

3
2ej.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

Escuela Nacional de Estudios Profesionales
"ZARAGOZA"

EVOLUCION TECNOLOGICA Y DIVERSIFICACION DE LA POLISULFONA

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO QUIMICO
P R E S E N T A N
JULIO ANTONIO ANGELES PEREZ
HECTOR MARTINEZ MARTINEZ
MANUEL TORAL BARRERA



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

	Pág.
INTRODUCCION	1
CAPITULO I	
PLANIFICACION DE UN PRODUCTO	6
1.1. Análisis de Mercado	11
1.2. Definición del Producto	13
CAPITULO 2	
LA INDUSTRIA DE LOS PLASTICOS	16
2.1. Desarrollo Histórico	17
2.2. Situación Internacional	21
2.3. Situación Nacional	25
2.4. Tendencias del Sector	34
2.5. Análisis Económico	38
2.6. Precios Internacionales	41
CAPITULO 3	
DESARROLLO HISTORICO DE LAS POLISULFONAS	47
3.1. Descubrimiento	47
3.2. Métodos de Obtención	48
3.2.1. Evolución de los Métodos de Obtención	53
3.2.2. Comentarios	62
CAPITULO 4	
PROPIEDADES	64
4.1. Descripción y Análisis Comparativo	68
4.1.1. Propiedades Mecánicas	69

4.1.2.	Propiedades Térmicas	87
4.1.3.	Propiedades de Procesamiento	91
4.1.4.	Propiedades Eléctricas	96
4.1.5.	Propiedades Químicas	102

CAPITULO 5

EVOLUCION DE USOS Y APLICACIONES	105
5.1. Diversidad de Usos	107
5.2. Evolución de Usos	111
5.2.1. Países y Compañías Dominantes en el Estudio y Desarrollo de la Polisulfona	124
5.3. Usos Potenciales	130

CAPITULO 6

ALTERNATIVAS TECNOLOGICAS	133
6.1. Descripción de Procesos	135
6.1.1. Proceso "Celanese"	135
6.1.2. Proceso "I.C.I" A	143
6.1.3. Proceso "I.C.I" B	149
6.1.4. Proceso "U.C."	154
6.2. Factores limitantes	162
6.2.1. Polimerización Térmica	163
6.2.2. Polimerización Catalítica	163
6.2.3. Polimerización en Solución	164
6.2.3.1. Tipo A	165
6.2.3.2. Tipo B	165
6.3. Areas de Estudio de las Entidades Tecnológicas	167
6.4. Criterios de Selección Tecnológica	169
6.5. Recomendación Tecnológica	185

CONCLUSIONES	189
BIBLIOGRAFIA	201

INTRODUCCION

La demanda del mercado internacional y nacional de productos plásticos, representa actualmente uno de los problemas al que se enfrenta el sector industrial.

Los productos plásticos disponibles se caracterizan por tener una variedad de aplicaciones y proceder de modos de producción de desarrollo continuo.

Sin embargo, otro problema que hay que considerar, se origina por la falta de información, principalmente en el país, de una gran cantidad de productos plásticos surgidos del desarrollo científico y tecnológico en los últimos años.

Las principales barreras que impiden la entrada de nuevos productos y de productores al mercado las forman: la disponibilidad de tecnología, el tamaño del mercado, el precio para el producto y la inversión requerida para erigir plantas de tamaño competitivo.

El carácter estratégico de la industria de los plásticos reside, primero, en la versatilidad de aplicaciones que tienen los plásticos en un gran número de industrias; segundo, por su carácter de sustituto de productos que, a su

vez, tienen gran importancia, como el aluminio, fierro, níquel zinc, cobre y las aleaciones de otros metales. Además, por su potencial en industrias básicas como la del calzado, la construcción, la automotriz, la farmacéutica y electrónica, entre otras.

Las resinas sintéticas y los plásticos de ingeniería, representan en México grandes volúmenes de consumo y costo elevado, dado que en su mayoría son de importación, pero debido a sus propiedades físico-químicas, y a la versatilidad de aplicaciones, son materiales de gran importancia para el sector industrial.

Ante esta situación y dado que toda actividad profesional debe contemplarse como un satisfactor potencial de las necesidades del país, se emprende la tarea de dar a conocer una fuente de estudio e información de la polisulfona aromática.

De esta manera el presente estudio tiene el siguiente alcance:

Plantear la importancia y la versatilidad que tienen las polisulfonas para el sector industrial.

Para ello es necesario conocer los antecedentes his

tóricos, así como el marco industrial en el que se encuentran; con la finalidad de establecer la variedad de aplicaciones y características más importantes, que las hacen sobresalir de la familia de plásticos a la que pertenecen.

Así también se pretende dar a conocer los diferentes métodos de obtención y el desarrollo tecnológico que se ha logrado para la producción de las polisulfonas.

El cumplimiento de los objetivos anteriores, nos proporcionaran elementos que nos ayuden a conformar un panorama general y a su vez, un indicador técnico-económico preliminar, para aquellos interesados en la producción de las polisulfonas en México.

El capítulo 1 se ocupa de manera general de la importancia que tiene la planificación de un producto. Fase de todo proyecto que nos ayuda a identificar nuestras necesidades, relaciones, condiciones y situaciones que caracterizan a nuestro producto; con su mercado y sector industrial.

Su análisis se conforma de dos criterios: del análisis de mercado y de la definición del producto.

El capítulo 2 proporciona un desarrollo histórico de los sectores industriales relacionados con la industria

de los polímeros; señalándose una síntesis cronológica de la ciencia y la tecnología de los plásticos. Además, se tratan los temas que hablan de la situación internacional y nacional de los plásticos, mencionándose a los países que mantienen una mayor actividad comercial; a aquellos productos plásticos que se mantienen a la vanguardia del consumo y para aquellos, en que se prevee un crecimiento a largo plazo; para presentar por último un análisis económico en relación con la evolución de los precios internacionales que representan a este sector industrial.

En el capítulo 3 se describe brevemente el descubrimiento e introducción al mercado de las polisulfonas, específicamente la Udel polisulfona, Astrel poliarilsulfona, Vicrox polietersulfona y Radel polifenilsulfona.

Como parte integral del estudio histórico de la polisulfona, se presenta la evolución de este plástico desde el año de 1965 hasta 1984, relacionado a sus métodos de obtención, materia prima, catalizador, condiciones de reacción y las compañías licenciadoras.

En el capítulo 4 se describen las propiedades mecánicas, térmicas, de manufactura, eléctricas, químicas y ópticas de la polisulfona y otros termoplásticos comunes; observando la importancia que adquieren las propiedades físi-

co-químicas, al considerarlas como un criterio de selección de materiales para nuevas aplicaciones.

El capítulo 5 proporciona los diferentes campos de aplicación de la polisulfona, obtenidos a partir de su comportamiento en un período que comprende desde el año de 1967 hasta 1984; y finalmente se propone una metodología para desarrollar o encontrar nuevas aplicaciones para un producto determinado.

En el capítulo 6 se describen los diferentes procesos tecnológicos, hasta ahora disponibles, para la producción de polisulfona, finalizando con un análisis comparativo de las alternativas propuestas, donde las características para cada una de ellas nos proporcionan los criterios de selección del proceso químico de producción más conveniente.

CAPITULO I

PLANIFICACION DE UN PRODUCTO

Una estrategia elaborada adecuadamente puede definir criterios importantes para el desarrollo y la selección de un producto. Puede proporcionar un marco para la evaluación de oportunidades que parecen atractivas, pero que requieren cambios de operaciones en la introducción de un producto en el mercado. El resultado deberá ser un uso más eficiente de las actividades que permiten el desarrollo y definición de la variedad de los productos existentes.

El tiempo de introducción de un producto puede ser importante y debe fundamentarse en un análisis cuidadoso de las condiciones del mercado, la capacidad de la compañía para capitalizar la oportunidad y el efecto que tendrá entre los otros productos de la línea, para solo mencionar algunos factores que son muchas veces decisivos en el desarrollo e innovaciones de un producto. También debe comprender, las posibles respuestas ante las diferentes medidas que se esperan de la competencia.

Se puede establecer que, la estrategia de productos - fija las metas para el desarrollo de estos mismos e indica -- los recursos que se necesitan.

Toda planificación estratégica, debe revisarse cons-- tantemente, si es que no quiere arriesgarse en otras formas de estudio ó desarrollo.

Entre los personajes que más atraen la atención, dentro del mundo de los negocios, se encuentran los inventores de de dicados, que trabajan solos durante muchas horas, hasta que, - de repente encuentran una buena idea para un producto. Dicha- idea se la proporcionan a inversionistas para obtener respaldo financiero, y reciben una satisfacción, moral y/o económica, - puesto que su acceso de dedicación transitoria es la base para que una compañía logre el éxito de un día para el otro. Sin - embargo, junto con el crepúsculo, se sabe que lo único constante es el cambio.

El inventor ve que el lugar que su producto ocupaba, - incluso quizás creaba, va erosionandose con las corrientes de la tecnología que lo golpean incesantemente, conforme las inno vaciones y desarrollos de otros arrollan el mercado y tienen - su propio día de sol.

La búsqueda de un segundo producto, basándose en la -

inspiración fracasa y para el día siguiente, la compañía ha de saparecido del panorama.

Este comportamiento se presenta en las industrias que tienen alta tecnología, por lo que W.D. Zerecor (1) recomienda que se pase de la dependencia en la inspiración, al proceso de la planificación de un producto.

El proceso consiste en analizar el mercado en primer lugar, y después, con la base en la tecnología existente, definir los productos que habrán de crearse o de satisfacer otras de las necesidades del mercado.

La mejor manera de asegurarse de este proceso simple y su éxito respectivo, consiste en comprender y desarrollar el concepto de la planificación de un producto.

Los mejores productos que tienen una alta tecnología, son muchas veces, el resultado de un estudio o análisis (de -- mercado y/o tecnológico) practicado en su oportunidad.

Con base en el conocimiento de una tecnología o un -- mercado y alguien con una idea que le de forma y la desarrolle

(1) "Planificación de un producto de alta tecnología" W.D. Ze
reco
Biblioteca Harvard.

de manera privada para después hacerla realidad; se logra que muchas compañías se agrupen en derredor de ideas y conocimientos particularmente aplicados.

El elemento principal que impide que la mera intuición sirva como método adecuado para la planificación de un producto, es que la elaboración de productos de alta tecnología generalmente debe comprender una evaluación del efecto que tienen en aquellos sistemas donde habrán de encajar.

Lo anterior nos muestra la existencia de un patrón de desarrollo, muy común en industrias con una tecnología avanzada.

Pero aquellas compañías formadas a base de intuiciones en dónde los resultados demostraron que sus conocimientos fueron satisfactorios, creerán que no existe la necesidad de utilizar proposiciones sistemáticas para la planificación de nuevos productos, no haciendo otra cosa sino esperar la siguiente inspiración, dejando así a un lado la planificación como función integral o disciplina. Es necesario comprender que esta actitud es autodestructiva, ya que no solo el crecimiento o desarrollo del mercado y la tecnología depende de buenas ideas o de un momento de inspiración.

Son pocas las personas u organizaciones que tienen la sensatez como para reconocer que sólo tienen una única idea -- buena. Y, aunque puede discutirse respecto a lo que se quiere decir con una "idea buena", con acierto se puede decir que es aquella que da origen a un producto (s) nuevo (s) dentro de una industria o sector con un avance tecnológico dado.

La mayoría de las compañías tecnológicas se originan debido a una idea. Sin embargo, la segunda o tercera idea, rara vez son el resultado de corazonadas o inspiraciones adicionales, pero que resultan esenciales para que una empresa tenga éxito. Más bien, las ideas posteriores son originadas por concienzudos análisis de los mercados y las tecnologías, y si -- bien los resultados son tan satisfactorios como los de la idea original, el crecimiento y desarrollo continuo se presentan como consecuencia de haber realizado un buen estudio o análisis.

Hablar de las técnicas y habilidades especializadas -- esenciales que exige la planificación de productos, se puede decir que éstas consisten de dos partes: el análisis de mercado y la definición del producto.

1.1 Análisis de mercado.

Es considerado en la etapa inicial de todo estudio ó anteproyecto económico, diferenciándose del pronóstico de mercado. Además, este análisis contempla principalmente aquellos objetivos donde, las compañías con gran desarrollo tecnológico deben crearse mercados en lugar de prestar servicios a los ya existentes y tener en la tecnología científica los elementos de ayuda y decisión. El sentido adecuado es el de crear un producto con base en la tecnología y de ahí crear un mercado para el mismo.

La creación de un mercado generalmente ocasiona un cambio en la conducta de los consumidores. Lo que ha de determinarse es la forma en que los productos nuevos podrán fijar patrones de conducta aceptables: el producto nuevo tendrá que ser atractivo ó necesario, como para que la gente acepte que se presenta una nueva solución u opción. Por esta razón, no es suficiente sólo considerar las capacidades de la tecnología, el mercado también habrá de analizarse detalladamente.

Se ha mencionado que la existencia de productos nuevos origina una serie de alteraciones, tanto en la funcionalidad como en la aceptación del mercado para éste, sin embargo, el mejoramiento de las condiciones técnico-económicas que trae consigo también son deseables y se convierten en los objetivos

que se buscan cumplir.

Se entiende como un mejoramiento de las condiciones técnico-económicas, el impulso o desarrollo obtenido en un sector industrial dado, por la existencia de un producto nuevo en el mercado.

Un análisis de mercado, es un examen detallado de las funciones del producto propuesto y especifica las exigencias que deberá satisfacer en caso de ser aceptado.

A partir de la definición anterior, encontramos como tareas principales de nuestro análisis, las siguientes actividades:

- a) Determinar el tamaño de mercado
- b) Segmentación adecuada del mercado
- c) Determinar la evolución del precio para el producto.
- d) Establecer las posibles dificultades con los vendedores actuales, debido a los requerimientos de estudio más profundos, con el objeto de conocer las barreras a la entrada.

No existe manera alguna para determinar cuándo se ha realizado convenientemente la tarea del análisis del mercado.

Por lo que, la experiencia agudiza los instintos necesarios para identificar un análisis erróneo o incompleto.

1.2 Definición del producto

El segundo paso para la planificación, es tomar el -- análisis de mercado, así como la tecnología existente para definir el producto. Además de comprender el mercado, este paso implica entender y adecuar las capacidades y limitaciones de la tecnología existente.

El relacionar ambas cosas exige cuando menos un diseño conceptual del producto. Una manera de lograrlo, es usar el concepto de un diseño funcional, es decir, una especificación de consumo o fabricación, con objeto de fijar un patrón de referencia para el producto.

Al igual que en el análisis de mercado, no existe forma certera de asegurar que se ha efectuado una correcta definición del producto; pero se puede encontrar elementos de ayuda en tareas de investigación relacionadas con ésta.

Algunas tareas de investigación pueden ser:

- a) Disponibilidad de materia prima
- b) Segmentos de mayor consumo y centros de distribución.
- c) ¿La producción se puede lograr con tecnología propia?
- d) ¿Requiere de tecnología extranjera?

La planificación de un producto debe contemplar también el significado de las tendencias de cada sector industrial, y es dónde se encuentra la razón de desarrollo de un proyecto. Justificándose así la adquisición de nuevos compromisos y eliminar actividades que se vuelvan cada vez más difíciles de cumplir actualmente.

Algunos compromisos obligados, debido a la situación económica del país y que se buscan solucionar ya sea mediante la sustitución de importaciones, la autosuficiencia en la producción y mejoramiento del comercio exterior; son puntos a los cuales se les ha dado especial interés y facilidades en la inversión (extranjera y nacional).

La planificación puede convertirse en un fin en sí y costar mucho más de lo que produce. Sin embargo la planificación de nuevos productos es una función esencial para promover

el desarrollo tecnológico y además servir de eslabón para comprender la evolución del mercado nacional e internacional.

CAPITULO 2

LA INDUSTRIA DE LOS PLASTICOS

Durante muchos años la química y la física de los polímeros estuvieron alejadas de la tecnología.

En el año 1920, Staudinger propuso su hipótesis macromolecular: "substancias como el hule natural, no son asociaciones físicas o coloidales de moléculas pequeñas, sino que son verdaderas moléculas de cadenas largas y peso molecular alto." Como tales materiales no se pueden caracterizar fácilmente por los métodos que se usan para las moléculas pequeñas, la mayoría de los químicos consideraban la investigación de polímeros como una ocupación poco digna.

Sin embargo, los estudios de Emil Fischer acerca de las proteínas, de Meyer y Mark de la celulosa y de Carothers en la policondensación, establecieron una base para la aceptación de las ideas de Staudinger de la década de 1930.

Una vez más, la Segunda Guerra Mundial debe reconocerse como una época en que la investigación se aceleró nota-

blemente y las teorías empezaron a concordar con los hechos. Tanto el trabajo de Debye sobre la dispersión de la luz, el de Flory sobre el flujo viscoso (así como en otras áreas), como el de Harkins sobre la teoría de los polímeros en emulsión, se originaron de proyectos patrocinados por el gobierno.

El descubrimiento de Ziegler de los catalizadores sintéticos que originaron polímeros ordenados y la ampliación de tales sistemas por Natta en la década de 1950, cambiaron muchas ideas fundamentales de la ciencia de los polímeros, como sucedió algunos años después con el descubrimiento de los cristales unitarios de los polímeros de alto peso molecular.

2.1 Desarrollo histórico:

Hasta los años de 1920 y 1930, las diversas industrias que dependían de los materiales poliméricos, crecieron independientemente una de otra y estuvieron basadas en materiales naturales o materiales naturales modificados. En un sentido amplio, esas industrias pueden clasificarse en:

- Hule,
- Plásticos,

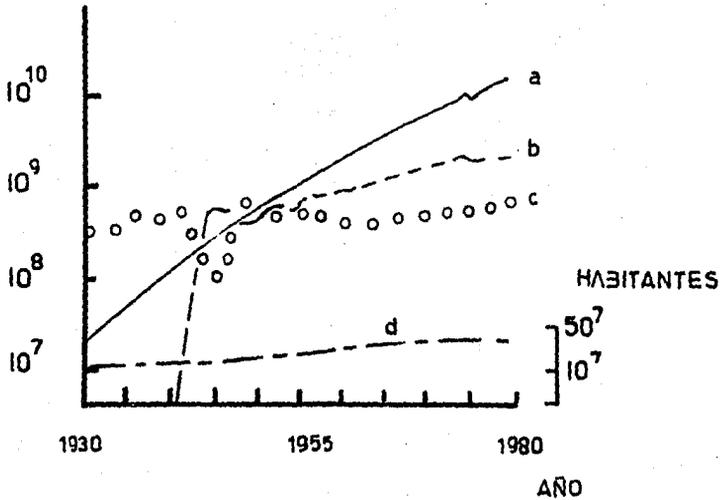
- Fibras,
- Recubrimientos, y
- Adhesivos

Durante los días de la guerra civil de E.U.A., las cajas de los soldados se moldeaban con compuestos que contenían laca, gutapercha u otras resinas naturales, junto con materiales fibrosos. La maquinaria para moldeo por compresión y los moldes que se usaron son muy semejantes, en principio, a aquellos que se utilizan un siglo después. El descubrimiento de Hyatt (1868) de que la celulosa nitrada mezclada con alcanfor podía moldearse bajo presión para obtener un material duro y atractivo, apropiado para bolas de billar y cuellos postizos, se cita a menudo como el principio de la industria de los plásticos.

Otro descubrimiento data de 1907, año en que Baekeland patentó un material totalmente sintético producto de la reacción del fenol y formaldehído.

En los cincuenta años siguientes, la industria se expande continuamente, casi sin ninguna pausa. Un factor importante fue la capacidad que se tuvo después de la Segunda Guerra Mundial, en la producción del estireno y que se originó del programa para el hule sintético. (gráficas 2,1.1 y 2,1.2)

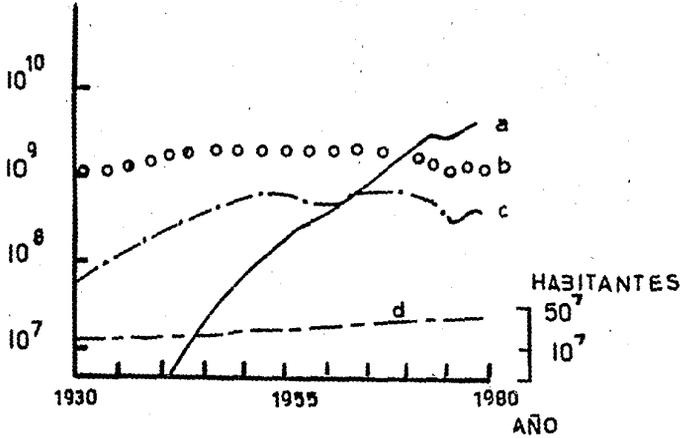
KILOGRAMOS



GRAFICA 2.1.1 CONSUMO DE
 a PLASTICOS
 b HULE SINTETICO Y
 c HULE NATURAL, RESPECTO AL
 d CRECIMIENTO DE LA POBLACION
 (EE UU)

FUENTE: PRINCIPIOS DE SISTEMAS
 DE POLIMEROS
 F. RODRIGUEZ
 ED. M. MODERNO 1982

KILOGRAMOS



GRAFICA 2.1.2 CONSUMO DE FIBRAS RESPECTO AL CRECIMIENTO DE LA POBLACION (EEUU)

- a FIBRAS NO CELULOSICAS
- b ALGODON
- c RAYON Y ACETATO
- d POBLACION

FUENTE: PRINCIPIOS DE SISTEMAS DE POLIMEROS
 F. RODRIGUEZ
 ED. M. MODERNO 1982

La necesidad de polietileno y policloruro de vinilo que se tuvo durante la guerra, aceleró el saber "como" de la industria. Hacia el final de 1960, cada uno de estos tres polímeros se producían en una cantidad mayor de 10^9 lb/año.

En la tabla 2.1 y 2.2, se presenta una síntesis cronológica de la ciencia y tecnología de los polímeros.

2.2 Situación Internacional

En el año de 1979, la capacidad mundial instalada de los cinco principales termoplásticos ascendía a 50 millones de toneladas aproximadamente. De este total, el 76% se concentró en Estados Unidos, en la Comunidad Económica Europea (C.E.E.) y Japón.

En contraste con otros segmentos de la industria química, el de resinas se encuentra dominado por la C.E.E. que cuenta con el 33% de la planta industrial, ligeramente superior al 30% de Estados Unidos; Japón por su parte, cuenta con el 13% de la capacidad mundial.

A nivel de resina, el polietileno de baja densidad (PEBD) y el policloruro de vinilo (PVC), cuenta con el 55% de la capacidad total de los principales termoplásticos.

TABLA 2.1 CRONOLOGIA SELECCIONADA SOBRE LA TECNOLOGIA DE LOS POLIMEROS

1770	Priestley da al hule su nombre en inglés debido a que borra los trazos que se hacen sobre el papel
1839	Vulcanización (entrelazado) del hule natural por Goodyear (EE.UU.A.) y -- MacIntosh y Hancock (Inglaterra)
1860	(década) Moldeo de los plásticos naturales como laca y gutapercha
1868	Celuloide (artículos moldeados de nitrato de celulosa) Hyatt (EE.UU.A.)
1891	Celulosa regenerada vía su nitrato. -- Chardonnet (Francia)
1893 a 1898	Fibras de rayón viscosa. Cross, Bevan Beadle, Stearn, Inglaterra
1907	Resinas fenol-formaldehído. Backeland (EE.UU.A.)
1910	Primera planta para rayón en los EE.UU.A.
Primera Guerra Mundial	Soluciones de acetato de celulosa -- ("Dope") para aeroplanos. Madera contrachapada y construcción de los fuselajes de aviones con tela
1920 y sig.	Lacas a partir del nitrato de celulosa para automóviles
1924	Fibras de acetato de celulosa
1926	Resinas alquídicas para recubrimiento a partir de aceites secantes
1927	Cloruro de polivinilo, plásticos de acetato de celulosa
1929	Hule polisulfuro (Thiokol). Resinas -- urca formaldehído
1931	Plásticos de polimetil-metaacrilato. -- Hule sintético Neopreno (Dupreno)
1936	Acetato de polivinilo y polivinil butiral para vidrios laminados de seguridad
1937	Poliestireno; hules estireno-butadieno (Buna S) y acrilonitrilo-butadieno (Buna N) (Alemania)
1938	Fibras de nylon 66
1939	Resinas de melanina-formaldehído. -- Cloruro de polivinilideno
1940	Hule butilo (EE.UU.A.)
1941	Producción de polietileno (Inglaterra)
1942	Poliésteres no saturados para laminados
Segunda Guerra Mundial	Silicones, resinas de fluorocarbono, poliuretanos (Alemania), hule estireno-butadieno en los EE.UU. A. Pinturas con base de látex
1947	Resinas epóxicas
1948	Polímeros ABS
1950	Fibras poliéster
1948 a 1950	Fibras acrílicas
1954	Espumas de poliuretano (EE.UU.A.)
1956	Polietileno lineal, acetales (polioxi metileno)
1957	Polipropileno, policarbonatos
1959	Poliéster clorado
1960	Hule etileno-propileno, fibras "Spandex"
1962	Resinas fenóxicas, resinas poliimídicas
1965	Oxido de polifenileno, polisulfonas; copolímeros de bloque de estireno-butadieno
1960 y sig.	Adhesivos de cianoacrilato, poliimidas y poliamidas aromáticas; agentes de acoplamiento de sílice
1970	Polibuteno isotáctico
1971	Polibutiltereftalato
1970 y sig.	Elastómeros termoplásticos basados en copoliésteres Sulfuro de polifenileno
1977	Hule poli-isoborneno

El comercio internacional de las resinas sintéticas es muy importante, ya que representa aproximadamente el 40% de la producción. No obstante, este intercambio se concentra en la C.E.E., que realiza el 55% de las importaciones y el 70% de las exportaciones.

Después del PEBD, el PVC es la resina de mayor consumo en el mercado mundial. El monómero de cloruro de vinilo, que es la materia prima del PVC, absorbe el 13% del etileno consumido en el mundo.

En el año de 1979, la capacidad del PVC ascendió a 13.5 millones de toneladas. De este total, el 71% se concentraba en E.U.A., la C.E.E. y el Japón; junto con el PEBD, el grado de concentración es el más bajo dentro de la industria de los plásticos. En la tabla 2.3 se puede observar la diferencia en el consumo de polímeros en los Estados Unidos, en un lapso de 10 años y que nos muestra que tan importante es la industria de los plásticos. Conviene destacar que en aplicaciones donde la resistencia al impacto es especialmente importante, las resinas sintéticas encuentran su principal aplicación. Por lo que la capacidad instalada mundial de estas resinas es equivalente al 60% de la capacidad total de producción mundial de plásticos y derivados, dado que sus mercados son más especializados, se encuentra concentrada aproximadamente más del 90% en Estados Unidos, la C.E.E. y Japón.

TABLA 2.2 SELECCION CRONOLOGICA DE LA CIENCIA DE LOS POLIMEROS

1806	Gough en Inglaterra, experimenta con la elasticidad del hule natural
1838	Regnault en Francia, polimeriza el cloruro de vinilideno usando la luz solar
1859	Joule en Inglaterra demuestra los principios termodinámicos de la elasticidad del hule
1884 a 1919	Emil Fischer en Alemania, establece las fórmulas para muchos azúcares y proteínas
1920	Staudinger en Alemania, avanza en la hipótesis macromolecular
1928	Meyer y Mark en Alemania, miden los tamaños de la unidad cristalina en la celulosa y el hule
1929	Carothers en EE.UU.A., sintetiza y caracteriza los polímeros de condensación
1930 a 1934	Kihn, Guth y Mark en Alemania, derivan modelos matemáticos para la configuración de los polímeros, así como la teoría de la elasticidad del hule
Segunda Guerra Mundial	Dispersión de la luz de las soluciones de polímeros por Debye; viscosidad de las soluciones de los polímeros por Flory; teoría de la polimerización en emulsión por Harkins; esfuerzos normales en el flujo de los polímeros por Weissenberg
Década de 1950	Polimerización por complejos de coordinación por Ziegler; tacticidad de los polímeros por Natta; polímeros vivos y policondensación interfacial por Swarc.
1955	Ecuación de Williams-Landel-Ferry para la sobreposición por tiempo-temperatura de las propiedades mecánicas
1957	Caracterización de cristales unitarios de polietileno por Keller y Till
1960	Envoltura de falla por T. Smith
1960 y sig.	Aplicación de la resonancia magnética nuclear a análisis de la estructura de los polímeros. Reómetro ortogonal por Maxwell. Análisis por cromatografía de permeación en gel para determinar la distribución de pesos moleculares por Moore. Calorimetría de barrido diferencial Polibenzimidazoles por Marvel. Análisis torsional por Gilham
1970 y sig	Traslape de redes. Cromatografía líquido-líquido de alta resolución

FUENTE: Principios de Sistemas de Polímeros
F. Rodríguez M. Moderno. 1982.

Para los próximos cinco años se prevee que la demanda conjunta de los principales termoplásticos evolucione a un ritmo de 6.5% anual. En este contexto destaca, el mercado de partes automotrices y electrónicas, que podría tener un crecimiento no menor a 6%, dada la característica de su mercado y la intensificación de la competencia en otras aplicaciones.

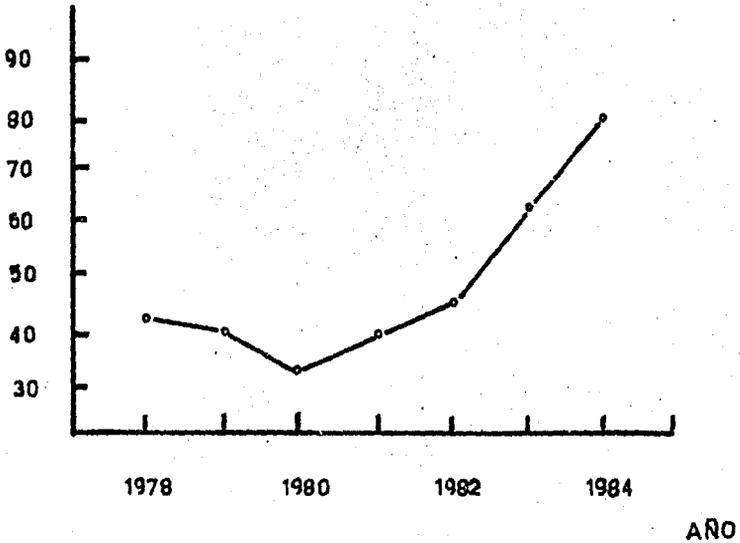
En el otro extremo se encuentran los plásticos termo fijos con un posible aumento del 80% en promedio anual, derivado tanto de una mayor aplicación en mercados tradicionales, como la penetración en nuevos mercados como el de contenedores. Ver la gráfica 2.2 y la tabla 2.3

2.3 Situación Nacional

En México, más del 80% del mercado de plásticos corresponde a las resinas sintéticas; de éstas, las más importantes son: polietileno de baja densidad, polietileno de alta densidad, policloruro de vinilo, poliestireno, polipropileno y poliuretano. Estos polímeros en su mayoría son termoplásticos.

La capacidad instalada de las resinas sintéticas más importantes creció a una tasa promedio del 15.6% anual duran-

MILES DE
TONELADAS



GRAFICA 2.2

VENTA DE PLASTICOS EN LOS EEUU
DE: FLUOROPLASTICOS
POLIETILEN SULFONA Y
POLISULFONA

FUENTE: ELABORACION PROPIA

TABLA 2.3 CONSUMO DE POLIMEROS EN LOS E.U.A.
(MILES DE TONELADAS)

	1968	1978
Plásticos (ventas)	6 870	161 24
Termofijos	1 423	3 037
Alquidálicos	150	215
Expóxicos	70	143
Fenólicos	408	700
Poliéster (no saturado)	244	549
Espuma de poliuretano	277	840
Urea y Melamina	274	590
Termoplásticos	5 447	13 087
Acrílicos	145	253
Celulósicos	87	74
Nylon	33	126
Policarbonato	12	95
Poliéster (saturado)	-	280
Polietileno (alta densidad)	545	1 893
Polietileno (baja densidad)	1 364	3 249
Polipropileno	377	1 389
Poliestireno y otros estirénicos	1 416	2 741
Cloruro de polivinilo	1 095	2 641
Otros	373	346
Hule (producción)	3 149	3 234
Hule natural (consumo)	593	779
Estireno-Butadieno	1 488	1 377
Polibutadieno	327	379
Neopreno	(con "otros")	160
Etileno-propileno	116	174
Butilo	154	152
Nitrilo	82	72
Otros	389	141
Fibras (consumo)	4 400	5 677
Naturales y minerales	2 240	1 769
Algodón	1 885	1 287
Lana	172	60
Vidrio	183	422
Fibras sintéticas orgánicas	2 160	3 908
Rayón	548	255
Polioliefinicas	122	312
Acetato de celulosa	220	137
Nylon	578	1 156
Poliéster	459	1 722
Acrílicas	233	328

te el período de 1970-80, alcanzando cerca de 500 mil toneladas en el último año.

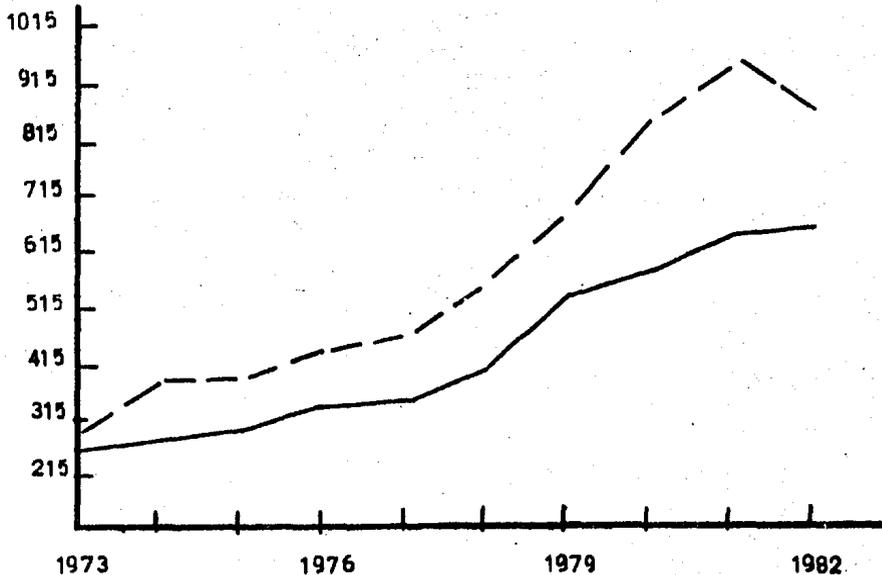
El año de 1979 se caracterizó por existir un mayor dinamismo en el sector, notándose en el incremento del consumo aparente de las principales resinas producidas en el país. Esto se debió a que continuó la activación de los sectores relacionados con el de resinas, como el caso de la industria de la construcción y de otras manufacturas, las cuáles en 1980 y el primer semestre de 1981, tuvieron una ligera disminución en la tendencia del crecimiento, por lo que en forma global el sector presenta un incremento de 23.4% en 1980 respecto a 1979.

Sin embargo, el balance de 1981 indica un crecimiento del 11.5% con respecto a 1980, que es inferior a la tendencia del sector desde 1978.

Son notables las caídas de los mercados domésticos - destacando en ello los poliuretanos, que dependen en gran medida de importaciones; así como las resinas fenólicas de poli metacrilato de metilo y las epóxicas. Ver gráfica 2.3, que nos muestra la evolución de la industria de resinas sintéticas y plásticos.

A nivel de producto, el PVC mantuvo una participa --

MILES DE
TONELADAS



29

AÑO

PRODUCCION ———
CONSUMO APARENTE - - -

GRAFICA 2.3

EVOLUCION DE LA INDUSTRIA DE RESINAS SINTETICAS
Y PLASTICOS EN MEXICO.

FUENTE: ANIQ INVESTIGACION DIRECTA
SPP D. GENERAL DE ESTADISTICA.

ción dominante en la producción durante todo el período; en 1970 su contribución fué del 42%, reduciéndose a 15% en 1980, en virtud de los incrementos en la producción del resto de resinas sintéticas. Así, la participación del polietileno en 1980, fué del 40%, la del poliestireno del 10% y la de los poliuretanos del 5.5%, estos últimos tuvieron, además, el crecimiento más dinámico del período, un 25.2% en promedio anual.

Para tener un mejor punto de comparación entre los diferentes períodos de estudio, puede revisarse la tabla 2.4, que nos muestra la participación de cada una de las resinas sintéticas en el país.

El consumo aparente de las resinas sintéticas consideradas, creció a una tasa media del 17.7% anual, alcanzando en 1980 la cantidad de 856 mil toneladas. En este año la satisfacción del mercado de resinas se realizó con el 69% de la oferta nacional y el 31% restante lo hizo a base de las importaciones (ver tabla 2.5).

Los productos con mayor crecimiento fueron los poliuretanos, el polipropileno y el polietileno de alta densidad. Este comportamiento obedece a que son plásticos de reciente introducción al mercado y que sus aplicaciones tienden a incrementarse, ya sea a través de la sustitución de materiales tradicionales, por el desplazamiento de otros plásticos o el

TABLA 2.4 PARTICIPACION RELATIVA EN EL MERCADO NACIONAL

PRODUCTO	PARTICIPACION %					
	1977	1978	1979	1980	1981	1982
Polietileno B.D.	29.4	28.3	24.5	27.7	27.9	28.2
Policloruro de Vinilo	12.9	14.2	14.8	15.0	14.4	14.6
Poliestireno	10.7	9.5	11.8	10.1	9.6	10.7
Polietileno A.D.	9.8	10.7	10.5	12.9	10.6	12.0
Poliacetato de Vinilo	9.0	5.5	5.1	5.1	6.5	7.0
Polipropileno	8.1	9.3	10.1	8.1	10.7	7.4
Urea-Formaldehído	3.7	3.4	3.8	4.0	4.2	5.4
Alcídicas	3.5	3.2	2.8	2.6	2.5	2.5
Poliuretanos	6.1	5.9	6.6	5.7	5.3	4.3
Poliéster no Saturado	2.4	2.3	2.0	2.0	2.1	2.2
Fenólicas	1.7	1.9	1.7	1.6	1.5	1.3
Copolímero VCM-VAM	2.2	1.8	1.8	1.5	1.2	1.4
Polimetacrilato de Meti lo	1.8	1.3	1.5	1.2	1.2	0.9
Breas Esterificadas	0.5	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2
Maléicas	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5	0.4
Melamina-Formaldehído	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.6
Epóxicas	0.5	0.7	0.8	0.7	0.5	0.4
Poliamidas, Ac. Dimérico	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Silicones	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Fumáricas					0.1	0.1
	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

TABLA 2.5 DATOS ESTADISTICOS NACIONALES DE RESINAS SINTETICAS Y PLASTICOS
(TONELADAS)

	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982
Producción	295 359	334 035	346 091	404 119	530 069	591 204	641 672	643 553
Importación	80 138	98 659	130 113	177 874	169 339	267 782	315 220	255 868
Consumo Aparente	373 697	425 255	468 130	560 765	692 201	856 352	954 792	880 478
Crecimiento A.C.%	0.9	13.8	10.1	19.8	23.4	23.7	11.5	7.8
Exportación	1 800	7 439	8 074	21 228	7 207	2 534	2 100	18 943

FUENTE: ANIQ Investigación directa
 SPP Dirección general de estadística
 IMCE Instituto Mexicano de Comercio Exterior

que no existan materiales que les presenten competencia.

Las importaciones de la rama, crecieron durante los setentas y jugaron un papel importante en el abastecimiento del mercado interno. Las exportaciones son prácticamente --- marginales, ya que las necesidades y estructura que presenta el mercado nacional nos hace dependientes de materiales plásticos extranjeros.

Existen otras resinas con un pequeño volumen de consumo, pero de usos más especializados, que se conocen como -- plásticos de ingeniería. Estos plásticos poseen un conjunto de propiedades necesarias en aplicaciones donde la resisten-- cia y precisión son importantes.

Las resinas base para la producción de estos plásticos, son los poliacetales, que en el año de 1979 alcanzaron -- una demanda cercana a las 1300 toneladas; el nylon con un consumo de alrededor de 500 toneladas, los policarbonatos con -- 300 toneladas, el poliestireno, las polisulfonas y el poli-- óxido de fenileno de 400 toneladas.

En México, los pequeños volúmenes y el alto precio, -- dado que en su mayoría son importados hasta la fecha, no les permiten competir con otros plásticos de uso generalizado, -- pero se espera que en el largo plazo tengan un rápido desarro

110.

2.4 Tendencias del sector.

La estructura del consumo de plásticos depende de las cualidades físicas de cada uno de ellos. Así, es posible manufacturar desde bolsas para empaque, hasta tubos para conducción de fluidos, refacciones y partes para aparatos de precisión, paneles para aislar cámaras de refrigeración, tubería, herramientas instrumental de laboratorio y médico, etc.

La tabla 2.6 nos muestra la estructura del consumo de resinas en México.

Durante los años setentas, la dinámica de la demanda de los principales termoplásticos, se sustentó en el crecimiento de sus mercados tradicionales, y en la penetración de nuevas aplicaciones. Asimismo, la diversidad de aplicaciones de estos materiales se ha convertido en el camino o forma de entrar al mercado.

El consumo de estos productos por habitante, pasó de 2.5 a 7.7 Kg., lo que significó un crecimiento medio del 13.5% anual.

TABLA 2.6 ESTRUCTURA DEL CONSUMO DE RESINAS SINTETICAS (%).

	1975	1980	1984
Película	n.d.	22.5	70.0
Inyección	15.0	11.7	10.0
Laminado	15.0	1.9	7.0
Soplado	25.0	9.0	6.0
Extrusión	n.d.	30.1	1.0
Otros	45.0	24.8	6.0
Total	100.0	100.0	100.0

n.d. = no disponible

FUENTE: Información directa, ANIQ.
S.P.P.

De mantenerse este ritmo, en 1985 el consumo per cápita alcanzaría 15.5 Kg, ésto es, dos veces el nivel de 1979 y -equivalente al consumo de Estados Unidos en 1965. Este comportamiento, junto con las expectativas de crecimiento de la población, implicaría un mercado de 1.2 millones de toneladas al año en 1985, lo que se traduce en un dinamismo del 15.5% anual promedio.

Por otra parte, el Plan General de Desarrollo contempla elevar el ritmo de crecimiento del consumo privado per cápita, a una tasa de 4.5% anual en los próximos tres años. -- En congruencia con este planteamiento, un escenario alternativo de demanda supone que el consumo per cápita de resinas, también se incrementará.

Para el periodo de 1981-85, el comportamiento de la demanda de resinas sintéticas nacionales, dependerá en gran medida del desarrollo de películas para empaques y en el resto de sus mercados, tales como el moldeo por inyección y soplado laminado, así como la fabricación de cables; se espera que mantenga su penetración aún cuando enfrente una competencia creciente por parte de resinas sintéticas importadas.

En Estados Unidos, La Comunidad Económica Europea y - Japón se ha observado que existe la tendencia a concentrarse en la industria de la construcción, particularmente en la fa--

bricación de tubería y perfiles. Por lo tanto, se espera encontrar que la mayor demanda provenga de estas aplicaciones para las resinas sintéticas nacionales. La industria de resinas sintéticas y plásticos, siendo una industria relativamente nueva, ha registrado en México, al igual que a nivel mundial, un crecimiento muy acelerado durante las últimas décadas.

Entre 1970 y 1980 la producción nacional en esta industria creció aceleradamente y no obstante, fué insuficiente para satisfacer el mercado interno. En consecuencia, durante toda la década se registraron importaciones significativas.

Para el futuro próximo, tomando en consideración las importantes ampliaciones de capacidad instalada, registrada en los últimos años, es posible prever un escenario optimista para el abastecimiento del mercado doméstico.

Así mismo, la industria se verá favorecida por la disponibilidad esperada de insumos petroquímicos básicos. Por otra parte, la entrada al mercado de los plásticos de ingeniería, con productos como el policarbonato, acetal, polisulfona, nylon, etc., se encuentran nuevas posibilidades en la industria de resina y plásticos en México.

La única generalización certera que se puede hacer es que la industria de resinas, plásticos y polímeros, continuará creciendo con mayor rapidez que la economía en general y que cada vez dependerá en mayor grado de materiales totalmente sintéticos.

Es un poco más arriesgado decir que el consumo de plásticos se tiene que nivelar en los próximos veinticinco años, porque las extrapolaciones de las tendencias actuales conducirán, para el año 2000, a un consumo per cápita (en los Estados Unidos) de 500 Kg por año de plásticos.

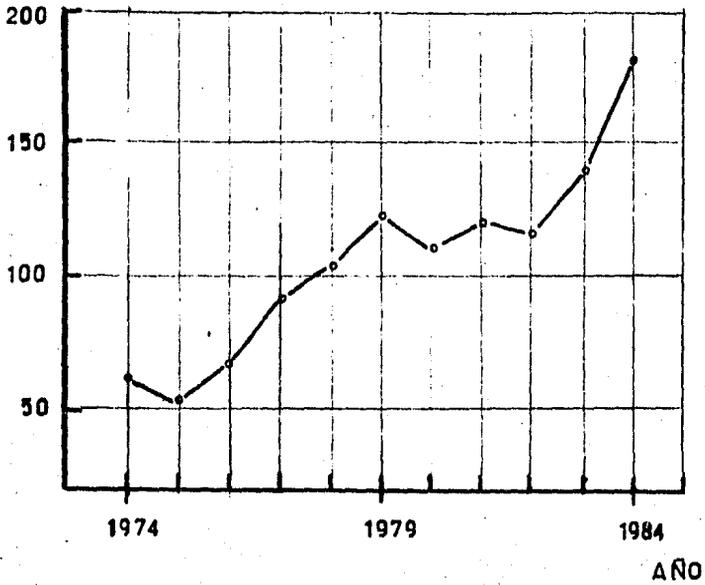
Otro aspecto de la ciencia y la tecnología de los polímeros es el control creciente de la estructura química, lo que podría llevar a aplicaciones completamente nuevas en los campos de la biología y la medicina.

2.5 Análisis económico.

Haciendo un análisis de las gráficas 2.4 y 2.5, que presentan la relación del consumo total de termoplásticos y el consumo de polisulfona, podemos observar que existen dos períodos de incremento. El primero período lo abarcan los años de 1975 a 1979 y el segundo de 1980 a 1984, teniendo dos disminuciones en el consumo; uno en 1975 y el otro en 1980.

MILES DE
TONELADAS

39



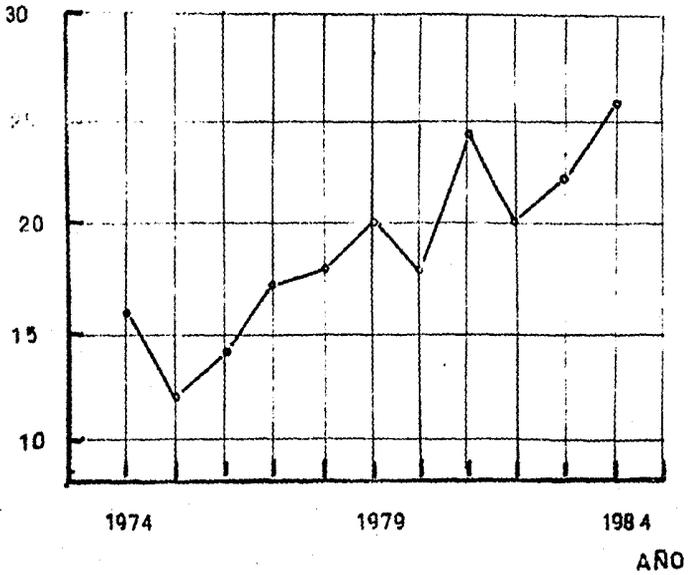
GRAFICA 2.4

CONSUMO DE TERMOPLASTICOS
EN LOS EEUU.

FUENTE: ELABORACION PROPIA

MILES DE
TONELADAS

40



GRAFICA 2.5

CONSUMO DE POLISULFONA
EN LOS EEUU.

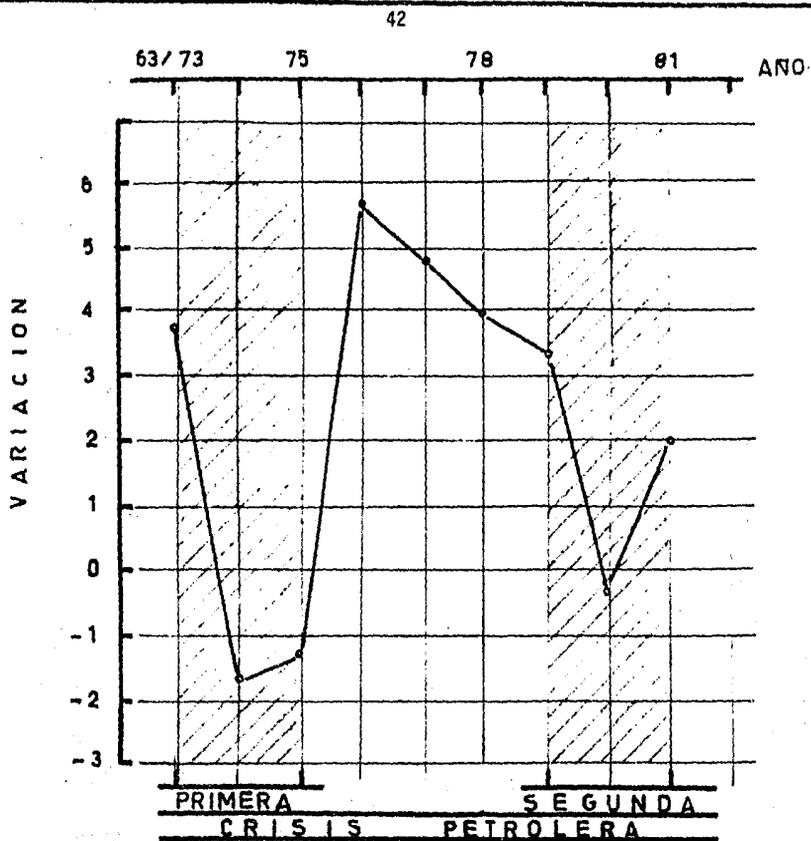
FUENTE: ELABORACION PROPIA

Para poder comprender estas dos bajas en el consumo, es necesario observar como se comporta la economía en estos dos períodos. Si comparamos el consumo de termoplásticos, la variación anual del producto nacional bruto de E.U.A. y las crisis energéticas (gráfica 2.6), tendremos una mejor idea del por qué disminuyeron los consumos, tanto de polisulfona como de termoplásticos en general.

Considerando la primera crisis energética que comprende de 1973 a 1975, observamos una disminución del producto nacional bruto de E.U.A. y el consumo de polisulfona, (gráfica 2.5) además del consumo total de termoplásticos, (gráfica 2.4), siendo este período, donde se presenta la mayor baja. Mientras el período de 1979 a 1981 (segunda crisis), existe de nuevo otra disminución en el P.N.B. de E.U.A., que coincide también con la disminución del consumo. De esta manera vemos la influencia que las dos crisis energéticas tienen, en el consumo de polisulfona.

2.6 Precios Internacionales

Tanto el aumento en producción como competencia muy intensa, especialmente en los grandes productores (10^9 lb. o más al año) de plásticos y hule sintético, evitaron que los precios aumentaran de 1950 a 1974; a pesar de las presiones inflacionarias de la economía en general. De hecho, disminuyó



GRÁFICA 2.6

VARIACION DEL PRODUCTO NACIONAL BRUTO DE LOS EEUU.

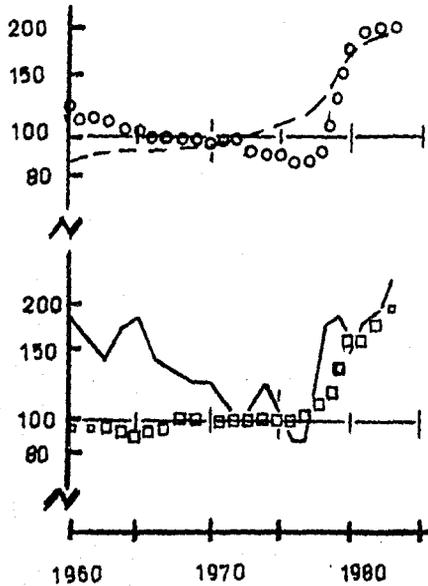
FUENTE: ENCICLOPEDIA DE ECONOMIA
 No 7 ED. ORSIS

el precio promedio de los plásticos y las resinas sintéticas.

El índice de precios al mayoreo, en la gráfica 2.7, - corresponde al Índice de Materias Primas Industriales. El -- perfil de precios para el hule butílico, es típico para hules sintéticos en general y casi no muestra cambio alguno hasta - los años 70's. Por otra parte el hule natural se vende en el mercado internacional y es sensible a factores tanto políti-- cos como económicos.

El año de 1974 trajo un cambio drástico en los pre- cios de los polímeros (escasez temporal de los mismos). - Mientras que todas las materias primas reflejaron la tasa ge- neral de inflación, el precio de los plásticos aumentó nota- blemente. Una baja en el consumo de polímeros al año siguien- te, llevó a algunas reducciones en los precios, pero el anti- guo patrón de la tendencia a reducir precios que había preva- lecido por más de 25 años, después de la Segunda Guerra Mun- dial no ha vuelto a aparecer. De hecho en 1978 y 1979, hubo - aumentos notables aunque tal vez, éstos solamente reflejaron- el aumento en la tasa de inflación en los E.U.A. de todas las materias primas. Como punto de referencia en el año base --- 1967, el precio del hule natural fué de 0.09/lb; el hule buti- lo 0.11/lb y el precio promedio de los plásticos y resinas -- fué de unos 0.10/lb. Los precios están en dólares estadouni- denses. Para la polisulfona el precio fué de 1.00/lb, para la

INDICE
DE
PRECIOS



GRAFICA 2.7

INDICES EN LOS ESTADOS UNIDOS
DE NORTEAMERICA, PARA :

PLASTICOS Y RESINAS	○ ○
HULE NATURAL	—
HULE BUTILO	□ □
ARTICULOS INDUSTRIALES	---

(1967:100)

FUENTE: PRINCIPIOS DE SISTEMAS
DE POLIMEROS
F. RODRIGUEZ
ED. M.MODERNO 1982

resina no coloreada y de 1.20/lb para la resina coloreada. El comportamiento de la resina fue similar al de los plásticos mostrados en la gráfica 2.7

En la tabla 2.7 se presentan los precios en E.U.A. - de 1979 a 1985; de algunos termoplásticos, incluyendo las po lísulfonas.

TABLA 2.7 PRECIOS EN ESTADOS UNIDOS DE NORTAMERICA (US \$/LIBRA)

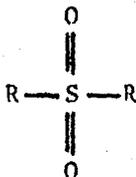
AÑOS/MES PLASTICOS	1979		1980		1981		1982		1983		1984		1985	
	FEB	SEPT	ENE	OCT	MAY	NOV	ABR	SEPT	ENE	OCT	ENE	NOV	ENE	JUN
A B S	63	56-64	73-81	87	92	95	117	117	91	102	105	91	105	105
ACETAL	110-117	104-118	104	118	134	136	148	148	155	148	161	153	153	161
CELULOSICO	89	97	97	107	117	120	125	125	125	129-131	131	131	129	131
MELAMINA	63	68	68	73	73	75	79	79	79	74	79	75	83	79
NYLON 66	105-116	124	134	144	164	170	181	181	181	180	196	196	205	205
POLICARBONATO	115	125-131	131	144	152	160	166	166	166	166	166	174	174	174
POLIESTES	37	102-113	105	116	125	130	136	170	170	136-170	170	170	170	170-172
POLIETERSULFONA	715-1100	715-785	895-980	895-980	986	900	845	425	425	425	425	425	425	425
POLIETILENO BAJA DENSIDAD	29.5	36.5	39.5	42	42	40	38	44	44	40	44	44	38	44
POLIETILENO ALTA DENSIDAD	30.25	36.5	39.5	42.2	45.2	47	48.5	48.5	48.5	48	48	34	28	42
POLIFENIL--SULFONA	1500	1500	1500	1500	—	—	324	324	324	313	313	324	324	313
POLIESTIRENO	31	41-47	41-47	47	46	45	44	45	47	41	45	40-43	48	53
PULISULFONA	295	315	342	357	357	370	382	382	382	382	382	382	382	381
P.V.C.	28	115-185	35.3	39	39	30	24	25	32	34-40	37-40	36-42	46	46

CAPITULO 3

DESARROLLO HISTORICO DE LAS POLISULFONAS

3.1 Descubrimiento.

Los polímeros que tienen estructura de la fórmula general:



reciben el nombre genérico de polisulfonas. Han sido sintetizadas polisulfonas alifáticas, las cuales solo pueden ser preparadas con pesos moleculares bajos por medio de copolimerización de radicales inducidos de olefinas y dióxido de azufre. Sin embargo, los termoplásticos aromáticos se han hecho de altos pesos moleculares, los cuales tienen una gran variedad de aplicaciones (descritas en el capítulo 5), de tal manera que son los que tienen mayor uso comercial.

El primer polímero lo dió a conocer comercialmente la Unión Carbide Corporation, y fue la Bakelite Polisulfona en 1965, y conocido como Udel Polisulfona es el que prevalece de las resinas de polisulfona. En 1967, la 3M Company, sintetizó el Astrel 360 Poliarilsulfona, pero su introducción al mercado pertenece a la compañía Carborundum. El Victrex Poliétersulfona, lo introdujo al mercado la Imperial Chemical Industries Ltd. en 1972 y el polímero más reciente se conoce como Radel Polifenilsulfona, que se sumó a esta familia de resinas, por la Unión Carbide Corporation en 1976.

Una comparación entre estos cuatro polímeros se presenta en la tabla 3.1

3.2 Métodos de obtención

Polisulfonas alifáticas

La ruta química de obtención para polímeros que contienen grupos sulfona en la cadena principal, es la reacción entre olefinas y dióxido de azufre. Este tipo de polimerización, se emplea en la formación de polisulfonas conteniendo dos átomos de carbono entre el grupo sulfona (excepto para dienos conjugados). Por esta razón, tales polímeros, aunque derivados de materias primas de bajo costo, no tienen una ex-

TABLA 3.1 ESTRUCTURA DE POLISULFONAS AROMATICAS

NOMBRE COMERCIAL	ESTRUCTURA
Udel Polisulfona	
Astrel 360 Poliarilsulfona	
Vitrex Poliétersulfona	
Radel Polifenilsulfona	

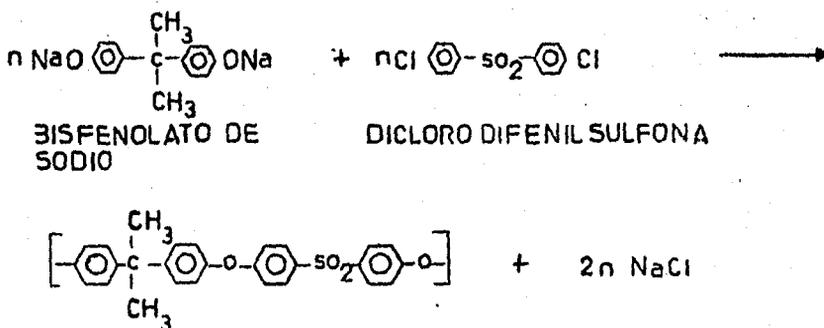
tensa utilización comercial, ya que los átomos de carbono, hacen que el producto tenga una menor estabilidad térmica, que las polisulfonas aromáticas.

Polisulfonas aromáticas

Agrupada a las poliamidasulfonas, polisulfonas con grupos diácidos y polisulfonas de alto y bajo peso molecular, todas ellas aún en etapa de desarrollo comercial.

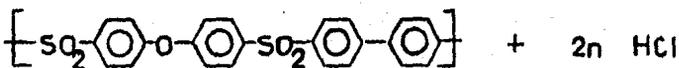
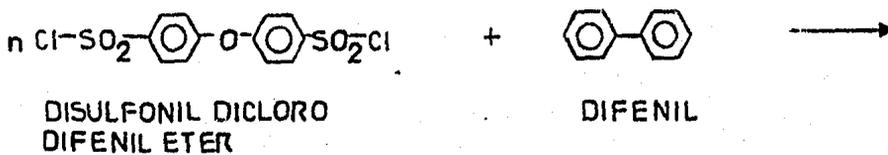
Se muestra a continuación, los métodos de obtención de las resinas presentadas en la tabla 3.1, a las que en adelante, se les designará con el nombre genérico de polisulfonas, ya que éstas son las más importantes desde el punto de vista comercial.

Udel Polisulfona.- Esta polisulfona se obtiene a partir de la siguiente reacción química:



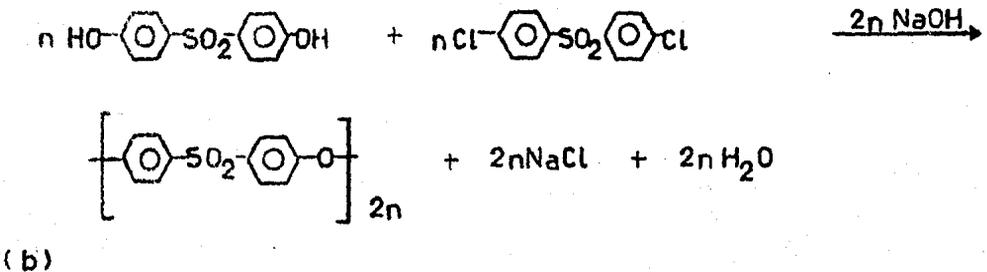
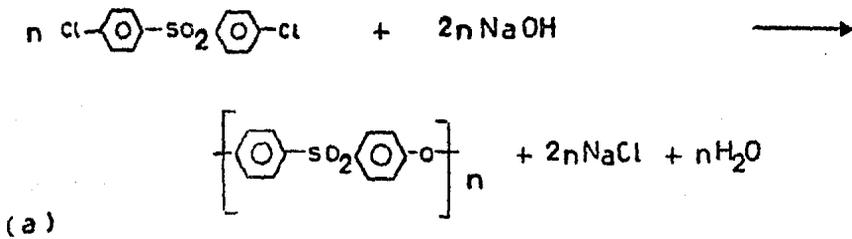
La sal de bisfenol A, (2,2-bis (4-hidroxifenil)propano), se forma por la reacción de bisfenol A con dos moles de hidróxido de sodio acuoso. La polimerización se lleva a cabo en un solvente. Debido a su polaridad, (naturaleza apróctica) el dimetilsulfóxido, $(\text{CH}_3\text{S}(\text{O})\text{CH}_3)$, es un solvente particularmente efectivo. Puesto que la sal de sodio exhibe relativa insolubilidad a bajas temperaturas, la polimerización generalmente se lleva a cabo entre $130 - 160^\circ\text{C}$. Sin embargo, la inaceptabilidad de altos órdenes de reacción, y como consecuencia, pesos moleculares del orden de 250 000, se producen a estas temperaturas, es necesario la adición de reguladores del peso molecular del polímero, en un rango que facilite su procesamiento comercial.

Astrel 360 Poliarilsulfona. - Para la obtención de esta polisulfona, se emplea una reacción química del tipo de Friedel y Crafts:



La característica de las unidades fenílicas, imparte alta estabilidad térmica al polímero a elevadas temperaturas.

Victrex Poliétersulfona.- Como en la producción de Udel Polisulfona, la polimerización del poliétersulfona es activada por medio de altas temperaturas y sustitución nucleofílica. La reacción ocurre en presencia de una base fuerte con un punto de ebullición alto, en un solvente aprótico, y ésta es obtenida por cualquiera de las siguientes rutas.



La ausencia de algunas unidades alifáticas en la estructura, da como resultado un polímero de excelente estabilidad térmica.

Radel Polifenilsulfona.- Las características de la -

materia prima y las condiciones de la polimerización, relacionadas con la obtención de este tipo de polisulfona, no se reportan en la literatura.

3.2.1 Evolución de los métodos de obtención

Para registrar los avances que han tenido los polímeros plásticos, específicamente la polisulfona, investigar de manera sistemática las publicaciones de estudios o reportes, nos permite determinar los aspectos de interés que las entidades tecnológicas han logrado al respecto.

De manera especial, aquellos puntos de estudio relacionados con las técnicas o métodos de obtención a nivel industrial y comercial, que presentaron cambios o innovaciones.

Se presenta a continuación en la tabla 3.2, una síntesis cronológica de las publicaciones relativas a la producción, aplicación industrial y comercial de las polisulfonas, para el período que comprende desde el año de 1965 hasta 1982.

TABLA 2.3 PATENTES PARA PRODUCCION DE POLISULFONAS

AÑO	MATERIA PRIMA	PRODUCTO	CATALIZADOR	CONDICIONES	OBSERVACIONES	COMPANIA
1965	<p>(4-ClSO₂C₆H₄)₂O y Ph₂ ó Ph₂O Otro: (4 ClSO₂C₆H₄)₂O y m-C₆H₄(SO₂ - Cl)₂ y Ph₂ ó Ph₂O Otro: (4-ClSO₂C₆H₄)₂O y (4-PhOC₆H₈)₂- SO₂ Otro: 4-PhOC₆H₄SO₂Cl y 4-PhOC₆H₄COCl</p>	Poliarilsul- fona	0.05% de so- lución de -- hierro (como ortofosfato ó haluro), - - FeCl ₃ ó SbCl ₅	Temperatura pre- ferentemente más baja, antes de - que ocurran unio- nes cruzadas.	Se puede controlar- el peso molecular -- del polímero por -- tratamiento en solu- ción con un compues- to orgánico que con- tenga uno o dos gru- pos/mol de reactivo haluros de carbonil o sulfonil. Para li- berar al polímero - del catalizador re- sidual, éste es pul- verizado o tratado- con álcali...	Imperial Chemical Industries -- Ltd.
1966	Ph ₂ O + 4,4'- ClSO ₂ C ₆ H ₄ OC ₆ H ₄ - SO ₂ Cl en solu- ción con PhNO ₂	Poliarilsul- fona	FeCl ₃ en solu- ción con PhNO ₂ , de .05 a 5%.	(1) Atmósfera de N ₂ y calentamien- to a 130°C por 5 min. (2) Calentamien- to 3.5hr. a - - 130°C.	El paso (1) se hace antes de agregar la solución con FeCl ₃ . El paso (2) a la -- mezcla con todo y - catalizador.	Imperial Chemical Industries - Ltd.

TABLA 3.2 PATENTES PARA PRODUCCION DE POLISULFONAS (continuación)

AÑO	MATERIA PRIMA	PRODUCTO	CATALIZADOR	CONDICIONES	OBSERVACIONES	COMPANIA
1966	Sal de bisfe- no A + p,p'- diclorodifenil sulfona + ben- ceno	Udel Polisu l fona	Dimetilsulfó xido (acele- rador de la- reacción).	(1) Reflujo de 3 a 4 hr. (2) 4 a 5 hr. de calentamiento de 130 a 140°C.	Se obtiene una solu- ción viscosa naran- ja, la cual se fil- tra y seca. La reac- ción se lleva a ca- bo en condiciones - anhidas. El paso - (1) se hace a la -- mezcla inicial y el (2) con al acelera- dor.	Unión Carbide Corporation
1967	R- -R' - -R" R = H; R' = O y R'' = SO ₂ Cl disuelto en PhNO ₂ Con R=R''=SO ₂ Cl R'=O +R=R'' = H; R'=O	Poliarilsul- fona.	FeCl ₃ en PhNO ₂ " "	Calentamiento a 120°C en atmósfe- ra de N ₂ . " "	El calentamiento se hace a la solución- inicial. Después de 4 hr., la mezcla es diluida en HCOME ₂ y precipitado el polí- mero con EtOH (M = 0.42) M = 0.07-1.9	Imperial Chemical Industries Ltd.

57

NOTA: Me = Metil; EtOH = Etanol.

TABLA 3.2 PATENTES PARA PRODUCCION DE POLISULFONAS (continuación)

AÑO	MATERIA PRIMA	PRODUCTO	CATALIZADOR	CONDICIONES	OBSERVACIONES	COMPANIA
1969	Bifeniléter-m, m'-bis(sulfo-- nilcloro) + Ph ₂ O	Victrex Poli- étersulfona	Acidos de Le- wis. FeCl ₃ en PhNO ₂	(1) Calentamien- to a 90° en at-- mósfera de nitró- geno. (2) Calentamien- to a 120°F por - 23 hrs.	(1) Solución ini- - cial (2) Se agrega FeCl ₃ después se diluye con MeOH o con el doble de MeOH-Aceto- na 1:1	Minnesota Minning and Manufacturing Co.
1973	p,p-Diclorodi- fenisulfona + Bisfenol A + KOH + Dimetil sulfóxido	Udel Polisu <u>l</u> - fona	FeCl ₃	Temperatura de 243 a 280°	Se utilizan solucio- nes alcaninas y un- medio presurizado. La polimerización es por condensa- - ción.	Germany Imperial Chemical Industries Ltd. 56
1978	4KOC ₆ H ₄ SO ₂ C ₆ H ₄ OK-4 + 4-ClC ₆ H ₄ SO ₂ C ₆ - H ₄ Cl ₄ + Ph ₂ SO ₂	Victrex Poli- étersulfona	No reportado	Temperatura de 300°	La materia prima es autoclaveada duran- te dos horas a 300° bajo atmósfera de nitrógeno.	Denki Kagaku Kogyo K.K.

TABLA 3.2 PATENTES PARA PRODUCCION DE POLISULFONAS (continuación)

AÑO	MATERIA PRIMA	PRODUCTO	CATALIZADOR	CONDICIONES	OBSERVACIONES	COMPANIA
1979	$(4\text{-HOOC}_6\text{H}_4)_2\text{SO}_2$ + $(4\text{-ClC}_6\text{H}_4)_2\text{SO}_2$ + K_2CO_3	Victrex Poli- étersulfona	No reportado	Temp. de calenta- miento: 200° por dos horas, 260° por 3.5 hrs., - 280° por 0.5 hr.- y 290° por 9 hrs.	Al parecer, la ma- teria prima es ca- lentada a diferen- tes temperaturas, - con sus respectivos tiempos sucesivamen- te.	Imperial Chemical Industries Ltd.
	Na_2CO_3 ó NaHCO_3 + 4,4'-Dihidroxidi- fenilsulfona + 4,4'-Diclorodi- fenilsulfona.	Victrex Poli- étersulfona	No reportado	Temperatura de -- 320° durante 21 hrs.	La materia prima es calentada a la tem- peratura estipulada por el tiempo seña- lado.	Imperial Chemical Industries Ltd. 5
	4,4'-Diclorodi- fenilsulfona + 2,2'-Bis(4-hi- droxifenil) -- propano	Udel Polisul- fona	No reportado	Temperatura de: 140 - 150°	La materia prima -- con el solvente fue ron calentados en - atmósfera de N_2 . Des- pués se mezcló, en- frió, lavó, precipi- tó y separó el políme- ro.	Hitachi Chemical Co. Ltd.

TABLA 3.2 PATENTES PARA PRODUCCION DE POLISULFONAS (continuación)

AÑO	MATERIA PRIMA	PRODUCTO	CATALIZADOR	CONDICIONES	OBSERVACIONES	COMPANIA
1979	2,2'-Bis(3-Hidróxifenil)propano + Na ₂ CO ₃ + Bis(p-clorofenil) sulfona	Udel Polisulfona	No reportado	Temperatura de 140°	La materia prima -- junto con el solvente (clorobenceno + NaNH ₂ + Dimetilsulfóxido) son agitados por una hora. -- Después son destilados a la temperatura dada, para luego ser diluidos con -- CH ₂ Cl ₂ y lavado con metanol para precipitar el polímero.	Politecnica Warszawskk, Polonia
	Sal de potasio de Bis(4-hidroxifenil) sulfona + Bis(4-clorofenil) sulfona + Bifenil	Victrex Poliétersulfona	No reportado	Temperaturas de: 160° (1) 250° (2) 300° (3)	La materia prima -- fué autoclaveada en atmósfera de N ₂ , además calentada en etapas, (1) 2 hrs. -- y (3) 6 hrs. Con -- agitación en una de esas etapas (2), para obtener polímero.	DENKI KAGAKU KOGYO K.K.

TABLA 3.2 PATENTES PARA PRODUCCION DE POLISULFONAS (continuación)

AÑO	MATERIA PRIMA	PRODUCTO	CATALIZADOR	CONDICIONES	OBSERVACIONES	COMPANÍA
1979	Bis(4-hidroxifenil) sulfona + Bis(4-clorofenil) sulfona + K ₂ CO ₃ anhidro	Victrex Poliétersulfona	Cloruro de metilo (terminador de la reacción)	Temperaturas de: 150° (1) 180° (2)	La materia prima -- fué disuelta a la condición (1), por dos horas de destilación para remover un azeótropo, H ₂ O y PhCl. Después se calienta a (2) para terminar la policondensación (se mezcló 6 hrs.), luego se filtra, precipita y seca el polímero.	BASF - G
1980	Sal de Na o K de bisfenol A (2,2'-bis(hidroxidifenil)propano) + 4,4'-Diclorodifenilsulfona.	Udel Polisulfona	NaNH ₂	Temperatura de 160°	La materia prima es condensada a la temp. dada en presencia del catalizador, en un solvente de dimetilsulfóxido más clorobenceno, de la cuál se remue	Politecnica Warszawakk, Polonia

TABLA 3.2 PATENTES PARA PRODUCCION DE POLISULFONAS (continuación)

AÑO	MATERIA PRIMA	PRODUCTO	CATALIZADOR	CONDICIONES	OBSERVACIONES	COMPANIA
1980					ve el agua, por des- tilación azeotrópi- ca y tratamiento de CaO.	
	$K_2CO_3 + Na_2CO_3$ + $SO_2(C_6H_4OH-p)_2$ + $SO_2(C_6H_4Cl-p)_2$	Victrex Poli- étersulfona	No reportado	Temperatura de 200 - 300°	La materia prima -- reacciona a las con- diciones citadas, - con agitación de 4- horas.	Imperial Chemical Industries Ltd.
1981	2,2'-Bis(hidro- xifenil) propa- no + 4,4'-Diclorodi- fenilsulfona + NaOH (al 50%)	Udel Polisu- lfona	No reportado	(1) Calentamien- to a 75° (2) Destilación- a 140°, (3) Des- tilación a 170°- y (4) Enfriamiento a 150-160° por - 30 minutos.	(1) Materia prima y dimetilsulfóxido + clorobenceno y agua (2 y 3) Destilación del agua-PhCl. (4) Se trata con di- metilsulfóxido + a- crilonitrilo + p- (clorometil)-estire- no por una hora pa- ra dar un polímero.	Toray Industries Ind.

TABLA 3.2 PATENTES PARA PRODUCCION DE POLISULFONAS (continuación)

ANO	MATERIA PRIMA	PRODUCTO	CATALIZADOR	CONDICIONES	OBSERVACIONES	COMPANIA
1982	Bisfenol A (2, 2'-bis (hidroxidifenil) propano) (1). + NaOH + Diclorodifenil sulfona (II)	Udel Polisulfona	MeCl (Terminador).	Temperaturas: 40° (1) 120° (2) 160° (3)	La materia prima (I) y C_6H_5Cl + dimetil sulfóxido con temp. (1), se calienta tratándose con NaOH, fluidos deshidratados, por destilación con C_6H_5Cl ; se trata la mezcla de II a las condiciones (2) y (3).	Unión Carbide Corporation

3.2.2 Comentarios

Materia Prima.- Se puede observar que la gran mayoría de los métodos de obtención de polisulfona, emplean materias primas similares, y que dependen del tipo de polimerización a realizar.

Catalizador.- El catalizador más utilizado es el cloruro de fierro.

Disolventes.- Para efectuar ciertos tipos de polimerización, se requiere a veces de un disolvente. La polimerización en solución para obtener polisulfonas aromáticas a menudo utiliza dimetil sulfóxido, como un medio solvente adecuado.

Condiciones de polimerización.- Se mencionan requerimientos de calentamiento, desde 20 hasta 320°C.

Períodos de calentamiento desde 10 minutos hasta de 9 horas.

Algunos tipos de polimerización requieren de una

atmósfera inerte, empleando para ello, nitrógeno.

Las condiciones de presión reportadas, se encuentran desde presiones de vacío hasta 5 atmósferas.

Observaciones generales.- Las reacciones se llevan a cabo en condiciones anhidras.

El resultado de una polimerización en solución, es una solución viscosa, la cual se filtra y después es secada para así obtener una resina sólida.

Respecto a las compañías y patentes publicadas, existe una mayor participación de países como los Estados Unidos de Norteamérica y Japón, por el estudio de materiales plásticos.

CAPITULO 4

PROPIEDADES

- 4.1.1. Mecánicas
- 4.1.2. Térmicas
- 4.1.3. De procesamiento
- 4.1.4. Eléctricas
- 4.1.5. Químicas

Todos los materiales que existen sobre la Tierra, poseen características específicas, que los hacen o no, útiles a las sociedades, dependiendo de que actividades productivas y de sobrevivencia desarrollen éstas.

En este marco complejo e interrelacionado de ciencia-tecnología-cultura y sociedad, los hombres han desarrollado formas distintas para clasificar a la materia natural y sintética existente en el planeta. Con lo anterior lo que se ha pretendido, es sistematizar la información de un determinado material, que permita su identificación amplia y precisa.

Se puede entonces decir, que las propiedades son un conjunto de características cualitativas y cuantitativas, -- que pueden ser medidas sobre patrones y situaciones específicas diseñadas por el hombre.

Para dar una base en el entendimiento de las propiedades de los plásticos, éstas se han dividido en las siguientes categorías: mecánicas, de procesamiento, térmicas, eléctricas, y químicas. Algunas de estas propiedades son inherentes al estado físico del polímero. Un material vítreo no se estirará debido a su estructura y orientación molecular, -- que tiene una regularidad simétrica en el espacio; ni un polímero amorfo, como las polisulfonas, no entrelazado molecularmente, soportará indefinidamente un esfuerzo cuando esté arriba de su temperatura de transición vítrea (1). Otras -- propiedades dependen de la estructura química del polímero; -- la hidrólisis, la disociación térmica y la toxicidad pueden estar establecidas por la reactividad de ciertos grupos funcionales dentro de la estructura molecular del polímero.

Por otro lado, los plásticos a diferencia de los materiales tradicionales, como los metales, no sigue un comportamiento elástico (Ley de Hooke) que supone un valor constan

(1) Temperatura a la cual da comienzo el movimiento de los segmentos moleculares del polímero.

te con respecto al tiempo, del módulo de elasticidad o de Young sino que por el contrario introduce un nuevo parámetro: el elemento de Maxwell, que combina los efectos de la viscosidad y de la elasticidad, lo que supone un comportamiento viscoelástico para los plásticos. Cabe señalar que un desglose más detallado de dicho parámetro está fuera del alcance de este trabajo, por lo que no se incluye.

A pesar del imponente crecimiento, que han tenido los plásticos a partir de 1940, sobre un amplio rango de aplicaciones, no ha existido una tecnología de diseño analítica para los mismos. Cuando se habla de tecnología de diseño, se refiere a la predicción del funcionamiento del material plástico en el sentido más amplio, es decir, bajo diferentes esfuerzos con el objeto de saber su posible utilidad.

Ultimamente ha surgido la necesidad de desarrollar dicha tecnología de diseño, principalmente por las siguientes razones: la primera es que hoy en día, los plásticos tienen un alto y sofisticado funcionamiento en multitud de usos, por lo que es importante garantizar la confiabilidad del producto; la segunda razón, es necesidad de reemplazar los metales con plásticos, ya que los primeros en su proceso de producción consumen elevadas cantidades de energía y por último la búsqueda de plásticos que satisfagan requerimientos de carga más severos.

Una adecuada tecnología de diseño para los plásticos se compone de un sistema de ecuaciones teóricas y empíricas - de acuerdo a la naturaleza viscoelástica de ellos y no, a la de los materiales tradicionales como el acero, además de la - participación de propiedades de ingeniería, que pueden ser -- usadas en las ecuaciones de diseño, tales como: resistencia - al impacto, la fatiga, resistencia a alta y baja temperatura, flamabilidad, resistencia química, resistencia al arco, módu- lo de elasticidad, etc. Para obtener los valores de las pro- piedades se requiere de enormes inversiones en recursos huma- nos y materiales; es aquí donde radica la importancia de las- propiedades de los plásticos, pues con un completo banco de - datos sobre ellas y métodos de prueba específicos se podrán - desarrollar sistemáticamente nuevas aplicaciones, como se re- comienda en la sección 5.4, y por lo mismo favorecer la indus- tria de los plásticos.

Así, el juicio final sobre la idoneidad de las poli- sulfonas para una aplicación dada, generalmente comprenderá - una combinación compleja de propiedades, cuyas definiciones - y valores son presentados en la siguiente sección.

4.1 Descripción y análisis comparativo

Con el nombre genérico de polisulfonas se le designará a las siguientes resinas: Udel Polisulfona, Astrel 360-Poliaril-Sulfona, Victrex Poliéter-sulfona y Radel Polifenil-sulfona; cuyas siglas son: PS, PAS, PES y PFS respectivamente.

La mayoría de las propiedades de los materiales, y en el caso concreto de los plásticos, están íntimamente relacionados a métodos de prueba, a través de los cuales son estimadas. Dichos métodos de prueba se encuentran estandarizados por organismos científicos dedicados a la promoción del conocimiento sobre los materiales, tal es el caso de la American Society Testing Materials (ASTM); a cuyos métodos se hace referencia en cada propiedad descrita más adelante.

Con el fin de establecer las ventajas y desventajas de aplicabilidad, de las polisulfonas, éstas se comparan con otros plásticos comunes en sus respectivas propiedades; cuyos valores en muchos casos oscilan dentro de un rango, por lo que se tomarán los valores promedio, para así facilitar el análisis.

4.1.1 Propiedades mecánicas.

4.1.1 Resistencia a la tensión.

Es la habilidad de un material a resistir fuerzas --
coaxiales por unidad de área (ver fig. 4.1).

Para la mayoría de los materiales la resistencia úl-
tima, se presenta cerca de la falla o rotura total. A pesar
de que esta propiedad es muy utilizada como criterio de dise-
ño, nunca se constituye como un factor decisivo o limitante,-
en una aplicación práctica; dada la diversidad de esfuerzo a-
que está sometido un material; así, los polímeros suelen fa-
llar por cargas repetitivas, por impacto, por penetración de-
objetos o la propagación de una rasgadura.

Es con la extensión del plástico que la resistencia-
a la tensión se relaciona con la tenacidad, resistencia al --
desgarre y a la fatiga.

Sin embargo, algunos materiales, especialmente los -
polímeros llegan a un punto donde empieza una deformación no-
elástica (cedencia), pero continúan deformándose y absorben -
energía mucho más allá de este punto.

Los esfuerzos de trabajo máximo de las PS en ambientes húmedos varían con la temperatura, la naturaleza del esfuerzo (uniforme o intermitente) y los requerimientos de funcionamiento (resistencia al impacto o a la deformación).

En tanto que la PES se caracteriza por la ausencia de grupos alifáticos, lo que incrementa su capacidad de conservar sus propiedades mecánicas a altas temperaturas.

De la tabla 4.1, se observa que las polisulfonas se ubican en el primer plano con los mayores valores de esta propiedad, superando a los demás plásticos. Por lo anterior cualquiera de las polisulfonas puede competir e incursionar en el mercado de los plásticos en aplicaciones donde este parámetro es sobresaliente, tales como: líneas de pesca, líneas de tracción, cadenas, etc.

4.1.1.2 Elongación al rompimiento.

Es la extensión que un material puede sufrir, antes de tomar un orden permanente o de lo contrario romperse; está expresado en forma porcentual (%) con respecto a la longitud original; (Ver fig. 4.2).

Después de 10,000 hrs. a temperatura ambiente a 3000 psi de esfuerzo, la deformación de la PS es sólo de 1%. Des-

71

FIGURA 4.1
TENSION

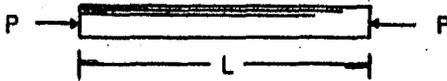
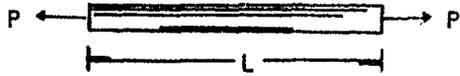


FIGURA 4.2
COMPRESION

FIGURA 4.3
DEFORMACION

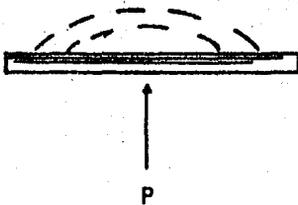
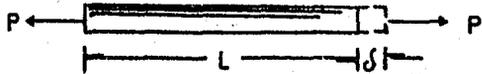


FIGURA 4.4
FLEXION

MODELO CONCEPTUAL
PROPIEDADES
MECANICAS

FUENTE: PRINCIPIOS DE SISTEMAS
DE POLIMEROS
F. RODRIGUEZ

pués de un año completo a 210°F y 3000 psi, la deformación total esta por abajo del 2%.

En tanto que la PES, sometida a un esfuerzo constante a 68°F por tres años, el material muestra 1% de deformación bajo 3000 psi y sólo 2.6% de deformación bajo 6500 psi.- Siguiendo tres años de esfuerzo constante a 300°F y 3000 psi, el polímero muestra sólo 2.55% de deformación y mantiene un módulo de deformación por tensión, arriba de 11500 psi.

La PES se utiliza para aplicaciones a temperaturas arriba de 392°F, aunque sus propiedades de carga comienzan a decaer a temperaturas mayores de 300°F.

4.1.1.3 Fatiga.

La mayoría de los materiales sometidos repetidamente a un esfuerzo, fallarán aún cuando esa fuerza sea bastante baja comparada con el esfuerzo extremo que se midió durante la deformación individual hasta el punto de falla. Los plásticos rígidos, como los termoplásticos vítreos fallan a menudo con un rápido aumento de la temperatura. Cuando se aplican diferentes tipos de esfuerzos (flexión, compresión, tensión, etc.) alternadamente al mismo material, se originan fallas en éste después de un cierto número de ciclos.

TABLA 4.1

	Esfuerzo a la tensión (psi), ASTM: D638	Elongación al rompi miento, (%) ASTM: D638
Polisulfona	10 200	50 - 100
Polifenilsulfona	10 400	60
Poliétersulfona	12 200	30 - 80
Poliarilsulfona	13 050	10
Poliestireno	-----	2 - 60
Polipropileno	4 500 - 5 400	100 - 600
Polietileno	3 000 - 4 000	20 - 130
Policarbonato	9 000	110
Resinas fenolicas	-----	1.5 - 2.0
Naylon 6/6	8 000	60
PVC rígido	6 000 - 7 500	2 - 80

4.1.1.4 Esfuerzo de compresión.

El caso más sencillo que se puede considerar, es el de una muestra inicialmente recta de sección transversal constante, sometida en sus extremos a dos fuerzas colineales dirigidas en sentidos opuestos y que actúan hacia el centro de la barra, entonces se dice que existe un estado de compresión -- (Ver fig. 4.3)

Al aplicar gradualmente en los extremos fuerzas de compresión se puede medir la variación de la longitud para cualquier incremento determinado de la carga, hasta que se llega a producir la falla o rotura de la muestra, conociéndose se este valor como el esfuerzo último a la compresión.

A excepción de la PFS y la PES cuyos datos no son reportados en la tabla 4.2, el resto de la familia de polisulfonas, la PAS y la PS, se ubican en primer y tercer lugar res-pectivamente con los valores de este parámetro más altos (ver tabla 4.3); solo compite contra las polisulfonas citadas, el nylón 6/6. Por lo que, las polisulfonas en general, son los materiales más idóneos para las aplicaciones donde el esfuer-zo a la compresión, es la carga más importante; por ejemplo: tuberías de proceso, tapas de motor para autos, controladores de flujo, recipientes industriales, membranas de filtración, -etc.

4.1.1.5 Esfuerzo de flexión.

Es la habilidad que tiene un material para resistir - fuerzas que tienden a flexionarlo o provocarle curvatura; más allá de este valor se produce una falla para una condición de temperatura establecida.

De la tabla 4.2 se puede observar que, a excepción - de la PFS que se ubica en la octava posición, en esta propiedad destacan la PES, la PAS y la PS situándose con valores de este parámetro en: 1o, 2o. y 4o. lugar respectivamente, compitiendo con ellas el nylon 6/6 que tiene la segunda posición; - por lo que las polisulfonas citadas son los materiales más adecuados y recomendables para sustituir a otros materiales o incurrir en aplicaciones donde un factor determinante en la selección del material es el esfuerzo a la flexión; por ejemplo: en tuberías de proceso, portalámparas, conduits, tapas de motor para autos, platos de torre de destilación, cañas de pescar, tablas de buceo, muebles, arcos, etc.

4.1.1.6 Módulo de elasticidad.

Es la relación de tensión, compresión o flexión, a la deformación unitaria producida sobre el material sujeto a - esfuerzo, y como la deformación unitaria es un número adimensional (relación entre dos longitudes), es evidente que el mó-

TABLA 4.2

	ESFUERZO DE COMPRESION, (psi) ASTM: D695		ESFUERZO DE FLEXION, (psi) ASTM: D790	
Polisulfona	13900		15400	
Polifenilsulfona	-----		12400	
Poliétersulfona	-----		18650	
Poliarisulfona	17835		17255	
Poliestireno	11500	- 16000	8900	- 14000
Polipropileno	5500	- 8000	6000	- 8000
Polietileno	2700	- 3600	-----	
Policarbonato	12500		13500	
Resinas fenólicas	12000	- 1500	11000	- 17000
Naylon 6/6	15000		17000	
PVC rígido	8000	- 13000	10000	- 16000

76

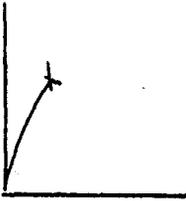
dulo de elasticidad tenga las mismas dimensiones que la tensión, compresión, o flexión.

Hay que tener en cuenta que el comportamiento de los plásticos bajo carga se limita a la primera porción de la curva esfuerzo - deformación, la cual no es siempre recta - (ver fig. 4.5.2), mismo que se consigue por medio de un ajuste gráfico diferente para cada tipo de esfuerzo, lo que origina valores distintos en cada módulo. Lo anterior es cierto, pues la Ley de Hooke que contempla una región elástica en el diagrama esfuerzo - deformación, no aplica para los plásticos.

Las polisulfonas por sus características presenta un comportamiento como el descrito por la fig.4.5.1.c, similar a la fig. 4.5 2, la cual muestra la curva experimental esfuerzo-deformación de la Udel Polisulfona (PS).

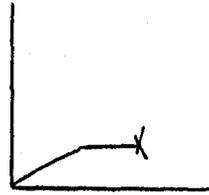
El diagrama esfuerzo - deformación depende de la temperatura de prueba, de la presencia de cargas (3) y aún de la geometría de la muestra, siendo un gráfico útil en la descripción del comportamiento y rigidez del material ante los esfuerzos.

(3) Las cargas de refuerzo son materiales de relleno que aumentan el entrelazado de las cadenas moleculares.



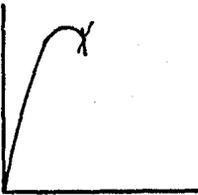
DURO Y FRAGIL

(a)



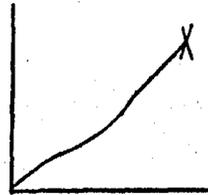
SUAVE Y DEBIL

(b)



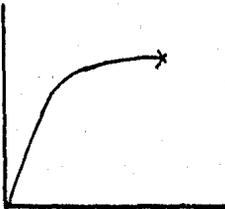
DURO Y FUERTE

(c)



TENAZ

(d)



DURO Y TENAZ

(e)

FIGURA: 4.5.1.
CURVAS ESFUERZO-DEFORMACION

FUENTE: PRINCIPIOS DE SISTEMAS
DE POLIMEROS
F. RODRIGUEZ

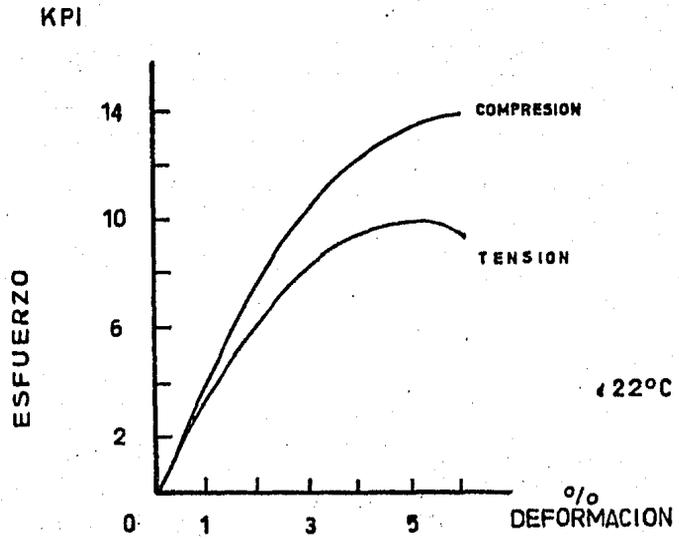


FIGURA 4.5.2. CURVA ESFUERZO-DEFORMACION UDEL POLISULFONA (f)

FUENTE: E. CHEM. TECH.
2ª ED. VOL 18
KIRK-OTMER

Es recomendable para los materiales tener altos valores en los módulos mencionados, pues ello implica que ante altos esfuerzos se producen bajas deformaciones.

En el caso del módulo de compresión se puede observar de la tabla 4.3, que la PS y la PAS ocupan los primeros lugares. En cuanto a los módulos de tensión y de flexión --- (Ver tabla 4.4), es notorio que en ambos casos la PAS, la PS, la PES y la PFS ocupan los siguientes lugares: 4o, 5o, 6o y 8o., respectivamente, superadas por las resinas fenólicas, el PVC rígido, el poliestireno y el nylon 6/6; pero más competitivas que los siguientes plásticos: polipropileno, policarbonato y polietileno.

Con lo anterior se puede deducir, en forma global, que las polisulfonas poseen módulos de tensión, compresión y flexión que las hacen competitivas y versátiles en muchas áreas de aplicación donde tales esfuerzos están presentes.

4.1.1.7 Esfuerzo al impacto

Dentro de las propiedades mecánicas de los materiales, se encuentran aquella que, nos refleja la tenacidad de éstos; para ello se utiliza la resistencia al impacto, que es, la energía suficiente para romper la muestra del material, --

TABLA 4.3

	MODULO DE TENSION, (psi) ASTM: D638		MODULO DE COMPRESION, (psi) ASTM: D695	
Polisulfona	360000		370000	
Polifenilsulfona	310000		-----	
Poliétersulfona	350000		-----	
Poliarisulfona	369750		340025	
Poliestireno	320000	- 460000	-----	
Polipropileno	165000	- 225000	150000	- 300000
Polietileno	60000	- 180000	-----	
Policarbonato	345000	-	350000	
Resinas fenólicas	400000	- 700000	-----	
Naylon 6/6	350000	- 600000	-----	
PVC rígido	350000	- 600000	-----	

81

Fuente: Modern Plastics Encyclopedia Vol. 1 Mc Graw Hill 1980.

respecto a una unidad de espesor estándar. (4)

La energía para causar la ruptura o la tenacidad -- del material se puede medir con solo calcular el área bajo - la curva, correspondiente a un diagrama esfuerzo-deformación (ver fig. 4.5.1 y 4.5.2).

El probador de impacto, es un artefacto sencillo - en el que un martillo tiene cierta energía potencial antes y después de romper la muestra de material (Ver fig. 4.6)

Es recomendable que los plásticos posean altas energías de ruptura, tal como la del policarbonato, que supera a las polisulfonas más destacadas en este aspecto, y que son: - la PFS y la PAS las cuales el 2o. y 4o. lugar respectivamente; en tanto que la PES y la PS se ubican en 6o. y 7o. lugar.

En funcionamiento prolongado a 300°F, la PS retiene el 70% de su resistencia al impacto.

De lo anterior se deduce que la PFS y la PAS pueden competir e incurrir en aplicaciones donde el esfuerzo al impacto sea una consideración de diseño importante, por ejemplo: platos y utensilios de cocina, contenedores de bebidas,

(4) Muestra de 1/8 pulg. de espesor.

TABLA 4.4

	MODULO DE FLEXION A 73°F, (psi) ASTM: D790		ESFUERZO AL IMPACTO, (pie-lb/pulg) ASTM: D256A	
Polisulfona	390000		1.2	
Polifenilsulfona	330000		12.0	
Poliéstersulfona	375000		1.6	
Poliarilulfona	394400		1.98	- 3.97
Poliestireno	340000	- 470000	0.4	- 3.4
Polipropileno	170000	- 250000	0.4	- 1.0
Polietileno	100000	- 260000	0.5	- 20.0
Policarbonato	340000		16.0	
Resinas fenólicas	-----		0.24	- 0.4
Naylon 6/6	620000		0.8	- 1.0
PVC rígido	300000	- 500000	0.4	- 20.0

tapas de motor, equipo de laboratorio.

4.1.1.8 Dureza.

Esta propiedad puede considerarse de diversas maneras; una de ellas es el modo en que el material resiste la penetración cuando la masa total se involucra; otra forma solo incluye características de la superficie y debe considerar la resistencia a las raspaduras o a la abrasión.

El número Rockwell de dureza está directamente relacionado con la resistencia de un material rígido a ser penetrado por una bola de acero. El probador Rockwell registra un número, basándose en la cantidad de impactos, tal y como se aplica una carga, un número alto significa materiales muy duros. En esta prueba, los símbolos de la escala representan el tamaño de la muesca en la bola y la carga (Ver tabla 4.5)

De la tabla 4.6 se puede observar que la PAS, la PES y la PS poseen los siguientes lugares: 10, 30, y 60, respectivamente, de los cuales la PAS y la PES sobresalen pudiendo ser utilizadas en usos donde, una alta dureza es necesaria para resistir penetraciones y raspaduras. La PAS y la PES son por tanto altamente competitivas en esta propiedad, lo que las coloca en posibilidad de incursionar en las siguientes aplicaciones: partes de equipo rotatorio, herramientas de cirugía, componentes de plomería, equipo de laboratorio.

TABLA 4.5

ESCALA SIMBOLICA	CARGA (Kg)		DIAMETRO DEL IDENTADOR		
	MENOR	MAYOR			
R	10	60	0.50	±	0.0001
L	10	60	0.25	±	0.0001
M	10	100	0.25	±	0.0001
E	10	100	0.125	±	0.0001
K	10	150	0.125	±	0.0001

TABLA 4.6

	DUREZA ROCKWELL ASTM: D785	COEFICIENTE DE EXPANSION LINEAL TERMICA, 10^{-6} (plg/plg °C) ASTM: D696
Polisulfona	M - 69	52 - 56
Polifenilsulfona	-----	31.0
Poliétersulfona	M - 88	55.0
Poliarilsulfona	M - 110	47.0
Poliestireno	-----	60 - 70
Polipropileno	-----	81 - 100
Polietileno	-----	110 - 130
Policarbonato	M - 70	68.0
Resinas fenólicas	M - 93 - 120	68.0
Naylon 6/6	M - 83	80.0
PVC rígido	-----	50 - 100

86

Fuente: Modern Plastics Encyclopedia Vol. 1 Mc Graw Hill 1980.

4.1.2 Propiedades térmicas

4.1.2.1 Coeficiente de expansión lineal térmica.

Es una propiedad que indica la razón o velocidad a la que el material tiene una dilatación o contracción al variar la temperatura; sus unidades son: pulg/pulg/°C. Este parámetro está en función de la naturaleza del material, así muchos polímeros tienen un coeficiente de expansión lineal térmica en el rango de 2 a 20×10^{-5} , mucho más alto que el del acero de 1×10^{-5} . Sin embargo al mezclar parte de un polímero con otro material que se expanda menos, disminuye la expansión total debido a efectos de temperatura.

Se busca materiales plásticos como las polisulfonas con bajos coeficientes de expansión lineal térmica, pues si se observa la tabla 4.6, estos materiales se mantienen como líderes, y de los cuales se alejan hasta 100×10^{-6} plg/plg/°C el polietileno se constituye como el plástico con mayor coeficiente de expansión.

Es importante que las polisulfonas posean estos valores, ya que ello garantiza mínimas deformaciones de origen térmico al variar la temperatura y, por tanto dichos materiales pueden ser utilizados en: hornos de microondas, cafeteras

eléctricas, platos y utensilios de cocina, aislantes, tubería de proceso, colectores solares, tubos en calentadores.

4.1.2.2 Temperatura de flexión bajo carga.

Una forma de conocer la resistencia de un material a la presión y al calor, es a través de la temperatura de flexión, anteriormente conocida como temperatura de distorsión por el calor, y que se mide con una carga estándar sobre el material en cuestión aumentando la temperatura; sus unidades son °F.

La PS puede ser usada continuamente en contacto con vapor a temperaturas que están arriba de 300°F.

En tanto que la PES puede ser usada a temperaturas mayores de 435°F. Por otro lado la PFS tiene una temperatura de flexión de 400°F; después de servicio continuo del material, esta propiedad tiene un valor de 375°F.

Analizando la tabla 4.7, se puede apreciar que los valores de esta propiedad para los plásticos varían dentro de un rango de 110 a 525°F, correspondiendo los primeros lugares a las polisulfonas que superan a los demás por aproximadamente 200°F en promedio; lo que demuestra su alta estabilidad térmica. Considerando que en la industria de los plásticos,

el comportamiento a altas temperaturas bajo esfuerzo es un criterio de selección importante, las polisulfonas como líderes en esta área, pueden incursionar en las siguientes aplicaciones: termostatos, hornos de microondas, cafeteras eléctricas, equipo de laboratorio, tubería de proceso, platos de torres de destilación.

4.1.2.3 Conductividad térmica.

Es la velocidad de transferencia de calor a través de un material, tomando como referencia determinadas unidades de área, tiempo y temperatura, las cuales son: cal-cm/cm^2 -seg- $^{\circ}\text{C}$.

La conductividad térmica no aumenta fácilmente, una concentración alta de metal en forma de polvo o de fibras, usadas como relleno en un material plástico, puede incrementar esta propiedad en diez veces su valor.

Una de las mayores razones por la cual los plásticos poseen una alta popularidad en cuanto a aplicaciones industriales y comerciales, es su relativa baja velocidad de conducción del calor, situándose sus valores en el rango de 2 a 8.2×10^{-4} cal cm/cm^2 - seg- $^{\circ}\text{C}$ (0.05 a 2.0 BTU-pie/pie² - hr- $^{\circ}\text{F}$.) En este aspecto destacan (Ver tabla 4.7) la PS y la PFS con el 1o. y 3o. lugar respectivamente, en tanto que la

TABLA 4.7

	TEMPERATURA DE FLEXION BAJO CARGA DE 264 psi, (^o F) ASTM: D668		CONDUCTIVIDAD TERMICA 10 ⁻⁴ (cal.cm/seg. cm ² °C) ASTM: C177	
Polisulfona	345.0		2.8	
Polifenilsulfona	400.0		---	
Poliétersulfona	397.0		3.2	- 4.4
Póliarilsulfona	525.0		6.216	
Poliestireno	200	- 248	-----	
Polipropileno	120	- 140	2.8	
Folietileno	110	- 130	11.0	- 12.0
Policarbonato	270.0		4.7	
Resinas fenólicas	165	- 175	3.5	
Naylon 6/6	167.0		5.8	
PVC rígido	134	- 180	3.5	- 5.0

06

Fuente: Modern Plastics Encyclopedia Vol. 1 Mc Graw Hill 1980.

PAS se ubica en las ultimas posiciones. La PS y la PES poseen valores apropiados que las hacen idóneas para aplicaciones donde la mínima conducción del calor es fundamental, por ejemplo: aislamientos, refractarios, partes de hornos de microondas, secadores de pelo, tapas de motor, tubería de proceso.

4.1.3 Propiedades de procesamiento

4.1.3.1 Densidad relativa.

Estrictamente hablando, esta propiedad es igual a dividir la densidad absoluta entre una densidad de referencia, donde esta última, para el caso de sólidos y líquidos es el agua y para los gases el aire. Con lo que respecta a la densidad absoluta, se define como un parámetro que indica la cantidad de masa que existe por unidad de volumen de un determinado material a ciertas condiciones de presión y temperatura. La densidad relativa es adimensional.

Se ha dicho que para los materiales plásticos el volumen específico aumenta con la temperatura, específicamente cuando ocurre la fusión. El efecto de la presión es importante en los procesos de moldeo, donde las altas presiones de proceso alteran las dimensiones de una pieza de las que

tendría, cuando estuviera a una atmósfera de presión. Se observa que las altas presiones provocan aumentos de densidad que pueden inducir a la cristalización originando problemas de operación como detener el flujo completamente. Por ello se prefieren materiales como el propileno con bajas densidades; para este caso las polisulfonas se sitúan en los últimos lugares, por lo que su procesamiento tiende a ser más complicado que el de las demás resinas.

4.1.3.2 Temperatura de fusión.

Es la temperatura a la cual un material pasa de su estado sólido al líquido, todo ello a una presión específica; sus unidades son °C.

En producción, moldeo y fabricación de partes plásticas se cuenta con una observación visual para determinar cuando una resina es fundida lo suficiente para su procesamiento. En los procesos de plásticos a nivel industrial es conveniente manejar temperaturas de fusión bajas, con el objeto de facilitar la operación de la planta; situación que no cumplen las polisulfonas, pues poseen los mayores valores de este parámetro, sin embargo los hacen materiales útiles en aplicaciones donde los esfuerzos térmicos son importantes, por ejemplo: tubería de proceso, tapas de motor, partes de hornos de microondas, platos de torres de destilación, tubos aislantes.

TABLA 4.8

	TEMPERATURA DE FUSION, °C		DENSIDAD RELATIVA	
	c	a	ASTM: D792	
Polisulfona	200.0	a	1.24	
Polifenilsulfona	220.0	a	1.29	
Poliétersulfona	230.0	a	1.37	
Poliestireno	110	- 125 a	1.05	- 1.09
Polipropileno	168.0	c	0.9	- 0.91
Polietileno	120	- 140 a	0.941	- 0.965
Policarbonato	150.0	a	1.2	
Resinas fenólicas	Fraguado térmico c		1.24	- 1.32
Naylon 6/6	265.0	c	1.13	- 1.15
PVC rígido	Fraguado térmico c		1.30	- 1.58
Poliarilsulfona	-----		1.36	

93

Fuente: Modern Plastics Encyclopedia Vol. 1 Mc Graw Hill 1980.

4.1.3.3 Rango de temperatura de procesamiento. Es el intervalo de temperatura, dentro del cual un material puede ser comprimido (C), transferido (T), inyectado (I) o extruido (E).

Las polisulfonas son termoplásticos, es decir materiales que se ablandan y fluyen por la acción del calor y -- la presión, lo que les permite moldearse varias veces; sin embargo la temperatura a la cual lo hacen es mayor comparada con la de los demás plásticos presentados en la tabla 4.9. Por lo anterior el procesamiento de las polisulfonas es más complicado que el de otros plásticos por las condiciones de temperatura.

4.1.3.4 Rango de presión de moldeo.

A excepción del PVC rígido, prácticamente todos los plásticos presentados en la tabla 4.9, se encuentran dentro del mismo rango, por lo que su procesamiento por moldeo es similar.

4.1.3.5 Absorción de agua.

Es la cantidad de agua que absorbe una muestra del plástico (1/8 pulg. de espesor), durante 24 horas de exposición continua a la humedad; es expresada como el (%) de agua

TABLA 4.9

	RANGO DE TEMPERATURA DE PROCESAMIENTO, (°F)	RANGO DE PRESION DE MOL-DEO, (psi - 10 ³)
Polisulfona	C:550 - 600, I:650 - 750	15 - 20
Polifenilsulfona	I:700 - 800, E:650 - 750	15 - 20
Poliétirsulfona	I:590 - 750	10 - 20
Poliestireno	I:450 - 500	10 - 20
Polipropileno	I:400 - 550, E:400 - 500	10 - 20
Polietileno A.D.	I:300 - 500, E:325 - 550	5 - 20
Policarbonato A.V.	I:560	10 - 20
Resinas fenólicas	-----	-----
Naylon 6/6	I:520 - 520 - 620	1 - 20
PVC rígido	C:285 - 400, I:300 - 420	10 - 40

Fuente: Modern Plastics Encyclopedia Vol. 1 Mc Graw Hill 1980.

referida al peso total de la muestra.

De la tabla 4.10 se puede apreciar que las polisulfonas, se ubican con valores intermedios, superando al polipropileno que posee el valor más bajo y por debajo del nylon 6/6 que tiene el valor más alto.

4.1.4 Propiedades eléctricas.

4.1.4.1 Esfuerzo dieléctrico.

Es el potencial por unidad de espesor que causa una falla en un material dieléctrico (muestra de 1/8 pulg. de espesor). El valor depende del método de la aplicación del potencial, la naturaleza del potencial, tipo de corriente y la temperatura (Ver fig. 4.7)

En funcionamiento prolongado a 300°F, la PS retiene 90% de su esfuerzo dieléctrico.

Las polisulfonas se ubican, con valores intermedios de este parámetro, por arriba de las resinas fenólicas, pero abajo del nylon 6/6, PVC rígido, poliestireno y el polietileno de alta densidad. Esta propiedad se considera en las si-

TABLA 4.10

	ABSORCION DE AGUA, (%) ASTM: D570	ESFUERZO DIELECTRICO, EN CORTO TIEMPO, (v./mil) ASTM: D149
Polisulfona	0.22	425.0
Polifenilsulfona	----	370.0
Poliétersulfona	0.43	400.0
Poliarisulfona	1.4	-----
Poliestireno	0.03 - 0.12	500.0
Polipropileno	0.01 - 0.03	600.0
Polietileno	0.01	450 - 500
Policarbonato	0.15	380.0
Resinas fenólicas	0.1 - 0.36	250 - 400
Naylon 6/6	1.0 - 1.3	600.0
PVC rígido	0.04 - 0.4	350 - 500

guientes aplicaciones: bobinas, interruptor de circuitos, celdas de baterías, cajas de circuitos.

4.1.4.2 Resistencia volumétrica.

Es la Resistencia del material dieléctrico, que se mide como si el material fuera un conductor. La resistencia se expresa como, la resistencia de un cubo de un centímetro de lado, que se mide entre caras paralelas. Depende de la temperatura, la frecuencia, voltaje y acondicionamiento del material, (Ver fig. 4.8)

Las polisulfonas superan ligeramente a los demás plásticos presentados en la tabla 4.11, por lo que puede competir entre ellos, para aplicación en: bobinas, interruptor de circuitos, portalámparas, cascos de baterías.

4.1.4.3 Resistencia al arco.

Es el tiempo en segundos, durante el que se puede mover un arco eléctrico sobre la superficie de un material sin que se vuelva conductor. La falla puede ocurrir por carbonización, calentamiento y otras causas. Depende de la temperatura, frecuencia, voltaje y variará con el acondicionamiento del material, (Ver fig. 4.9)

FIGURA 4.6

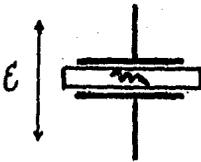
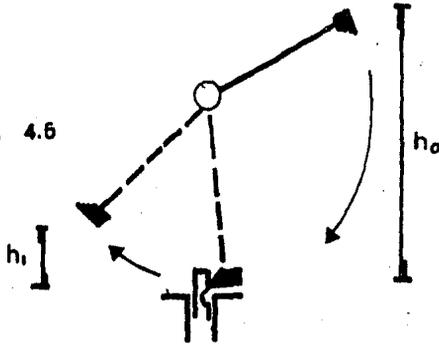


FIGURA 4.7

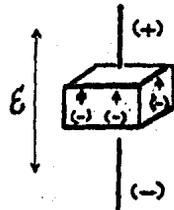


FIGURA 4.8

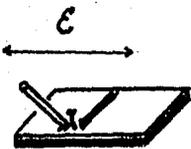


FIGURA 4.9

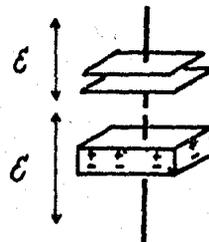


FIGURA 4.10

MODELOS CONCEPTUALES PROPIEDADES ELECTRICAS

De la tabla 4.11, se aprecia que de la familia de las polisulfonas, la única que sobresale en cuanto a esta propiedad, lo es la PES, ocupando un tercer lugar, lo que la hace competitiva con respecto a otros plásticos, como el: polipropileno y el poliestireno, en aplicaciones de tipo eléctrico.

4.1.4.4 Constante dieléctrica.

Es la relación de la capacidad de un condensador hecho con un dieléctrico en particular. El valor depende de la frecuencia, la temperatura y varía con el acondicionamiento de la muestra, (Ver fig. 4.10)

La constante dieléctrica de la PS es muy baja. Después de una exposición del material en un ambiente de alta humedad o sometido a inmersión en agua, sus propiedades eléctricas son estables arriba de 350°F.

En tanto que la PES es un práctico material dieléctrico a elevadas temperaturas, posee además una constante dieléctrica invariable.

De igual manera la PFS tiene propiedades eléctricas sobre un amplio rango de temperaturas.

TABLA 4.11

	RESISTENCIA VOLUMETRICA (Ohm-cm) ASTM: D257	RESISTENCIA AL ARCO, (Seg). ASTM: D495 ()
Polisulfona	10^{16}	39
Polifenilsulfona	10^{17} - 10^{18}	--
Poliétersulfano	10^{16} - 10^{17}	116
Poliestireno	-----	63 - 146
Polipropileno	10^{18}	114 - 183
Polietileno	10^{16}	60 - 88
Policarbonato	10^{16}	8 - 37
Resinas fenólicas	-----	24 - 181
Naylon 6/6	10^{16}	6 - 11

De la tabla 4.12, se puede observar que, el mayor valor de este parámetro lo poseen las polisulfonas, con lo que un condensador fabricado con dicho material, tendrá mayor capacidad de carga eléctrica, que cualquier otro condensador hecho con alguno de los otros plásticos.

4.1.5 Propiedades químicas.

4.1.5.1 Flamabilidad.

Esta propiedad depende del estado físico y la composición química del material. En general, se pueden ordenar los polímeros puros como siguen, los más flamables: polímeros nitrados, los que contienen oxígeno y poliamidas; los menos flamables: polímeros halogenados.

Con el desarrollo del uso de plásticos en transportación, construcciones públicas, casa, centros de recreación; las investigaciones sobre retardantes de flama y plásticos no comburentes se han incrementado.

En la tabla 4.12, se comparan a las polisulfonas con respecto a otros plásticos, en cuanto al tiempo de encendido, expresado en segundos, dicha comparación deduce que la

TABLA 4.12

	CONSTANTE DIELECTRICA, (1 KHz) ASTM: D150	FLAMABILIDAD. (TIEMPO DE ENCENDIDO , EN SEGUNDOS)
Polisulfona	3.07	27 - 63
Poliétersulfona	3.50	80.0
Poliestireno	2.40 - 2.70	10 - 40
Polipropileno	2.2	21 - 200
Polietileno	2.3	31.0
Policarbonato	2.99	13 - 67
Resinas fenólicas	----	20 - 300
Naylon 6/6	----	5 - 120
PVC rígido	3.0 - 3.3	300.0

PES destaca superando al nylon, policarbonato, polietileno y poliestireno; pudiendo competir con estos e incluso desplazarlos de aplicaciones donde la flamabilidad es una propiedad importante.

4.1.5.2 Resistencia Química.

La PS, PES, PFS y PAS tienen una alta resistencia a los ácidos, bases y soluciones salinas; además de poseer una buena resistencia a detergentes, aceites, grasas, hidrocarburos alifáticos y alcoholes a elevadas temperaturas bajo esfuerzos moderados. Por ejemplo la PS ha estado en contacto 500 hrs. con una solución al 2% de detergente a 140°F y 1500 psi de esfuerzo.

Las cuatro resinas PS, PES, PFS y PAS son atacadas por solventes orgánicos polares tales como: cetonas, hidrocarburos halogenados, hidrocarburos aromáticos y ésteres.

CAPITULO 5

EVOLUCION DE USOS Y APLICACIONES

La evaluación de los plásticos es una técnica muy especializada que se ha desarrollado en los E.U.A., principalmente a través de los esfuerzos de los miembros de la American Society for Testing Materials (ASTM). Los plásticos suelen ser excelentes aislantes eléctricos, pero sus propiedades deben medirse en un amplio intervalo de condiciones eléctricas y climáticas. Pocos plásticos obedecen la Ley de Hooke; muchos de ellos se deforman incluso a temperaturas muy bajas y con fuerzas poco considerables.

Dentro de la industria hay necesidades diversas tales como: la fabricación de un nuevo producto, una tecnología actualizada, más eficiente, nuevas aplicaciones y desarrollos.

Por lo general los objetivos para un polímero nuevo pueden tener su razón de existencia en algunos de los siguientes argumentos.

- Introducir un producto nuevo en el mercado.
- Ampliar la capacidad de producción actual.

- Modernizar o actualizar los medios de producción.
- Satisfacer un mercado potencial.
- Aprovechar materias primas y/o mano de obra existente no utilizada.

Mientras más rígidas son las especificaciones del uso final, se torna más fácil su selección. Si, por ejemplo, el requerimiento principal es resistencia a temperaturas mayores de 250°C, el problema de selección se reduce a un número menor de plásticos.

Los plásticos no son semejantes a nada que los haya precedido. Así como el comportamiento de las aleaciones del acero no pueden ser comparadas a la madera; las características de los plásticos están más allá de la descripción en términos de otros materiales.

Para poder saber las características de un plástico, así como su uso, se deben hacer las siguientes preguntas: ¿Cuáles son los efectos de variar las condiciones físicas a las que se pueden someter un material?, ¿Llenará un material plástico dado, los requerimientos específicos de uso?

Estas preguntas son básicamente importantes para el uso con éxito de los plásticos, así como para el progreso industrial; y sus respuestas se encuentran al estudiar sus apli-

caciones existentes, así como sus propiedades (las cuáles se vieron en el capítulo 4).

5.1 Diversidad de usos

Debido al amplio rango de aplicaciones, las polisulfonas han desplazado a muchos plásticos, siendo utilizadas como forma extruída, es decir se presenta como tubo, perfiles y varillas, así como en forma laminada y de película. Por lo anterior está en competencia con el vidrio y metales como: acero inoxidable, latón y níquel; debido a su uso y al beneficio económico que proporciona.

Se ha sometido a estudio en un rango de variación de 150°C, por los Laboratorios Underwrites, comprobado y clasificado bajo "UL Publication 94".

Se cubre por la especificación militar ML-P-46120 (MR) y aprobado por la National Sanitation Fundation (NSF) para su uso en el servicio de agua potable.

Aprobado bajo la 3A Sanitary Standars, para su uso en productos lacteos.

Aceptada por la U.S.D.A. Animal & Plant Health Inspection Service para el uso en contacto con carne y productos avícolas.

Además cumple con el reglamento 177.2500 de Food & Drug Administration (FDA) y la Food Additive Regulation, que es aplicable para aquellos artículos que están en uso repetido y en contacto con alimentos.

Para aplicaciones biomédicas, cumple con la New Drug-Master File DMF-2360 y ASTM Standard F702.

Una especialidad certificada de grado médico por la "USP Class VI biological (para pruebas de toxicidad adicional) resistiendo técnicas de esterilización".

A continuación se darán los distintos usos donde es aplicable la polisulfona:

Eléctrico: Bobinas
Coples
Interruptor de circuitos
Porta lámparas
Cascos de baterías alcalinas
Celdas de baterías
Termostatos

Interruptor de lámparas

Tubos aislantes (conduits)

Electrónico: Conectores

Instrumentos de control

Tubos de lámparas

Cajas de circuitos

Aparatos electrodomésticos:

Partes de hornos de microondas

Partes de cafeteras eléctricas

Secadores de pelo

Partes de rizadores de pelo

Para uso y procesado de alimentos:

Platos y utensilios de cocina

Contenedores de bebidas

Refractarios contenedores de diversos
alimentos

Elementos de maquinaria en el procesado
de leche

Equipos de filtrado

Usos automotivos:

Tapas de motor
"Quema cocos"
Biseles de lámparas
Caretas de cascos de pilotos
Tapas de batería
Fusibles
Componentes de aisladores
Componentes del encendido electrónico
Manijas
Cárter

Medicina:

Herramientas de cirugía
Partes de válvulas de corazón
Equipo de laboratorio
Controladores de flujo
Cajas de instrumentos
Recipientes de líquidos
Componentes de aparatos de respiración
Elementos de diálisis

Otros:

Tubería de proceso y sanitaria
Componentes de plomería
Membranas de filtración
Impulsores de bombas
Platos de torres de destilación

Como elemento de colectores solares

Válvulas

Tubos en calentadores

Mediadores de flujo

Equipo de proceso químico resistente a la corrosión.

5.2 Evolución de Usos

Para explicar en forma más detallada sobre los distintos usos, el avance que han tenido los estudios en cada una de las aplicaciones y cuáles son los nuevos mercados a los que -- puede entrar, se realizó una investigación del número de publicaciones por cada año y cada segmento.

Al graficar estos resultados, fué necesario agrupar las publicaciones por períodos de tres años (tal como se muestra en la tabla 5.1), y tener así una visión amplia y poder de terminar el grado de avance de cada segmento.

De esta manera se graficó el período contra el número de publicaciones, y conocer que segmentos se han incrementado, cuáles se mantuvieron constantes y que segmentos disminuyeron sus publicaciones de estudios.

TABLA 5.1 SEGMENTOS DE APLICACION POR PERIODOS
NUMERO DE PUBLICACIONES

SEGMENTO (1)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
PERIODO												
67 - 69	13	3	6	1	2	2	2	1	1	2	0	0
70 - 72	18	9	35	13	26	3	0	6	0	2	5	15
73 - 75	23	7	32	15	19	11	2	6	3	1	2	15
76 - 78	45	13	19	17	3	17	3	6	4	4	10	10
79 - 81	58	59	13	28	11	8	4	6	3	3	9	7
82 - 84	58	108	37	34	18	6	10	6	13	2	7	2

112

NOTA (1): La numeración de los segmentos, corresponde con la numeración de las gráficas.

TABLA 5.1 SEGMENTOS DE APLICACION POR PERIODOS
 NUMERO DE PUBLICACIONES

(Continuación)

SEGMENTO (1)	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
PERIODO											
67 - 69	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
70 - 72	1	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0
73 - 75	6	15	8	7	1	2	1	0	0	0	0
76 - 78	20	18	12	12	4	10	10	3	3	3	13
79 - 81	6	12	2	5	3	4	9	2	4	5	2
82 - 84	3	5	1	2	3	5	8	3	10	13	3

NOTA (1): La numeración de los segmentos, corresponde con la numeración de las gráficas.

Analizando los sectores de aplicación, se puede deducir que los segmentos con mayor incremento de publicaciones -- son:

Membranas

Procesos de fabricación

Mejoramiento de propiedades

Mezclas para mayor resistencia

Métodos de preparación

Moldeo

Usos electrónicos

Electrofotografía y platinado

Instrumental médico

Un sector mantuvo constantes sus publicaciones, que fué el de adhesivos. Los sectores que han tenido una disminución, pero que tienen un repunte en los últimos tres años son:

Fotorresinas

Farmacias

Aditivos

Lubricantes

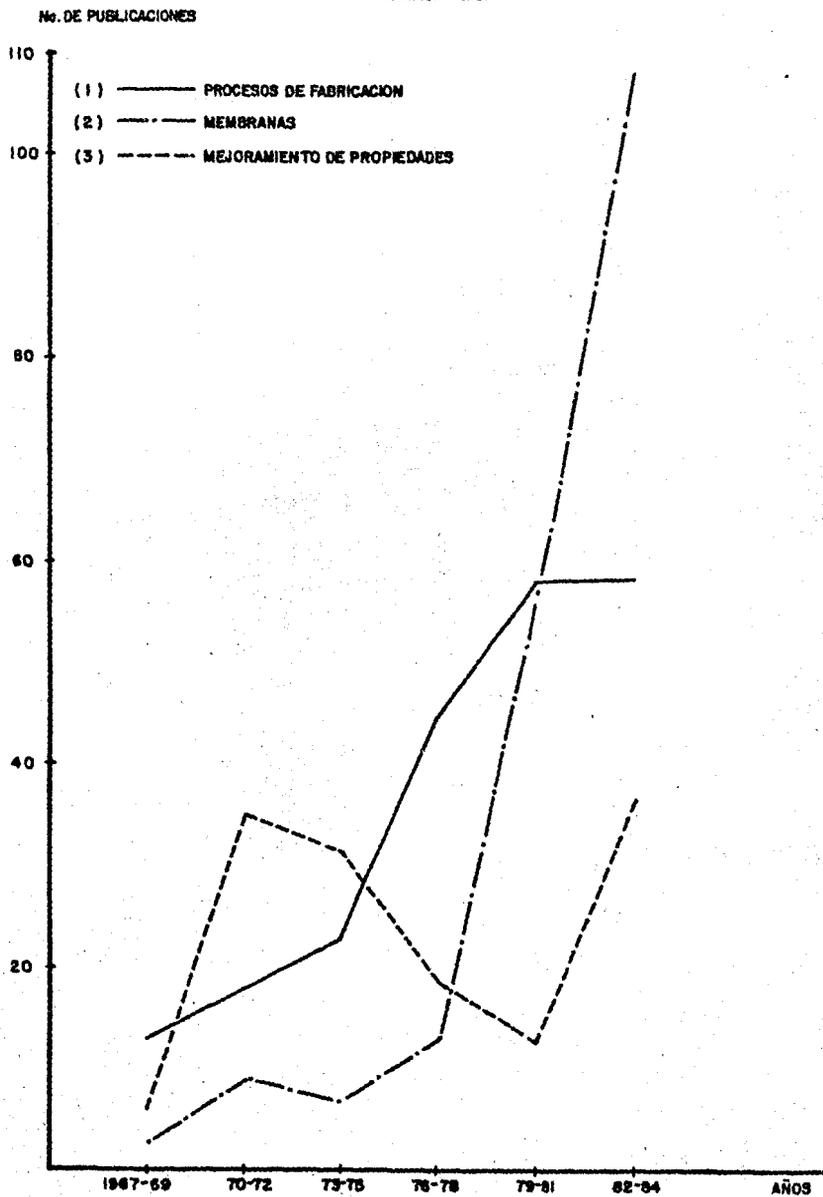
Por último, los sectores que han disminuido sus publicaciones son:

Recubrimiento en circuitos impresos
E integrados
Películas
Tintes y pigmentos
Agentes explosivos y partículas expandibles
Agentes refractarios
Aislantes eléctricos
Resistencia a esfuerzo y calor
Recubrimiento de componentes electrónicos
Resistencia a fuego

Se observa que los sectores de mayor incremento de publicaciones como son: procesos de fabricación, mejoramiento de propiedades, mezclas para mayor resistencia y métodos de preparación, nos dan un indicio de que se están buscando mejorar sus propiedades, obtener nuevos productos con mejores características y con ésto, tal vez sustituir o competir con otros polímeros o materiales. Mientras que otros sectores como el de membranas (el cual incluye membranas permeables, semi permeables y ultrafiltros), su incremento es debido a que se usa en la industria farmacéutica y sobre todo en la industria petrolera, para separación de gases y líquidos.

En lo referente al sector moldeo, industria electrónica y el de instrumental médico, su incremento se debe a que compete con otros polímeros, por tener mejores características que los usados con anterioridad.

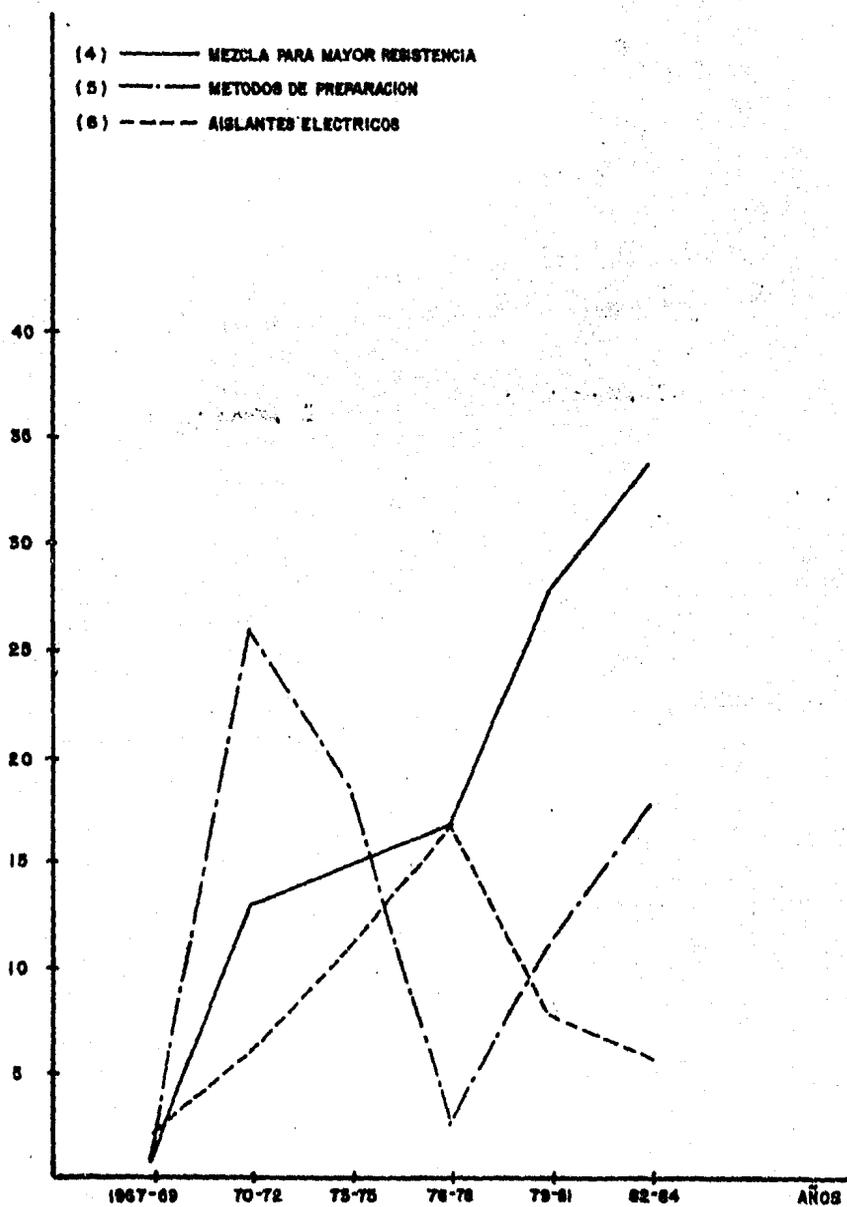
GRAFICA No. 5.1



FUENTE: ELABORACION PROPIA

GRAFICA No. 5.2

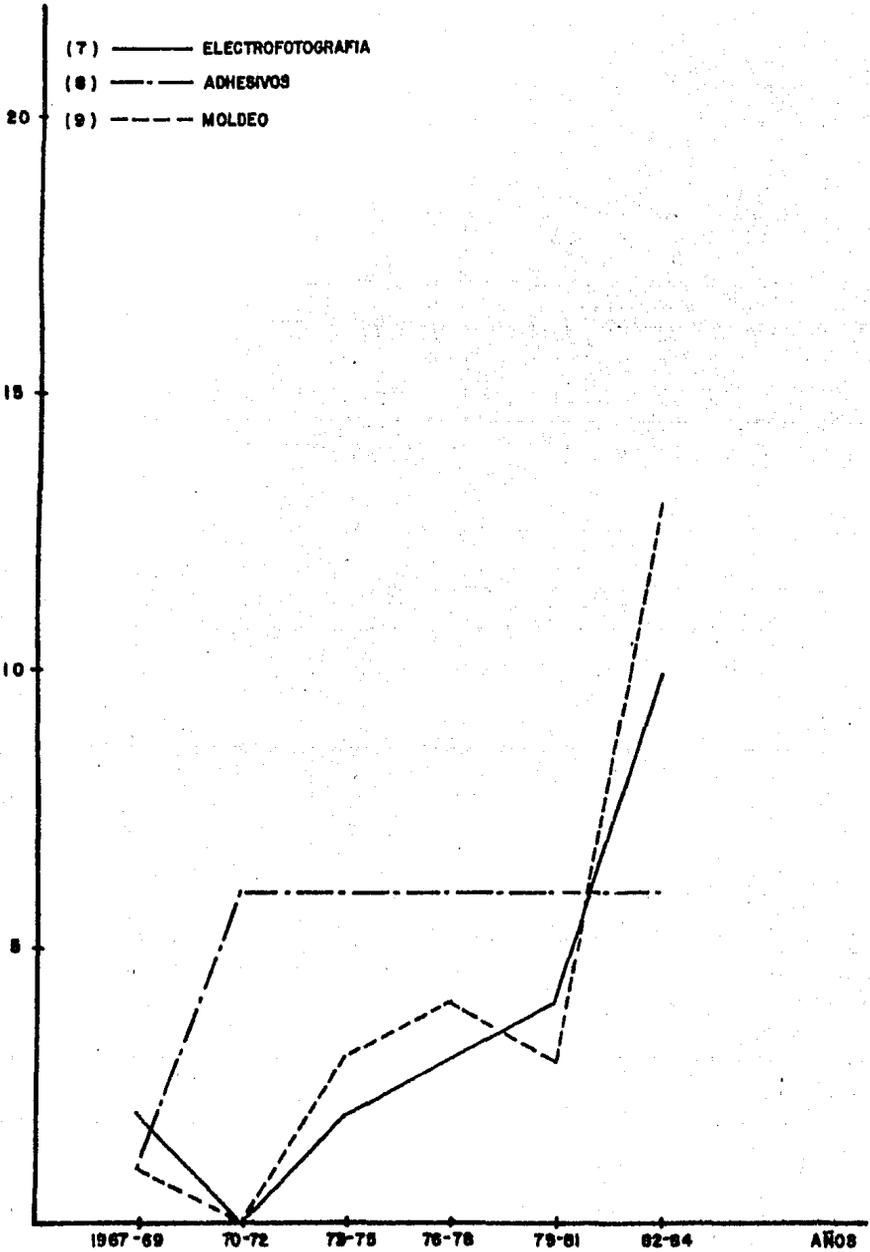
No. DE PUBLICACIONES



FUENTE:
ELABORACION PROPIA

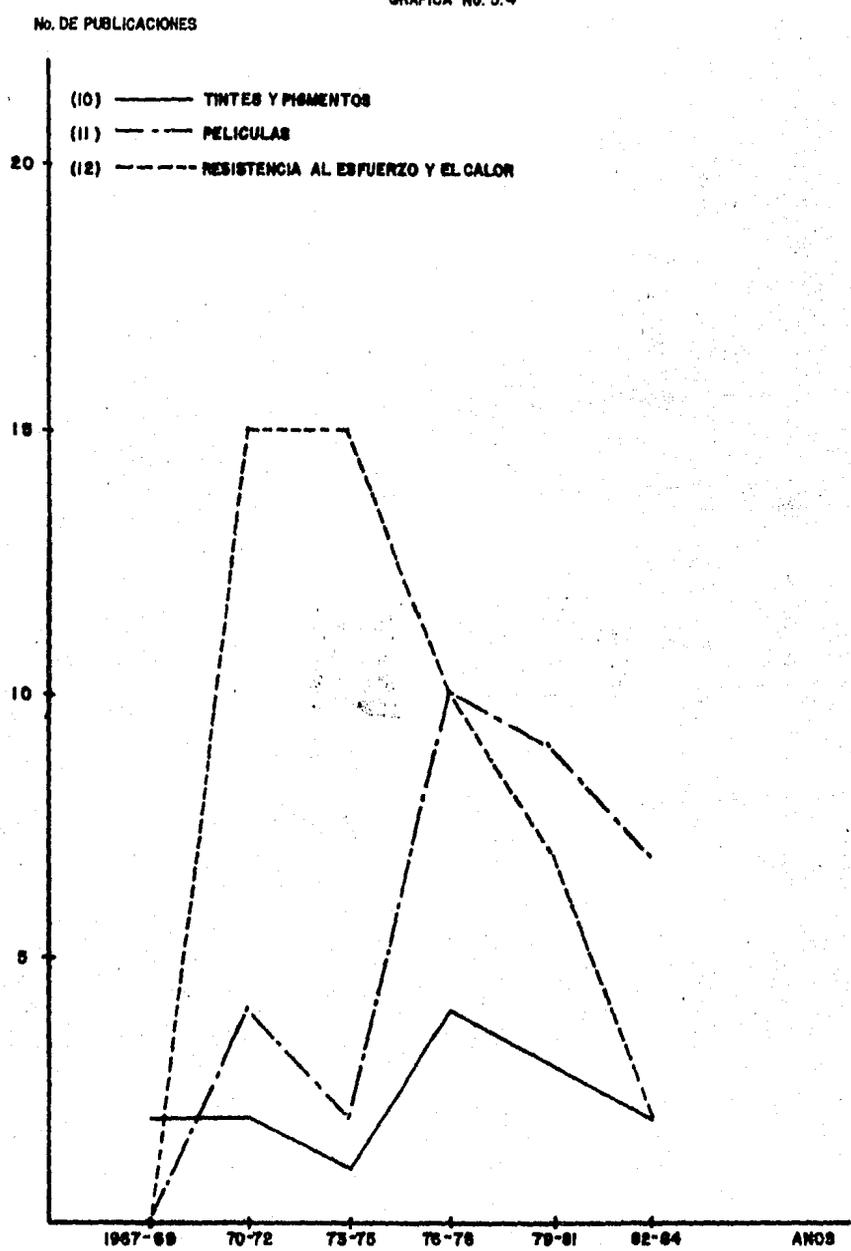
GRAFICA No. 5.3

No. DE PUBLICACIONES



FUENTE:
ELABORACION PROPIA

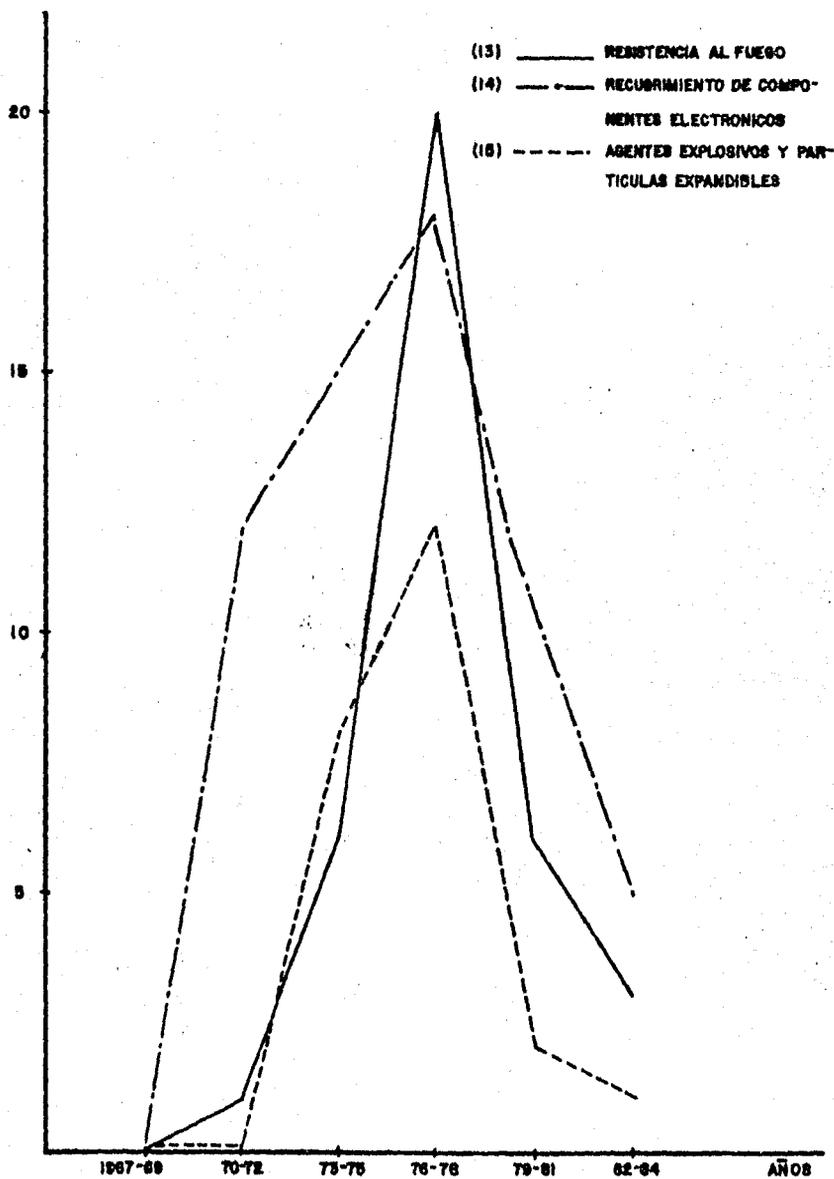
GRAFICA No. 5.4



FUENTE: ()
ELABORACION PROPIA

GRAFICA No. 5.5

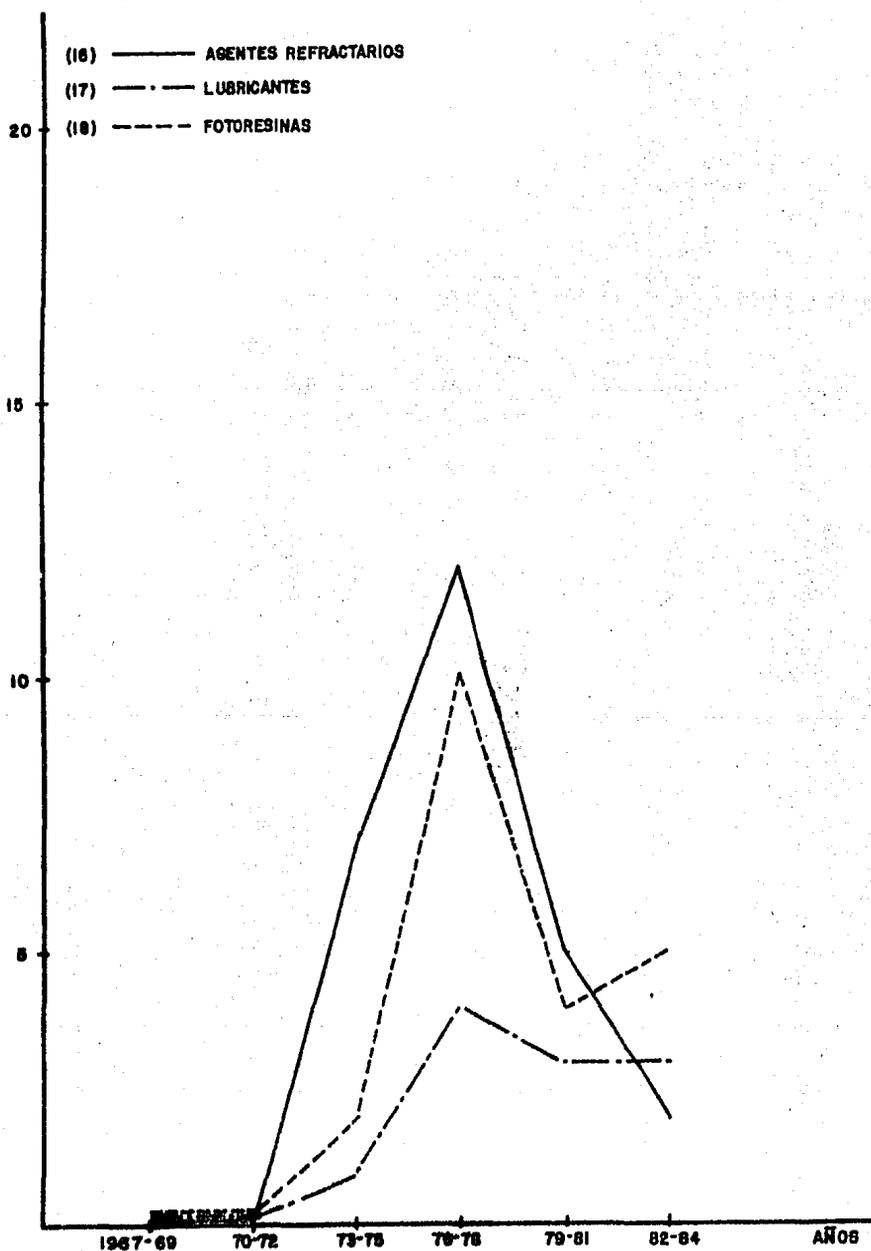
No. DE PUBLICACIONES



FUENTE:
ELABORACION PROPIA

GRAFICA No. 5.6

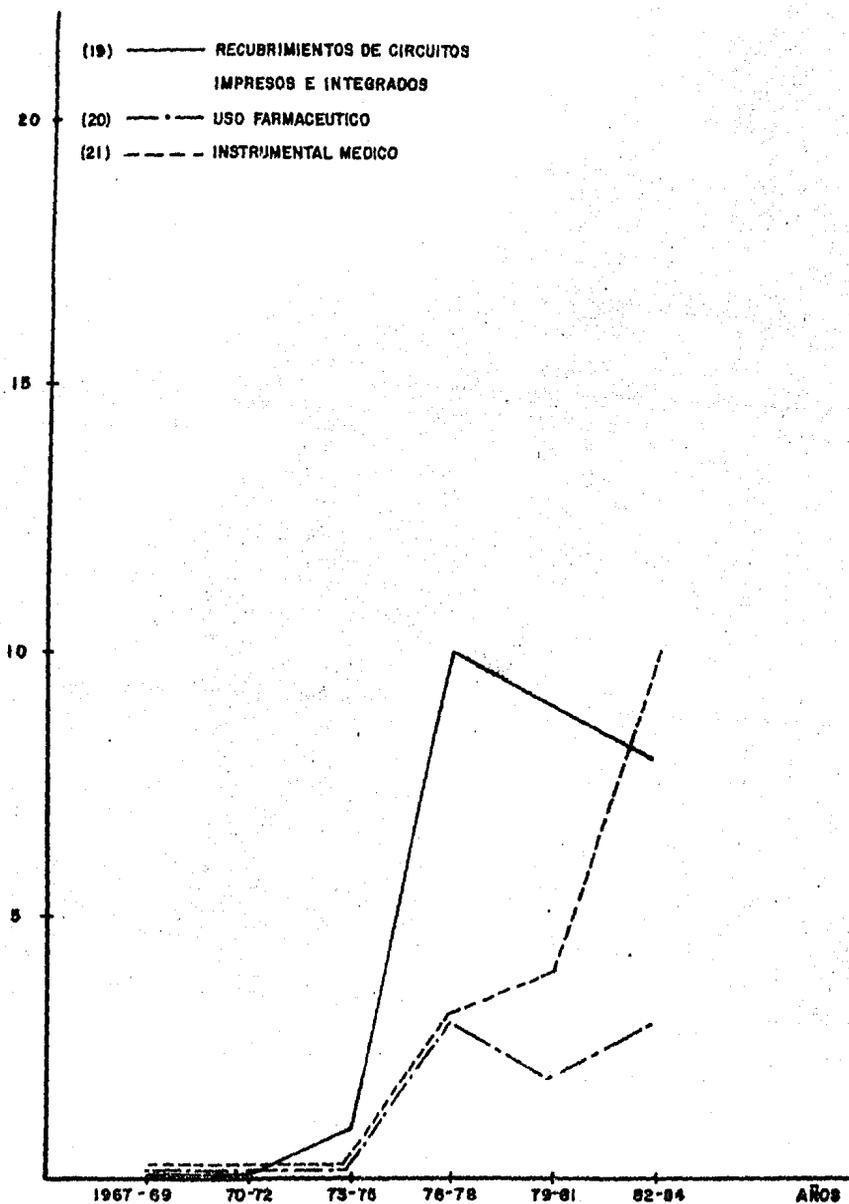
No. DE PUBLICACIONES



FUENTE:
ELABORACION PROPIA

GRAFICA No. 5.7

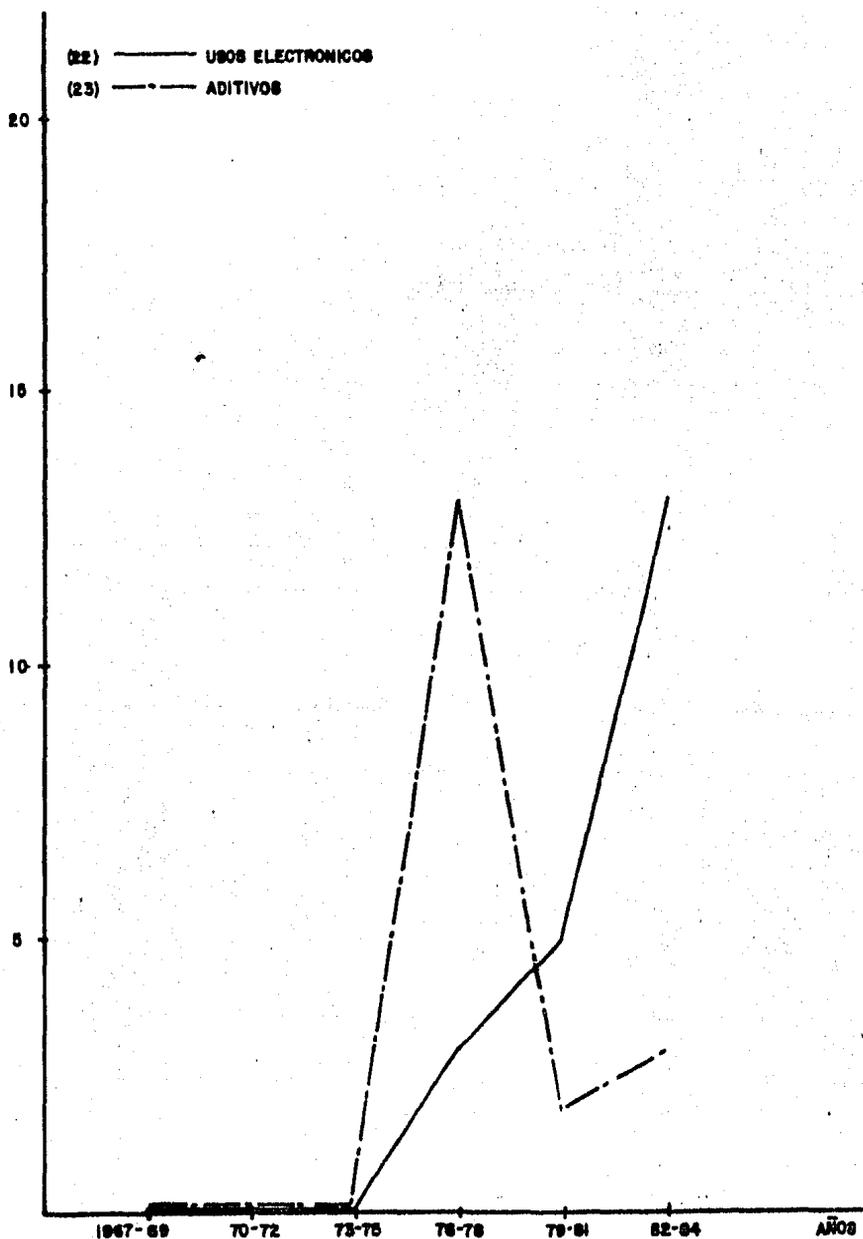
No. DE PUBLICACIONES



FUENTE:
ELABORACION PROPIA

GRAFICA No. 5.8

No. DE PUBLICACIONES



FUENTE:
ELABORACION PROPIA

Los sectores que han disminuido sus publicaciones, a excepción del de adhesivos que las mantuvo constantes, es debido tal vez, a que se tienen las mejores características para un uso determinado, o que otros polímeros tienen mejores características, y por lo tanto están desplazando a las polisulfonas.

Para observar como participa cada segmento, en la figura 5.1 se da la participación global de cada uno de ellos.

5.2.1 Países y compañías dominantes en el estudio y desarrollo de las polisulfonas.

Para considerar, en determinado momento a quien se puede solicitar un asesoramiento tecnológico, y los problemas con los que nos encontraríamos para poder desarrollarla, es necesario conocer a los países que poseen la tecnología y sobre todo las compañías que la están desarrollando o han publicado patentes en cada campo de aplicación de las polisulfonas.

Para esto, en las tablas 5.2 y 5.3, se mencionan a los países y compañías que dominan cada campo de aplicación, y en la figura 5.2 se muestra la participación sobre el estudio y desarrollo de las polisulfonas por cada país.

PARTICIPACION
o/o

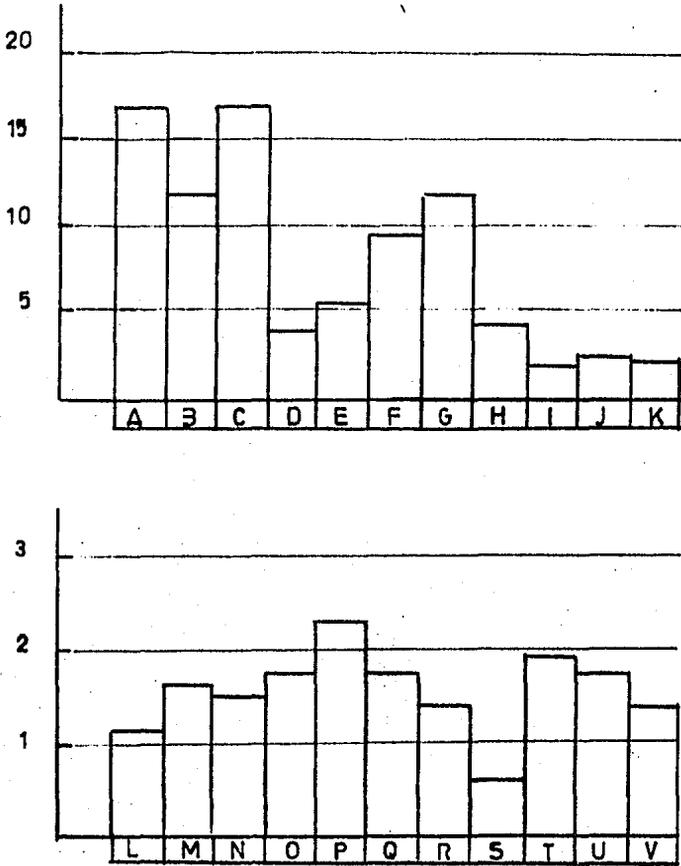


FIGURA 5.1

PARTICIPACION DE SEGMENTOS DE
MAYOR DESARROLLO
(DIVERSIDAD DE USOS)

SEGMENTO	‡ PARTICIPACION
A	MEMBRANAS 17.18
B	MEJORAMIENTO DE PROPIEDADES 11.84
C	PROCESOS DE FABRICACION 17.26
D	RESISTENCIA A ESFUERZOS Y AL CALOR 4.17
E	RECUBRIMIENTO ELECTRONICO 5.25
F	MEZCLAS DE PLASTICOS 9.0
G	METODOS DE OBTENCION 6.58
H	AISLANTES ELECTRICOS 3.91
I	REFRACTARIOS 2.16
J	PELICULAS 2.66
K	ADHESIVOS 2.58
L	TINTES Y PIGMENTOS 1.16
M	ELEMENTOS MOLDEABLES 1.66
N	ADITIVOS 1.5
O	PARTES ELECTRICAS 1.75
P	CIRCUITOS IMPRESOS 2.33
Q	FOTORESINAS 1.75
R	INSTRUMENTAL MEDICO 1.41
S	INSTRUMENTAL DE LABORATORIO 0.66
T	PARTICULAS ESPUMANTES 1.91
U	ELECTRO-FOTOGRAFIA 1.75
V	LUBRICANTES Y PARTES RESISTENTES 1.41
	AL FUEGO

TABLA 5.2 PAISES DOMINANTES EN CADA CAMPO DE APLICACION

No. (1)	CAMPO DE APLICACION	PAIS QUE LO DESARROLLA
1	Procesos de fabricación	Inglaterra, Japón, U.S.A.
2	Membranas	Japón
3	Mejoramiento de propiedades	Japón, U.S.A., U.R.S.S., Polonia
4	Mezclas para mayor resistencia.	U.S.A., Japón, U.R.S.S.
5	Métodos de preparación	U.S.A., Inglaterra, Japón, Polonia
6	Aislantes eléctricos	U.S.A., Japón
7	Electrofotografía	Japón, U.S.A.
8	Adhesivos	Inglaterra, Japón
9	Moldeo	U.S.A., Alemania
10	Tintes y Pigmentos	Japón, U.S.A.
11	Películas	Japón, U.S.A.
12	Resistencia a esfuerzo y calor	Inglaterra, U.S.A. Japón
13	Resistencia a fuego	U.S.A., Japón
14	Recubrimientos de componentes electrónicos	U.S.A., Japón
15	Agentes explosivos y partículas expandibles	U.S.A., Alemania
16	Agentes refractarios	Inglaterra, Japón, U.S.A.
17	Lubricantes	Inglaterra, Japón, U.S.A.
18	Fotorresinas	Japón, U.S.A.
19	Recubrimiento de circuitos impresos e integrados	Japón, U.S.A.
20	Uso Farmacéutico	U.S.A., Japón.
21	Instrumental médico	U.S.A.
22	Usos electrónicos	Japón, U.S.A., Inglaterra
23	Aditivos	Inglaterra, Japón, U.S.A.

NOTA (1): Este numero tiene correspondencia con las gráficas 5.1 a 5.8.

TABLA 5.3 INDUSTRIAS PARTICIPANTES EN LOS DIFERENTES
CAMPOS DE APLICACION DE LAS POLISULFONAS

Nitto Electric Ind. Co. Ltd.	(1), (2), (6), (10)
Mitsubishi Rayon Co. Ltd.	(2), (5), (12)
Teijin Ltd.	(2), (3), (13)
Kanegatuchi Chemical Ind. Co. Ltd	(2), (7)
General Electric Co.	(6), (9), (13), (14), (15), (18), (19), (22)
RCA Co.	(3), (11)
Matsushita Electric Works Ltd.	(3), (4), (6), (14), (22)
Asahi Chemical Ind. Co. Ltd	(3), (4)
Hitachi Ltd.	(4), (11), (14)
Hughes Air Craft Co.	(11)
Bayer A.G.	(11)
Imperial Chemical Industries, Ltd	(1), (5), (9), (12), (8), (14), (20), (23)
Unión Carbide Co.	(7), (8), (9), (4), (6), (11), (12), (14), (18), (20)
Ciba Geigy Co.	(4), (6), (12)
Siemens	(7), (15)
Sharp Co.	(16)
Japan Metal Finishing Co.	(12)
U.O.P.	(8), (13)
BASF Co.	(5), (7), (12)

NOTA: El número entre paréntesis, indica el número del campo de aplicación, de acuerdo con las gráficas 5.1 a 5.8 y la tabla 5.2.

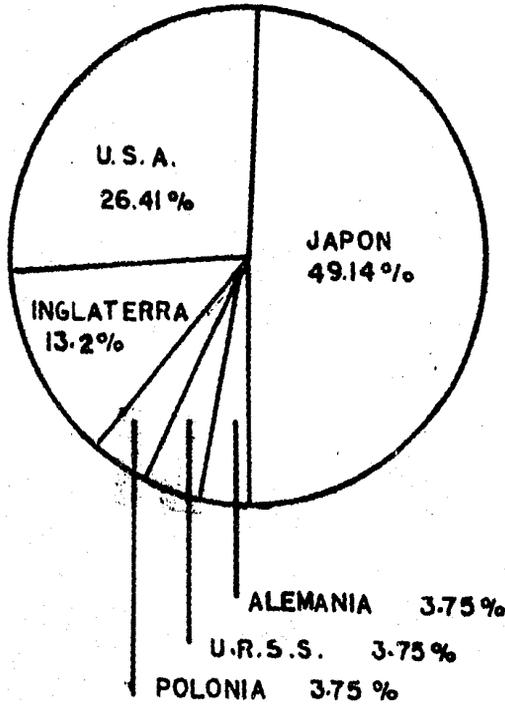


FIGURA 5.2 PAISES DOMINANTES EN EL ESTUDIO Y DESARROLLO DE LA POLISULFONA

FUENTE: ELABORACION PROPIA

5.3 Usos Potenciales

Actualmente los plásticos tienden a ser usados en condiciones de funcionamiento sofisticado, además son ampliamente requeridos para sustituir a los metales y con ello minimizar - los gastos de energía que producen éstos.

Como consecuencia, se hace necesario una tecnología - de diseño y selección de materiales plásticos, la cual ha sido desarrollada; recomendando en una de sus partes un procedimiento sistemático para su selección. Tal procedimiento establece:

1) Concepción del elemento, parte o necesidad requerida; por ejemplo: la forma de la parte y de sus componentes funcionales, acompañado por la selección del proceso de fabricación básico.

2) Selección de los materiales plásticos candidatos; - sobre la base de su procesabilidad para obtener la parte de -- sus propiedades físicas y químicas, que le permitan funcionar - adecuadamente bajo los efectos de los diversos esfuerzos a los cuales estará sujeta.

3) Diseño analítico preliminar; por ejemplo: cálculo del espesor de la pared y otras dimensiones de la parte, usan-

do propiedades de diseño, donde sea posible y la experiencia - no lo permita.

4) Construcción de un prototipo de la parte o elemento, y la prueba del mismo, bajo las condiciones de uso.

5) Rediseño y ensayo de la parte o elemento.

6) Finalización de la selección del material y el diseño de la parte, sobre la base de los resultados de la prueba del prototipo, así como del costo de la parte fabricada.

7) Especificación del material seleccionado.

Dos desarrollos recientes ilustran la amplitud de este campo. Las poliamidas están siendo usadas para reemplazar uniones metálicas en la manufactura de zapatos y un nuevo polimero con formaldehído ha sido usado para reemplazar una arte--ria humana.

La metodología antes mencionada puede ser aplicada a las polisulfonas, con el fin de encontrarle nuevas aplicacio--nes y satisfacer necesidades concretas en diversos mercados.

A partir de la investigación hecha en torno a los seg--mentos de usos de las polisulfonas, presentada en la sección -

5.3, se deduce que aquellas áreas de aplicación de desarrollo reciente se constituyen como usos potenciales. Siendo éstos:

- a) Fotorresinas
- b) Recubrimiento de circuitos impresos e integrados.
- c) Uso farmacéutico
- d) Forceps quirúrgicos
- e) Placas dentales
- f) Capacitores electrolíticos
- g) Cintas magnéticas

(Los incisos-d y e-se incluyen en el segmento de instrumental médico; mientras que los últimos dos, en el segmento de usos electrónicos.)

CAPITULO 6

ALTERNATIVAS TECNOLOGICAS.

La planta industrial nacional, es el sector económico donde se aprecia notablemente la tendencia hacia la introducción de cambios tecnológicos en la producción. Tales cambios se refieren a los medios mecánicos, a los procesos de producción, al uso de insumos, a la calidad y tipo de los productos.

El mejoramiento de los medios mecánicos, casi siempre deriva en un mayor automatismo y por lo tanto, no sólo en mayor productividad por trabajador, sino en una mayor capacidad de las unidades de producción.

Los procesos productivos también tienden a cambiar, - introduciendo mejoras ó sustituciones en el uso de los insumos y en el tipo de éstos. En este último caso, puede encontrarse una gran cantidad de ejemplos, como el de la industria textil con la introducción de las fibras artificiales; la del caucho con la introducción del sintético; la de sustituciones de partes metálicas por plásticos y muchos otros.

Se buscan también, mejores calidades y nuevos productos, tanto para satisfacer las nuevas formas de producción como para satisfacer las necesidades del consumo de las personas.

Todas esas innovaciones ó cambios, implican una participación creciente de la ingeniería ó el talento científico-técnico en la producción. La incorporación del progreso técnico - viene a ser otro de los atributos importantes de la industrialización.

La industrialización es uno de los rasgos más destacados, al mismo tiempo que una exigencia ineludible del desarrollo económico de cada país.

Debido a la demanda en el mercado internacional y nacional de las polisulfonas, se plantea la posibilidad de satisfacer las necesidades del consumo de estos productos.

Para llevar a cabo este objetivo, es necesario tener - como una de las fases de desarrollo, el estudio de los procesos empleados hasta el momento por los diferentes países ó compañías productoras de las polisulfonas.

La importancia de obtener un producto con características definidas ó específicas, es el de poder contar con una tec-

nología apropiada, seleccionada a partir de un conjunto de alternativas tecnológicas existentes y/6 disponibles.

A continuación se describen cuatro procesos para la producción de polisulfonas, siendo los dos primeros propios de las polisulfonas alifáticas, que no son relevantes desde el punto de vista comercial y que por lo mismo no serán motivo de análisis en éste capítulo. En tanto que los dos últimos procesos presentados corresponden a las polisulfonas aromáticas, cuya importancia comercial las hace merecedoras a una comparación y análisis en secciones posteriores.

6.1 Descripción de procesos

6.1.1 Proceso "Celanese" (Celanese Corporation of America)

Consiste de una ruta catalítica para la producción de polisulfonas de alta pureza, a partir de dióxido de azufre y un compuesto furánico monoetilénico insaturado, tal como el oxaciclo pentano-3, por medio de una polimerización en suspensión.

Las proporciones que guardan el dióxido de azufre y el compuesto furánico pueden variar de acuerdo con los reacti

vos y las condiciones de reacción. Preferentemente se desea que las cantidades molares presentes en el producto, tanto -- del compuesto furánico como del dióxido de azufre sean iguales.

Generalmente en este tipo de proceso, la relación -- que existe es de 1.0 a 20.0 moles de dióxido de azufre por cada mol del compuesto furánico alimentado.

Cualquier sustitución sobre el anillo del compuesto furánico, no debe presentar reacciones secundarias, bajo las condiciones en que se realiza la polimerización.

Los compuestos que tienen anillos furánicos monoetilénicos insaturados se describen comúnmente como oxolenos, -- oxaciclopentanos ó dihidrofuranos en dónde uno ó más de sus átomos de hidrógeno son sustituidos por otros elementos.

Los elementos sustituidos comprenden a: los halógenos, grupos alquílicos (que contengan de 1 a 10 átomos de carbono), grupos arilo, grupos oxihidrilo, grupos carboxílicos, grupos cetonicos u otros compuestos orgánicos de fórmula general $-COR$ ó $-OR$, donde R representa un grupo de 1 a 10 átomos de carbono.

También el dióxido de azufre líquido, puede utilizar

se como un solvente para la reacción, ó alimentarse en forma gaseosa, pero en ambos casos la proporción que debe guardar respecto a los demás reactivos debe ser en exceso.

Esta técnica emplea el sistema de polimerización en suspensión es decir, el dióxido de azufre se encuentra bajo presión, donde la carga de éste reactivo debe ser ilimitada en un principio

El catalizador puede ser: un catalizador de radicales libres, como un peróxido orgánico, (por ejemplo peróxido de benzoilo, peróxido de urea, peróxido de lauroilo, peróxido de acetyl-benzoilo, peróxido de α -de cumilo), como un hidroperóxido orgánico, (por ejemplo hidro-peróxido de cumeno, hidroperóxido de t- butilo e hidro-peróxido de α - α dimetil--benzoilo), como compuesto azo (por ejemplo, dimetil α - α azo-di-isobutirato, α - α -azo di-isobutironitrilo), y como agentes inorgánicos oxidantes (por ejemplo peróxido de hidrógeno, persulfatos de metales alcalinos, percarbonatos, nitratos y cloratos especialmente de sodio, litio y potasio).

El catalizador puede suministrarse a cualquier concentración, dentro de un rango que va desde 0.01 hasta 5.0% en peso, basado en el peso total de compuesto furánico y el dióxido de azufre.

La reacción de polimerización presenta la ventaja -- que, puede llevarse a cabo satisfactoriamente en un solvente-inerte, por ejemplo: agua; una mezcla de alcohol-agua; ciclohexacetona ó cualquier otro solvente que no tome parte en la reacción de polimerización ó reacciones paralelas con el catalizador ó reactivo utilizado.

Cuando se utilice agua como medio de reacción, es necesario utilizar un agente emulsificante, por ejemplo: sales de metales alcalinos de ciertos ácidos alquílicos sulfatados.

Las condiciones de reacción dependen principalmente de la naturaleza del compuesto furánico empleado y del estado físico del dióxido de azufre, al igual que de la efectividad del catalizador.

Es deseable alimentar al reactor (ver diagrama de -- flujo de proceso adjunto), el dióxido de azufre como un líquido en temperaturas del orden de -10°C a presión atmosférica.

Se mantiene la temperatura en el reactor en el rango de -5° a 20°C . El tiempo de reacción se encuentra entre 5 a 14 horas. El polímero generado se encuentra en solución y -- puede recuperarse por cualquier método de separación común, - por ejemplo: la precipitación por acción del metanol ó cloruro de sodio, para después efectuar una filtración. Si se de

sea obtener un sólido posterior a la filtración se realiza un lavado con una mezcla de agua-metanol.

Así, el polímero húmedo recuperado se transporta a un secador, que se encuentra a una temperatura aproximada de 50°C y a una presión de vacío. La polisulfona es generalmente un producto amorfo y soluble en solventes como dimetilformamida, dimetilsulfóxido; y algunas de sus soluciones pueden ser utilizadas en el proceso de hilado para obtener fibras ó fundirse para producir películas. El producto es un termoplástico y puede moldearse por inyección y compresión.

Aplicación.- Es una ruta catalítica para la producción de polisulfona de alta pureza, a partir de dióxido de azufre y un compuesto furánico monoetilénico insaturado, vía una polimerización en suspensión.

Materia Prima.- La producción de polisulfona requiere de dióxido de azufre y un compuesto furánico monoetilénico insaturado. El compuesto furánico puede referirse como un derivado furánico y se propone sea el dehidrofurano-2, 5, conocido como un oxaciclo pentano-3.

Productos.- El producto se recupera a partir de una solución, generalmente es un sólido amorfo y soluble en solventes como dimetil formamida, dimetil sulfóxido; y algu-

nas de sus soluciones se utilizan en el proceso de hilados, para obtener películas.

Catalizador.- Este proceso tiene la ventaja de utilizar diversos tipos de catalizador, seleccionando alguno de ellos, de acuerdo a la disponibilidad y su costo. Se tienen a los peróxidos orgánicos, a los compuestos azo y compuestos-inorgánicos oxidantes.

Condiciones de Operación.- Temperaturas de reacción de -5° a 20°C .

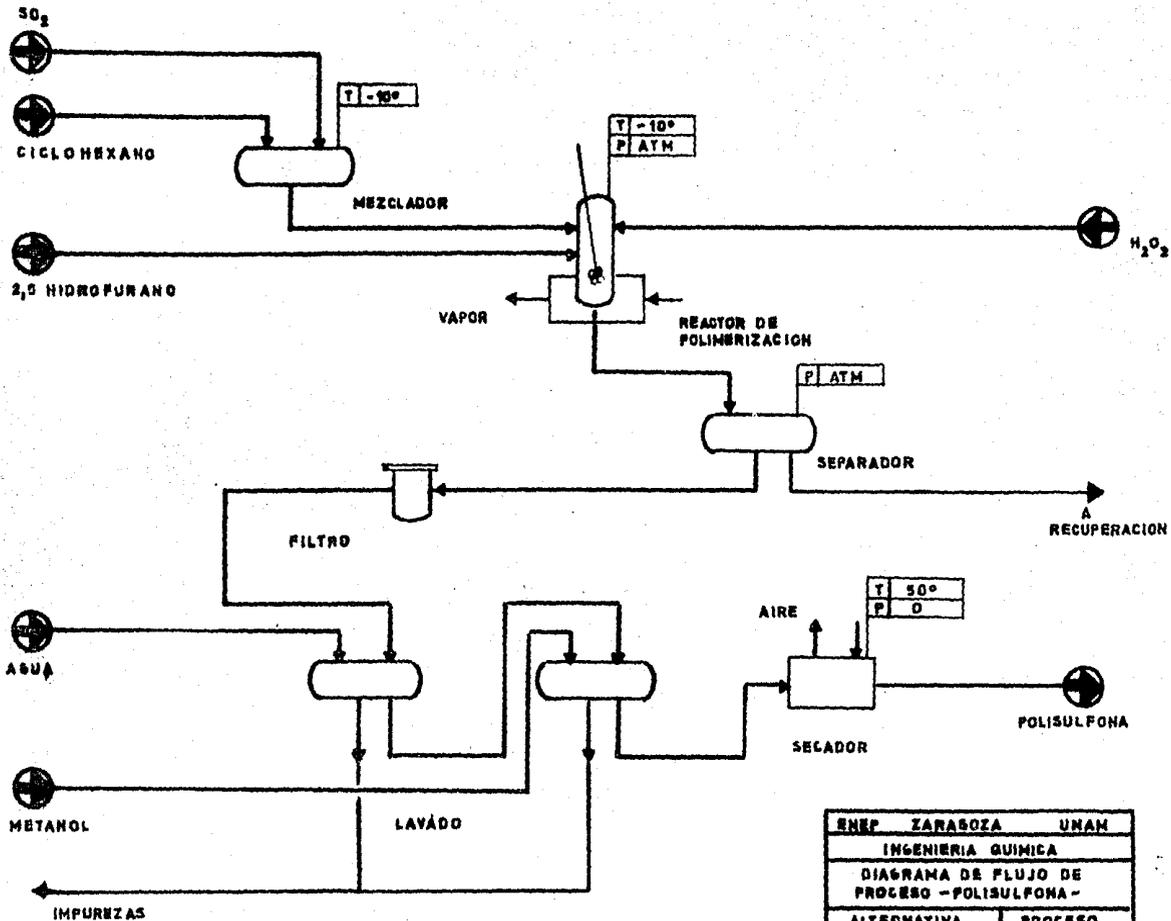
Presión de operación: atmosférica

Tiempo de reacción: de 5 a 14 horas.

Rendimiento.- Se tiene un valor de conversión de los reactivos del orden del 80 al 85 por ciento en mol.

Licencia tecnológica.- El proceso se desarrolla por la división especialista de polímeros de Celanese Co.; bajo la patente de los Estados Unidos de Norteamérica. -3287 329.

Instalaciones comerciales.- Su unidad de producción se encuentra activa desde el año de 1966 en los Estados Unidos de Norteamérica.



ENEP ZARAGOZA UNAM	
INGENIERIA QUIMICA	
DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO -POLISULFONA-	
ALTERNATIVA 6.1.1	PROCESO CELANEC

6.1.1.1 Descripción del flujo

Este proceso contempla la producción de una resina alifática.

Presenta la flexibilidad de utilizar dióxido de azufre en forma gaseosa ó líquida.

El dióxido de azufre se une a una corriente de ciclohexano, en un tanque de mezclado.

La mezcla así obtenida es enviada hacia el reactor de polimerización; a este equipo se alimenta en forma independiente otro de los reactivos, el 2,5 hidrofurano.

Las condiciones de operación del reactor se mantienen a presión atmosférica y a temperatura de -10°C aproximadamente.

El polímero generado se encuentra en solución y puede recuperarse por cualquier método de separación conocido.

El objetivo de la separación es lograr recuperar el producto de aquellos compuestos químicos sin reaccionar y evitar tener métodos de recuperación más complicados en etapas posteriores.

Del tanque de separación la corriente que contiene al polímero, se pasa a través de un filtro, donde se retienen las impurezas sólidas presentes.

La solución filtrada es enviada a un sistema de lavado, contra soluciones de agua-metanol.

El propósito de estas operaciones, es el de lograr obtener un producto sólido.

El polímero húmedo recuperado, se transporta a un secador, que opera a una temperatura de 50°C y a presión de vacío.

La operación de secado se logra por medio de aire caliente, obteniéndose finalmente el polímero.

6.1.2 Proceso "ICI" (Imperial Chemical Industries, Ltd.)-A

Es un proceso catalítico que se realiza en base a una operación de copolimerización. La copolimerización del dióxido de azufre con el norbornadieno (biciclo-(2,2,1)-2,5-heptadieno), es iniciada por adición de calor; con una rela-

ción de reactivos de 1.5:1.0 mol, respectivamente.

La copolimerización del dióxido de azufre y el norbornadieno puede realizarse por contacto directo, es decir, al burbujear el dióxido de azufre gaseoso a través del dieno líquido.

Para tener un fácil manejo, es preferible mezclar el dieno con una cantidad de un líquido orgánico como hexano, diéxano ó dimetilsulfolano, que actúa como el medio en el cual se efectúa la reacción.

Además el reactor debe mantenerse a presión (2 a 5 atmósferas) por medio de un gas inerte, por ejemplo nitrógeno. La reacción es acelerada por la presencia del peróxido de hidrógeno, a una concentración del 30 al 90% en solución ácida (se refiere en este proceso como solución con ácido fórmico). Es deseable mantener el reactor de polimerización a una temperatura de 4°C.

El polímero formado es filtrado y posteriormente lavado con agua, para remover sólidos solubles en este medio.

El secado del polímero se realiza a condiciones de 100°C y vacío. El producto obtenido es un sólido blanco, que al secarse adopta una forma de polvo.

Las variaciones en el tiempo de reacción, temperatura solvente y relación de carga de los monómeros, hace posible obtener un producto con características definidas.

Para obtener un producto que presenta alta resistencia alcalina, es deseable elevar la temperatura en el inicio de la polimerización hasta 150°C y tener dióxido de azufre en exceso.

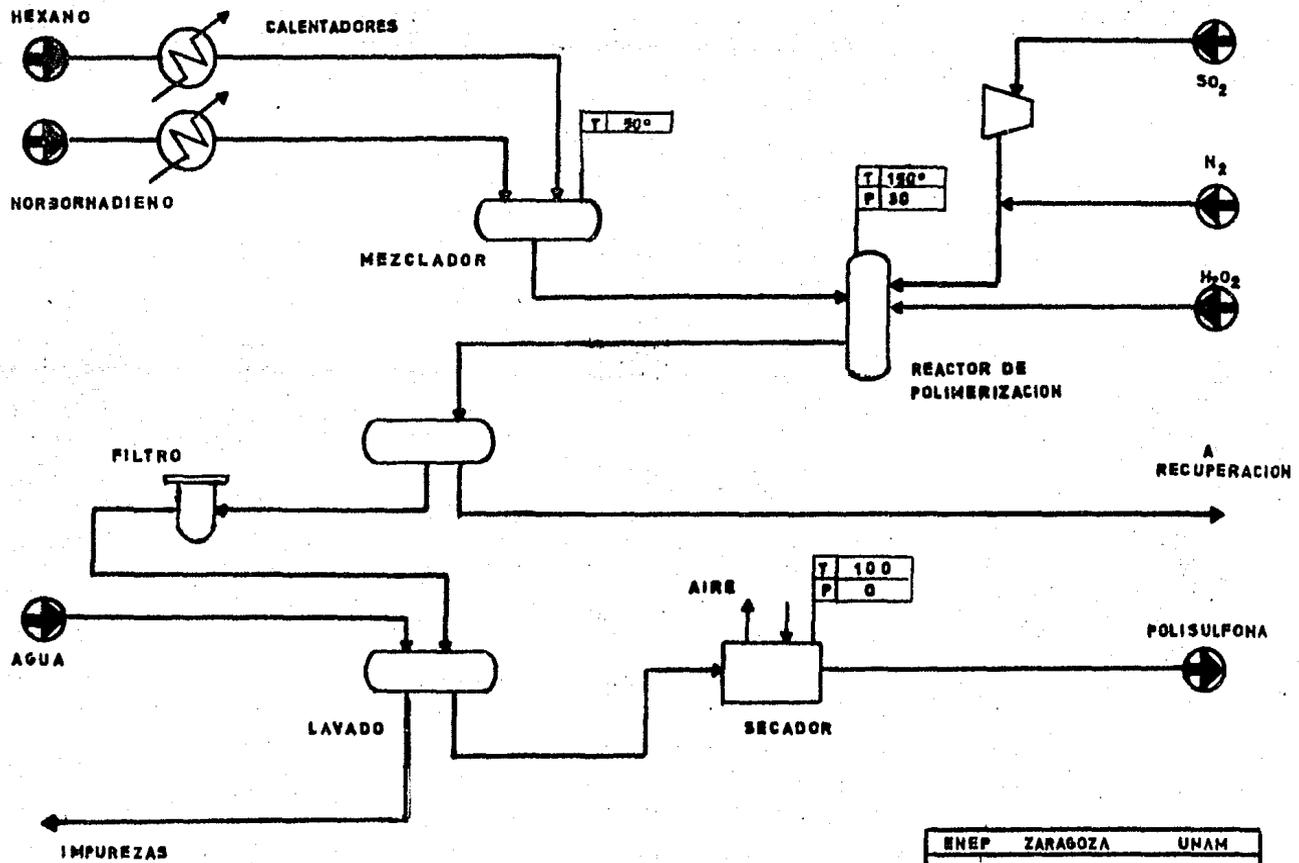
El tiempo de reacción necesario se situa en el rango de 3 a 15 horas.

Aplicación.- Se emplea para la producción de la resina polisulfona, por un proceso catalítico.

Materia prima.- Este proceso emplea para su operación, biciclo $-(2, 2, 1)$ - 2,5 heptadieno y dióxido de azufre.

Producto.- La polisulfona es un producto obtenido por la copolimerización del dióxido de azufre con olefinas.

Este producto presenta una buena estabilidad térmica, propiedad que le permite formar fibras y ser insensible a sustancias alcalinas.



ENEP ZARAGOZA UNAM	
INGENIERIA QUIMICA	
DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO - POLISULFONA -	
ALTERNATIVA 6.1.2	PROCESO I.C.I.-A

Catalizador.- Hace referencia al peróxido de hidrógeno, en solución ácida del 30 al 90%.

Condiciones de operación.- Temperaturas de reacción de 4°C hasta 150°C en el inicio de la polimerización.

Licencia Tecnológica.- El proceso es desarrollado-- por la Imperial Chemical Industries Ltd, por la patente de -- los Estados Unidos de Norteamérica 3 290 272.

Instalaciones Comerciales.- Se desconoce la localización y el número de sus unidades de producción.

6.1.2.1 Descripción del flujo.

Este proceso contempla la generación de una resina alifática.

Para poder realizar la polimerización del norbornar dieno, es necesario alimentar este compuesto a elevadas temperaturas. El suministro de calor se logra por medio de vapor o aceite de calentamiento.

De la misma forma se debe incrementar la temperatura de la corriente de hexano líquido.

Ambas corrientes, nobornadieno y hexano, provenientes del sistema de calentamiento, se envían a un tanque de mezclador, facilitándose así el manejo del dieno en operaciones posteriores.

Es importante hacer notar que al inicio de la operación de copolimerización, la alimentación de los reactivos deberá ser a una temperatura de hasta 150°C.

La corriente que abandona el mezclador se envía al reactor a una presión de 2 a 5 atmósferas.

El dióxido de azufre, que es otro de los reactivos que intervienen en el proceso, es alimentado a las condiciones de presión y temperatura adecuadas para que se realice la reacción; obtenidas por medio de una etapa de compresión.

La corriente de dióxido de azufre comprimida, se mezcla con nitrógeno a las mismas condiciones de presión y temperatura que ésta tiene.

El suministro de nitrógeno, proporciona una atmósfera inerte en el reactor y evita la formación de compuestos indeseables.

La velocidad de reacción aumenta por el suministro de peróxido de hidrógeno en solución ácida.

La efluente del reactor es enviada a un separador donde se derivan tres corrientes: líquidos y gases que no reaccionaron, y una solución que contiene el producto formado.

La solución producto pasa por un filtro, que retiene las impurezas o sustancias indeseables.

El producto es lavado por una corriente de agua a temperatura ambiente, y el polímero húmedo separado, se lleva a un secador que opera a una temperatura aproximada de 100°C.

Obteniendo así, el polímero sulfonado deseado.

6.1.3 Proceso "ICI" (Imperial Chemical Industries Ltd.) -B

Es un proceso basado en el mecanismo de polimerización en solución para la producción de polisulfona de alta pureza (90%), requiriéndose bisfenol A, clorobenceno, dimetilsulfóxido y 4,4' -diclorodifenilsulfona.

La reacción de polimerización del dicloro difenil-sulfona y la sal de bisfenol, debe realizarse en una fase líquida, siendo ésta el dimetil sulfóxido.

A estas condiciones, el 4,4' -dicloro difenil sulfona se alimenta con 4% en mol en exceso, a una temperatura abajo de su punto de ebullición y una solución anhidra de clorobenceno.

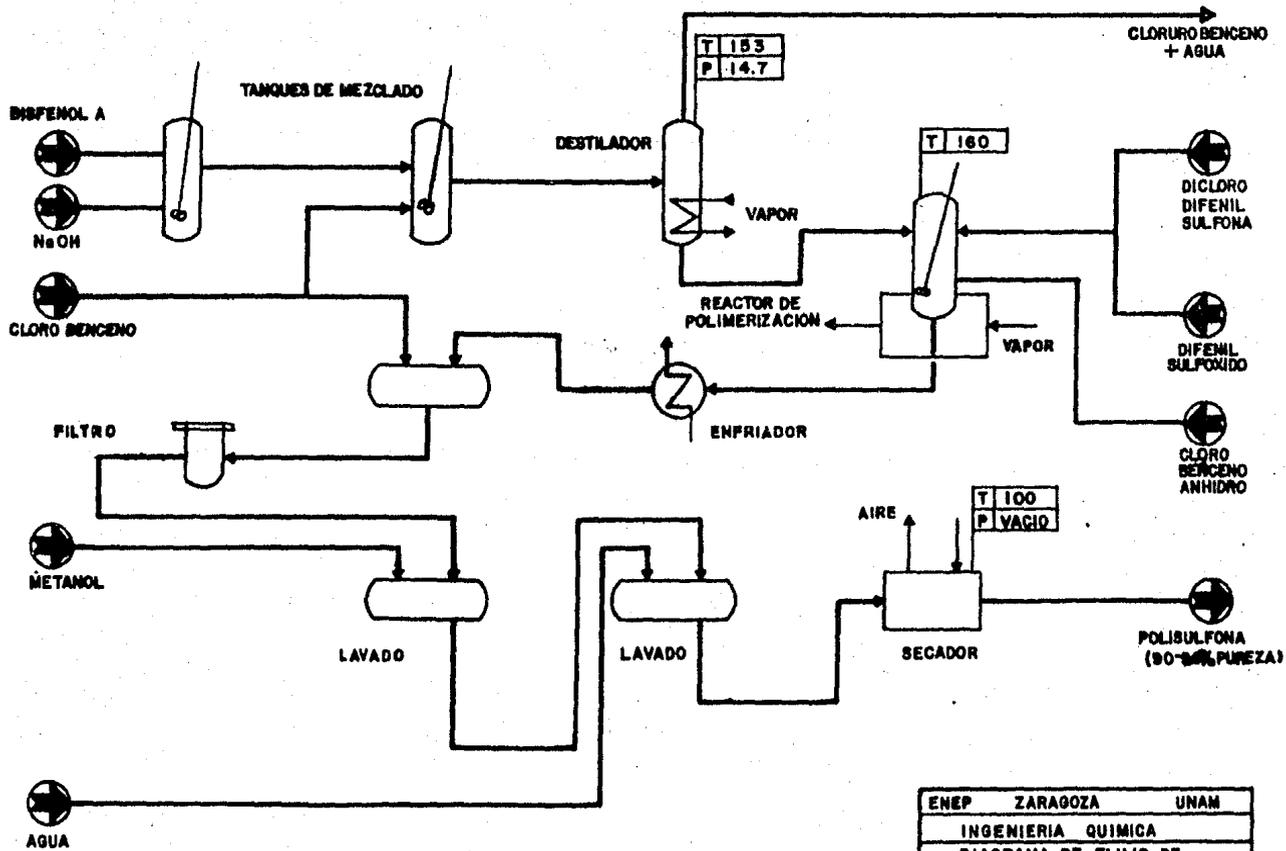
La temperatura de reacción se ajusta a 160°C y la mezcla se mantiene en estas condiciones en un lapso de tiempo de 2.3 horas.

La solución es enfriada y diluída con una solución de clorobenceno. Posteriormente es filtrada.

El polímero en solución es precipitado por la presencia de una solución de alcohol metílico.

La resina formada es un sólido blanco con una pureza del 94%.

Se obtienen resinas transparentes, con resistencia a la degradación, resistencia al ataque de soluciones acídicas y alcalinas.



ENEP ZARAGOZA UNAM	
INGENIERIA QUIMICA	
DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO -- POLISULFONA --	
ALTERNATIVA 6.1.3	PROCESO 101-3

Materia prima.- Este proceso emplea Bisfenol A, --
clorobenceno, dimetil-sulfóxido y dicloro-difenil-sulfona.

Producto.- Se obtiene una resina de alta pureza --
-(90%) y propiedades excelentes a diferentes condiciones de
presión y temperatura.

Condiciones de operación.- Temperatura de reacción
en: 160°C.

Presión de operación del reactor: atmosférica

Tiempo de polimerización: 2.3 horas

Secado de la resina: a 100°C y a una presión de va-
cío.

Licencia tecnológica.- El proceso lo desarrolló la
Imperial Chemical Industries Ltd, con registro en los Esta--
dos Unidos de Norteamérica - 2 667-429.

6.1.3.1 Descripción del flujo.

Este proceso basa su mecanismo en la producción de
una resina aromática.

A un tanque de mezclado con agitación mecánica se -
alimentan dos corrientes; una de bisfenol A (1.5 moles) y la

segunda, una solución de clorobenceno y dimetilsulfóxido en relación de 2:1 en volumen.

La solución formada se purga con una corriente de Argón, y posteriormente se agrega hidróxido de sodio al 97.9% a una relación de 3:1:5 moles, respecto al bisfenol A.

La mezcla obtenida se envía a un destilador, con la finalidad de tener una solución anhidra orgánica de la sal disódica de bisfenol A.

La operación que se realiza es una destilación azeotrópica, logrando obtener una solución ámbar y limpia cuando se ha alcanzado una temperatura de 153°C.

La solución anhidra orgánica se envía al reactor de polimerización.

A estas condiciones el 4-4' dicloro difenil sulfona se alimenta en 4% mol en exceso, al igual que una corriente de cloro benceno anhidro, al reactor de polimerización.

La temperatura de reacción en el equipo, se mantiene a 160°C, obtenida a partir de un medio de calentamiento, como vapor.

Estas condiciones en el reactor se mantienen por un período de 2.3 horas.

La efluente del reactor es enfriada posteriormente en un cambiador de calor.

A la salida de este equipo, la corriente pasa por un tanque de mezclado, para unirse con una corriente de clorobenceno.

Esta solución pasa a través de un filtro de celita, para que posteriormente sea enviada a un tanque, en el cual se obtendrá un precipitado, debido a la presencia de una corriente de metanol.

El precipitado que se recupera de este tanque es lavado con metanol y agua.

El sólido es secado a una temperatura de 100°C. Estas condiciones se mantienen en el secador por espacio de 4 a 5 horas, de donde se recibe el polímero sulfonado procesado.

6.1.4 Proceso "UC" (Union Carbide Corporation)

Es empleado para la producción de una polisulfona -

de alta pureza (90-94%), a partir de bisfenol A, dimetilsulfóxido, hidróxido de sodio ó potasio y el 4,4' -diclorodifenilsulfona, por medio de un proceso de polimerización en solución.

Se necesita preparar una solución disódica ó dipotásica de bisfenol A, ésto se logra por la reacción del bisfenol A con 2 moles de una solución acuosa de hidróxido de sodio ó potasio.

En el mismo equipo de formación de la sal, se agrega el benceno. Esta mezcla es una de las corrientes de entrada al reactor de polimerización. Dicha reacción se caracteriza por realizarse en solución, por lo tanto requiere un medio líquido ó solvente; por su naturaleza aprótica, el dimetilsulfóxido es un solvente particularmente efectivo.

Se alimenta nitrógeno al reactor, para suministrar una atmósfera que evite la formación de óxidos, debido a la presencia de oxígeno y la posible reacción con algún elemento ó sustancia química, ya que estos afectan el peso molecular del polímero deseado.

El otro de los reactivos, el 4,4' -diclorodifenilsulfona es alimentado al reactor a una temperatura de 70°C.

La sal disódica ó dipotásica, presenta relativa insolubilidad a bajas temperaturas, por lo tanto es necesario efectuar la reacción de polimerización en un rango de temperaturas entre 130 y 160°C.

La polimerización es muy rápida a estas temperaturas, llegando el producto a alcanzar un peso molecular mayor a 250000 en el tiempo de una hora; por lo que es necesario agregar un terminador, que nos permita regular el crecimiento de la cadena hasta un cierto límite, en el que, el polímero permita procesarse comercialmente de manera fácil y rápida; pudiendo utilizar cualquiera de las variedades de las sales de fenol, por ejemplo: el fenato de sodio, el cual puede agregarse a razón del 2% mol respecto a la carga original.

Otra alternativa, es utilizar un compuesto orgánico monohalogenado, como el clorometano.

Una etapa anterior a la polimerización, consiste en eliminar todas las trazas de agua presentes en la solución de reacción ya que de no hacerlo se presenta la hidrólisis de la sal de fenol. Donde el monómero sulfonado reacciona rápidamente con el hidróxido alcalino, produciendo una sal monoalcalina del 4-cloro -4'-hidroxi-difenil-sulfona. Aunque menos importante, otras reacciones indeseables pueden ocurrir, si una base fuerte, como el hidróxido de sodio, es

tá presente durante la polimerización, y así formarse los fenóxidos.

La forma de eliminar los residuos de agua, se logra con: (1) una destilación azeotrópica, al agregar benceno, y/o, (2) con una extracción líquido-líquido, con un glicol.

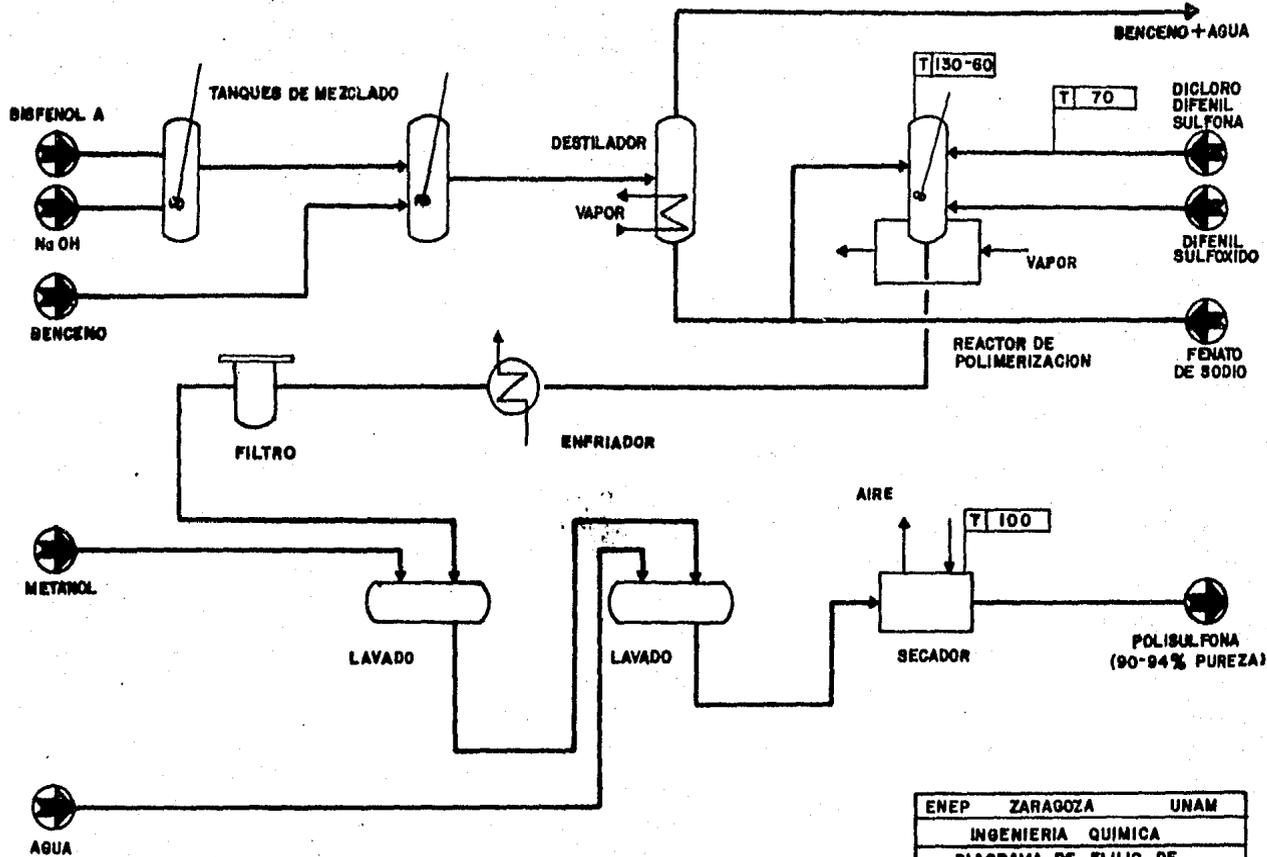
La efluente del reactor es enfriada y posteriormente filtrada, el polímero se identifica por ser un precipitado blanco, que es lavado en una cámara de espreas.

La polisulfona húmeda, se pasa a través de un secador rotatorio, que opera a una temperatura de 100°C; obteniéndose un producto con una pureza del 90 al 94%, transparente y con un ligero color ambar.

Aplicación.- Se emplea para la producción de la resina polisulfona, a partir del Bisfenol A y el dicloro difenilsulfona, Empleando un proceso de polimerización en solución.

Materia prima.- Este tipo de polimerización utiliza Bisfenol A, dimetilsulfóxido, hidroxido de sodio y benceno.

Producto.- Se obtiene un termoplástico amorfo de alta pureza, 90 a 94%.



ENEP	ZARAGOZA	UNAM
INGENIERIA QUIMICA		
DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO - POLISULFONA -		
ALTERNATIVA 6.1.4	PROCESO U.C.	

Condiciones de operación.- La temperatura de reacción varía de: 130° a 160°C.

Presión de operación del reactor: atmosférica.

Tiempo de reacción: de 1 a 3 horas.

Licencias tecnológicas.- Es un proceso desarrollado por la Unión Carbide Co con registro en los Estados Unidos de Norteamérica - 2 135-517 y 3 014-545.

Instalaciones comerciales.- Las resinas producidas por la unión Carbide se conocen como la P-1700, utilizada para moldeado por inyección, y la P-3500, de alto peso molecular, utilizada para el moldeado por extrusión.

En el año de 1966 se produjo a razón de 4500 Ton por año, en los Estados Unidos.

Actualmente una unidad de producción se encuentra en Hackensack, N.J. en E.U.A.

6.1.4.1 Descripción del flujo.

Este proceso contempla la obtención de una resina aromática.

Se inicia con la formación de la sal disódica de bisfenol A, que se obtiene al mezclar una corriente de bisfenol A y una solución acuosa de hidróxido de sodio.

La solución generada en este mezclador se envía a un tanque de benceno. Formandose una solución orgánica de la sal de bisfenol.

La corriente que sale del tanque de benceno se alimenta a un destilador, que tiene por objetivo la formación de una solución anhidra.

La presencia de agua en la solución orgánica de la sal de bisfenol, origina la hidrólisis de ésta, y con ello evita su empleo como reactivo.

La corriente anhidra se envía al reactor de polimerización.

El dicloro difenil sulfona, a temperatura de 70°C se une a la corriente anhidra, en el reactor.

También es alimentada una corriente de dimetil sulfóxido al reactor, y que constituye de esta forma el medio en el cual se efectuará la reacción de polimerización.

La temperatura de reacción se establece en un rango de 130 a 160 °C y a estas condiciones la velocidad de reacción es elevada.

Siendo entonces necesario controlar el tiempo de reacción, lograndose ésto, por el uso de un reactivo o terminador de reacción que nos permita regular el crecimiento de la cadena de polimerización.

Emplenadose en este caso, sales de fenol, como el fenato de sodio.

La efluente del reactor es enfriada y posteriormente se pasa por un filtro.

Después de esta etapa de separación, la corriente que contiene al producto, es enviada a un sistema de lavado, que opera a una temperatura de 20°C, contra corrientes de metanol y agua.

El polímero húmedo se envía a un secador, que opera a una temperatura de 100°C.

Obteniendose finalmente un polímero de alta pureza.

6.2 Factores limitantes.

Cabe mencionar que un problema básico a resolver en cada proceso, son los factores que lo limitan en su desarrollo y llegan a hacerlo económicamente indeseable. Los cambios que lo hacen mejorar en forma radical, siempre tendiendo a disminuir los costos de producción se pueden lograr mediante dos opciones:

1. Que se realicen solamente cambios o modificaciones del proceso, lo cual conduce a un estudio profundo del tratamiento de las materias primas y de la reacción, ya que mediante estas dos premisas se puede controlar, la cantidad de equipo y la producción de secundarios.

2. Que se realicen modificaciones de ingeniería de proceso, es decir detalles de diseño y/o las condiciones de operación, considerando el equipo fundamental del proceso.

En la descripción hecha para cada uno de los procesos de producción de polisulfona, se hace mención a dos tipos de polimerización: el proceso de tipo térmico y el proceso de tipo catalítico, aportando las siguientes características:

6.2.1 Polimerización térmica

- No requieren gastos por catalizador, carga o regeneración de éstos.
- Bajo tiempo de contacto, debido a la ausencia de catalizador.
- Reacciones limpias.
- Buena selectividad.
- Simplicidad de operación.
- Uso de amplias variedades en la alimentación.

6.2.2. Polimerización catalítica

- Alta eficiencia en las reacciones
- El consumo de las materias primas, tiene un valor máximo, cuando existen las condiciones adecuadas de operación.
- Moderadas temperaturas de operación.
- Alto rendimiento de operación.
- Ofrece la oportunidad de adoptar o promover las in-

novaciones en catálisis.

- Operaciones de regeneración
- Alta selectividad.

6.2.3 Otro proceso de polimerización descrito y que conjuga algunas de las características de los dos procesos anteriores, siendo también uno de los más importantes a nivel industrial y comercial en la producción de la polisulfona, es la operación de polimerización en solución o medio solvente.

Como su nombre lo indica, consiste en colocar el monómero en un medio solvente y así efectuar la polimerización con la adición de un catalizador, un monómero (copolimerización o heteropolimerización) y cambio en las condiciones de presión y temperatura.

En muchos casos se usan los métodos de polimerización en solución, para producir los polímeros que se suministran en el mismo solvente en que se realiza dicha operación. Se pueden presentar dos casos:

6.2.3.1. El monómero y el polímero son solubles en el solvente utilizado. En este caso, al finalizar la polimerización se obtiene una solución del polímero que contiene ligeras cantidades de monómero no polimerizado como impurezas.

Para eliminar este monómero y el solvente se requiere una operación de destilación por arrastre de vapor, obteniéndose un polímero muy puro, además de la recuperación casi-total del solvente.

6.2.3.2. El polímero no es soluble en el solvente utilizado.

Aquí, a medida que el polímero se va formando, va precipitándose en forma de partículas muy finas. Basta por lo tanto con efectuar las operaciones de filtración y lavado para obtener polímeros con alta pureza.

Algunas etapas básicas necesarias para la realización de este tipo de proceso de polimerización son:

- Monómero principal.- Compuesto que se va a polimerizar, representa el 70-90% del peso del polímero final.

- Monómero adicional.- Compuesto que se utiliza en el

caso de copolimerización o de una heteropolimerización.

Representa un 10-30% del peso del polímero final.

- Agente emulsificante.- Tiene por objeto ayudar a formar una emulsión lo más homogénea posible.

- Solvente.- Compuesto que se utiliza como medio de activación o condición física para poder realizar la polimerización.

- Regulador o terminador.- El papel de estos agentes químicos tiene influencia en la producción de polímeros de cadenas ramificadas, de peso molecular y/o propiedades físicas determinadas.

Generalmente son compuestos alifáticos clorados, sales orgánicas o aromáticas halogenadas; tales como el tetracloruro de carbono, sales de fenol o estearatos alcalinos. Su valor de adición corresponde a un 2-4% del peso de la carga al reactor de polimerización.

Efectuar la polimerización en solución permite:

- El uso de una agitación conveniente.

- El mejor control de las reacciones
- Las soluciones formadas tienen una viscosidad baja, y por lo tanto el calor de polimerización se alcanza fácilmente.
- Facilidad de separación de monómeros residuales y del polímero.

Entre las limitaciones de este tipo de polimerización se encuentran:

- Bajas velocidades de reacción
- Elevado costo del solvente, que debe ser de una alta pureza.
- Costo adicional, por la necesidad de equipo para la recuperación del solvente.

6.3 Area de estudio de las entidades tecnológicas (productos de polisulfonas).

A continuación se trata de proporcionar los diferentes campos de trabajo y las actividades de desarrollo en que están situadas cada una de las diferentes compañías productoras de --

polisulfona, y poder establecer la capacidad de cada entidad - tecnológica mundial.

Es preciso reconocer que los capitales dedicados a la elaboración de productos nuevos, la búsqueda de mercado para - productos conocidos o en las innovaciones tecnológicas, adquieren una personalidad muy importante, que los convierte en patrones de referencia, respecto al crecimiento y orientación industrializados.

Lo que incita a interesarse en el asunto es el tamaño y la complejidad de las empresas líderes(en uno o varios campos de trabajo), al número y la frecuencia de los cambios que se - producen en la tecnología, y afectan por ello a la industria, - a los mercados, la capacidad industrial no empleada y las nuevas estrategias que inciden sobre el desarrollo técnico-económico de un país.

El análisis que a continuación se presenta, marca el seguimiento progresivo aplicado a cada compañía productora de polisulfona, en los diferentes campos de trabajo relacionados - con las resinas sintéticas, polímeros y plásticos.

Estos campos de trabajo que se han estudiado son de - interés particular, ya que en él gira el desarrollo del presente trabajo y además muestra el esfuerzo dedicado por cada - empresa productora de polisulfona y otros productos; por mantene

ner, buscar y desarrollar mercados en los cuales sea aprovechable su potencial de producción.

Se puede observar que cada una de las empresas tiene una ó varias actividades, a las que dedican sus esfuerzos de trabajo y desarrollo con mayor interés, pero sin olvidarse de aquellas que pueden complementar a las primeras. Una característica evidente, es que estas compañías no dejan de trabajar en campos como el estudio de materiales, sus propiedades y en los procesos de producción. Dependiendo de las características del producto y los mercados en que se encuentran estas compañías, es la manera en que dirigen sus estudios en campos específicos de producción.

Para tener un mejor panorama de cada empresa y sus respectivas actividades de desarrollo sobre las resinas sintéticas y plásticos, ver las tablas 6.1, 6.2 y 6.3.

6.4 Criterios de selección tecnológica.

Existiendo en nuestro país una importante plataforma de producción de petroquímicos básicos y secundarios, se plantea la posibilidad de satisfacer inicialmente la demanda local de polisulfona, considerando que exista el apoyo de éste sector.

TABLA 6.1 PUBLICACIONES DE LA UNION CARBIDE CORPORATION DURANTE EL PERIODO DE 1977-1984, (294 PUBLICACIONES)

SEGMENTO DE ESTUDIO	%	PARTICIPACION PORCENTUAL
MEMBRANAS	2.0	
ESTUDIO DE MATERIALES Y SUS PROPIEDADES	22.1	
PROCESOS DE PRODUCCION (DESARROLLO Y ANALISIS)	17.0	
RECUBRIMIENTOS ELECTRICO, TERMICO Y QUIMICO	8.5	
ADHESIVOS	2.4	
PELICULAS	5.7	
AISLANTES TERMICOS Y ELECTRICOS	1.7	
MEZCLAS DE MATERIALES (PARA MEJORAR SUS PROPIEDADES Y APLICACIONES)	13.6	
ARTICULOS DE USO MEDICO, QUIMICO Y DOMESTICO.	2.4	
MATERIAL ESTABILIZADOR	2.7	
ELEMENTOS DECORATIVOS	1.0	
NUEVAS APLICACIONES DE PRODUCTOS CONOCIDOS		
INICIADORES-REGULADORES E INHIBIDORES DE REACCION QUIMICA	4.4	
INNOVACION EN LA MANUFACTURA Y EQUIPO PARA RESINAS Y PLASTICOS	4.0	
MATERIALES Y TECNICAS DE EXTRUSION	1.3	
MATERIALES Y TECNICAS DE MOLDEO	5.1	
MATERIALES Y TECNICAS DE INYECCION.	2.0	

TABLA 6.2 PUBLICACIONES DE LA CELANESE CORPORATION DURANTE EL PERIODO DE 1977 A 1984, (275 PUBLICACIONES)

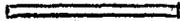
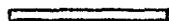
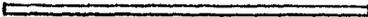
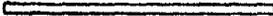
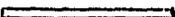
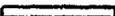
SEGMENTO DE ESTUDIO	% PARTICIPACION PORCENTUAL	
MEMBRANAS	3.2	
ESTUDIO DE MATERIALES Y SUS PROPIEDADES	13.1	
PROCESOS DE PRODUCCION (DESARROLLO Y ANALISIS)	16.0	
RECUBRIMIENTOS ELECTRICO, TERMICO Y QUIMICO.	6.9	
ADHESIVOS	2.9	
PELICULAS	3.2	
AISLANTES TERMICOS Y ELECTRICOS	2.5	
MEZCLAS DE MATERIALES, (PARA MEJORAR SUS PROPIEDADES Y APLICACIONES).	12.0	
ARTICULOS DE USO MEDICO QUIMICO Y DOMESTICO	4.0	
MATERIAL ESTABILIZADOR	3.6	
ELEMENTOS DECORATIVOS	2.1	
NUEVAS APLICACIONES DE PRODUCTOS CONOCIDOS.	4.3	
INICIADORES, REGULADORES E INHIBIDORES DE REACCION QUIMICA.	6.5	
INNOVACION EN LA MANUFACTURA Y EQUIPO PARA RESINAS Y PLASTICOS.	6.5	
MATERIAL Y TECNICAS DE EXTRUSION.	3.6	
MATERIAL Y TECNICAS DE MOLDEO	2.9	
MATERIAL Y TECNICAS DE INYECCION.	6.1	

TABLA 6.3 PUBLICACIONES DE LA IMPERIAL CHEMICAL INDUSTRIAL DURANTE EL PERIODO DE 1977-1984, (270 PUBLICACIONES).

SEGMENTO DE ESTUDIO	%	PARTICIPACION PORCENTUAL
MEMBRANAS	3.7	
ESTUDIO DE MATERIALES Y SUS PROPIEDADES	14.8	
PROCESOS DE PRODUCCION (DESARROLLO Y ANALISIS)	18.5	
RECUBRIMIENTOS ELECTRICOS	11.1	
ADHESIVOS	3.3	
PELICULAS	4.1	
AISLANTES TERMICOS Y ELECTRICOS	6.3	
MEZCLAS DE MATERIALES (PARA MEJORAR SUS PROPIEDADES Y APLICACIONES)	6.6	
ARTICULOS DE USO MEDICO QUIMICO Y DOMESTICO	2.9	
MATERIAL ESTABILIZADOR	4.0	
ELEMENTOS DECORATIVOS	1.8	
NUEVAS APLICACIONES DE PRODUCTOS CONOCIDOS.	2.2	
INICIADORES, REGULADORES E INHIBIDORES DE REACCION QUIMICA	4.0	
INNOVACIONES EN LA MANUFACTURA Y EQUIPO PARA RESINAS Y PLASTICOS	6.3	
MATERIAL Y TECNICAS DE EXTRUSION	1.8	
MATERIAL Y TECNICAS DE MOLDEO	3.7	
MATERIAL Y TECNICAS DE INYECCION	4.4	

Se sabe que la industria petroquímica agrupa a los establecimientos que atienden a la realización de procesos químicos o físicos, para la transformación de hidrocarburos naturales del petróleo.

El carácter estratégico de la industria petroquímica se deriva de la gran variedad e importancia de las industrias que abastece. Los principales productos y mercados que dependen de insumos petroquímicos, se muestran en la tabla 6.4

También debe considerarse la demanda que pueda existir por un producto de importación, siendo otro factor que muestre la conveniencia de generar una planta productora de éste material, con el objeto de lograr satisfacer la demanda nacional.

Si se diseña un plan ambicioso, también puede pensarse en satisfacer el consumo exterior y de esta forma, proyectar la planta productora con el tamaño del mercado internacional de acuerdo a la curva de consumo-producción (ver graf. 2.5) y ventas del producto que interesa.

Para llevar a cabo una selección completa y adecuada de una tecnología, se debe analizar ésta desde dos puntos de vista:

- 1) Económico, y
- 2) Técnico

TABLA 6.4 PRINCIPALES PRODUCTOS Y MERCADOS QUE DEPENDEN
DE LA INDUSTRIA PETROQUIMICA BASICA

PRODUCTO	MERCADO
Fertilizantes y agroquímicos	Agricultura
Fibras sintéticas	Textil
	Confección
	Automotriz
Plásticos y resinas	Construcción
	Eléctrico
	Artículos domésticos
	Empaques
	Transporte
	Automotriz
Elástomeros	Llantas
	Bandas
	Empaque
Tensoactivos	Jabones y detergentes
	Minería
Aditivos	Refinación del petróleo
	Transporte

174

FUENTE: SEPAFIN
Información básica para proyectos
en petroquímica 1981.

El primer punto se refiere fundamentalmente a comparar las alternativas tecnológicas, en cuanto al costo, seleccionando aquella, que represente el mayor beneficio monetario. Para lograr lo anterior se requiere contar con una serie de elementos económicos de apoyo, entre los cuales destacan:

- 1.a) Análisis de mercado preciso y completo.
- 1.b) Estimación de la inversión fija.
- 1.c) Estimación de los costos fijos y variables.

Todos estos elementos de apoyo, se desarrollan en base a información económica, disponible en anuarios o boletines oficiales y privados.

El segundo punto a analizarse, lo constituye su carácter técnico, el cual se desglosa en:

- 2.a) Materia prima.
- 2.b) Compañía licenciadora de la tecnología
- 2.c) Complejidad operacional del proceso.

Materia prima.- Se constituye como los insumos necesarios, para la obtención de un producto. Es además un parámetro

TABLA 6.5 DISPONIBILIDAD DE MATERIAS PRIMAS PARA LA ALTERNATIVA 6.1.1

MATERIA PRIMA	DE PRODUCCION	
	NACIONAL	EXTRANJERA
Dióxido de azufre	1	
Oxaleno (oxaciclopentano- dihidrofurano)	1	2
Catalizador (peróxido org gánico)	1	2
Solvente orgánico	1	2

Grado de dependencia:

Donde Nacional (1)

Extranjero (2)

Fuente: Elaboración propia.

TABLA 6.6 DISPONIBILIDAD DE MATERIA PRIMA PARA LA ALTERNATIVA 6.1.2

MATERIA PRIMA	DE PRODUCCION	
	NACIONAL	EXTRANJERA
Norbornadieno	1	2
Dióxido de azufre	1	
Solvente orgánico	1	2
Catalizador (peróxido orgánico)	1	2

Grado de dependencia:

Donde Nacional (1)

Extranjero (2)

FUENTE: Elaboración propia

TABLA 6.7 DISPONIBILIDAD DE MATERIA PRIMA PARA LA ALTERNATIVA 6.1.3

MATERIA PRIMA	DE PRODUCCION	
	NACIONAL	EXTRANJERA
Bisfenol A		2
Clorobenceno	1	
Dimetilsulfóxido	1	2
4,4'-diclorodifenilsufona		2
Hidróxido de sodio	1	2

Grado de dependencia:

Donde Nacional (1)

Extranjero (2)

Fuente: Elaboración propia.

TABLA 6.8 DISPONIBILIDAD DE LA MATERIA PRIMA PARA LA ALTERNATIVA 6.1.4

MATERIA PRIMA	DE PRODUCCION	
	NACIONAL	EXTRANJERA
Bisfenol A		2
4,4' - diclorodifenilsulfona		2
Hidróxido de sodio	1	2
Benceno	1	2
Dimetilsulfóxido	1	2

Grado de dependencia:

Donde: Nacional (1)

Extranjero (2)

a considerar en el proceso de selección de la tecnología, pues incide directamente en los costos del producto; de tal forma - que es deseable:

- Amplia disponibilidad
- Calidad y pureza (las requeridas por el proceso).
- Fácil transportación, almacenamiento y procesamiento.

Compañías licenciadoras de la tecnología.- Se refiere a las compañías o empresas que poseen la tecnología del proceso y en torno a las cuales es recomendable encontrar:

- Experiencia reconocida en el campo tecnológico,
- Investigación y desarrollo continuo de la tecnología
- Mínimas restricciones para la transferencia de la -- tecnología.

Complejidad operacional del proceso.- Se refiere a la facilidad de alcanzar las condiciones de presión y temperatura-necesarias, en cada una de las etapas del proceso de producción (mezclado, reacción, filtración, lavado, secado), así como al manejo de la materia prima, catalizador y productos.

TABLA 6.9 COMPLEJIDAD OPERACIONAL DE LA ALTERNATIVA 6.1.1

CONCEPTO	COMPLEJIDAD OPERACIONAL
Materia prima	2
Presión de operación	2
Temperatura de operación	3
Catalizador	2
Etapa principal del proceso (reactor)	2
Etapa de separación	2
Número de fases a manejar	3
Polisulfona alifática	1

Fuente: Elaboración propia.

TABLA 6.10 COMPLEJIDAD OPERACIONAL DE LA ALTERNATIVA 6.1.2

CONCEPTO	COMPLEJIDAD OPERACIONAL
Materia prima	3
Presión de operación	3
Temperatura de operación	2
Catalizador	2
Etapa principal del proceso (reactor)	2
Etapa de separación	2
Número de fases a manejar	3
Polisulfona alifática	1

Fuente: Elaboración propia.

TABLA 6.11 COMPLEJIDAD OPERACIONAL DE LA ALTERNATIVA 6.1.3

CONCEPTO	COMPLEJIDAD OPERACIONAL
Materia prima	3
Presión de operación	1
Temperatura de operación	3
Catalizador	0
Etapa principal del proceso (reacción)	2
Etapa de separación	2
Número de fases a manejar	2
Polisulfona aromática	1

Fuente: Elaboración propia.

TABLA 6.12 COMPLEJIDAD OPERACIONAL DE LA ALTERNATIVA 6.1.4

CONCEPTO	COMPLEJIDAD OPERACIONAL
Materia prima	3
Presión de operación	1
Temperatura de operación	3
Catalizador	0
Etapas principales del proceso (reacción)	2
Etapas de separación	2
Número de fases a manejar	1
Polisulfona aromática	1

Donde el grado de complejidad operacional es:

- (1) = Bajo
- (2) = Medio
- (3) = Alto

El grado de complejidad operacional esta dado en función de: costo del equipo, fases a manejar (sólido, líquido y gas), seguridad y operaciones de separación.

Fuente: Elaboración propia.

En este rubro, la alternativa tecnológica, de preferencia debe satisfacer los siguientes objetivos:

- En su concepción general debe ser sencillo.
- Tener el menor número de equipos posibles.
- Tener los mínimos gastos de energía,
- Condiciones de presión y temperatura moderadas,
- Fácil manejo de materias primas, catalizadores y productos.

Al aplicar los criterios de selección descritos anteriormente, al caso de los procesos de producción de polisulfona se hará uso de las tablas 6.10, 6.11, 6.12 y 6.13.

6.5 Recomendación Tecnológica.

El presente estudio contempla el análisis de los procesos empleados actualmente para la producción comercial de polisulfona aromática.

Quizá en este momento es recomendable lograr la adaptación de alguno de los procesos comerciales, tomando en cuenta -

las características y condiciones económico-industriales existentes en el país.

Debido a esta posibilidad, puede derivarse el desarrollo de una tecnología propia, sin tener pérdidas de tiempo y recursos, que se hacen necesarios en el caso de decidirse por el desarrollo de una tecnología propia.

Del análisis para las alternativas tecnológicas 6.1.3 y 6.1.4, correspondientes a los procesos de producción de polisulfonas aromáticas, que además, son las de mayor aplicación comercial, se observa lo siguiente:

- Con el criterio de la materia prima, se puede observar en las tablas 6.8 y 6.9, que ambos procesos emplean la misma materia prima, y su mayoría es de producción nacional, a excepción del p-p' dicloro-difenil-sulfona y del dimetil sulfóxido -- por lo que en este rubro no existen diferencias o se traducen en un factor limitante para su utilización.

- Con la información presentada en la sección 6.4 y utilizando los criterios respecto a las compañías licenciadoras, se deduce que la compañía Unión Carbide Co. mantiene un mayor interés y desarrollo en materiales y propiedades, procesos de producción, nuevas aplicaciones para productos conocidos, innovaciones en el diseño de equipo y técnicas de extrusión, moldeo e inyec--

ción para plásticos, que las otras compañías descritas.

-La complejidad operacional del proceso representa un criterio más de decisión y haciendo uso de la información presentada en las tablas 6.12 y 6.13, se puede observar que la -- Unión Carbide Co. presenta una alternativa tecnológica con condiciones de operación no extremas, y que no presentarían una inversión mayor para lograr establecerlas en el proceso.

- La mayor información de mercado reportada corresponde a la polisulfona aromática, conocida comercialmente con el nombre de Udel (U. Carbide), y que se muestra como un producto que actualmente tiene aplicaciones diversas y posee una demanda cada vez mayor sobre las demás polisulfonas aromáticas.

- Bajo el criterio de análisis técnico y con el objetivo de lograr sustituir la importación de Udel polisulfona, sustentado en las condiciones económicas que actualmente rigen al país, podemos decir que la alternativa tecnológica más recomendable corresponde con el de la Unión Carbide Co. (alternativa-6.1.4)

Otro factor de evaluación nos lo proporcionó la diversidad de aplicaciones que puede tener el producto generado por cada alternativa.

PROCESO	PRODUCTO	GRADO DE DIVERSIDAD
6.1.A. CELANESE	POLISULFONA ALIFATICA	1
6.1.2. ICI-A	POLISULFONA ALFATICA	1
6.1.3 ICI-B	POLISULFONA AROMATICA	3
6.1.4 U.C.	POLISULFONA AROMATICA	3

TABLA 6.13
GRADO DE DIVERSIDAD (*)

(*) Evaluación respecto a su propiedad de:

Producto alifático: plástico termofijo, baja estabilidad térmica-mecánica, y moderado peso molecular.

Producto aromático: Producto termoplástico, elevado peso molecular, mantiene sus propiedades en un amplio rango de temperaturas y condiciones extremas de trabajo.

Grado de diversidad/aplicaciones

(3) Alto

(2) Medio

(1) Bajo.

CONCLUSIONES

Como se indicó al principio, la intención de este trabajo es mostrar la importancia que tienen las polisulfonas y los plásticos de ingeniería en México. Dado que, para el sector industrial su importancia radica en sus propiedades y en la versatilidad de aplicaciones, no obstante que son productos de importación y representan grandes volúmenes de consumo y costo elevado.

Para aportar elementos de juicio y decisión, sobre un producto determinado, deben siempre analizarse diversos aspectos que se correlacionan con el tema de estudio. Estos aspectos son los técnicos, económicos, financieros y administrativos, que conforman la justificación de todo proyecto.

Ello requiere haber pasado, explícita o implícitamente, dos etapas previas. La primera corresponde a la identificación de la idea, que trata de reconocer, basándose en la información existente e inmediatamente disponible, si hay o no razón alguna para rechazar la concepción del proyecto.

Esta etapa trata de definir y delimitar la idea del posible proyecto, identificando sus posibles soluciones y alternativas técnicas y económicas.

La segunda etapa, constituye el anteproyecto preliminar o estudio de prefactibilidad; se trata de comprobar -- que por lo menos una de las alternativas de solución es rentable, además de ser técnica y económicamente viable. Esta etapa exige datos más precisos de las distintas alternativas planteadas, para caracterizar su rentabilidad y viabilidad.

Cualquiera que sea la naturaleza, la importancia y los objetivos del proyecto, su realización implica poner en práctica los conocimientos técnicos y científicos que se ten gan.

Para ello conviene referirse en términos generales - a algunos de los problemas comunes que surgen del análisis - de los aspectos técnicos del proyecto. Estos problemas se - pueden agrupar en tres interrogantes:

- ¿Cómo se hacen las cosas?
- ¿Con qué se dispone para hacerlas?
- ¿Qué características se obtienen?

La primera pregunta plantea problemas del proceso - técnico, y que en todos los casos debe resolverse por la selección de una tecnología adecuada para la elaboración de un producto determinado.

La segunda pregunta nos plantea los problemas de requisitos técnicos, y que se refieren a la existencia y a la disponibilidad de todos los elementos, cuya movilización y utilización son necesarios para que el proyecto se realice. Estos requisitos pueden ser de tipo material (por ejemplo, insumos físicos) y de tipo humano (por ejemplo, mano de obra especializada).

El conocimiento de los requisitos técnicos puede -- exigir investigaciones especiales, que ayudarán a definir y evaluar el aspecto técnico del proyecto.

La última pregunta, nos señala los problemas de rendimiento técnico y que se refieren en general a la relación entre insumos, productos y el beneficio de los factores empleados para poder cumplir con los requisitos técnicos del proyecto.

Apoyados en lo expuesto anteriormente, podemos decir que, la etapa en que damos inicio a la identificación de nuestra idea, es de gran importancia y es aquí donde se encuentra y conforma la estrategia para definir los criterios más importantes del desarrollo de nuestro objetivo.

Dicha estrategia fija las metas del proyecto e indica los recursos necesarios, en base a un análisis de las con

diciones del mercado, de la tecnología existente para definir al producto y el efecto que se espera por la introducción de éste.

Podemos entonces decir que, la planificación de un producto, nos proporciona la guía adecuada para definir los criterios más importantes del desarrollo y selección de un producto.

La demanda internacional y nacional de plásticos está en continuo crecimiento, por lo que se puede afirmar que su mercado potencial, también puede crecer favorablemente. Especialmente los plásticos de ingeniería, los que en México, su mercado no entra a una etapa importante de desarrollo.

Sabemos que la capacidad mundial instalada se concentra principalmente en los Estados Unidos de Norteamérica, en la Comunidad Económica Europea y en el Japón. El comercio internacional, de las resinas sintéticas y de los plásticos de ingeniería, representa aproximadamente el 40% de la producción; no obstante este intercambio, el 55% de las importaciones y el 70% de las exportaciones se realiza en la Comunidad Económica Europea.

En México, más del 80% del mercado de los plásticos corresponde a las resinas sintéticas y que en su mayoría son

termoplásticos.

La capacidad instalada de esta resina, creció a una tasa promedio del 15.6% anual, durante el período de 1970-80.

Para tener un mejor elemento de comparación, puede revisarse la tabla 2.4, que nos muestra la participación de cada una de las resinas sintéticas en el país. El consumo aparente de las resinas sintéticas creció a una tasa media anual del 17.7%.

Las importaciones de la rama, crecieron durante los años setentas y representan un parámetro importante en el abastecimiento del mercado interno.

Las exportaciones son prácticamente marginales, ya que las necesidades y estructura que presenta el mercado nacional, nos hace dependientes de materiales plásticos extranjeros. Esta dependencia se presenta en las resinas de usos especializados; éstas se conocen como plásticos de ingeniería y que se caracterizan por presentar propiedades de alta resistencia y una diversidad de aplicaciones.

Las resinas bases para la producción de estos plásticos, son los poliacetales, que en el año de 1979, tuvieron una demanda de 1300 toneladas; el nylon de 500 toneladas; --

los policarbonatos de 300 toneladas; las polisulfonas y el polioóxido de fenileno de 400 toneladas.

En México, debido a su demanda y el alto precio, dado que en su mayoría son importados hasta la fecha, no les permite competir con otros plásticos de uso más generalizado, pero se espera que al largo plazo, tengan un rápido desarrollo.

El cambio en la estructura del consumo de plásticos, depende de las cualidades físicas de cada uno de ellos. Por lo que, para el período de 1981-85, el comportamiento de la demanda de las resinas sintéticas en el país, dependerá en gran medida del desarrollo de películas para empaques, herramientas domésticas, partes para automóviles, instrumental de laboratorio y médico, partes eléctricas y electrónicas, y en el resto de sus mercados, donde se utilicen partes moldeadas por inyección y compresión.

Esta demanda se espera que se sostenga aun cuando enfrente una competencia creciente por parte de resinas sintéticas importadas.

Podemos generalizar al decir que, las industrias de resinas y plásticos continuará creciendo con mayor rapidez, ya que cada día se depende en mayor grado de materiales to-

talmente sintéticos.

Conocer el desarrollo que han tenido los materiales termoplásticos específicamente las polisulfonas, nos permite determinar los aspectos de interés que las entidades tecnológicas han manifestado al respecto; de una manera especial, - donde se registran cambios o innovaciones relacionados con - los métodos de obtención y aplicaciones a nivel industrial.

La información disponible de las polisulfonas aromáticas, relacionada con sus métodos de obtención, materia prima, condiciones de operación, catalizadores y compañías licenciadoras, aplica para el período de 1965 a 1984; y es conveniente señalar que lo relacionado con el modo de producción de los polímeros sulfonados, su información es limitada, debido a que nos es de fácil acceso, además si consideramos que el consumo nacional, solo lo realizan ciertas compañías líderes en la elaboración de productos electrónicos y de laboratorio.

La investigación sobre los métodos de obtención de las polisulfonas, fue realizada por diversas compañías extranjeras de 1965 a 1984, en forma continua, siendo notable su interés por estudiar diferentes condiciones y rutas de reacción.

El registro de estos estudios, nos muestra que la mayoría de los métodos de obtención de las polisulfonas, emplean materias primas semejantes, y que el uso de éstas depende del tipo de polimerización por utilizar.

El tipo de polimerización más empleado para la obtención de las polisulfonas aromáticas, es la polimerización en solución, utilizando el dimetil sulfóxido como disolvente. En algunos casos se observó que se requería de una atmósfera inerte.

Es importante señalar que existe una gran participación en el estudio y desarrollo de estos polímeros, únicamente por los Estados Unidos de Norteamérica, Japón, Inglaterra, Alemania, U.R.S.S. y Polonia.

Otro tema que tiene gran importancia en el desarrollo de este estudio, lo son las propiedades de las polisulfonas. El interés que adquieren las propiedades de cualquier material, radica al considerarlas como un criterio de selección para una aplicación o uso determinado, ya que generalmente son un conjunto de características cualitativas y cuantitativas, que pueden ser medidas sobre patrones y situaciones específicas, que las hacen o no útiles al hombre.

En este material sulfonado, se combinan cuatro propiedades excelentes:

1. Alta resistencia al impacto, superior a 10 pie lb/plg.
2. Excelente estabilidad dimensional, baja absorción de agua (0.22%) y alto punto de flexión bajo carga, del orden de 350°F.
3. Alta resistencia al calor, mostrando un rango de 550 a 600°F
4. Excelentes propiedades eléctricas.

Las polisulfonas presentan alta resistencia a los ácidos y bases, además a los detergentes, grasas, hidrocarburos alifáticos y alcoholes a elevadas temperaturas.

De un material, lo que se pretende al conocer sus propiedades, es poder sistematizar su información, aplicaciones y también poder identificarlo.

El amplio rango de aplicaciones que tienen las polisulfonas, se presenta como una opción diferente para el sector industrial, que busca nuevos productos y nuevas aplicaciones.

Algunos de los diversos usos que poseen las polisulfonas son: en bobinas, interruptores, termostatos, refractarios, membranas de filtración, instrumentos de cirugía y laboratorio, portalámparas, manijas, grapas, conectores y - - otros más.

También se han aplicado las polisulfonas en solución, como gomas y agentes adhesivos, destacando sus propiedades adhesivas en condiciones de temperaturas moderadas.

Así tenemos, que la polisulfona es considerada como un polímero que tiende a ser utilizado en condiciones sofisticadas, además de aquellas áreas de desarrollo reciente, -- que se constituyen como usos potenciales importantes.

Para proponer una alternativa tecnológica adecuada, fué necesario realizar una búsqueda de los procesos empleados hasta el momento por los principales compañías productoras de polisulfona, y así, determinar los factores limitantes de éstos. Lo anterior nos permitió evaluar las posibilidades de adaptación de cualquiera de los procesos.

Una característica general de la producción de los plásticos y su manufactura, representa un uso eficiente de - capital y de energéticos en comparación con otros materiales; lo primero porque la transformación del plástico es una ope-

ción de menores requerimientos de capital, y lo segundo, por que el consumo total de energéticos, incluyendo los hidrocarburos contenidos en el plástico, es menor para producir una manufactura plástica que una metálica.

Del análisis para las alternativas tecnológicas, -- correspondientes a los procesos de producción de polisulfonas aromáticas, que además, son las de mayor aplicación comercial, se observó lo siguiente:

- Con el criterio de la materia prima, se puede -- observar que ambos procesos emplean sustancias semejantes, y su mayoría son de producción nacional, por lo que este rubro no se traduce en un factor limitante para su utilización.

- La complejidad operacional del proceso representa otro criterio de evaluación, y este nos muestra que la -- compañía Unión Carbide posee una alternativa de condiciones de operación no extremas (presión y temperatura), y con ello no representarían una inversión mayor.

- La mayor información reportada y disponible, corresponde a la polisulfona aromática, por lo que se muestra como un producto que actualmente tiene diversas aplicaciones.

- Bajo el criterio del análisis técnico y con el -

objetivo de lograr sustituir la importación del Udel Polisulfona, y dadas las condiciones del mercado nacional, podemos decir que la alternativa tecnológica recomendable es la que presenta la Unión Carbide Co.

El seleccionar una tecnología también es resultado de dos posibilidades:

1. La adaptación de alguno de los procesos, tomando en cuenta las características existentes en el país, o del,
2. Desarrollo de una tecnología propia.

Quizá en este momento sería más recomendable la primera de las posibilidades planteadas, porque de ello podría derivarse incluso el desarrollo de una tecnología propia, -- sin pérdida de tiempo y recursos, que se requerirían en caso de decidirse por la segunda de las posibilidades.

Podemos afirmar que la tecnología por adoptarse, es una tecnología cuyos métodos y recursos están comercialmente probados, y considerando que se cumpla y se adapte con -- las condiciones técnicas y económicas del país.

BIBLIOGRAFIA

LIBROS.

1. "Participación en el mercado"
P.N. Bloom y P. Kottler
Biblioteca Harvard
2. "Planificación de un producto de alta calidad"
W.D. Zerecor
Biblioteca Harvard
3. "Sistemas de planificación para el
abastecimiento de materiales"
J.G. Miller y L.G. Sprague
Biblioteca Harvard
4. "Concepto de línea de producción a sus servicios"
T. Levitt
Biblioteca Harvard
5. "Guía para la presentación de proyectos"
I.L.P.E.S.
Ed. Siglo XXI - 1983

6. "Planificación de nuevos productos"
D.N. Chorafas
Ed. Deusto - 1972

7. "Planificación del desarrollo industrial"
H.S. Valderrama
Ed. Siglo XXI - 1984

ENCICLOPEDIAS

8. "Encyclopedia of Polimer Science and
Technology"
Plastics, Resins, Rubbers, Fibers
Vol. 9, 11, 13, 18,
John Wiley and Sons Inc - 1969

9. "Enciclopedia de Tecnología Química"
Vol. 10, 11, 13,
Kirk - Othmer
J. Wiley Interscience - 1982

10. "Macromolécula"
Vol. 2
Hans - Georg E,
Plenum Press

11. "Thermally stable polymers
synthesis and properties"
P.E. Cassidy
Ed. Marcel Dekker, N.Y.
12. "Modern Plastics Encyclopedia"
Vol. 1
Mc Graw Hill - 1980
13. "Principios de sistemas de polímeros"
F. Rodríguez
Ed. Manual Moderno - 1982
14. "Los polímeros, síntesis y caracterización"
M.U. Velasco
Ed. Limusa - 1980
15. "Chemical Engineering Handbook"
Perry - Chilton
5a. ed.
Mc Graw Hill - 1973

ANUARIOS Y REVISTAS

16. "Anuario estadístico de Comercio Exterior de México"
I.M.C.E. - 1980 a 1985

17. "Anuario de la Industria Química Mexicana"
Asociación Nacional de la Industria Química,
de 1980 a 1985

18. "Anuario de la Industria Química de México"
Secretaría de Programación y Presupuesto
de 1970 a 1975

19. "Statistical Abstract of the United States - 1984"
Departamento de Comercio de los Estados Unidos
I.M.C.E.

20. "Chemical Abstract"
Index Subject General - 1965 a 1985
Index Author - 1965 a 1985

21. "Modern Plastics International"
Anuario 1975 - 1985
Mc Graw Hill

PATENTES

22. Patente de los Estados Unidos de
Norteamérica - 3287329 - Celanese Co.
23. Patente de los Estados Unidos de
Norteamérica - 3290272 - I.C.I. Ltd.
24. Patente de los Estados Unidos de
Norteamérica - 2 667 429 - I.C.I. Ltd
25. Patente de los Estados Unidos de
Norteamérica - 2 135 517 - Unión Carbide Co.
26. Patente de los Estados Unidos de
Norteamérica - 4 108 837 Unión Carbide Co.