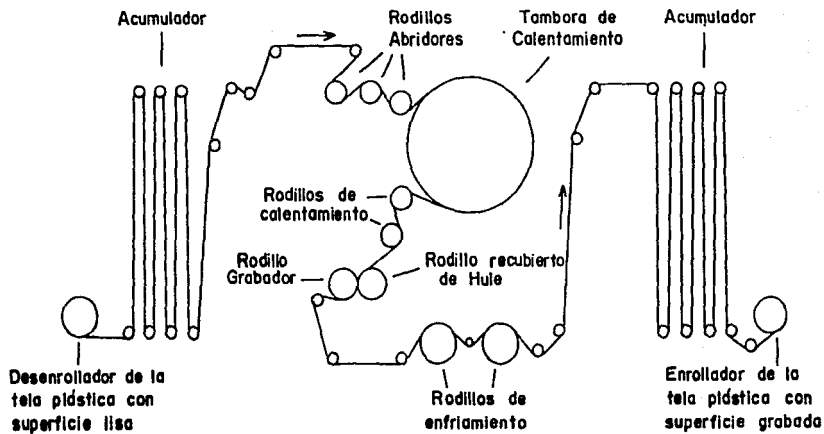


Figura # 6: Máquina Grabadora.

haciendo uso de unos tornillos manuales y mediante la acción de pistones hidráulicos puede aplicar la presión apropiada, (15).

El grabado de la tela plástica ocurre al quedar bajo la presión del rodillo grabador completamente frío. Como el rodillo se encuentra enfriado internamente es importante mantener la misma temperatura en toda la superficie del rodillo grabador para obtener una profundidad uniforme del grabado.

La tabla # 66 muestra varias construcciones y pesos asociados con algunas de las aplicaciones de las telas plásticas.

Producto	Superficie (grs/m <sup>2</sup> )	Espuma (grs/m <sup>2</sup> )	Tela (grs/m <sup>2</sup> )
Tapicería para muebles			
Básico	204.0	425.0	119.0
Mejor calidad	391.0	452.0	153.0
Tapicería para autos			
Básico (asientos estándar)	418.0	510.0	163.0
Básico (no espumado)	748.0	----	163.0
Prendas de vestir	119.0	289.0	102.0
Equipaje y calzado	408.0	748.0	194.0
Papel tapiz	136.0	----	85.0
Carpetas	51.0	----	68.0
Tabla # 66: Pesos relacionados con algunas de las aplicaciones de las telas plásticas.			
Fuente: Encyclopedia of PVC. Edición 1976. (15).			

#### 4.3.-Proceso para imprimir y barnizar

Con la impresión y el barnizado se aumenta el atractivo y la apariencia estética. Al combinar grabados con impresiones se puede lograr una mejor imitación del cuero o piel de los animales.

##### 4.3.1.-Preparación de la tinta de impresión

En primer lugar es necesario reducir el tamaño de partícula del pigmento y al mismo tiempo dispersarlo en una solución del



copolímero cloruro de vinilo-acetato de vinilo (PVCA), utilizando un molino de bolas. En la tabla # 67 se muestran algunas mezclas de pigmento-solución del PVCA.

Pigmento	color	Partes por 100 de pigmento			
		PVCA	MEK	MIBK	DMF
Dióxido de titanio	Blanco	20	30	30	20
Ftalocianina	azul	33	117	117	150
Negro carbón	negro	26	92	95	84

Tabla # 67: Mezclas típicas pigmento-solución del PVCA.  
Fuente: Encyclopedia of PVC. Edición 1976. (15).

El molino de bolas es un cilindro cuya longitud es igual al diámetro y se encuentra lleno hasta la mitad con bolas de acero o de cerámica de diferentes tamaños. El molino tiene aberturas por las que se carga y descarga el material que es procesado. Es fácil de operar y gira horizontalmente en torno a su eje. La acción de las bolas al caer y al girar sobre el material que queda entre ellas, logra disminuir el tamaño de las partículas del pigmento y lo dispersan al mismo tiempo en la solución del PVCA. El molino de bolas generalmente opera en ciclos de horas. Después del período de molienda la dispersión del pigmento se extrae del molino. La abertura de descarga se localiza generalmente en el lado opuesto de la abertura de carga y como se trata de molienda en mojado, cuenta con una válvula. La finura más adecuada para la dispersión del pigmento en la solución de PVCA debe ser menor a 0.5 micra, (4).

Prácticamente la tinta es un barniz con un 20 a 30 % de la dispersión pigmento-solución de PVCA. Para preparar la tinta se utiliza un mezclador portátil de motor directo con dos hélices. El mezclador portátil puede ser de motor acoplado directamente o de propulsión por engranaje. Se construyen desde una fracción de caballo hasta 3 hp. Las unidades de motor acoplado van a 3600, 1750, 1150 rpm o a velocidad variable. Al eje del motor va conectado un

tubo en el cual se sujeta el eje del mezclador por un collar que permite quitar y poner el mezclador y variar su longitud. El mezclador tiene una mordaza universal, con la que puede ser puesto en cualquier posición en un tanque abierto. (23).

La tinta para su mejor aplicación debe tener una viscosidad de 28 a 30 seg. medido con una copa Ford de acuerdo al método de prueba ASTM-D-1200, (29). La tabla # 68 muestra la formulación típica de una tinta de impresión.

Material	Cantidad
Resina PVC de suspensión	100.0
Resina de PVCA	2.3
Resina acrílica	1.6
MIBK	41.1
MEK	32.7
Tolueno	20.4
DMF	12.3
Pigmento	9.2

Tabla # 68: Formulación típica de una tinta de impresión.  
Fuente: Enciclopedia of PVC. Edición 1976. (15).

#### 4.3.2.-Preparación del Barniz

El barniz es una solución de resina sintética en solvente y se utiliza como un recubrimiento transparente. Sirve de capa protectora o decorativa de una superficie y se seca por evaporación del solvente dejando una película formada por la resina, (19).

El solvente facilita la formación de la película y debe tener la evaporación adecuada para producir una película uniforme y continua. Si la resina se disuelve en disolventes volátiles se puede secar muy rápidamente y tiene la probabilidad de resquebrajarse y con el tiempo romperse, por eso se le agrega un material que lo modifique adecuadamente. El barniz debe tener buena adherencia, durabilidad, buena resistencia a los efectos de la intemperie, al agua y a los productos que se usan en la limpieza (álcalis). No debe reblandecerse con el calor del cuerpo, porque la ropa se puede pegar cuando la gente esté sentada en los muebles tapizados, (4) (19).

La tabla # 69 muestra la formulación típica del barniz.

Material	Cantidad
Resina PVC de suspensión	10.0
Resina acrílica	1.6
MIBK	30.5
MEK	20.5
DMF	10.0
Tolueno	20.5

Tabla # 69: Formulación típica del barniz.  
Fuente: Enciclopedia of PVC. Edición 1976. (15).

En este caso el barniz se prepara a partir de soluciones de PVC y otras resinas modificadoras generalmente acrílicas, en uno o más solventes que son generalmente inflamables con niveles aceptables de toxicidad. Para preparar el barniz se utiliza un dispersador de alta velocidad enchaquetado, con el cual se obtiene una gran agitación y calentamiento adicional para disolver más rápido los polímeros, (15).

La viscosidad más adecuada para la aplicación del barniz es de 28-30 seg. y se mide utilizando una copa Ford de acuerdo al método de prueba ASTM-D-1200, (29). Los viscosímetros de copa son útiles en pruebas de control de producción de recubrimientos.

La volatilidad es ajustable usando solventes de diferentes puntos de ebullición o usando mezclas de solventes y diluyentes. En la mezcla de disolventes cada ingrediente tiene una función distinta como dispersar los aglomerados, disolver los polímeros o puede ser un auxiliar en el proceso de reducir su viscosidad. Los disolventes no forman parte de la película y se deben descartar o recuperar y volver a utilizar. A favor de su recuperación se encuentra el costo y los problemas de contaminación y toxicidad, (6).

#### 4.3.3.-Máquina para imprimir y barnizar

La tela plástica con superficie lisa o grabada, con o sin soporte puede ser impresa con un proceso continuo, utilizando máquinas impresoras de rotograbado, como la que se muestra en la figura # 7.

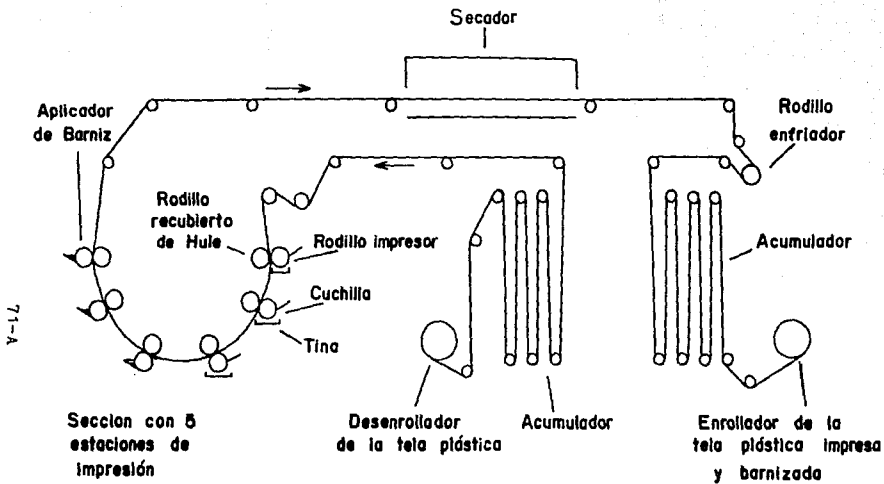


Figura # 7: Máquina Impresora y Barnizadora.

La máquina impresora más usada es la del tipo U, con rodillos impresores colocados alrededor de un punto central, su ventaja es la simplicidad, lo compacto del equipo y tiene espacios adecuados entre los rodillos impresores, (15).

En la impresión por rotograbado, el rodillo impresor es de acero con superficie cromada, tiene una superficie grabada que corresponde al diseño impreso y una superficie lisa correspondiente a las áreas que no imprimen. La tinta es tomada por el rodillo de una tina y una cuchilla elimina el exceso, de tal manera que solamente las porciones grabadas del rodillo son llenadas de tinta, la cual es transferida a la tela plástica cuando se pone en contacto con el rodillo impresor.

El rodillo impresor gira continuamente a través de un ciclo de tomar la tinta, eliminar el exceso y transferir la tinta a la tela plástica. La tinta se seca por evaporación del solvente. Con los rodillos impresores se pueden imprimir figuras, rayas, o simplemente marcas o manchas de forma irregular, cada color impreso requiere de un rodillo impresor. Varios tonos de un mismo color se pueden lograr al tener simplemente diferentes profundidades en el grabado del mismo rodillo impresor, (15).

El último rodillo en la máquina impresora sirve para aplicar un barniz, como se muestra en la figura # 7 (15).

El recubrimiento superior es aplicado a la superficie de la tela plástica por una diversidad de razones. El efecto del plastificante en la película es para obtener suavidad, pero también puede manifestar una capacidad a mancharse y ensuciarse, puede existir migración, dejar una superficie pegajosa y tener baja resistencia a la abrasión. Con altos niveles de plastificante, los productos de vinilo no serían aceptables en ciertos usos finales.

El recubrimiento superior o barnizado es ampliamente usado para superar una o más de estas deficiencias especialmente en telas plásticas usadas en tapicería de muebles y asientos de la industria automotriz, artículos decorativos y prendas de vestir. El recubrimiento superior también es usado para proporcionar efectos metálicos y para control del brillo, (15).

Para aplicar el recubrimiento superior se utilizan rodillos completamente grabados, es un grabado poco profundo con un diseño triespiral entrecruzado, formado con líneas diagonales al eje longitudinal. Los rodillos que más se usan son los que tienen de 80 a 120 líneas por pulgada. Con estos rodillos se pueden aplicar, soluciones con 5 a 20 % de sólidos y viscosidades menores a 250 cps., suficientes para obtener una película transparente y delgada (1 milésima de pulg. o menos), donde es importante evitar las manchas. (15).

Existen muchas especificaciones para las telas plásticas a base de PVC. Por ejemplo para las telas plásticas usadas en tapicería los niveles mínimos de calidad son: Espesor total de 46 milésimas de pulgada y peso total de 725 grs/m<sup>2</sup>, (15).

En la tabla # 70 se muestran los niveles de calidad para otras propiedades de acuerdo al ASTM-D-3690, (30).

Propiedad	ASTM
Adhesión de la película a la tela, 3.0 lbf/in mínimo.	D-751
Pérdida de plastificante: 10 % máximo.	D-1203
Resistencia a la flexión: no se debe agrietar o deslaminar a 15,000 ciclos.	D-2097
Abrasión de la superficie: no se debe apreciar un cambio en el color a 200 ciclos.	D-1175
Resistencia a baja temperatura: no debe de romperse a -23.0°C	D-2136
Resistencia a la ruptura, a lo largo: 45.0 lbf mínimo.	D-1682
a lo ancho: 40.0 lbf mínimo.	D-1682
Resistencia al desgarre estando clavada, a lo largo: 15 lbf mínimo.	D-751
a lo ancho: 15 lbf mínimo.	D-751
Tabla # 70: Especificaciones estándar para determinar el funcionamiento de las telas plásticas usadas en tapicería.	
Fuente: ASTM-D-3690, sección 07, volumen 01, 1989. (30).	

#### 4.4.-Ejemplos de otros tipos de construcción

La tabla # 71 muestra un resumen de otros tipos de construcción.

##### a.-Película.

Usos: Cortinas para baño y manteles.

##### b.-Película a película.

Usos: Película más gruesa (vinil a vinil).

Película con dos vistas (vinil a vinil).

Piso sólido (vinil virgen a vinil reciclado).

Película resistente al manchado (Teflón a vinil).

Película resistente a la abrasión (poliéster a vinil).

##### c.-Película a tela.

Usos: Manteles, calzado, equipaje y tapicería.

##### d.-Película a tela a película.

Usos: lonas, cubiertas de botes y paraguas de jardín.

##### e.-Película a papel a adhesivo.

Usos: Papel tapiz, forros para libros, etiquetas y cubiertas decorativas autoadheribles.

##### f.-Película a espuma.

Usos: Bolsas, equipaje y acabado interior de autos.

##### g.-Espuma a tela.

Usos: Plantillas interiores de calzado y zapatos tenis.

##### h.-Película a espuma a tela.

Usos: Tapicería de muebles, prendas de vestir y tapicería de asientos en la industria automotriz.

Tabla # 71: Resumen de los diferentes tipos de construcción que se pueden obtener y sus principales aplicaciones.

Fuente: Encyclopedia of PVC. Edición 1976. (15).

#### 4.5.-Datos económicos de las telas plásticas en México

##### 4.5.1.-Producción

En la tabla # 72, se presenta el volumen y valor de la producción de telas recubiertas o telas plásticas fabricadas en México, durante el periodo 1987-1990. En este periodo se observa que la producción aumentó 45 % y que el personal ocupado hasta el mes de diciembre de

1990 fué de 1,512 personas, correspondiendo el 28.2 % a empleados y el 71.8 % a obreros, (40).

Año	volumen en metros <sup>2</sup>	valor en millones de pesos
1987	12,849,711	33,300
1988	13,574,580	74,084
1989	15,090,015	83,516
1990	18,677,304	104,773

Tabla # 72: Producción de telas plásticas en México.  
Fuente: Encuesta Industrial. Ed.1987, 88, 89 y 90. (40).

En la tabla # 73 se presenta las empresas que fabrican las telas plásticas en México, (39).

FABRICA DE TELAS PLASTICAS, S.A. DE C.V.
INDUSTRIAS PLASTICAS INTERNACIONALES, S.A. DE C.V.
PIELES SINTETICAS, S.A. DE C.V.
PLASTICOS LAMINADOS, S.A.
PLASTICOS POLA, S.A. DE C.V.
PLASTIMPRESOS, S.A.
PLASTICOS PLYMOUTH DE MEXICO, S.A.
PYN, S.A. DE C.V.
RECUBRIMIENTOS PLASTICOS, S.A. DE C.V.

Tabla # 73: Fabricantes de Telas Plásticas en México.  
Fuente: Directorio de Empresas 1991, (39).

#### 4.5.2.-Importaciones y exportaciones

En los últimos tres años, el valor comercial de las importaciones de telas impregnadas, recubiertas, revestidas o estratificadas con PVC, se ha incrementado, como se muestra en la tabla # 74. En 1990 el valor comercial fué de 699,007 dólares, con un volumen de 126,675 Kgs..



Valor comercial en Dólares			
Pais	1988*	1989	1990
Italia	-----	-----	358,032
China	-----	76,661	142,439
Estados Unidos	-----	445,823	136,101
Corea del Sur	-----	22,938	58,866
Alemania del Oeste	-----	6,772	3,302
España	-----	303	194
Brasil	-----	-----	73
Total	169,110	552,497	699,007

Tabla # 74: Importaciones de telas impregnadas, recubiertas, revestidas o estratificadas con PVC.

Fuente: Información de Importaciones. (SECOFI). (46).

\* los datos se encuentran detallados por empresa importadora.

En los últimos tres años, las exportaciones de telas impregnadas, recubiertas, revestidas, o estratificadas con PVC, han presentado una situación variable, como se muestra en la tabla # 75. En 1990 se llegó a un valor comercial de 26,567 dólares con un volumen de 8,497.0 Kgs.

Valor comercial en Dólares			
Pais	1988*	1989	1990
Estados Unidos	-----	86,147	21,057
El Salvador	-----	7,041	4,977
Guatemala	-----	-----	533
Costa Rica	-----	56,046	-----
Total	23,647	155,777	26,567

Tabla # 75: Exportaciones de telas impregnadas, recubiertas, revestidas o estratificadas con PVC.

Fuente: Información de Exportaciones. (SECOFI). (46).

\* los datos se encuentran detallados por empresa exportadora.

Al restar el valor comercial de las exportaciones a las importaciones, resulta un saldo negativo para México. En 1990, el déficit comercial para México fué de 672,440 dólares.

## CAPITULO 5

### ELIMINACIÓN Y RECICLADO DE LOS DESPERDICIOS PLASTICOS

#### 5.1.-Análisis de los desperdicios sólidos

El crecimiento y desarrollo de las ciudades ha provocado un deterioro en el medio ambiente provocado por gases contaminantes y desechos líquidos y sólidos. Los desperdicios surgen de fuentes comerciales, industriales, caseros, construcciones, demoliciones, hospitales, etc. En los países desarrollados se estima que la generación de desechos sólidos es de 250 a 300 grs/hab./día, siendo su principal composición: material de empaque, cartón, plásticos de baja densidad, etc. con un peso específico de 150 a 200 kgs/m<sup>3</sup>, (38). En los desperdicios sólidos de países industrializados, se presentan más desechos de plásticos y menos de alimentos, que en países menos desarrollados, como se muestra en la tabla # 76. (35).

Pais	% peso	año
Japón (5 ciudades)	11.4	1984
Hong Kong	10.2	1983
Estados Unidos (11 ciudades)	6.0	----
Holanda, Amsterdam	6.0	----
Francia, Paris	4.0	----
Libia, Trípoli	3.5	1979
Turquia, Estambul	3.0	1979
Bulgaria, Sofia	1.7	1975
Etiopia, Adis Abeba	0.8	1982
Egipto, Cairo	0.2	1980

Tabla # 76: Cantidad de plásticos en desperdicios sólidos municipales de diversos países.

Fuente: Encyclopedia of Polymer Science and Engineering.  
Edición 1986. (35).

En México, el promedio de la generación de desechos sólidos es de 450 grs/hab./día y está formado por botellas de vidrio, botes de lámina, papel, cartón, envases de plástico, sobrantes de cocina como huesos, cáscaras, etc. con un peso específico de 300 a 350 kgs/m<sup>3</sup>, (38).

En la tabla # 77, se presenta la composición de la basura del D.F.

Materia orgánica	44.14 %
Papel	18.91 %
Pañal desechable	5.04 %
Cartón	4.91 %
Residuos de jardinería	4.32 %
Vidrio transparente	3.97 %
Fibra vegetal	3.28 %
Plástico	3.09 %
Otros	12.43 %

Tabla # 77: Composición física de la basura del D.F.

Fuente: Informe D.D.F.. 1987. (38).

Aún cuando los plásticos son solamente uno de los componentes que contribuyen al problema de los desperdicios sólidos, son los más atacados, por ser materiales no biodegradables, considerados como indestructibles y sin programas para reciclarlos. Los plásticos pueden ser recuperados del flujo de desperdicios sólidos municipales para reutilizarlos. El valor químico de los plásticos puede ser recuperado, con la producción de monómeros y otros compuestos de bajo peso molecular y se pueden utilizar para conservar la energía y como combustible, (35).

## 5.2.-Eliminación de los desperdicios sólidos

### 5.2.1.-Tiradero a cielo abierto

Es la forma más primitiva de eliminar la basura. El desperdicio es recolectado, compactado y transportado al sitio de descarga donde es extendido. En este sitio, vidrio, trapo, papel, cartón y metal son recuperados por los negociantes del desperdicio. La materia orgánica se descompone o es consumida por insectos y roedores. Algunas veces la basura se incendia en forma espontánea o se le prende fuego intencionalmente para reducir el volumen y para exponer los materiales que se pueden recuperar. En esta forma el tiradero se convierte en una fuente potencial de enfermedades, el fuego genera más contaminación, el agua de lluvia al pasar por los desperdicios forma una mezcla nociva (lixiviación) y puede contaminar las aguas

subterráneas, además presenta un aspecto muy desagradable. Se considera un método de eliminación barato, (41).

#### 5.2.2.-Relleno sanitario

Es un método más ventajoso para manejar la basura, donde cada capa de desperdicio es cubierta con una capa de tierra, arcilla o grava. Para lograr una operación eficiente, la capa de tierra debe ser lo suficientemente gruesa (20 cms. en capas intermedias y 60 cms en la capa superior) y se debe compactar el desperdicio para aprovechar mejor el espacio y evitar los asentamientos. De esta manera el desperdicio no queda expuesto al aire, moscas o roedores, pero se efectúa una descomposición bacteriana de los desperdicios orgánicos. Un relleno sanitario, debe ser visto como un sitio que actúa como un reactor biológico, donde el tiempo, la temperatura y la humedad, descomponen parte de los desperdicios y el relleno se puede asentar, por lo cual es necesario incluir un material inerte para estabilizar el lugar. Los gases desprendidos como el metano pueden ser recuperados con tubos de plástico, (35) (41).

El relleno sanitario es una forma aceptada para eliminar los plásticos debido a que son inertes, resistentes a la biodegradación, no generan  $CO_2$  en las capas aeróbicas superiores, ni tampoco gases inflamables como el metano o corrosivos como el  $H_2S$  en las capas inferiores anaeróbicas, y cuando llueve no contribuyen a la contaminación de las aguas subterráneas. De esta manera incrementan la estabilidad del sitio seleccionado, (42). La tabla # 78 muestra el % de desperdicios sólidos municipales que son eliminados por el relleno sanitario en algunos países.

País	%
Estados Unidos	95
Inglaterra	86
Algunos países europeos	60-70
Japón	30

Tabla # 78: Eliminación de desperdicios municipales por Relleno Sanitario.

Fuente: Encyclopedia of Polymer Science and Engineering. Edición 1986. (35).

Este procedimiento se puede utilizar para rehabilitar tierras pantanosas o tierras bajas que no sean parte esencial del curso de aguas naturales y obtener nuevas áreas para el desarrollo comercial residencial o industrial. Se considera un método de costo moderado, (41).

### 5.3.-Conservación y Recuperación de energía

Los desperdicios plásticos pueden ser quemados para eliminarlos, con o sin recuperación del calor. Pueden ser usados por si solos como combustible, o mezclados con otros desperdicios para la producción de un combustible derivado de la basura, que se puede usar solo o mezclado con carbón. La presencia de los plásticos eleva el poder calorífico del combustible y disminuye la humedad y el contenido de cenizas, (35). En la tabla # 79, se presentan las entalpías de combustión de los plásticos más comunes.

	Entalpia de combustión (cal/gr)
Polietileno	10,301
Polipropileno	10,540
Poliestireno	9,582
Poliestireno alto impacto	9,582
Copolimero acrilonitrilo-estireno	20,841
Policloruro de vinilo	4,312
Nylon 6 o Nylon 6,6	6,947
Polietertereftalato	7,426
Policarbonato	6,947

Tabla # 79: Entalpías de combustión de plásticos.  
Fuente: Encyclopedia of Polymer Science and Engineering.  
Edición 1986. (35).

#### 5.3.1.-Incineración

Es la combustión controlada de los desperdicios. La incineración se controla midiendo la cantidad de desperdicio y el volumen de aire que se introduce a la cámara de combustión. Una parrilla se mueve y transporta el desperdicio por tres zonas: secado, combustión y agotamiento, seguido por separación de cenizas. Típicamente la

temperatura debe estar más arriba de 750°C para asegurar una buena combustión y abajo de 1,000°C. para prevenir que las cenizas se fundan y obstruyan la parrilla o acorten la vida de los materiales refractarios que forman el incinerador, (35).

Con este método, el desperdicio se quema a si mismo en un horno y el calor se puede recuperar. En Europa del Oeste los incineradores producen electricidad y calor para uso industrial y residencial. En la tabla # 80 se presenta el % de desperdicios que se eliminan por medio de la incineración, en algunos países.

	% de desperdicio municipal incinerado
Japón	65.0
Suiza	55.0
Suecia	50.0
Holanda	30.0
Bélgica	29.0
Alemania	22.0
Inglaterra	10.0
Estados Unidos	5.0

Tabla # 80: Eliminación de desperdicios municipales por incineración

Fuente: Encyclopedia of Polymer Science and Engineering. Edición 1986. (35).

Para evitar una contaminación adicional del aire se puede hacer uso de una segunda cámara de combustión, para completar la oxidación de todos los gases que provienen del primer horno, y de otros dispositivos (lavador de gases y precipitador electrostático), para eliminar gases contaminantes y partículas de materia suspendida en los gases de combustión antes de que estos salgan a la atmósfera. El proceso de incineración tiene las siguientes ventajas: elimina el problema de sanidad asociado con la acumulación de basura, reduce el volumen de los desperdicios sólidos en un 80 %, puede manejar una mezcla de desperdicio y basura sin previa separación, el residuo en forma de cenizas es inerte, sin olor, fácil de manejar y se pueden depositar en un relleno sanitario o posiblemente para otros usos. Se

considera un método caro, (41).

En la incineración de basura, la presencia de los plásticos mejora la incineración de otros materiales combustibles y reducen la cantidad de humo, en especial en las estaciones húmedas. Además la corrosión que se presenta en el equipo de incineración no se debe exclusivamente a los plásticos, sino a todos los materiales presentes. La mayor preocupación con respecto a la incineración de los desperdicios plásticos es cuando contienen plásticos clorados, debido al desprendimiento de HCL, que puede provocar problemas de corrosión. El único material que se cree está relacionado con la corrosión del equipo incinerador y contaminador del medio ambiente es el PVC debido a que produce HCl. Sin embargo, en la basura existen otros generadores de HCl y de otros ácidos, que se encuentran en mayor cantidad que el PVC, como son el papel, los textiles, los hules, las pieles, los desperdicios de alimentos y otros plásticos, (42).

### 5.3.2.-Pirólisis

Es la combustión parcial y controlada de materiales orgánicos. Ocurre cuando materiales orgánicos son calentados en la ausencia de oxígeno. Por ejemplo, si un recipiente metálico se llena hasta la mitad con pedazos de madera, se cubre con una tapa que tiene un orificio y es calentada a una temperatura de 150 a 200°C, una pequeña cantidad de la madera se quema, agotando el oxígeno que se encuentra en el interior del recipiente. Posteriormente la salida de los productos de combustión no permitirán la entrada de aire y cesa la combustión, y empieza a surgir una mezcla de gases y componentes volátiles que puede ser utilizado como combustible o pueden ser separados para obtener alquitranes y aceites. Si la madera es sustituida por basura, se obtiene una mayor cantidad de productos, como alquitrán y brea, aceite ligero, sulfato de amonio, gas combustible y residuos carbonizados, (43).

Corrientes relativamente homogéneas de desperdicios plásticos han sido convertidos, a una escala piloto en combustible y productos químicos que se pueden vender, usando la pirólisis. La pirólisis de Polietileno entre 660 y 810°C produce H<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, hidrocarburos de C-2 y C-3, e hidrocarburos cíclicos y aromáticos. (35).

La tabla # 81 muestra los principales productos de la pirólisis de desperdicios plásticos domésticos.

Producto	Temperatura de la Pirólisis	
	900 <sup>o</sup> K	1060 <sup>o</sup> K
Metano	13.57	16.50
Etano	5.37	3.42
Etileno	11.15	11.37
Propileno	4.49	1.80
Dióxido de carbono	2.03	2.93
Monóxido de carbono	3.22	3.92
Hidrógeno	0.59	0.63
Benceno	9.83	12.37
Tolueno	2.46	3.76
Naftaleno	1.07	2.39
Agua	5.62	4.59
Alquitrán	12.96	13.92
Otros sólidos	16.90	11.49
Otros productos	10.74	10.91

Tabla # 81: Principales productos de la Pirólisis de desperdicios plásticos domésticos, (% en peso).

Fuente: Encyclopedia of Polymer Science and Engineering. Edición 1986. (35).

En estudios hechos a nivel laboratorio sobre la descomposición térmica del PVC, se encontró que, a una temperatura de 600<sup>o</sup>C y con una atmósfera de Helio, el principal producto de descomposición es HCl, y en cantidades significativas también se desprenden Benceno, Metano, Etileno, Tolueno, Hidrógeno y Etano, (42).

En comparación con la incineración, en la pirólisis es más fácil evitar la contaminación del aire, el quemador puede utilizar como combustible los productos de la pirólisis, la temperatura usada (260 a 800<sup>o</sup>C) es más baja que en la incineración y la venta de los subproductos es atractiva, (43). Como desventajas se encuentran, la necesidad de pulverizar los desperdicios a un tamaño de partícula más pequeño, el equipo requerido es varias veces más grande que el utilizado en la incineración, los productos sólidos, líquidos y



gaseosos se encuentran mezclados y solo pueden ofrecerse como combustibles, para obtener productos de mayor valor, se deben agregar métodos de separación al proceso de la pirólisis y por lo tanto resulta más caro que la incineración. Estas desventajas no pueden anular el potencial que tiene la pirólisis de convertir la basura en productos útiles, (43).

#### 5.3.4.-Despolimerización y Conversión química

Unos cuantos polímeros, principalmente el polimetacrilato de metilo y poliactaldehído despolimerizan a monómero cuando son calentados. Politetrafluoroetileno genera el monómero cuando es calentado en el vacío. Lo mayoría de los polímeros no pueden ser térmicamente degradados a monómero. Degradación de plásticos por acetilación, hidrogenación y esterificación se han intentado. Debido a que el PVC emite HCl cuando es calentado, es posible utilizarlo como fuente de este ácido. Como ejemplos de la conversión química se encuentran: del PET (Poliétilétereftalato), por hidrólisis alcalina, descoloración y acidificación, se obtiene el ácido tereftálico. Desperdicios de PAN (Poliacrilonitrilo), es tratado con NaOH, y acidificado para formar ácido poliacrílico el cual es extraído con alcohol. Desperdicios de fibra o textiles de Nylon 6 (Policaprolactama), es tratado térmicamente para formar caprolactama. Estos procesos son todavía más caros que los anteriormente descritos. (35).

#### 5.4.-Recuperación de los plásticos

En los desperdicios plásticos principalmente se encuentran el PE, PP, PS y PVC, como se muestra en la tabla # 82.

Pais	PE Y PP	PS	PVC	otros
Inglaterra	66.2	19.8	8.2	5.8
Alemania de Oeste	70.2	15.3	11.7	2.8
Japón	57.3	25.9	13.8	3.0
Estados Unidos	55.0	20.0	11.0	14.0

Tabla # 82: Composición de los desperdicios plásticos en los desperdicios municipales. (% en peso).

Fuente: Encyclopedia of Polymer Science and Engineering. Edición 1986. (35).

#### 5.4.1.-Código para el reciclado de los plásticos

Para apoyar y facilitar el reciclado de los materiales plásticos empleados en envases, la Sociedad de la Industria Plástica (SPI) en Estados Unidos, ha promovido el uso de códigos que permiten identificar el tipo de material para obtener materiales reciclados más homogéneos. La tabla # 83 presenta el material y su código de reciclado correspondiente, (36).

Digito	Material
1	PET Polietiléntereftalato
2	HDPE Polietileno de alta densidad
3	PVC Policloruro de vinilo
4	LDPE Polietileno de baja densidad
5	PP Polipropileno
6	PS Poliestireno
7	Otros Plásticos
8	Plásticos Biodegradables

Tabla # 83: Código para el Reciclado de Plásticos.

Fuente: Empaque Performance. May/Jun. 1991. (36).

El digito del código esta rodeado por flechas para distinguirlo de otros empleados por la industria (número de cavidad, marca, etc.). El tamaño mínimo del triángulo del sistema de codificación es de 1/2 pulgada. El código del material deberá usarse en los envases grandes, donde existe suficiente lugar para el símbolo, en su mínimo tamaño, (36).

El simbolo del triángulo de flechas ha comenzado a ser asociado universalmente con el proceso de reciclaje. Esto permite una mejor separación de las diferentes resinas que se emplean comúnmente lográndose así un material reciclado de mejor calidad y por lo tanto de mayor valor comercial. Para que estos códigos sean efectivos se requiere que su empleo sea uniforme y consistente en toda la industria involucrada en la fabricación, consumo y reciclaje de envases plásticos, (36).

#### 5.4.2.-Métodos para recuperar plásticos

Para hacer más rentable y lucrativa la industria del plástico, este sector ha tenido la necesidad de reciclar su propio desperdicio y por lo tanto es importante extender estas técnicas para reciclar los productos plásticos usados y que ahora forman parte de los desperdicios sólidos. La recuperación comprende una amplia variedad de procesos, (41).

Las técnicas aplicadas estarán de acuerdo al tipo de desperdicio y al tipo de plástico que se va a recuperar. Las propiedades de los plásticos separados indican que pueden ser usados a una escala comercial, (35).

Un proceso originalmente desarrollado para la separación de los desperdicios plásticos de fuentes caseras y que puede ser aplicado a desperdicios industriales, es el método Hundir-flotar. Es un procedimiento que utiliza soluciones alcohol-agua de varias sales y separa los plásticos por diferencias en la densidad. Este método no puede ser utilizado para plásticos espumados, (35).

Los polímeros pueden separarse de desperdicios plásticos mezclados mediante un método similar a las celdas de flotación utilizadas en la recuperación de minerales. La mezcla de desperdicios plásticos pueden ser cortados en piezas de 0.5 cm de diámetro y se pasan por una serie de celdas de flotación conteniendo soluciones acuosas de agentes tensoactivos. Se burbujea aire para formar espuma, y la separación ocurre por diferencia en la densidad de las piezas de plástico y su capacidad de humectación en los diferentes baños. (35)

Existe un método que utiliza reflejos de rayos láser para distinguir entre papel y película plástica. Los reflejos son usados para poner en funcionamiento un soplador de aire, el cual hace la separación, (35).

Ejemplos de algunas separaciones.

a).-Con las cajas de las baterías ácido-plomo, se sigue un proceso con las siguientes operaciones, molienda húmeda, lavado y clasificación con aire para obtener el polipropileno.

b).-Para separar el aislamiento del cable y alambre, los pedazos y desperdicios se pulverizan, y se pasan en una mesa vibrante por un clasificador de aire, del cual se obtiene un metal útil y la separación del plástico.

c).-Las botellas de PET con base de HDPE se recolectan en depósitos especiales. Posteriormente siguen el siguiente proceso: molienda, lavado (en solución caliente de NaOH para eliminar las etiquetas), seguido de la técnica hundir-flotar en agua, para separar el PET del HDPE y secar.

#### 5.5.-Reciclado de los plásticos recuperados

Cuando los desperdicios contienen diferentes materiales plásticos y no es posible su separación, se pueden desarrollar procesos, que puedan manejar materiales mezclados para obtener productos con ciclos de utilización largos. Algunas aplicaciones potenciales son señales de tránsito, bardas, postes, bancas, extrusión de pilotes, perfiles para la agricultura, la industria del empaque y embalaje, la industria de la construcción, etc.. (34).

Los procesos que se pueden aplicar a los plásticos recuperados son procesos térmicos como extrusión, inyección, compresión, coextrusión, etc., (35).

##### 5.5.1.-Reciclado por Coextrusión

Después de recolectar las botellas de un solo tipo de plástico, se sigue un proceso de trituración, limpieza y secado, así como eventualmente una adicional regranulación. Para este material esta disponible la tecnología de la coextrusión a tres capas. En este procedimiento, el material reciclado es aplicado como capa central y es cubierto por ambos lados con finas capas de material virgen, o un sistema de dos capas, donde se utiliza, una sola capa de material virgen en el interior. Esto garantiza un recipiente adecuado para envasar alimentos, (37).

Los artículos con un espesor de pared de más de 1 mm son los más prometedores de éxito para el procesamiento de material de reciclaje, como los envases grandes o barriles. Por motivos de rentabilidad y de la pureza del material actualmente, es recomendable integrar en este proceso tan solo determinados envases que se desechan en grandes cantidades y se reúnen separadamente. En Estados Unidos se recolectan por ejemplo botellas para leche (de 1/2 y 1 galón) a base de polietileno y se integran en nuevos envases según este procedimiento, (37).

En la coextrusión de tubos de PVC el material reciclado se incluye como capa intermedia de un sistema de tres capas. El procedimiento de coextrusión ofrece la magnífica posibilidad de transformar material de desecho de baja calidad como capa interna o media de cuerpos sopiados, como juguetes, artículos de jardinería, domésticos y construcción. (34).

#### 5.5.2.-Reciclado por Extrusión

Por medio de extrusión se puede procesar plásticos mezclados para reciclarlos. Con este método los plásticos fundidos se mezclan íntimamente para lograr propiedades físicas aceptables. La alimentación no debe contener una amplia variedad de plásticos y deben soportar, por un corto tiempo una alta velocidad de corte a alta temperatura para lograr un mezclado intensivo.

Un ejemplo del tratamiento de los desperdicios plásticos generados en los hogares, puede seguir la siguiente secuencia: Separar los plásticos, en el mismo lugar donde se originan los desperdicios domésticos, depositarlos en bolsas de plástico y transportarlos a una planta recicladora donde los plásticos mezclados son molidos, lavados, y separados en agua en dos fracciones: una fracción puede contener PE, PP y PS expandido, y la otra fracción puede tener PS y PVC. Cada fracción se seca y se puede procesar por extrusión, o después de la extrusión, granular y procesar por inyección o compresión. Por este método se pueden obtener postes, barras, tablas, y productos similares. (35).

Una de las aplicaciones más reciente es la formación de una pared de protección contra el ruido hecha de desperdicio plástico. En un procedimiento especial de moldeo bajo presión se transforman en elementos de construcción de protección contra el ruido, que se llenan de estiercol y donde se hacen crecer plantas. De este modo se solucionan simultáneamente cuatro problemas del medio ambiente. La contaminación de los depósitos con plástico y estiercol, la protección contra el ruido y la contaminación del aire. (34).

En resumen para aprovechar mejor los desperdicios plásticos se deben seguir las siguientes reglas (31) (32):

- 1.-Identificar el producto que se puede fabricar con el material

reciclado, esto es, que tenga posibilidades de comercialización y potencial de servicio.

2.-Identificar la fuente de un solo tipo de plástico cuyo producto sea de corta vida de servicio (por ejemplo envases) y recolectarlo, limpiarlo y reducirlo a tamaño uniforme.

3.-Del flujo de desperdicios sólidos, separar los desperdicios plásticos que pueden ser reciclados, por tipo de plástico. Si la clasificación no es posible, se debe intentar una separación por molienda, lavado, flotación, clasificación por aire, etc..

4.-El material molido puede ser enviado, a una empresa productora de artículos de plástico donde el material reciclado pueda servir para obtener productos de larga vida de servicio.

5.-En el reciclado de los desperdicios plásticos, el destino final determinan la separación y tecnología que será usada. Un programa de éxito en el reciclado requiere de una inversión para formar una empresa, una fuente continua de desperdicios adecuados, tecnología para obtener el producto deseado y mercado para este.

#### 5.6.-Reciclado de las telas plásticas

Debido a que los materiales fabricados a base de PVC son termoplásticos, ellos pueden ser reciclados.

Cuando termina el periodo de vida útil de las telas plásticas, estas se pueden moler mediante un granulador o un molino criogénico, este sistema utiliza nitrógeno líquido (p.de eb.-195.8°C), para enfriar el material hasta una temperatura inferior a su temperatura de transición vítrea (Tg), donde el material se vuelve frágil y quebradizo. En esta condición es más fácil molerlo utilizando un molino de martillos, donde los pesados bloques de acero que forman sus martillos, están sujetos a un disco que gira a elevada velocidad dentro de una caja grande. Los martillos propinan fuertes golpes al material alimentado, proyectándolo contra la placa rompedora hasta que es lo suficientemente fino para pasar a través de los huecos que quedan entre las barras en el fondo de la caja, el cual actúa como tamiz.

Como se muestra en la figura # 8 (15), el material reciclado obtenido por este método se mezcla con material nuevo, preparado a base de resina virgen, usando un mezclador de baja velocidad llamado

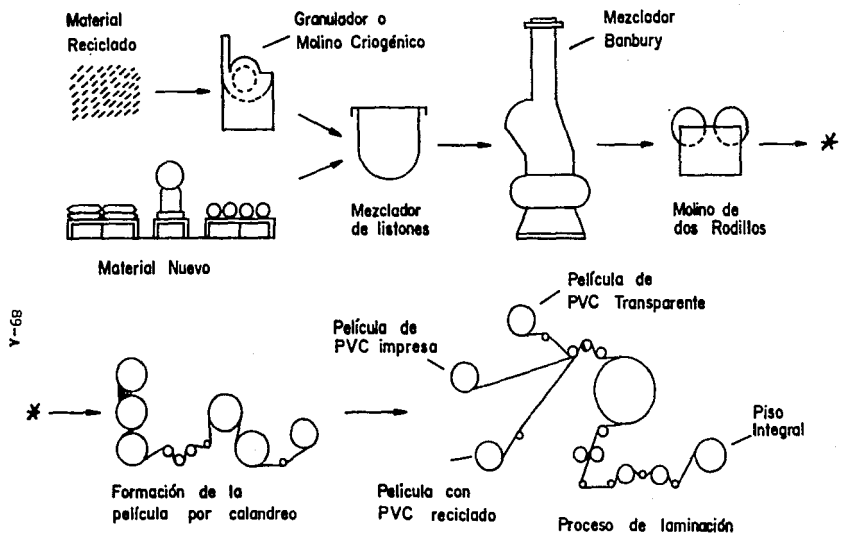


Figura # 8: Proceso para el material reciclado.

mezclador de listón. Se puede utilizar de un 10 a un 15 % de material reciclado en la mezcla total.

Se debe tener cuidadoso control del porcentaje que debe existir en la mezcla total para obtener una buena calidad del producto. Posteriormente la mezcla total se pasa al mezclador Banbury, y es seguida al molino de dos rodillos para lograr una mezcla pastosa y homogénea para alimentarla a la calandria y obtener la película.

Con el material reciclado se puede obtener un piso integral laminando varias capas de PVC con material reciclado y una lámina superior a base de material virgen, impresa con un diseño. Este se recubre con una capa protectora de desgaste de PVC transparente, también hecho de material virgen. El espesor total del piso integral puede ser de 60 a 80 milésimas de pulgada, (3).

El reciclado debe de formar parte principal de las operaciones de las empresas que producen y manejan los plásticos, ya que puede ofrecer una fuente alternativa de alimentación, para reducir costos de producción o cuando falten materiales vírgenes.

Debido a la probable falta de abastecimiento en el futuro cercano, se están realizando estrategias tendientes a reciclar sistemáticamente el PVC, lo que permitirá recuperar alrededor del 10 al 20 % del consumo mundial, utilizando como principales fuentes los materiales de corta vida, empaque y envase, y en segundo término los productos de larga vida como tubería y perfiles de ventanas. Se puede obtener una resina reciclada a más bajo precio que la resina virgen, (1).

El esfuerzo en el reciclado de los plásticos permitirá que su mercado crezca y puedan aparecer nuevas aplicaciones.



## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La capacidad de producción de resinas instalada a nivel mundial en 1989 fué de 118.5 millones de toneladas y el consumo fué de 95.4 millones de toneladas. Se estima que el consumo mundial de plásticos se incremente al 4.5-5.5 % anual durante el periodo 1990-1992. El crecimiento se dará principalmente en resinas termoplásticas, debido a la gran variedad de diseños que pueden elaborarse con estos materiales y a su posibilidad de ser reciclados.

El país con mayor consumo de resinas para obtener plásticos es Estados Unidos con el 25.4 % del consumo mundial, mientras que México ocupa el 15avo lugar en consumo con el 1.36 %.

En el consumo de resinas per cápita por país en 1989, Bélgica ocupó el primer lugar con 171.7 kgs/hab., seguido por Taiwán con 134.2 kgs/hab.; estos países tienen pocos habitantes y la demanda de resinas no es totalmente para consumo interno, sino para producir manufacturas que van al mercado de la exportación. México ocupa el 35avo lugar con un consumo per cápita de 15.9 kgs/hab..

En México la capacidad instalada, para producir resinas representa el 1.4 % de la capacidad instalada a nivel mundial y el consumo de resinas se destina en su mayor parte al sector empaque y envase. La apertura comercial en el sector de las resinas ha contribuido a eliminar proyectos que se tenían planeados en el mediano plazo y favorece la compra de materia prima y productos de importación de marcas reconocidas y calidades estandarizadas.

Durante los últimos 5 años se ha insistido en considerar al PVC como un material de mercados maduros, sin embargo, el futuro de la resina de PVC, se encuentra definido por el comportamiento prácticamente paralelo entre la capacidad-oferta-demanda, la tendencia mundial de crecimiento en el consumo durante los próximos 4 años será del 4 %. La capacidad instalada para producir la resina de PVC, a nivel mundial en 1989, fué de 20 millones de toneladas. El consumo mundial de resinas de PVC ascendió en 1989 a 17.2 millones de toneladas, utilizadas principalmente en los sectores de la construcción, envase y empaque, recubrimiento de alambre y cable, y la industria mueblera.

En México la capacidad instalada para producir resina de PVC durante 1989 fué de 308,000 toneladas representando el 1.54 %

de la capacidad instalada a nivel mundial. Las exportaciones de resina de PVC en 1989 representaron más del 50 % de la producción de ese año. En los últimos años la demanda interna ha mostrado un comportamiento irregular, ocasionando con ello la generación de grandes inventarios. En 1989 el inventario ascendió al 5 % de la producción de ese mismo año.

La popularidad del PVC, se debe a su bajo precio, su resistencia al fuego, su conformación a los moldes, su versatilidad, sus excelentes propiedades físicas, la facilidad con que se puede formular y procesar para obtener un gran número de productos. Para aprovechar mejor la resina de PVC que se produce en México y ampliar sus aplicaciones, es importante conocer la función de los diferentes aditivos que se usan para modificar sus propiedades, con la finalidad de obtener productos, de mayor valor comercial.

El PVC se obtiene por los procesos de polimerización en suspensión, en masa y en emulsión. Cada uno de estos procesos proporciona una resina con diferente tamaño de partícula y propiedades. Las moléculas del PVC tienen principalmente dos defectos estructurales que favorecen su degradación por el calor, que afecta el color y las propiedades. Esta degradación se inhibe al agregar un estabilizador al calor.

El PVC es un plástico duro y frágil, por lo cual, el uso de plastificantes compatibles con la resina, facilitan su procesamiento y se obtiene un material más flexible. Al aumentar la cantidad de plastificante, se disminuye la resistencia a la tensión y aumenta la elongación de la película de PVC. Los rellenos son aditivos sólidos que aumentan el volumen y bajan el precio. En el caso del PVC, los rellenos ideales son aquellos que tienen un tamaño de partícula tal, que permiten una baja absorción de plastificante. El incremento en la cantidad de relleno, disminuye la resistencia a la tensión y la elongación de la película de PVC.

La coloración en las manufacturas de PVC se logra con el uso de pigmentos inorgánicos y orgánicos, con baja absorción de aceite, muy buena resistencia al calor y compatibles con el PVC. Además tienen funciones de protección contra los rayos U.V. y mejoran la presentación de las películas.

Los lubricantes reducen la fricción entre partículas del compuesto de PVC y evita que el polímero caliente se pegue a las superficies del equipo de procesamiento, el material tiene mejor fluidez y se procesa mejor.

Las espumas son más ligeras y se comprimen más que los plásticos de donde provienen. El método para obtener una espuma de PVC es el que parte de un plástisol conteniendo un agente para espumar. Las espumas de celdas abiertas, ya sea laminado con una tela textil o como "emparedado", es decir una película de espuma entre dos telas textiles, se utilizan en acabados interiores de autos, ropas de vestir, bolsas de mano y accesorios, cubiertas de cojines, calzado, zapato tenis, tapicería de muebles y pisos.

Cuando el PVC es combinado con plastificantes y otros aditivos, el material será combustible, para restaurar su propiedad de no inflamable se le agrega un retardador de flama. Si el artículo hecho a base de PVC, se usa a la intemperie, este se puede ver afectado por las condiciones del medio ambiente degradando sus propiedades y cambiando de color, para aumentar su resistencia a la intemperie se usan los estabilizadores a la L.U.V.

Existen muchos tipos de equipo para mezclar y dispersar las resinas con los aditivos. La selección de la unidad de mezclado se basa en coordinar la acción del mezclador con las características físicas de los ingredientes que forman la mezcla. Los líquidos de viscosidad baja a intermedia pueden mezclarse con una simple agitación. Sin embargo cuando se desea mezclar una masa espesa o dispersar partículas, se requiere una acción de mezclado más intensa. El mezclador debe cumplir con dos requisitos: la acción de mezclado que ser suficiente para mover los ingredientes hacia la zona de mezclado intensiva y el mezclado debe ser lo suficientemente intenso como para romper los aglomerados y dispersar los materiales de manera uniforme.

Existen dos métodos para la producción de telas plásticas en la actualidad. Un método consiste en laminar una película con una tela textil de refuerzo y el otro es una laminación de película-espuma-tela textil de refuerzo. Este último método permite obtener telas plásticas con mejores propiedades tanto aislantes como agradables al tacto.

Las telas plásticas pueden ser grabadas, impresas y barnizadas con el fin de obtener materiales de mejor apariencia estética. Con el barnizado, se evitan las manchas, y se aumenta la resistencia a la abrasión, a los efectos del medio ambiente, al agua y a los productos de limpieza. Una película de PVC plastificado sobre una tela textil como soporte, permite obtener telas plásticas que imitan el cuero y que lo sustituye en equipajes, mobiliario, vestiduras para autos, calzado, chamarras y otras prendas de vestir.

La producción de telas plásticas en México se ha incrementado en un 45 % durante el periodo 1987-1990, llegando a una producción de 18,677,304 M<sup>2</sup> en 1990. Cuando las telas plásticas llegan al final de su vida útil, se pueden moler utilizando un molino criogénico. El material molido se puede mezclar con material virgen y obtener nuevamente una película que se puede utilizar para obtener por ejemplo un piso integral.

El crecimiento de la demanda de resinas en México, ha propiciado la ampliación de la capacidad productiva instalada, tanto en petroquímicos básicos como en la industria transformadora. Existen déficits importantes en algunos de los petroquímicos básicos como butadieno, orto-xileno y tolueno, dentro de los petroquímicos secundarios en cloruro de vinilo, estireno, acrilonitrilo y polipropileno. Situación que se espera cambie, con las negociaciones del Tratado de Libre Comercio.

La fabricación de bienes de capital, para esta industria es insuficiente en México, como se muestra en el apéndice # 4. En la actualidad se cuenta con aproximadamente 20,100 máquinas instaladas, en su mayoría para obtener productos por los procesos de inyección y extrusión, suficiente para atender la demanda interna. Procesos como el soplado, rotomoldeo, calandreado y máquinas recubridoras, muestran un potencial no explotado pero con claras tendencias de crecimiento.

Otros sectores involucrados directamente con los plásticos y junto con ellos en desarrollo, son la fabricación y distribución de una amplia gama de aditivos como cargas, pigmentos, plastificantes, lubricantes, antioxidantes, retardantes a la flama, estabilizadores al calor, modificadores al impacto y aromatizantes entre otros. La

apertura comercial iniciada hace 5 años, ha favorecido la existencia de un enorme número de distribuidores de los diferentes productos que requiere la industria de los plásticos, y que satisfacen la demanda interna, contribuyendo a su crecimiento y desarrollo.

El potencial de mercado que existe para el sector de plásticos y los vinculados, se consideran como oportunidades de negocio atractivos. Comparando los consumos per cápita entre diferentes países es posible observar lo que puede crecer este sector en México y para ello se requiere que el fabricante de resinas en forma conjunta con el sector transformador, instrumenten una estrategia para continuar un proceso de búsqueda y permanencia en el mercado internacional tanto de las exportaciones de resinas como la de manufacturas plásticas con mayor valor agregado.

La posible integración en un bloque económico formal junto con Estados Unidos y Canadá, traería para México como consecuencia en el plazo inmediato, una competencia no muy satisfactoria, sin embargo en el corto y mediano plazo de realizarse inversiones de capitales extranjeros con la implícita transferencia de tecnología y el aprovechamiento de la mano de obra interna, aceleraría el desarrollo tecnológico, industrial y económico del país.

La medida señalada aunque en cierta forma perjudicial en sus inicios nos llevaría a mantener una posición competitiva más sólida ante la realidad mundial que se encuentra bajo la misma línea, reordenando sus economías, formando mercados y bloques comunes, realizando coinversiones interempresas, grupos industriales e intercambiando tecnologías.

## BIBLIOGRAFIA

- 1.-"Anuario Estadístico del Plástico, México y el Mundo". Instituto Mexicano del Plástico Industrial S.C.(IMPI). México, 1990.
- 2.-"Anuario Estadístico de la Industria Química en 1989". Asociación Nacional de la Industria Química (ANIQ). México, 1990.
- 3.-Ernesto Ureta Barrón. "Estabilizadores Térmicos y Otros Aditivos para PVC", 1a. edición. LIMUSA, S.A de C.V.. México, 1989.
- 4.-Ferdinand Rodríguez. "Principios de Sistemas de Polímeros", 1a. edición. El Manual Moderno, S.A. de C.V.. México, 1984.
- 5.-ASTM-D-1755, sección 08, volumen 02, 1989.
- 6.-Harold A. Wittcoff y Bryan G. Reuben. "Productos Químicos Orgánicos Industriales", volumen 1 y 2, 1a. edición. LIMUSA, S.A. DE C.V.. México, 1987.
- 7.-Seymour S. Schwartz and Sidney H. Goodman. "Plastics Materials and Processes". Van Nostrand Reinhold Company, Inc., New York. U.S.A., 1982.
- 8.-ASTM-D-2115, sección 08, volumen 02, 1989.
- 9.-Walter E. Driver. "Química y Tecnología de los Plásticos", 1a. edición. Compañía Editorial Continental, S.A. de C.V. (CECSA). México, 1982.
- 10.-ASTM-D-740, sección 06, volumen 03, 1989.
- 11.-Susan Budavari, Maryadele J. O'Neil and Ann Smith. "The Merck Index. An Encyclopedia of Chemical, Drugs and Biologicals", 11a. edición. Merck & Co., Inc. Rahway, New Jersey. U.S.A., 1989.
- 12.-P. Martínez de las Marías. "Química y Física de los Altos Polímeros y Materias Plásticas". Colección Exedra, ALHAMBRA, Madrid. España, 1972.
- 13.-Charles C. Winding and Gordon D. Hiatt. "Polymeric Materials". McGraw-Hill Book Company, Inc., New York. U.S.A., 1961.
- 14.-ASTM-D-1249, sección 08, volumen 01, 1989.
- 15.-Leonard I Nass. "Encyclopedia of PVC", volumen 1, 2 y 3. Marcel Dekker, Inc., New York. U.S.A., 1976.
- 16.-"Chemical Prices". Chemical Marketing Reporter. Abril 2 1990, págs. 34-42.
- 17.-ASTM-D-1199, sección 06, volumen 02, 1989.

- 18.-Temple C. Patton. "Pigment Handbook", volumen 1. John Wiley & Sons, Inc., New York. U.S.A., 1973.
- 19.-George T. Austin. "Manual de Procesos Químicos en la Industria", volumen 2 y 3, 1a. edición. McGraw-Hill Interamericana de México, S.A. de C.V., México, 1988.
- 20.-ASTM-D-476, sección 06, volumen 02, 1989.
- 21.-ASTM-D-1535, sección 06, volumen 01, 1989.
- 22.-ASTM-E-308, sección 14, volumen 02, 1989.
- 23.-Donald F. Othmer y Raymond E. Kirk. "Enciclopedia de la Tecnología Química", volumen 10, primera edición. Unión Tipográfica Editorial Hispano Mexicana (UTEHA). México, 1962.
- 24.-ASTM-D-1210, sección 06, volumen 01, 1989.
- 25.-Norma Hollen and Jane Saddler. "Textiles", séptima impresión. The MacMillan Company, New York. U.S.A., 1961.
- 26.-Joel Frados. "Plastics Engineering Handbook of the Society of the Plastic Industry", 4a. edición. Van Nostrand Reinhold Company, Inc., New York. U.S.A., 1976.
- 27.-ASTM-D-1593, sección 08, volumen 01, 1989.
- 28.-ASTM-D-1824, sección 08, volumen 02, 1989.
- 29.-ASTM-D-1200, sección 06, volumen 01, 1989.
- 30.-ASTM-D-3690, sección 07, volumen 01, 1989.
- 31.-David Rotman. "Solid waste is a mushy problem". Chemicalweek. December 20/27 1989, págs. 24-30.
- 32.-Al Wyss. "Recycling efforts building up speed". Chemical Marketing Reporter. February 12 1990, págs. 22-24.
- 33.-ASTM-D-166, sección 08, volumen 01, 1989.
- 34.-Bekum Maschinenfabriken GmbH. "El plástico demasiado valioso para tirarlo a la basura". Panorama Plástico. Octubre 1991, Vol.7, No.59, págs.47-48.
- 35.-Herman F. Mark, Norbert M. Bikales, Charles G. Overberger and George Menges. "Encyclopedia of Polymer Science and Engineering", volumen 5, 6 y 17, 2a. edición. John Wiley & Sons, Inc., New York. U.S.A., 1986.
- 36.-Eduardo Alvarez Bilbatúa. "Uso correcto del sistema SPI para codificación de envases de plástico". Empaque Performance. Mayo/Junio 1991, Vol. 1, No. 1, págs. 5-11.

- 37.-Dr. Heyn. "El reciclaje de desechos por Bieextrusión". *Panorama Plástico*. Octubre 1991, Vol.7, No.59, págs. 23-24.
- 38.-Hugo Martínez Navarro. "El UNIVERSAL". Suplemento, 16 de Junio de 1991, pág. 4.
- 39.-"Panorama Plástico. Directorio de Proveedores de la Industria del Plástico". Editorial Corso, S.A. de C.V.. México, 1991.
- 40.-"Encuesta Industrial Mensual". Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). México, ediciones 1987, 1988, 1989 y 1990.
- 41.-Amos Turk, Jonathan Turk and Janet T. Wittes. "Ecology Pollution Environment". W.B.Saunders Company. U.S.A., 1972.
- 42.-James Guillet. "Polymers and Ecological Problems". Plenum Press of New York. U.S.A., 1973.
- 43.-Newton Irving Sax. "Industrial Pollution". Van Nostrand Reinhold Company, Inc., New York. U.S.A., 1974.
- 44.-"Directorio de Empresas, Productos, Servicios y Distribuidores de la Industria Química". Asociación Nacional de la Industria Química A.C. (ANIQ). México, 1991.
- 45.-"Documento Promocional Sobre el PVC". Asociación Nacional de la Industria Química A.C. (ANIQ). México, 1988.
- 46.-"Información de Importaciones y Exportaciones". Dirección General de Estadística Sectorial e Informática de la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial (SECOFI). México, ediciones de 1988, 1989 y 1990.
- 47.-Irvin I. Rubin. "Handbook of Plastic Materials and Technology". John Wiley & Sons, Inc., New York. U.S.A., 1990.
- 48.-"Anuario Estadístico de la Industria Textil". Cámara Nacional de la Industria Textil. México, 1990.



## APENDICE 1

### CLASIFICACION DE LOS POLIMEROS

La industria de los polimeros consume productos petroquimicos y los convierte en productos llamados plásticos, fibras, elastómeros adhesivos y recubrimientos de superficies. Los términos polímero y resina se emplean como sinónimos en la industria química, pero es incorrecto referirse a todos los polimeros sintéticos empleando el nombre de plásticos. Un plástico es el material que se forma o fabrica a partir de un polímero. (1) (6).

#### 1.1.-Clasificación de acuerdo a su estructura química

Se clasifican por su morfología, presencia de monómeros, y comportamiento frente al calor, esta propiedad es la más importante y divide a los polimeros en Termoplásticos y Termofijos. (1).

##### 1.1.1.-Termoplásticos

Se ablandan o funden al calentarse y son solubles en disolventes. Están formados por moléculas de cadenas largas, a menudo sin ramificación. Los termoplásticos pueden emplearse en las cinco aplicaciones principales de los polimeros: plásticos, fibras, elastómeros, recubrimientos y adhesivos. Si se les vuelve a aplicar calor tienen la posibilidad de fundirse nuevamente y moldear un producto igual o diferente. (1) (6). En la tabla # 84 se dan ejemplos de este tipo de materiales.

ABS	Acrilonitrilo-butadieno-estireno.
HDPE	Poliétileno de alta densidad.
LDPE	Poliétileno de baja densidad.
PA	Poliámidas.
PC	Policarbonato.
PET	Poliétilentereftalato.
PMMA	Polimetilmetacrilato.
POM	Polióximetileno.
PP	Polipropileno.
PS	Polistirenos
PVC	Policloruro de vinilo.

Tabla # 84: Materiales termoplásticos comunes.

Fuente: Anuario Estadístico del Plástico. Edición 1990. (1).

### 1.1.2.-Termofijos

Son aquellos materiales que una vez que han sido transformados en una pieza, por medio del calor y la presión, al aplicarse nuevamente calor se degradan o carbonizan. Sus estructuras son tridimensionales con entrecruzamientos y no pueden fundirse ni solubilizarse, por lo que no pueden ser reprocesados. Se emplean para obtener plásticos, elastómeros (con poco entrecruzamiento), recubrimientos y adhesivos. (1) (6). En la tabla # 85 se dan algunos ejemplos de este tipo de materiales.

EP	Resinas epóxicas.
MF	Resinas melamina-formaldehído.
PF	Resinas fenol-formaldehído.
PUR	Poliuretanos.
UF	Resinas urea-formaldehído.
UP	Poliéster insaturado.

Tabla # 85: Ejemplos de materiales termofijos.

Fuente: Anuario Estadístico del Plástico. Edición 1990. (1).

### 1.2.-Clasificación de acuerdo a su consumo

Se clasifican en: comodities, versátiles, técnicos, y especialidades, (1).

#### 1.2.1.-Comodities

Se consumen en volúmenes altos. El Procesamiento y equipo utilizado son relativamente simples. Requieren de asistencia técnica mínima. Ofrecen márgenes bajos de ganancia y los precios se fijan de acuerdo a los costos. En este grupo se encuentran el HDPE, LDPE, PVC, PP y PS.

#### 1.2.2.-Versátiles

Su consumo es en volúmenes medios. Requieren de poca tecnología en producción y transformación, pero la creatividad y el diseño, son la base de su desarrollo. No existe suficiente difusión de sus aplicaciones. Satisfacen mercados definidos. El precio se establece de acuerdo a la funcionalidad. Algunos polímeros de este tipo son: PMMA, PUR, PF, UF, EP y UP.

### 1.2.3.-Técnicos

Se consumen en bajos volúmenes. El procesamiento y el equipo requerido es especializado. Se venden con asistencia técnica. Sustituyen partes mecánicas. Satisfacen el mercado automotriz y eléctrico-electrónico principalmente. Márgenes altos de ganancia. Ejemplos de materiales de este tipo son: ABS, PET, PC, PA, POM, y algunas aleaciones.

### 1.2.4.-Especialidades

Se consumen en volúmenes mínimos. Son casi desconocidos en México. Equipo muy especial para su transformación. Es obligada la asistencia técnica. Se transforman cerca de los 300°C o por arriba de ellos. Satisfacen mercados especiales como automotriz y aeroespacial. Márgenes elevados de ganancia. La tabla # 86 muestra algunos ejemplos de materiales de este tipo.

LCP	Polímeros de cristal líquido.
PAI	Poliamidaimida.
PAR	Poliarilato.
PEEK	Polieterétercetona.
PEI	Poliéterimida.
PEK	Poliétercetona.
PES	Poliétersulfona.
PI	Poliimida.
PPS	Polisulfuro de fenileno.
PSU	Polisulfona.

Tabla # 86: Ejemplos de especialidades.

Fuente: Anuario Estadístico del Plástico. Edición 1990. (1).

Las abreviaturas estándar de los nombres de los polímeros se describen en el ASTM-D-1600. (33).

## APENDICE 2

### PROCESOS PARA OBTENER LAS RESINAS DEL PVC

El PVC se obtiene polimerizando cloruro de vinilo, por medio de peróxidos y existen tres diferentes procesos para hacerlo.

#### 2.1.-Polimerización en suspensión

Con este proceso se obtiene la mayor cantidad del PVC. Se utilizan reactores de acero inoxidable con chaqueta y agitador. En la tabla # 87 se presenta una receta típica.

		Partes
Medio	Agua	200
Monómero	Cloruro de vinilo	100
Catalizador	Peróxido de laurilo	1
Agente de suspensión	Alcohol polivinílico	2

Tabla # 87: Receta típica para la polimerización en suspensión.  
Fuente: Principios de Sistemas de Polímeros. Ed.1984. (4).

En este caso el catalizador es soluble en el monómero. Para controlar la exotermia de la polimerización se usa agua. Como el monómero cloruro de vinilo líquido es insoluble en el agua, se requiere de una agitación vigorosa para formar una dispersión de gotitas del monómero en el agua. Con un periodo de 8 a 15 horas, una temperatura de 50 a 80°C y una presión de 220 psi, sin dejar de agitar para mantener en suspensión las gotitas, se puede lograr una conversión del 80 al 90 %.

El polímero se forma dentro de las gotitas de monómero y forma una estructura reticular. Para evitar que el polímero se aglomere en el reactor, se disuelve en el agua alcohol polivinílico, el cual cubre la superficie de las partículas del polímero y evita que se peguen. Al final del periodo el monómero que no reaccionó se separa por reducción de la presión de operación y se obtienen partículas de resina porosas. De la suspensión polímero-agua, el polímero se separa por filtración o centrifugación y se seca en secadores rotatorios, o simplemente la suspensión se seca por aspersión. Las resinas de suspensión tienen partículas grandes (45-400 micras).  
(3)(4).

## 2.2.-Polimerización en emulsión

La polimerización en emulsión se hace en reactores parecidos a los que se usan para la polimerización en suspensión. La tabla # 88 presenta una receta típica.

		Partes
Medio	Agua	100
Monómero	Cloruro de vinilo	100
Catalizador	Persulfato de sodio	1
Agente de emulsión	Lauril sulfato de sodio	1.5

Tabla # 88: Receta típica para la polimerización en emulsión.  
Fuente: Polymeric Materials, Edición 1961. (13).

La reacción se realiza también en agua, con peróxidos solubles en agua, pero en vez de agregarle un agente de suspensión como el alcohol polivinílico, se añade un emulsificante, que puede ser un jabón o un detergente como el lauril sulfato de sodio. En estas condiciones, el monómero se emulsifica, es decir, por medio de agitación vigorosa el monómero líquido se dispersa en forma de gotitas en el agua que contiene el catalizador y el agente emulsificante. El reactor opera a una temperatura de 40 a 45°C durante 72 horas para dar el 90 % de rendimiento. Las microgotas quedan estabilizadas por el detergente durante todo el proceso de la polimerización y acaban formando un látex. La recuperación de estas partículas se puede lograr secando por aspersión o por coagulación, haciendo precipitar el polímero rompiendo la emulsión mediante la adición de un ácido. Después se lava y se seca. Las resinas de emulsión tienen partículas pequeñas (1-20 micras). (3) (13).

## 2.3.-Polimerización en masa

En este tipo de proceso, los únicos ingredientes son el monómero cloruro de vinilo y el peróxido. El proceso se lleva a cabo en dos etapas. Se inicia con una prepolimerización y se llega hasta una conversión de casi 10 % en un tanque con agitación. Posteriormente se polimeriza hasta un 75 % de conversión en un autoclave con agitación lenta por un período de 10 a 12 horas o más. Después de que el monómero se elimina y se recupera el polímero, resultan partículas porosas con diámetros de 70-170 micras, (3).

### APENDICE 3

#### FIBRAS Y TELAS TEXTILES

##### 3.1.-Fibras

Las fibras son las unidades fundamentales usadas en la fabricación de hilos y telas y pueden ser naturales o sintéticas, como se muestra en la Tabla # 89.

##### 1.-Fibras de celulosa.

- a).-Naturales: Algodón, Lino, Yute, Cañamo, Sisal.
- b).-Sintéticos: Rayón.

##### 2.-Fibras de proteína.

- a).-Naturales: Lana, Seda, Mohair.
- b).-Sintéticas: Vicara, Aralac.

##### 3.-Fibras de resinas termoplásticas.

- a).-De celulosa: Acetato.
- b).-Poliámidas: Nylon 6, Nylon 6,6.
- c).-Poliéster: Dacrón.
- d).-Acrílicas: Orlón, Acrilán.
- e).-Modacrílicas: Dynel, Verel.
- f).-Vinílicas: Saran, Vinyon, Teflón.
- g).-Poliiolefinas: Polietileno, Polipropileno.
- h).-Diversos: Poliuretano, Policarbonato.

##### 4.-Fibras minerales.

- a).-Natural: Asbesto.
- b).-Sintéticas: Vidrio, Carbón y Sílice.

Tabla # 89: Clasificación de las fibras más comunes.

Fuente: Textiles. Edición 1961. (25).

Las fibras naturales carecen de uniformidad, debido a las condiciones del clima, enfermedades y tipos de alimentación. En las fibras sintéticas es posible controlar el proceso de fabricación totalmente y obtener fibras de tamaño uniforme, (25).

##### 3.2.-Clasificación de las fibras

De acuerdo a su longitud existen dos clases de fibras: filamentos y fibras cortas.

### 3.2.1.-Filamentos

Los filamentos son de una longitud continua, que se mide en metros. El unico filamento que se encuentra en forma natural es la seda. Todos los demás filamentos son sintéticos y se obtienen por tres métodos diferentes.

a.-Hilado fundido. Con este proceso se obtienen el Dacrón, Nylon, Saran y Polipropileno isotáctico.

b.-Hilado en seco. Con este procedimiento se obtienen el Orlón y el Acetato.

c.-Hilado en húmedo. Con este método se obtiene el Rayón, Vicara, Dynel y Acrilán.

Para desarrollar las propiedades al máximo, los filamentos reciben un tratamiento posterior de estirar y retorcer donde se controla el diámetro, forma y resistencia a la tensión.

Los hilos que se hacen de filamentos son de dos tipos, los hilos de monofilamento que estan formados de un solo filamento de gran resistencia y los hilos de multifilamento que estan formados de un cierto número de delgados filamentos retorcidos juntos, (4) (25).

### 3.2.2.-Fibras cortas

La fibra corta es un término que es aplicado a cualquier fibra cuya longitud se expresa en pulgadas. Todas las fibras naturales, excepto la seda son fibras cortas. A partir de la primera guerra mundial, Alemania inició la práctica de cortar los filamentos del Rayón en longitudes cortas para usarlas en telas tipo algodón.

Actualmente cualquier filamento puede ser cortado en fibras cortas. Partiendo de cualquiera de los métodos para obtener los filamentos, se obtiene un cable estirado y retorcido, que se encuentra formado por varios miles de filamentos que se corta en trozos que van desde 1.5 a 5 pulgadas. En este caso el retorcido o rizado de las fibras cortas, les da un ondulado parecido al de la lana, que las hace más cohesivas y tienen mejor capacidad para juntarse cuando se utilizan en la formación de los hilos, (25).

En la tabla # 90 se muestran algunas de las propiedades de las fibras más comunes.

fibra	Diámetro (micras)	Longitud (pulgadas)	densidad (grs/cm <sup>3</sup> )
Algodón	16 a 20	0.75 a 2.0	1.48
Lino	12 a 16	0.5 a 2.5	1.50
Lana	18 a 40	2.0 a 10.0	1.30
Seda	11 a 12	filamento o f.corta	1.30
Rayón	varía con el denier	filamento o f.corta	1.52
Acetato	varía con el denier	filamento o f.corta	1.25
Nylon	varía con el denier	filamento o f.corta	1.14
Orlón	varía con el denier	filamento o f.corta	1.17
Dacrón	varía con el denier	filamento o f.corta	1.38
Dynel	varía con el denier	fibra corta	1.28
Acrilán	varía con el denier	fibra corta	1.20

Tabla # 90: Propiedades de las fibras más comunes.  
Fuente: Textiles. Edición 1961. (25).

El tamaño de un filamento se mide convencionalmente en denier, que es el peso en gramos de 9,000 metros de filamento. Mientras más pequeño sea el valor en denier menor será el diámetro del filamento, (6)(25).

### 3.3.-Resistencia a la tensión de las fibras

Los materiales que han sido útiles como fibras, son los polímeros con un alto grado de orden lateral (cristalinidad) y fuerte atracción de cadenas adyacentes. Las fibras naturales se desarrollan en esta forma, pero las sintéticas adquieren mayor orden lateral durante su proceso de fabricación, donde las cadenas del polímero se se orientan y se acercan entre sí, de manera que interaccionan fuertemente. En la lana, el algodón, las celulósicas y los nylons existen enlaces de hidrógeno entre las moléculas del polímero, en el poliacrilonitrilo y los poliésteres, la cohesión molecular se debe a las fuertes interacciones entre los grupos polares de las cadenas vecinas, que pueden ser tan fuertes o aún más fuertes que los enlaces de hidrógeno, (6).



La resistencia de una fibra, es la capacidad para resistir tensiones y esfuerzos. Se expresa como resistencia a la tensión en psi o como tenacidad en grs/denier. La tabla # 91 presenta los valores de tenacidad de las fibras más comunes. La tenacidad, es la resistencia por número unitario de tamaño.

Fibras	tenacidad (grs/denier)		ganancia de húmedad (%)
	seca	húmeda	
Alta resistencia			
Ramíana	6.7	8.7	---
Lino	6.6	8.4	12
Vidrio	6.4	5.8	---
Nylon	5.8	5.4	4
Dacrón	4.8	4.8	0.4
Resistencia media			
Seda	4.5	3.9	10
Orlón	4.5	4.4	3
Algodón	3.8	4.8	8
Dynel	3.0	3.0	0
Acrilán	2.5	2.0	1.2
Baja resistencia			
Rayón	2.0	1.0	14
Acetato	1.5	0.8	6
Lana	1.3	0.8	15-30

Tabla # 91: Resistencia de algunas de las fibras más comunes.  
Fuente: Textiles. Edición 1961. (25).

La tenacidad se relaciona con la fuerza tensil por medio de la siguiente ecuación:

$$\text{fuerza tensil} = \text{tenacidad} \times \text{densidad}$$

Las fibras más débiles que la Lana son de poco valor práctico, mientras que las más fuertes que el nylon solo requieren de esta propiedad en aplicaciones especializadas como es de refuerzo en plásticos, (6).

En la tabla # 92 se presenta los fabricantes de fibras sintéticas en México.

Celanese Mexicana, S.A.  
Celulosa y Derivados, S.A.  
Fibras Químicas S.A.  
Fibras Sintéticas S.A.  
Inpetmex, S.A.  
Industrial Polifil, S.A.  
Kimex, S.A.  
Nylon de México S.A.  
Finacril, S.A.

Tabla # 92: Fabricantes de Fibras Sintéticas en México.  
Fuente: Anuario Estadístico de la Industria Química. 1990. (2).

#### 3.4.-Telas tejidas

De acuerdo al tipo de tejido existen dos clases de telas y son: telas de tejido plano y telas de tejido de punto.

##### 3.4.1.-Telas de tejido plano

El tejido plano es el entrelazado de dos o más hilos que forman un ángulo recto de unos con respecto a otros. La tela se fabrica en un telar. Un montaje de hilos longitudinales (urdimbre) son colocados paralelamente en el telar y el otro montaje de hilos formando un ángulo recto son los hilos atravesados (trama) que van en forma alternada por arriba y por abajo de los hilos longitudinales. Las telas de tejido plano hechas a mano son generalmente de 68 a 90 cms. de ancho. Mientras que las telas tejidas a máquina varían en el ancho de acuerdo al contenido de la fibra y el uso final. Las telas de tejido plano más utilizadas en las telas plásticas son Satin y Sarga, (25) (35).

##### 3.4.2.-Telas de tejido de punto

El tejido de punto, es el proceso que utiliza agujas para tejer uno o más hilos en una serie de vueltas entrelazadas. Las telas con tejido de punto son muy deseadas debido a que no se arrugan

fácilmente, las prendas que se obtienen con este tipo de tejido se adaptan al cuerpo sin apretar, son elásticas y porosas, ligeras y calientes. La tela con tejido de punto Jersey es la más utilizada en telas plásticas, (25) (35).

Las máquinas de tejido de punto pueden hacer telas de 2 a 5 veces más rápidas, que el telar para hacer telas de tejido plano.

Las telas de tejido plano no tienen la flexibilidad de las telas con tejido de punto. Con el tejido de punto la forma de la prenda puede ser construida durante la formación de la tela, mientras que con el tejido plano, primero se obtiene la tela y posteriormente por recorte y costura se obtiene la prenda. Además en las telas de tejido de punto existe una mayor tendencia a encoger que en las telas de tejido plano, (25).

La tabla # 93 presenta algunos de los fabricantes de telas en México.

AMERICAN TEXTIL, S.A. de C.V.  
AZTECA TEXTIL, S.A. de C.V.  
FABRICA DE TELAS SALVATEX, S.A.  
HILADOS Y TELAS, S.A.  
TEJIDOS Y TRICOT, S.A. DE C.V.  
TEXNOTEJ, S.A. DE C.V.  
HILATURAS SELECTAS, S.A.  
TEX-FIL, S.A. DE C.V.  
TELAS ESPECIALES DE MEXICO, S.A. DE C.V.  
PLYTEX, S.A.

Tabla # 93: Fabricantes de telas en México.

Fuente: Anuario Estadístico de la Industria Textil. 1991. (48).

#### APENDICE 4

#### IMPORTACIONES DE MAQUINARIA Y EQUIPO PARA LA TRANSFORMACION DE LAS RESINAS EN MEXICO

Una rama industrial prácticamente abandonada en México, es la fabricación de bienes de capital como es, la manufactura de equipo y maquinaria para la transformación de resinas, (1).

##### 4.1.-Importaciones de maquinaria

Los datos acumulados de la importación de maquinaria nos indican que entre 1970 y octubre de 1989 se introdujeron al país un monto global de 533.3 millones de dólares en diversas maquinarias, como se muestra en la tabla # 94.

Máquina	valor (miles de dolares)	%
Inyectoras	283,029	53
Extrusoras	132,068	25
Sopladoras	109,157	20
Termoformadoras	9,058	2
Total	533,312	100.0

Tabla # 94: Importación de maquinaria para la transformación de las resinas sintéticas acumulado 1970-octubre 1989.  
Fuente: Anuario Estadístico del Plástico. Edición 1990. (1).

A nivel global el crecimiento en las importaciones entre 1987 y octubre de 1989, se debe a las ventajas proporcionadas por la política en materia de comercio exterior: reducción arancelaria, eliminación del permiso previo de importación para maquinaria y equipo, deslizamiento controlado de la paridad peso-dólar, facilidad crediticia de los proveedores y la relativa ausencia de fabricación nacional, salvo algunas excepciones, (1).

En la tabla # 95, se observa un mayor crecimiento en la importación de máquinas termoformadoras y de inyectoras de capacidades grandes mayores a 5 kgs, durante el periodo 1987-octubre de 1989.

Máquina	miles de dólares		
	1985	1987	1989*
Inyectoras de cap. hasta 5 kgs.	5,671	2,999	11,315
Inyectoras de cap. superior a 5 kgs.	7,047	3,350	14,328
Extrusoras de un husillo	1,292	1,302	9,224
Extrusoras de dos o más husillos	4,205	8,398	7,983
Sopladoras	7,397	4,512	14,452
Termoformadoras	215	939	3,085
Total	25,827	21,500	60,387

\* Enero-Octubre 1989.

Tabla # 95: Importación de maquinaria para la transformación de las resinas sintéticas

Fuente: Anuario Estadístico del Plástico. Edición 1990. (1).

#### 4.2.-Importaciones de equipo complementario

Las importaciones realizadas en equipo complementario para la transformación de plásticos durante el periodo 1985-octubre 1989, se muestra en la tabla # 96. Principalmente se importan mezcladores, molinos, cortadoras y troqueladoras e impresoras por serigrafía.

Máquina	miles de dólares		
	1985	1987	1989*
Molinos mezcladores	3,936	915	2,040
Cortadoras y troqueladoras	2,113	3,141	2,196
Impresoras por serigrafía	1,472	239	1,076
Granuladoras, trituradoras y molinos	1,612	971	1,389
Equipo para pintar y unir plásticos	466	211	912
Total	9,599	5,477	7,613

\*Enero-Octubre 1989.

Tabla # 96: Importación de equipo complementario para la transformación de las resinas

Fuente: Anuario Estadístico del Plástico. Edición 1990. (1).