



UNIVERSIDAD POPULAR AUTONOMA

DEL ESTADO DE PUEBLA

Escuela de Ingeniería Química

REFERENCIA

Unicamente

Uso interno

ADHESIVOS POLIMERICOS

TESIS PROFESIONAL

presentada como requisito parcial

para optar por el titulo de

INGENIERO QUIMICO

por :

VICTOR HUGO GONZALEZ CERVANTES

1989





UPAEP – Secretaría General

Dirección General de Apoyos Académicos

Dirección del Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación.

Biblioteca Central - **Karol Wojtyla**

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 textos, imágenes, gráficas, 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 de donde la obtuvo mencionando el autor o autores involucrados en el documento.

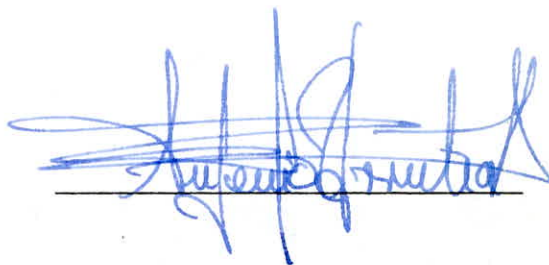
Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

REFERENCIA
Unicamente
Uso Interno

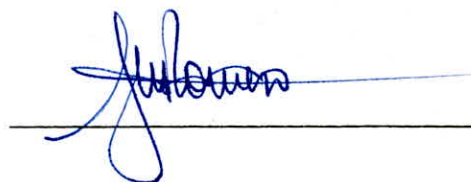
- ESTA TESIS FUE SUPERVISADA Y APROBADA POR EL COMITÉ DE SIGNADO PARA EL CASO. POR LO QUE NO EXISTE INCONVENIENTE PARA QUE EL SR. VÍCTOR HUGO GONZÁLEZ CERVANTES, PROMUEVA - LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO QUÍMICO.

A T E N T A M E N T E

ING. EUGENIO URRUTIA ALBISÚA



ING. JOSÉ MANUEL ROMERO IBAÑEZ



ING. NICOLÁS CASADO VARGAS



62769

PUEBLA, PUE., DICIEMBRE 1988.

A MI PADRE:

C.P. VÍCTOR GONZÁLEZ LEÓN, QUIEN CON SU BUEN EJEMPLO ME AYUDÓ A LLEGAR AL TÉRMINO DE UNA CARRERA PROFESIONAL, BRINDÁN DOME SU APOYO Y BUENOS CONSEJOS.

GRACIAS

A MI MADRE:

SRA. EDITH CERVANTES DE GONZÁLEZ, QUIEN FUÉ MÁS QUE UNA MADRE EN LOS MOMENTOS DIFÍCILES, DÁNDOME AMOR, CONSUELO Y APOYO.

DIOS TE BENDIGA

A MI HERMANO:

EDGAR GONZÁLEZ CERVANTES, QUIEN POR
SU ADMIRACIÓN POR MÍ, ME OBLIGABA A SER
SIEMPRE MEJOR Y SUPERARME CADA DÍA.

SIGUE ADELANTE

A MIS COMPAÑEROS:

EDUARDO, FERNANDO, JOSÉ ANTONIO
Y JOSÉ ARMANDO, CON QUIENES VIVÍ LOS
MEJORES MOMENTOS DE MI VIDA UNIVERSI
TARIA.

SUERTE

I N D I C E

PRIMERA PARTE

	<u>PAGINA</u>
CAPITULO I. <u>MECANISMOS DE PEGADO.</u>	1
CAPITULO II. <u>PREPARACION DE LA SUPERFICIE DE LOS ADHERENTES.</u>	7
2.1 Metales	7
2.2 Plásticos	10
2.3 Miscelánea de Diversos Materiales	21
CAPITULO III. <u>TIPOS DE ADHESIVOS, PROPIEDADES Y APLICACIONES.</u>	22
3.1 Clasificación por Función	23
3.2 Clasificación por Forma Física	24
3.3 Clasificación por la Forma de Aplicación	24
3.4 Clasificación por Adhesión Específica	25
3.5 Clasificación por Composición Química	25
3.6 SME Clasificación	34
3.7 Clasificación de Ryner	35
3.8 Composición de Adhesivos	36
3.9 Adhesivos Específicos y Sus Características	38
CAPITULO IV. <u>ADHESIVOS PARA ADHESIONES ESPECIFICAS.</u>	48
4.1 Metales	49
4.2 Termoplásticos	51
4.3 Termofijos	54
4.4 Plásticos Reforzados/Compuestos	55
CAPITULO V. <u>PROCESO DE PEGADO.</u>	61
5.1 Almacenamiento de Adhesivos	61
5.2 Preparación del Adhesivo	62
5.3 Métodos de Aplicación del Adhesivo	63
CAPITULO VI. <u>CEMENTOS SOLVENTES EN PLASTICOS.</u>	67
6.1 Recomendaciones para Adhesivos Específicos	69

	<u>PAGINA</u>
CAPITULO VII. <u>EFFECTOS DEL MEDIO AMBIENTE EN LA DURABILIDAD DE LA JUNTA ADHESIVA.</u>	76
7.1 Altas Temperaturas	78
7.2 Temperaturas Bajas y Criogénicas	81
7.3 Humedad e Inmersión en Agua	83
7.4 Erosión	85
7.5 Solventes Químicos	86
7.6 Radiación	87
7.7 Métodos de Prueba	89
CAPITULO VIII. <u>ALGUNAS APLICACIONES DE ADHESIVOS.</u>	95
8.1 Aplicaciones Automotivas	95
8.2 Industria Recreativa	96
8.3 Aplicaciones Marinas	97
8.4 Empacado	97
<u>SEGUNDA PARTE</u>	
CAPITULO IX. <u>POLIURETANO E ISOCIANATOS.</u>	100
9.1 Propiedades Físicas y Químicas del Uretano	100
9.2 Usos	102
9.3 Formulaciones de Algunos Adhesivos	105
9.4 Efectividad de los Adhesivos de Poliuretano e Isocianato	106
CAPITULO X. <u>METODOS Y PATENTES DE OBTENCION DE ADHESIVOS.</u>	109
10.1 Método del Isocianato como Antioxidante	109
10.2 Método Convencional de Vehículo Plástico o de Hule más Isocianato	110
10.3 Polimerización In Situ	111
10.4 Patentes de Algunos Adhesivos	114
CAPITULO XI. <u>COMO ELEGIR UN ADHESIVO</u>	
11.1 Preparación de la Superficie Adherente	117
11.2 Tipos de Adhesivos	120
11.3 Pegado	123
11.4 Efectos en la Junta Adhesiva	128

INDICE DE FIGURAS, TABLAS Y ANEXOS

	<u>FIGURAS</u>	<u>PAGINA</u>
Figura 1.1	Unión por Cohesión y Adhesión	1
Figura 6.1	Tensión Crítica de Superficie (c) dimas/cm	69
Figura 7.1	Temperatura de Prueba	84
Figura 10.1	Consumo y Producción Adhesivo Poliure- tano	113
Figura 11.1	Preparación Superficie Adherente	118
Figura 11.2	Zona Efectiva de Adhesión	118

	<u>TABLAS</u>	
Tabla 1.1	Mercado de Adhesivos en 1982	3
Tabla 1.2	Uso de Diversos Tipos de Adhesivos	4
Tabla 3.1	Clasificación de Adhesivos por Activa- ción y Diversos Requerimientos	24
Tabla 3.2	Propiedades de Adhesivos Elastomé- cos en Aplicaciones no Estructurales	28
Tabla 3.3	Esfuerzos entre Adhesivos Poliuretano, Nylon-Epóxico y Poliamida Epóxica	46
Tabla 3.4	Principales Polímeros Empleados para Solventes Basados en Adhesivos y Sol- ventes o Adhesivos Basados en Agua	46
Tabla 5.1	Cédula Almacenamiento Película Epóxi- ca Fenólica HT 424	62
Tabla 6.1	Solventes Recomendados para Poliesti- reno	73
Tabla 7.1	Resistencia al Medio Ambiente de la Junta Adhesiva de Adhesivo Alúmino	77
Tabla 7.2	Comparación de "Algunos" Adhesivos Criogénicos	83
Tabla 7.3	Efectos de la Condición MIL-STD-304 a Diferentes Tipos de Adhesivos	85A
Tabla 7.4	Efectos de la Radiación Gamma Sobre el Esfuerzo Cortante de un Adhesivo Elastómero Fenólico	88
Tabla 8.1	Empacado	98
Tabla 9.1	Propiedades de Algunos Carbamatos	102
Tabla 11.1	Codificación Pruebas de Pegado	124
Tabla 11.2	Resultados Prueba a 25°C	129
Tabla 11.3	Resultados Prueba a 100°C	130
Tabla 11.4	Resultados Prueba a 240°C	130
Tabla 11.5	Resultados Prueba Vacío 4-5 kg/cm ²	131
Tabla 11.6	Resultados Prueba Cámara de Luz U.V.	133

	<u>ANEXOS</u>	
Anexo "A"	Definiciones	138
Anexo "B"	Polímeros	143

CAPITULO I

MECANISMOS DE PEGADO

Las juntas adhesivas pueden ser del tipo de adhesión o por cohesión. Una junta adhesiva es interfacial entre la superficie adhesiva y el adherente; en tanto que una unión por cohesión se realiza en una superficie que muestra irregularidades. Esto se ilustra a continuación:

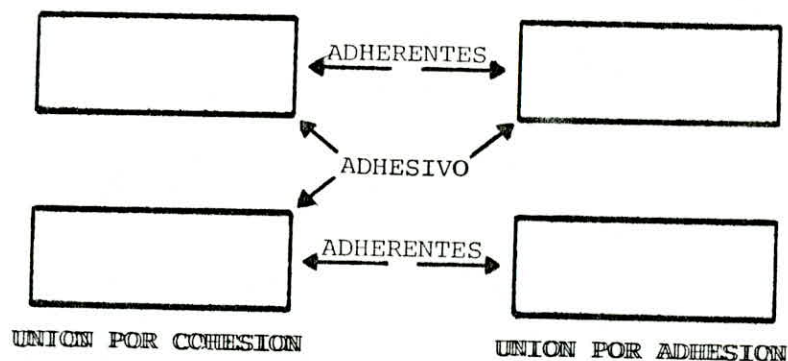


FIGURA 1.1

La junta por cohesión entre la misma clase e inclusive diferente tipo de adherentes, es el tipo de adhesión ideal debido a que en este tipo de adhesión el máximo esfuerzo de los materiales ha sido repartido de tal forma que se --

puede asegurar que ha sido eliminado. En diversas pruebas que se han realizado a los materiales unidos mediante am - bos tipos de juntas adhesivas, se ha comprobado que el ti - po de adhesión por cohesión es el de mayor resistencia.

En general, la prueba decisiva de un adhesivo es la re - sistencia al esfuerzo, más no así una prueba de degrada - ción o de combinación con las superficies adherentes.

En un momento dado, la liga formada entre el adhesivo y las superficies que van a ser unidas, puede ser una su - perficie líquida o un suave sólido que fácilmente puede -- ser deformado. Esto es necesario ya que por medio del flu - jo o la deformación, es como el adhesivo se debe amoldar - por sí mismo, íntimamente a la aspereza de los sólidos.

El adhesivo debe compartir cierta atracción mutua con las áreas de las superficies sólidas. El adhesivo debe te - ner la fuerza y la dureza de resistir la falla en la línea de én - colado, dentro de las condiciones en las cuales la -- junta esté sujeta en el servicio.

Conforme los aditivos se curen (ver Anexo I), enfríen, sequen o eliminen solventes, envejezcan, etc., éstos no de - ben encogerse indebidamente, haciendo que se establezcan - tensiones excesivas internas en la junta; por el contrario, el volumen de adhesivos en la unión debe ser el suficiente para llenar la junta.

Se debe insistir en que el principal objetivo de una - junta adhesiva es el de disipar el máximo esfuerzo en el - área de unión dada. Esto se logra haciendo que toda el -- área de la junta adhesiva "trabaje" como una sola pieza y no por medio de puntos aislados. Por esta razón, la junta adhesiva debe ser diseñada para minimizar las concentra -

ciones de los esfuerzos. Los esfuerzos a los que se somete la junta adhesiva quedan determinados por:

- 1) Propiedades mecánicas.
- 2) Esfuerzos residuales internos.
- 3) Area de las superficies internas verdaderas.
- 4) Geometría de la unión.

Cada uno de los puntos anteriores tiene una influencia primordial en el diseño de la unión. No siempre el esfuerzo al que se somete la junta adhesiva es fácil de predecir o de calcular, ya que puede ser el resultado de expansiones térmicas diferenciales entre adhesivos y adherentes -- (ver Anexo I), o bien, cuando los solventes se volatilizan y no encuentran camino o una vía de salida. Los esfuerzos internos disminuyen conforme el espesor del adhesivo disminuye, ya que el promedio de volátiles atrapados se ven disminuídos.

CONSUMO MUNDIAL DE ADHESIVOS.

En las tablas siguientes se presenta un extracto de datos obtenidos del "U.S. Adhesives and Sealants Market", publicada en Cleveland, Ohio. Dicha información predice que si en 1982 se vendieron un total de 9.1 billones de libras de adhesivos con un valor de 6.5 billones de Dólares, para 1992 se venderán 15 billones de libras con un valor de 25 billones de Dólares.

TABLA I-1

MERCADO DE ADHESIVOS EN 1982 .

<u>Industrias Consumidoras</u>	<u>MM Libras</u>	<u>MM Dólares</u>
Papel y Empacadores	4 630 (51%)	2 535 (39%)
Madera y Construcciones	1 985 (22%)	1 300 (20%)
Manufactura	2 033 (22%)	1 885 (29%)
Domésticos	440 (5%)	780 (12%)
T o t a l	9 088 (100%)	6 500 (100%)

TABLA I-2
USO DE DIVERSOS TIPOS DE ADHESIVOS

<u>Tipo</u>	<u>Monto</u> <u>MM Libras</u>
<u>+ Naturales</u>	
Almidón	2 337
Sodio Silicato	615
Dextrina	310
Hule	234
Animal	160
Fluor	109
Otros	255
T o t a l	<u>4 550</u> (50%)
 <u>+ Sintéticos Generales</u>	
Phenólicos	1 055
Mezclas calientes	533
Vinyl	733
Hule Diene	794
Urea	592
T o t a l	<u>4 057</u> (57%)
 <u>+ Sintéticos Mediante Ingeniería</u>	
Adhesivos Acrílicos	182
Adhesivos de Poliuretano	119
Adhesivos Epóxicos	33
Adhesivos Poliéster	16
Adhesivos Cianocilatos	1
Adhesivos Anaeróbicos	3
Silicónicos	37
Otros	50
T o t a l	<u>481</u> (5.3%)

CAPITULO II

PREPARACION DE LA SUPERFICIE DE LOS ADHERENTES

Para lograr una ligadura fuerte es necesario que en el momento que el adhesivo sea aplicado a la superficie del sólido, ambas superficies esten limpias de cualquier material que debilite el ligamento.

Deben tener un medio de escape los materiales entrampados en los intersticios de la superficie, tales como aire, humedad, solventes, gases u otros materiales volátiles.

El diseño de la unión debe ser el apropiado para soportar la magnitud y todos los tipos de carga en los que es - ten sujetos en su servicio.

Para una ligadura de máxima fuerza es esencial que el adhesivo tenga cierta afinidad con los materiales sólidos que van a ser ligados y que el adhesivo esté en contacto físico con el sustrato en todos los puntos.

Siempre y cuando la superficie adherente esté libre de contaminación, verdaderamente lisa y plana, y que el adhe-

sivo en el momento de la aplicación tenga una viscosidad - muy baja, se podrá emplear una sola gota del adhesivo y ob - tener un buen resultado.

Cuando un adhesivo falla al expandirse sobre una super - ficie muy lisa para alcanzar un ángulo de contacto bajo, - el problema puede estar en la superficie del sustrato por encontrarse oleosa o empolvada, o porque el adhesivo no -- tiene afinidad; por ello puede tener muy alta tensión de - superficie, o bien, puede estar muy viscoso para que pueda fluir rápidamente.

Como se ha dicho, una superficie lisa no ofrece el mis - mo rendimiento que una con irregularidades, debido a que - ésta ofrece mayor área de ligamiento-amarre. En este tipo de superficies es necesario, en la mayoría de los casos, - emplear ácidos o detergentes que remuevan las impurezas y así lograr un mejor contacto entre adhesivo y adherente.

En general, se ha acordado que para lograr un máximo - de fuerza y rigidez de una capa adhesiva en una junta, és - ta debe ser tan delgada como sea posible, sin llegar a una unión insuficiente. La cantidad de adhesivo debe ser sufi - ciente para llenar todas las ondulaciones y niveles de las asperezas de las superficies sólidas; es más, se debe te - ner en cuenta el volumen de encogimiento del adhesivo por difusión o por fluir dentro de los poros del sustrato y la aspereza del sustrato.

Las razones que muestran la conveniencia de aplicar -- una película delgada de adhesivo se indican a continuación:

- 1) Se requiere una fuerza mayor para deformar una película delgada, que una gruesa.
- 2) La probabilidad de fluir o cristalizarse es mayor con - forme aumenta el espesor.

- 3) Las tensiones internas o "de encierro" en las interfaces del adhesivo y las tensiones térmicas debidas a las diferencias de expansión.
- 4) Si el adhesivo es duro o rígido, una película delgada es más consistente contra el agrietamiento, cuando se flexiona.
- 5) Entre mayor sea el volumen de adhesivo en una junta, mayor es la probabilidad de que contenga una burbuja de aire, partículas sólidas sin ligar o alguna otra fuente de debilitamiento.

A continuación se mencionan algunos métodos para preparar distintas superficies, desde metales hasta diversos plásticos.

2.1 METALES.

2.1.1. Uranio.

Para cualquier adhesivo empleado con este metal, deseando que se tenga un buen resultado, el Uranio debe ser joven (un metal se considera joven cuando no ha rebasado su vida media) y perfectamente limpio y seco. Se recomienda remover cualquier indicio de óxido (el metal está realmente limpio cuando la superficie está brillante y seca).

A) Método Abrasivo.

Este método fue desarrollado por "Picatinny Arsenal Workers". Incluye el desengrasamiento del Uranio en un baño de vapor de Tricloroetileno y después lijando las superficies adherentes en un baño del adhesivo que va a ser empleado. Esto se hace para preveer una oxidación posterior en el Uranio por exposición con el aire del medio, después del lijado.

Las poliamidas epóxicas y los adhesivos de -

Poliuretano se recomiendan si únicamente son limpiadas las superficies que van a ser adheridas, ya que se corre el riesgo de que alguno de los otros lados de las piezas o partes esté contaminado o con óxido, disminuyendo - ésto posiblemente, la efectividad del adhesivo.

Por el contrario, si toda la pieza es perfectamente limpiada y lijada, éste problema se soluciona.

B) Método Acido.

Este método emplea adhesivos aluminizados, - cuando la superficie no tiene revestimiento antioxidante.

- a) Sumerja las piezas de Uranio en un baño - de una solución de Acido Nítrico y agua - en relación 1:1, con el objeto de elimi - nar grasas y desincrustarlas.
- b) Enjuague en agua destilada durante unos - minutos.
- c) Sumerja la pieza en un baño de una solu - ción de 9:1 de Acido Acético y Acido Clor - hídrico, durante tres minutos.
- d) Enjuague en agua destilada solo por un mo - mento.
- e) Enjuague perfectamente en Acetona.
- f) Seque con aire.

C) Método del Baño en Acido Nítrico.

Se emplea cuando se va a aplicar un revesti - miento antioxidante.

- a) Sumerja las piezas en una solución de 1:1 de Acido Nítrico y agua.

- b) Enjuague en Acetona.
- c) Sumerja durante diez minutos en un baño - de recubrimiento de 1.0 gramos de Acido - Esteárico purificado, disuelto en 95 a 99 ml de Acetona y 1 a 5 ml de Acido Nítri - co.
- d) Seque con aire.
- e) Enjuague mediante el rociado con Tetraclo - ruro de Carbono.
- f) Seque con aire.
- g) Almacene en agua destilada dentro de un - recipiente de polietileno a 60°C (140°F).

2.1.2. Zinc y Aleaciones.

Lo más comúnmente empleado para el Zinc y metales galvanizados, son métodos de limpieza mecánicos y químicos. A continuación se menciona - un método químico:

A) Acido Sulfúrico.

- a) Desengrase mediante vapor de Tricoloroeti - leno.
- b) Acondicione de 3 a 6 minutos a 38°C (100°F) en:

-Acido Sulfúrico concentrado	2 pbw
-Dicromato de Sodio cristalino	1 pbw
-Agua destilada	8 pbw
- c) Enjuague en una corriente de agua.
- d) Enjuague en agua destilada.
- e) Seque con aire a 40°C (104°F).

2.1.3. Titanio.

La Gruman Aerospace Corporation ha desarrollado una excelente técnica de limpieza para este metal. Es tal la efectividad del procedimiento -

que se emplea en la Fuerza Aérea de E.E.U.U. -
El método se determina como repasado de vapor o
Pasa Sell 107M. Los pasos a seguir son:

- a) Remueva las impurezas orgánicas con Metil --
Etil Cetona (MEK o Methy Ethyl Ketona)*.
- b) Remueva las impurezas inorgánicas con una so-
lución alcalina sin oxidante (a esta solu --
ción se le conoce como Oakite 164 y es sumi-
nistrada por Oakite Products).
- c) Ponga las superficies en un baño de la solu-
ción Pasa Sell 107M a temperatura ambiente,
por espacio de 10 minutos. (La solución Pa-
sa Sell 107M está compuesta básicamente de -
 HNO_3 , $\text{NO}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ y $\text{O}_2\text{S}_1\text{F}_6$).
- d) Después proceda a efectuar el proceso Vast -
sobre las superficies que van a ser adheri -
das. Dicho proceso consta básicamente en un
2% de $\text{H}_2\text{S}_1\text{F}_6$ y 500 ml de Alumina 240 (AlO_3).
- e) Enjuague con agua a temperatura de proceso -
(paso anterior).
- f) Sumerja la pieza en una solución al 5% de --
Acido Nítrico por espacio de 1 minuto (esto
depende si se está trabajando con aleaciones
de aluminio).
- g) Enjuague en agua desionizada a la temperatu-
ra de proceso.
- h) Seque con aire.
- i) Adhiera antes de cuatro días, después del --
tratamiento (experimentos han demostrado que
después de nueve días, es necesario un nuevo
tratamiento).

2.2 PLASTICOS.

Los siguientes procedimientos son los que se emplean -
comúnmente para plásticos específicos.

(*) Ver Apartado I.

Termoplásticos.

Las superficies de termoplásticos, así como las de termofijos*, requieren modificaciones físicas y químicas para lograr una adhesión aceptable. Especialmente en el caso de termoplásticos cristalinos, tales como las Poliolefinas (Polietileno y Polipropileno), Poliestireno y Fluoropolímeros+.

Los métodos sugeridos en la preparación de superficies son únicamente en el empleo de adhesivos convencionales. Solventes, cementos y soldadura térmica no requieren de preparación de superficie.

Al igual que en la preparación de superficies en metales, los efectos de limpieza en la superficie del plástico desaparecen con el tiempo, por lo que es importante iniciar los pasos de adhesión cuanto antes.

2.2.1. Acrilonitrilo-Butadieno-Estireno (ABS)+.

Este terpolímero puede ser preparado por medio de las siguientes técnicas:

A) Abrasión con Antioxidante*.

- a) Lije la pieza.
- b) Elimine cualquier partícula de polvo.
- c) Seque en un horno a 71°C (160°F) durante dos horas.
- d) Aplique en la superficie adherente algún antioxidante, como Dow Corning A-4094 o General Electric SS-4101.

B) Acido Crómico Tibio.

- a) Desengrase en Acetona.

(*) Ver Apartado I.

(+) Ver Apartado II.

b) Sumerja (a modo de lavar) en las siguientes soluciones:

-Acido Sulfúrico concentrado	26 pbw
-Dicromato de Potasio	3 pbw
-Agua	11 pbw

c) Enjuague en agua.

d) Enjuague en agua destilada.

e) Seque con aire caliente.

2.2.2. Nylon (Poliamida)+.

El tipo más comúnmente empleado de esta poliamida es el G6. En el caso del Nylon, los solventes y adhesivos son especiales, debido a que el Nylon generalmente se adhiere con metal y es difícil encontrar un adhesivo que se utilice para unir Nylon con Nylon.

El Nylon es relativamente termoplástico cristalino, que no es considerado solvente sensitivo. Por esta razón, deben ser empleados solventes fuertes en la preparación de la superficie. Algunos solventes recomendados son:

- Acetona (B.P. 56.5°C).
- Metil Etil Cetona (B.P. 79.6°C).
- Percloroetileno (B.P. 121°C).
- 1,1,1, Tricloroetileno (B.P. 74.1°C).
- M-17.
- Freón TMC (B.P. 36.2°C).
- Algunos detergentes también han sido empleados como solventes orgánicos.

El Nylon, como Policarbonato, absorbe rápidamente humedad del aire; por esta razón se recomienda

(+) Ver Apartado II.

da resguardar de la humedad antes de la unión.
A continuación el método de preparación.

A) Método Abrasivo.

- a) Lavar con Acetona.
- b) Seque con aire.
- c) Lije con papel lija del 120 hasta que el brillo desaparezca.
- d) Elimine cualquier partícula de polvo con una corriente de aire.

La adhesión debe hacerse cuanto antes, o bien, aplicar un antioxidante. Las partes adherentes deben ser calentadas ligeramente antes de ser unidas.

Los antioxidantes recomendados son: Nitrilo-Fenólico, Resorsinol-Formaldehído y Vinyl Fenólico. También han sido usadas resinas epóxicas en superficies metálicas y Nylon.

2.2.3. Polietileno (PE)+.

El Polietileno tiene una superficie no polar, no porosa e inerte. Por esta razón, los adhesivos no pueden unirse química o mecánicamente.

Se considera al Polietileno como inerte a la mayoría de los solventes, así que para poder unirlo consigo mismo o con algún otro material es necesario una preparación especial de la superficie.

Existen un sinnúmero de métodos en uso, incluyendo químicos, mecánicos y electrónicos; así

(+) Ver Apartado II.

como de flama y tratamientos antioxidantes. El método de oxidación es el de mayor éxito. Este incluye inmersión en una solución de Acido Crómico, exposición a una corona de descarga oxidación por flama y finalmente inmersión en una solución acuosa de Cloro, o bien, exposición a -- Gas Cloro, en presencia de luz ultravioleta.

El método de oxidación por medio de Acido Crómico, es probablemente, el más conveniente para emplearse con piezas de plástico moldeadas, de diversos contornos. A continuación se detalla dicho proceso.

a) Limpie con Acetona, Metil Etil Cetona o Xileno.

b) Sumerja en una solución de Acido Crómico:

-Dicromato de Potasio	75 gr	15 pbw
-Agua	120 gr	24 pbw
-Acido Sulfúrico concentrado	1500 gr	300 pbw

Por un espacio de 60-90 minutos a temperatura ambiente o 36-60 minutos a 160°F (71°C).

Nota: Disuelva el Dicromato de Potasio en -- agua limpia, después añada el Acido -- Sulfúrico en incrementos de 200 gramos. Agite después de cada adhesión.

c) Enjuague en una corriente de agua durante 3 minutos.

d) Seque en un horno con circulación de aire a 38°C (100°F), durante una hora aproximadamente.

Otro método también empleado, es el de flama -- oxidante. En este método se emplea Oxiacetileno en un quemador que se pasa sobre la superficie adherente, hasta que dicha superficie tenga una apariencia brillante.

Para asegurarse de que en la superficie adheren

te no existen remanentes de oxido, se recomienda un tallado con jabón y agua, con el objeto de que el oxido sea removido. Posteriormente, la superficie debe ser lavada con agua destilada y secada a temperatura ambiente.

Este método es más rápido y de mayor efectividad que el descrito anteriormente. Sin embargo, requiere de un control riguroso en la temperatura empleada en el quemador de Oxiacetileno, ya que puede rebasar la temperatura de moldeo (melting temperature del Polietileno). Además, este procedimiento es más seguro para piezas de poco espesor.

Otro método empleado para piezas con geometría compleja que no puede ser lijada o tratada con flama es el de Gas Plasma, en donde se emplean condiciones especiales, ya que es usado para adiciones fuertes y especializadas.

2.2.4. Polipropileno (PP)+.

Esta poliolefina es muy similar al Polietileno y la preparación de superficie es, en general, similar al descrito en el Polietileno. El tratamiento térmico, sin embargo, es un poco más riguroso que el descrito para el Polietileno, ya que para éste el método especifica que se acondiciona a temperatura ambiente de 60-90 minutos, o bien, a 160°F (71°C) de 30-60 minutos; no así para el Polipropileno, que debe ser a 160°F (71°C) por 1-2 minutos.

(+) Ver Apartado II.

A continuación se dan los detalles del proceso para la limpieza de superficie.

A) Método del Acido Crómico.

- a) Lave con Acetona, MEK o Xileno.
 - b) Sumerja durante 1-2 minutos en una solución de Acido Crómico, preparada como se menciona a continuación:
 - Dicromato de Potasio 15 pbw
 - Agua
 - Acido Sulfúrico concentrado 300 pbw
- Nota: Disuelva el Dicromato de Potasio en agua limpia y añada el Acido Sulfúrico en incrementos de 200 gramos, agitando después de cada adición.
- c) Enjuague en una corriente de agua durante tres minutos.
 - d) Enjuague en agua destilada o desionizada.
 - e) Seque en un horno con circulación de aire a 38°C (100°F), durante una hora aproximadamente.

También se puede emplear el método de Flama Oxidante, aunque las condiciones y detalles son iguales que para el Polietileno.

2.2.5. Poliestireno (PS)+.

Este material generalmente se adhiere consigo mismo, o bien, con adhesivos convencionales, adhesivos térmicos o, en su defecto, con adhesivos electromagnéticos.

Para unir Poliestireno con otro material se recomiendan adhesivos convencionales. La preparación de superficie tiene varios métodos, los cuales se indican a continuación.

(+) Ver Apartado II.

A) Esmerilado o Lijado.

- a) Desengrase con Alcohol Metílico o Isopropílico.
- b) Lije o esmerile con un papel N° 200 y después elimine cualquier indicio de polvo.

B) Método del Dicromato de Potasio - Acido Sulfúrico.

- a) Desengrase con Alcohol Metílico o Isopropílico.
- b) Sumerja las piezas por espacio de 3-4 minutos en una solución preparada según se indica y a una temperatura de 210°-220°F (99°-104°C).

-Acido Sulfúrico concentrado	90 pbw
-Dicromato de Sodio	10 pbw
- c) Enjuague completamente con agua destilada.
- d) Seque a una temperatura no mayor de 49°C (120°F).

Nota: Existe una modificación no muy --- usual al método del Acido Crómico. Desde que no se agrega agua para diluir el ácido, una mayor temperatura en la inmersión se puede ocupar cuando se emplea agua. La temperatura es de alrededor de 106°F (71°C), mientras que con esta modificación se puede emplear a 210°-220°F (99°-104°C).

C) Método sin Inmersión.

Si el Poliestireno (piezas), va a ser unido para aplicaciones de alta frecuencia, es recomendable aplicar el método de limpieza de superficie sólo al área que va a ser unida. Este método se indica a continuación:

- a) Desengrase con Alcohol Metílico o Isopropílico.
- b) Aplique a la superficie adherente la siguiente pasta thixotrópica:

-Acido Sulfúrico concentrado	3 pbw
-Polvo de Potasio	1 pbw

- c) Caliente las piezas a 180°F (82°C) y mantenga durante 3-4 minutos con la pasta thixotrópica en la superficie en tratamiento.
- d) Enjuague completamente con agua destilada.
- e) Seque a no más de 66°C (150°F).

2.2.6. Policloruro de Vinilo (PVC)+.

El método aquí descrito es empleado para homopolímeros lineales o componentes rígidos. Estos componentes contienen arriba del 5% de plastificante, haciendo más difícil su adhesión por cualquier método. Para unir PVC rígido, son utilizadas mezclas calientes, especialmente las que emplean gas.

Generalmente cualquier solvente es empleado para remover plastificante, grasa y mugre. Si se tienen lijas (de varios gruesos) o cualquier otro mecanismo de limpieza, se recomienda el siguiente método:

- a) Enjuague con solvente, como Metanol, Ether, MEK, Tolueno o Tricloroetileno.
- b) Lije con lija media (280).
- c) Remueva el polvo.
- d) Repita las indicaciones del inciso a).
- e) Seque.
- f) Si la superficie es muy grande, recubra con un adhesivo a base de Nitrilos Fenólicos, o bien, aplique el adhesivo inmediatamente.

(+) Ver Apartado II.

2.2.7. Poliéster+.

El poliéster es un polímero no lineal insaturado, similar a resinas fenólicas y epóxicas en cuanto a la preparación de superficie, por lo mismo, se recomiendan los mismos métodos de preparación que éstos.

2.2.8. Poliuretano+.

El Poliuretano, como la Poliamida, es algunas veces termoplástico. Esta resina está formada a partir de la reacción del poli-isocianato con los componentes que contienen un hidrógeno reactivo. El plástico puede ser rígido o flexible y de diversas densidades (por ejemplo: hojas, espumas, etc.).

Los Poliuretanos tienen excelente adhesión y resistencia a la fricción, buena resistencia química y resistencia superior impacto, pero su limitación extrema en la temperatura de operación (121°C como máximo). Los Poliuretanos o Urethanos como frecuentemente son llamados, también tienen excelentes propiedades eléctricas.

El limpiado siempre se hace con un lijamiento suave y removiendo cualquier partícula extraña de la superficie adherente. Se recomienda una impresión con antioxidante antes de la adhesión.

Se considera que el Poliuretano tiene mejores propiedades de cohesión que de adhesión, por lo que la superficie interfacial debe estar débil en la unión. Por esta razón se sugiere el siguiente método de preparación:

(+) Ver Apartado II.

- a) Enjuague con Acetona o MEK.
- b) Lije perfectamente (hoja N° 100).
- c) Enjuague y frote con un paño.
- d) Enjuague según se indica en el inciso a).
- e) Seque.
- f) Emplee Uretano o antioxidante de silicón como base de adhesión.

2.3 MISCELANEA DE DIVERSOS MATERIALES.

2.3.1. Asbestos.

- a) Lije perfectamente con hoja del N° 100.
- b) Remueva el polvo.
- c) Desengrase con Acetona.
- d) Seque con aire para permitir que el solvente se evapore.

Un método alternativo es aplicar antioxidante - con el adhesivo diluído o Resina Ester de baja viscosidad.

2.3.2. Vidrio (No Optico).

A) Tratamiento Abrasivo.

- a) Lije con alúmina y solución de agua.
- b) Desengrase con Acetona o algún detergente.
- c) Seque durante 30 minutos a 100°C.
- d) Aplique el adhesivo después de que el vidrio recobre la temperatura ambiente.

2.3.3. Vidrio (Optico).

Este vidrio no debe ser expuesto a ácidos y so-

luciones alcalinas.

- a) Limpie con equipo ultrasónico con solución - de detergente.
- b) Seque con aire o en horno a menos de 40°C.

2.3.4. Cerámicos (Glazeados).

- a) Desengrase con solventes como la Acetona o - lave en solución tibia de detergente.
- b) Enjuague.
- c) Seque.

62769

CAPITULO III

TIPOS DE ADHESIVOS, PROPIEDADES Y APLICACIONES

Existen gran variedad de clasificaciones de adhesivos, dependiendo de las ventajas que se requieran. Sin embargo, ninguna clasificación universal es reconocida ya que todas las clasificaciones se basan en las funciones, composiciones químicas, formas físicas y aplicaciones. A continuación se presenta una variedad de clasificaciones.

3.1 CLASIFICACION POR FUNCION.

A) Adhesivos Estructurales.

Hay materiales con gran poder de unión, cuya primera función es mantener las estructuras unidas y capaz de resistir altas tensiones.

B) Adhesivos No Estructurales.

Este tipo de adhesivos no resisten grandes esfuerzos, pero si sostienen cuerpos ligeros. Son conocidos comúnmente con el nombre de "pegamentos". Ejemplos de estos: adhesivos/sellos* (adhesivos sellantes).

(*) Ver Aparado I.

3.2 CLASIFICACION POR FORMA FISICA.

El estado físico del adhesivo determina la forma en -- que va a ser aplicado.

3.2.1. Adhesivos Líquidos.

Este tipo es fácil de manejarse y de aplicarse (espreadadores o brocha).

3.2.2. Adhesivos Sólidos (Pastas).

Los adhesivos en pasta son de gran viscosidad, lo que permite una fácil aplicación en superficies verticales con poco riesgo de derrame. Además, este tipo de adhesivo sirve como superficie de adhesión para materiales de pobre linealidad.

3.2.3. Adhesivos - Película.

Tienen una pobre ayuda como rellenos de superficie de adhesión, pero proveen gran uniformidad de línea y ofrecen la ventaja de no necesitar emparejado y acoplamiento. Este tipo de adhesivos se emplean en hojas de adhesión, o -- bien, como refuerzo.

3.2.4. Adhesivos en Polvo.

Este tipo requiere ser calentado para aplicarse como si fuese líquido.

3.3 CLASIFICACION POR LA FORMA DE APLICACION.

Existen diversas clasificaciones de acuerdo a la forma de aplicarse. Dependiendo de la viscosidad, los adhesivos son espreables, aplicables con brocha o paleta.

Adhesivos de alto peso, como las pastas y mastiques, -

TABLA 3-1

CLASIFICACION DE ADHESIVOS POR ACTIVACION Y DIVERSOS REQUERIMIENTOS

REQUERIMIENTO	TIPOS DISPONIBLES	FORMAS EMPLEADAS	ADVERTENCIAS
Calor	Temperatura de habitación 252°C (máximo), más usual adhesivo estructural.	Líquido más común.	La aplicación de calor favorece la adhesión de cualquier adhesivo.
Presión	Disponible para contactos de hasta 500 psi.	Líquido y polvo más común.	Los diversos tipos de presión modifican las propiedades de adhesivo, incluso de resinas epóxicas.
Tiempo	Aquellos que requieren -- desde pocos segundos hasta una semana.	Hecho en todas las formas posibles.	La efectividad de tiempo varía dependiendo de la presión y esfuerzo inmediato.
Catálisis	Variación extrema en términos de catálisis química, pudiendo contener -- "thinners".	De dos formas: -Pasta y líquida. -Líquida y líquida.	Este tipo, algunas ocasiones requiere de elevadas temperaturas.
Vulcanizantes	Las diversas formas en -- ocasiones requieren la -- adición de un agente químico (generalmente sulfuro).	Generalmente los -- compuestos por dos líquidos.	Estos tipos de adhesivos requieren entre 250° y -- 350°F.
Reactivación	Estos tipos requieren calor o un solvente, o bien, de un adhesivo que sea en volvente.	Películas secas o -- previa aplicación -- de líquidos.	El tipo de mezcla caliente es recomendable para superficies no porosas.

se consideran como extrudables y deben ser aplicados - por medio de pistola de presión o bomba neumática.

Otra forma de distinguir los adhesivos es en la manera en que éstos fluyen o solidifican. Como se muestra en la Tabla 3-1, algunos adhesivos solidifican simplemente por la pérdida del solvente, en tanto que otros endurecen como resultado de la actuación por calor o -- reacción química. Sistemas de presión sensitiva flu - yen con presión y se estabilizan al desaparecer.

3.4 CLASIFICACION POR ADHESION ESPECIFICA O APLICACION.

Algunos adhesivos pueden ser clasificados por su uso - final, según se indica a continuación:

- A) Substratos de metal, madera y vinílicos.
- B) Resistentes al medio ambiente: ácidos, calor, humedad y diversas situaciones.

3.5 CLASIFICACION POR COMPOSICION QUIMICA.

Esta clasificación considera los adhesivos sintéticos, como termofijos+, termoplásticos+, elastómeros o combinaciones de estos tres tipos (aleaciones).

3.5.1. Adhesivos Termofijos.

Existen materiales a los que no se les puede -- aplicar el adhesivo después de la preparación - de la superficie, pues algunas preparaciones in - cluyen reacción química a temperatura ambiente.

Algunos adhesivos termofijos requieren de una - presión considerable, en tanto que otros sólo - la presión de contacto. En ocasiones se reco - miendan solventes para facilitar la aplicación

(+) Ver Apartado II.

sólo si el adhesivo carece del solvente. Los adhesivos termofijos se elaboran ya sea de una sola parte o de dos partes.

• **A) Adhesivos Termofijos de Una Sola Parte.**

Estos siempre requieren de elevada temperatura para su aplicación y tienen una vida media corta.

B) Adhesivos Termofijos de Dos Partes.

Tienen una vida media mayor que los anteriores y una aplicación más aceptable.

Existe una gran variedad de materiales que pueden ser adheridos con adhesivos termofijos, pero la mejor aplicación se puede tener con los siguientes adhesivos.

Los adhesivos termofijos incluyen:

- ⌘ Cianocrilatos
- ⌘ Poliéster
- ⌘ Urea-Formaldehído
- ⌘ Melamina-Formaldehído
- ⌘ Resorcinol y Fenol Formaldehído
- ⌘ Resinas Epóxicas
- ⌘ Poliamidas
- ⌘ Acrílicos
- ⌘ Acrílico Acido Diester

3.5.2. Adhesivos Termoplásticos.

Son componentes de una sola parte que endurecen mientras se enfría la mezcla, o bien, mientras se evapora el solvente o el agua de vehículo. Los adhesivos de madera son emulsiones termoplásticas que son generalmente preparadas en casa. Endurecen por medio de la evaporación de agua a partir de una emulsión*.

(*) Emulsión Ver Apartado I.

La gran mayoría de los adhesivos son aplicados a través de un vehículo. Estos adhesivos no se recomienda usarlos a temperaturas arriba de -- 150°F (60°C), aunque en ocasiones (usos especiales) se usan hasta los 200°F (90°C). Algunos - adhesivos termoplásticos incluyen:

- £ Celulosa Acética
- £ Celulosa Nítrica
- £ Polivinil Celulosa
- £ Polivinil Acetato
- £ Vinil Vinilideno
- £ Alcohol Polivinílico
- £ Poliamida
- £ Acrílicos
- £ Fenóxidos

3.5.3. Adhesivos Elastoméricos.

Este tipo de materiales está basado en políme - ros naturales o sintéticos, teniendo una tenaci - dad y elongación superior. La preparación de - superficie depende del adhesivo que se vaya a - utilizar.

La utilidad de estos adhesivos es muy variada, pero casi siempre se emplean para altas degrada - ciones o flexibilidades y superior tensión su - perficial (lineal).

La presentación más usual para este tipo de ad - hesivos es la líquida y aunque existen pelícu - las de este adhesivo, casi nunca se mezclan com - pletamente. Los usos frecuentes son en juntas con poco peso, por lo que no se puede conside - rar como un adhesivo estructural. Es necesario hacer notar el uso de éstos en juntas flexibles.

Los adhesivos elastométicos incluyen:

- £ Hule Natural
- £ Goma Reextruída

TABLA 3-2

PROPIEDADES DE ADHESIVOS ELASTOMERICOS EN APLICACIONES
NO ESTRUCTURALES

CONCEPTO	ADHESIVOS A BASE DE:	
	HULE NATURAL (POLISOPRENO)	HULE REEXTRUIDO
Descripción	Soluciones solventes; tipo látex y vulcanizados.	Soluciones solubles, algo de dispersión en agua. La mayoría son rojos, grises y negros.
Método Preparación de Superficie	Evaporación del solvente; tipo -vulcanización por calor.	Evaporación del solvente.
Adherentes más Usuales	Hule Natural, sonita, madera, papel, metal, fieltro y tela.	Hule, esponja, tela, madera, metal, pintura, elementos estructurales y cuero.
Ventajas	Excelente mixtura y resistencia al agua.	Bajo costo, fácil aplicación con rodillo, espreado o brocha. Gran resistencia a la tensión al endurecer, buena mixtura y resistencia al agua.
Limitantes	Se hace quebradizo con el tiempo. Pobre resistencia a solvente orgánico, baja adherencia con metales.	Envejece con el tiempo; pobre resistencia solventes orgánicos.
Características Especiales	Resistencia a la tensión de 30 a 180 psi. La superficie no es necesario que esté preparada.	Bajo costo, muchos usos. Mayor resistencia que con hule natural

Continuación TABLA 3-2

CONCEPTO	ADHESIVOS A BASE DE:	
	HULE BUTILICO	POLI ISOBUTILENO
Descripción	Sistemas solventes y látex.	Solución solvente.
Método Preparación de Superficie	Evaporación del solvente con calor.	Evaporación del solvente.
Adherentes más Usuales	Hule y metal.	Plásticos, películas, hule, metal, papel y oropel.
Ventajas	Excelentes propiedades de pegado.	Excelentes propiedades de pegado; proporciona suavidad en la junta.
Limitantes	Si se aplica en metales, éstos deben ser tratados con antioxidantes.	Es atacado por hidrocarburos; poca resistencia térmica.
Características Especiales	Baja permeabilidad a gases; buena resistencia al agua y químicos. Pobre resistencia a aceites baja tensión.	Buena adhesión; baja resistencia a la tensión.

Continuación TABLA 3-2

CONCEPTO	ADHESIVOS A BASE DE:	
	HULE NITRILLO	HULE ESTIRENO BUTADIENO
Descripción	Soluciones solventes compuestas de resinas, óxidos metálicos y - fieltros.	Soluciones solventes debido a -- que el pegado es bajo. La resina de hule está compuesta de acei - tes plastificantes.
Método Preparación de Superficie	Evaporación del solvente por calor o presión.	Evaporación del solvente.
Adherentes más Usuales	Hule (particularmente nitrilo), metal y plásticos vinílicos.	Tela, cropel, películas plásti - cas, hules, esponjas y maderas.
Ventajas	Adhesivos estables; excelente resistencia a los aceites. Fácilmente modificable por adhesión o resinas termofijas.	Excelente resistencia al agua y al calor; apariencia uniforme, - bajo costo. No degrada el color.
Limitantes	No pega bien con hules naturales o butil.	Pobre características de esfuer - zo, tendencia a agrietarse.
Características Especiales	Mayor versatilidad en los adhesi - vos de hules. Resistencia supe - rior a los aceites y solventes - orgánicos. Esfuerzo cortante de 150 a 2000 psi.	Generalmente mejores propiedades que los adhesivos a base de hu - les. Temperatura de uso de -40°F (-40°C) a 60°F (71°C).

Continuación TABLA 3-2

CONCEPTO	ADHESIVOS A BASE DE:	
	POLIURETANO	POLISULFATOS (HULES)
Descripción	Dos partes: líquidas o pastas.	Dos partes: líquidas o pastas.
Método Preparación de Superficie	Por dos partes o mayor.	En dos partes o mayor.
Adherentes más Usuales	Plásticos, metales y hule.	Madera, metales y plásticos.
Ventajas	Excelente adhesión a temperatu - ras criogénicas. Buena tensión a estas temperaturas.	Resistencia al agua, a solventes orgánicos, grasas, aceites y -- agua salada. Flexibilidad a baja temperatura de -80°F (-62°C).
Limitantes	Pobre resistencia a la degrada - ción hidrolítica, aún en el ti - po poliéster.	Pobre resistencia a altas tempe - raturas.
Características Especiales	Excelente resistencia al esfuer - zo cortante de -400°F a 200°F - (240°C a 93°C). Pobre resisten - cia a nuevas mezclas, antes y - después de la preparación de su - perficie. Buena adhesión a plás - ticos.	Resistente a una amplia variedad de solventes, aceites y grasas. Buena impermeabilidad de gases; resistencia al agua y ozono.

Continuación TABLA 3-2

CONCEPTO	ADHESIVOS A BASE DE	
	SILICON	NEOPRENO (CLOROPRENO)
Descripción	Solución solvente en dos partes.	Látex y soluciones solventes. A menudo compuestas con resinas, - óxidos metálicos y rellenos.
Método Preparación de Superficie	Evaporación de solvente en dos - partes o a altas temperaturas.	Evaporación de solventes.
Adherentes más Usuales	Metales, vidrio, plásticos, hu - le (incluyendo silicón, butil y flurocarbonos).	Metales, cuero, tela, plásticos, hule (particularmente neopreno, madera y elementos estructura -- les).
Ventajas	Retiene la propiedad de flexibi - lidad a altas temperaturas, re - sistencia a la humedad, agua ca - liente y oxidación.	Buena resistencia al agua, biode gradación, acetona, alcohol etí - lico, lubricantes, ácido débil y álcalis.
Limitantes	Algunas deformaciones (curado -- con ácido). Posible corrosión - con equipo eléctrico.	Afecta el contacto con hidrocar - bonos aromáticos y clorados, al - gunas cetonas y agentes oxidan - tes fuertes.
Características Especiales	Excelente resistencia a altas -- presiones; buena resistencia a - las tensiones.	Mejor en muchos aspectos a otros adhesivos. Tensión, tiempo de en - durecido, temperaturas de 200°F (93°C) y en ocasiones 350°F --- (177°C). Resistente a la luz, -- clima, ácidos medios y aceites.

- ⌘ Goma Butílica
- ⌘ Poli Isobutileno
- ⌘ Hule de Estireno-Butadieno
- ⌘ Poliuretano
- ⌘ Polisulfatos
- ⌘ Silicón
- ⌘ Neopreno

3.5.4. Aleación de Adhesivos.

Estas aleaciones se realizan con la combinación de resinas de dos diferentes grupos, escogidas a partir de las termofijas, termoplásticas o elastoméricas.

Las resinas termofijas son escogidas por su alta tensión, es plastificada por una segunda resina. Estos adhesivos emplean la mayor parte de las propiedades de sus componentes.

A excepción de las resinas epóxicas, el calor y la presión son recomendados para la preparación de superficie. La gran mayoría de los solventes son dispersiones o 100% sólidos.

Estos adhesivos tienen una combinación balanceada de propiedades y generalmente son más fuertes o por encima de la temperatura de operación.

Los materiales a pegar van desde metales, cerámicas, vidrios y plásticos termofijos. Se aplican para grandes tensiones o altas temperaturas. La aleación de adhesivos incluye:

- ⌘ Epóxicos-Fenólicos
- ⌘ Epóxicos-Polisulfatos
- ⌘ Epóxicos-Nylon
- ⌘ Nitrilos-Fenólicos
- ⌘ Neopreno-Fenólico
- ⌘ Vinil-Fenólico
- ⌘ Polivinil Acetal Fenólico

3.6 SME CLASIFICACION.

La Society of Manufacturing Engineers Publication, ha proporcionado una clasificación muy valiosa.

3.6.1. Adhesivos del Tipo Reactivo Químico.

A) Pluricomponentes Químicos Catalítico.

- £ Epóxicos
- £ Fenólicos
- £ Resorsinol Formaldehído
- £ Poliéster

B) Preparación Química.

- £ Polisulfatos
- £ Poliuretanos
- £ Silicones

C) Preparación vs Humedad.

- £ Cianocrilatos
- £ Epóxico (en un solo componente)

Sistemas activados por calor (una sola parte) -
(puede ser película).

- £ Poliamida
- £ Epóxicas
- £ Nylon
- £ Fenólicos
- £ Polivinil Acetales
- £ Vinil Fenólicos
- £ Vinil Epóxicos
- £ Uretanos

3.6.2. Adhesivos Evaporativos o por Difusión.

A) Sistemas Basados en Solventes.

- £ Hule Natural
- £ Hule Reextruído
- £ Hule Sintético
- £ Neoprenos (Policloropreno)
- £ Hule Butílico
- £ Hule Estireno Butadieno
- £ Fenólicos
- £ Uretanos
- £ Resinas Vinílicas
- £ Poliestireno
- £ Acrílicos

- ⌘ Miscelánea:
 - Estéres Celulosa
 - Asfalto
 - Poliamidas
 - Resinas Fenóxicas

3.6.3. Sistemas a Base de Agua.

- ⌘ Hule Natural
- ⌘ Hule Reextruído
- ⌘ Hule Sintético
- ⌘ Vinil Resínico
- ⌘ Acrílicos
- ⌘ Miscelánea de Adhesivos:
 - Productos naturales (goma animal, soya, ca-
seína y derivados de celulosa).
 - Copolímeros conteniendo carboxílicos.

3.6.4. Adhesivos de Mezcla Caliente.

- ⌘ Etilen-Vinil Acetato y Resinas Poliolefínicas
- ⌘ Poliamidas (Nylon) y Resinas Poliéster
- ⌘ Otras mezclas calientes:
 - Poliéster-Amidas
 - Elastómeros Termoplásticos

3.6.5. Películas.

- ⌘ Viniles Fenólicos
- ⌘ Fenoles Epóxicos
- ⌘ Fenoles Nitrílicos
- ⌘ Nylon Epóxico
- ⌘ Elastómeros Epóxicos
- ⌘ Polímeros Aromáticos

3.7 CLASIFICACION DE RYNER.

Aquí otra clasificación útil, muy similar a la ante --
rior pero de diferente estructura.

3.7.1. Adhesivos de Resinas Termofijas.

- ⌘ Urea-Formaldehído
- ⌘ Melamina-Formaldehído
- ⌘ Fenol-Formaldehído
- ⌘ Resorcinol-Formaldehído
- ⌘ Epóxicos
- ⌘ Poli-Isocianatos (Poliuretano)

- ⌘ Poliésteres
- ⌘ Silicones
- ⌘ Furanos
- ⌘ Acrílicos
- ⌘ Nylons Solubres
- ⌘ Poliaromáticos*

(*) Estos realmente son termoplásticos, pero a menudo se agrupan como resinas termofijas.

3.7.2. Adhesivos de Resinas Termoplásticas.

- ⌘ Celulosa
- ⌘ Adhesivos Polivinílicos
- ⌘ Polivinil Ester
- ⌘ Acetal Polivinil
- ⌘ Alcohol Polivinílico
- ⌘ Eter Alkil Polivinil
- ⌘ Poliestireno
- ⌘ Resinas Acrílicas
- ⌘ Ester Acrílicos
- ⌘ Acido Acrílico Diester
- ⌘ Cianocrilatos
- ⌘ Copolímeros Acrílicos
- ⌘ Resina Poliamida y Nylon
- ⌘ Miscelánea de Adhesivos Termoplásticos:
 - Policarbonatos
 - Polietileno

Otras mezclas calientes:

- ⌘ Etil Celulosa
- ⌘ Polivinil Acetato
- ⌘ Etilen Vinil Acetato
- ⌘ Etilen Etil Acrilato
- ⌘ Butil Metacrilato
- ⌘ Poliestireno y Copolímero
- ⌘ Polisobutileno
- ⌘ Resinas de Hidrocarburos
- ⌘ Polipropileno
- ⌘ Poliamidas
- ⌘ Poliésteres

3.8 COMPOSICION DE ADHESIVOS.

En la actualidad, casi todos los adhesivos tienen la siguiente composición:

A) Base de Adhesivo o Empastador*.

Este es el componente primario que tiene la función

de mantener los substratos unidos. El empastador es el mismo de donde deriva el nombre del adhesivo. Un adhesivo epóxico se forma de varios componentes, pero el empastador es una resina epóxica.

B) Endurecedor (para Adhesivos Termofijos)*.

Esta es una sustancia que se añade al adhesivo para que tome parte en la reacción por medio de la catálisis. Los adhesivos de dos partes, generalmente tienen una parte como base (descrita anteriormente), y una segunda parte como endurecedor. Al mezclarse, la reacción química lleva a solidificar al adhesivo. Un componente catalítico es un acelerador de reacción entre la base y el endurecedor. Muy pequeñas cantidades de catalizador son empleadas en relación a los otros componentes.

3.8.1. Solventes*.

Los solventes son necesarios para expandir correctamente el adhesivo. Los solventes se usan con resinas sintéticas y elastómeros.

3.8.2. Diluyentes*.

Son líquidos añadidos a los adhesivos para reducir la concentración de sólidos en los materiales. También se adicionan para disminuir la viscosidad y modificar las condiciones de procesado de algunos adhesivos. Diluyentes reactivos reaccionan con la base para formar parte del adhesivo, pero no se evapora como el solvente.

(*) Ver Apartado I.

3.8.3. Rellenos.

Estos elementos no tienen propiedades adhesivas pero sirven para dar cuerpo, propiedades, pureza, permanencia y otras cualidades al adhesivo. También los rellenos se emplean para aminorar costos. Cambios considerables en las propiedades de adhesivos se logran con diferentes tipos de rellenos. También estos influyen en las características típicas del adhesivo, como expansión térmica, conductividad térmica y eléctrica, encogimiento y resistencia al calor.

3.9 ADHESIVOS ESPECIFICOS Y SUS CARACTERISTICAS.

El análisis anterior cubre una gran cantidad de adhesivos, pero existen otros tantos que se catalogan en forma particular. Por motivo de espacio, a continuación sólo se enumeran unos cuantos.

3.9.1. Acrílicos.

Una gran cantidad de acrílicos se emplean para unir tela, plásticos, cuero y en algunos casos, metales. Los monómeros de acrílico más empleados en adhesivos son Etil Acrilato, Metil Acrilato, Acido Metacrílico, Acido Acrílico, Acrilamida y Acrilonitrilo.

Estos polímeros y copolímeros son solubles en compuestos orgánicos y se pueden adicionar en la misma manera que cualquier otro sistema de solvente.

En adhesión, los polímeros son solubles en monómero y cuando se adiciona el catalizador, la polimeración resulta, proporcionando buen pegado para el plástico y vidrios de composición similar, como el Polimetil Metacrilato.

3.9.2. Poliamida (Nylon) y Resinas Poliéster.

Dentro de los adhesivos de mezcla caliente, éstos son los que más ofrecen en cuanto a tenacidad y servicios generales; se especializan para vidrio, madera, espumas, cuero, hule y algunos metales. Las Temperaturas de operación van desde -40°F (-40°C), hasta aproximadamente 180°F (82°C). Algunas formulaciones alcanzan 200°F (93°C).

Generalmente son más fuertes los adhesivos de mezclas calientes basados en poliésteres, que los compuestos de nylon.

3.9.3. Gomas Naturales.

Este tipo de adhesivo engloba los derivados de vegetales y animales, pero sólo se limitan a ser empleados en papel, madera y oropel. Su rango de tensión es de 5-1000 psi.

Muy pocas gomas naturales conservan sus propiedades a temperaturas superiores a 212°F (100°C). La gran mayoría de éstos tienen una pobre resistencia a la humedad, fango y gusanos; sin embargo, tienen muy buena resistencia a los solventes orgánicos.

Los adhesivos más comunes de este tipo son:

A) Gomas Vegetales.

Estas son solubles, o bien, se pueden dispersar en agua y son producidas o extraídas de recursos naturales.

a) Almidón. - Los adhesivos a base de almidón, comúnmente llamados "engrudos", se derivan de la planta Cassava, aunque también se emplean otros recursos. El almi-

dón es generalmente calentado en un medio alcalino como el NaOH y después se enfría a temperatura ambiente para preparar la dispersión.

b) Dextrinas. - Estos resultan de la degradación del almidón producido al calentar -- con la presencia o ausencia de agentes hidrolíticos. Generalmente en esto se emplean sustancias ácidas o básicas. El uso de dichos adhesivos es básicamente en el papel.

c) Gomas de Soya de Frijol. - Esta es la proteína más comúnmente empleada en la elaboración de adhesivos a partir de granos, - nueces (semillas) y cáñamo. Estos adhesivos son más baratos y pueden ser empleados para crear sistemas semiresistentes - al agua. La proteína de soya del frijol es separada mecánicamente y empleada como caseína con la adición de sales de calcio para crear resistencia al agua.

B) Gomas de Origen Animal.

Estas gomas son derivadas directa e indirectamente de animales, incluyendo mamíferos, - insectos y pescados, así como productos lácteos. Esta categoría no debe ser denominada como "gomas animales", ya que éste es un término específico.

a) Goma de Caseína. - La caseína es una proteína de la leche, la cual se obtiene por precipitación. Antes de mezclar las gomas con agua se debe realizar un previo mezclado en seco de éstas y después apli-

carse. Las gomas de caseína se emplean a temperatura ambiente y éstas endurecen -- por la pérdida de agua o por reacción química de la conversión de la proteína. Sus principales aplicaciones son el empaçado de papel y el sellado de botellas de vidrio.

b) Gomas a Partir de Sangre Animal. - Estas gomas son empleadas de la misma manera -- que las de caseína. Las proteínas de la sangre son precipitadas, secadas y vendidas como relleno de adhesivo, pero en realidad, al mezclarse con agua o hidróxido de sodio, hacen una solución que al ser calentada o presionadas coagulan, endureciendo por la pérdida de agua. Este proceso dura de 10-30 minutos a 158°-248°F - (70°-230°C), con una presión de 72-102 -- psi. En tanto que materiales porosos requieren sólo de unos cuantos minutos a -- 176°F (80°C).

c) Gomas Animales. - El término "gomas animales" es natural para este grupo, ya que -- las gomas se preparan únicamente de mamíferos (piel, huesos y cartílagos). Otras clases de adhesivos obtenidos a partir de recursos animales se suelen llamar de -- acuerdo al animal de donde provienen.

d) Gomas de Pescado. - Estos productos son -- principalmente derivados de la piel y esqueleto del pescado y como tiene propiedades similares a las gomas de animales -- (piel, huesos y cartílagos), los han des-

plazado en el mercado por su bajo costo. Muchos de los adhesivos desarrollados industrialmente tienen la ventaja de que -- son fáciles de aplicar, en tanto que los de grasas de animales necesitan calor o -- presiones excesivas.

- e) Laca. - Las lacas son termoplásticos derivados a partir de insectos. Son empleadas en soluciones alcohólicas o como mezclas calientes. Estas tienen buenas propiedades eléctricas y son resistentes al agua, aceites y grasas.

3.9.4. Adhesivos Fenólicos.

Los adhesivos fenólicos son mejor conocidos como adhesivos fenol-formaldehídos, en los cuales predominan los adhesivos de madera. Estos son los de mayor volumen de ventas en cuanto a los adhesivos sintéticos, ya que son los de menor costo.

Los adhesivos fenólicos pueden ser hechos a partir de dispersión en agua, donde penetra a las celdas de las estructuras de la madera, lo que es importante para dar cuerpo al adhesivo.

3.9.5. Adhesivos de Poliéster.

Los adhesivos de este tipo pueden ser divididos en dos grupos (los saturados) termoplásticos y (los insaturados) termofijos.

Los adhesivos saturados son productos de reacción de ácidos difuncionales con alcoholes y glicoles difuncionales. Los usos de éstos son menores, a excepción de las mezclas calientes --

(alto funcionamiento). Los adhesivos insaturados que requieren de una preparación catalítica tienen muy pocos usos como adhesivos.

Los adhesivos de poliéster se emplean en la fabricación de tinetas para preparación de embarcaciones de fibra de vidrio, de automóviles, -- etc. Naturalmente se utilizan para unir lámi - nas de poliéster con poliéster o con metal, o - bien, como adhesivos para equipo óptico.

El CR-39 Alil Diglicol Carbonato es un ejemplo del más reciente. Este material en la fase de vulcanizado demuestra ser un buen resistente a la corrosión química, en comparación con otras resinas transparentes; además, tiene una exce - lente resistencia al calor y estabilidad dimen - sional, asociado con los sistemas termofijos.

Todas estas propiedades se han demostrado en ex - posiciones prolongadas a las condiciones ambien - tales.

3.9.6. Adhesivos de Poliamidas.

Estos adhesivos son resinas termofijas sintéti - cas formadas por la reacción de una diamida y - un dianhídrido. Como los polibencenamidazoles, son específicamente desarrollados para altas -- temperaturas y aplicaciones especiales.

Los adhesivos de poliamidas tienen buena resis - tencia hidrolítica y excelente resistencia a -- solventes orgánicos, combustibles y grasas. -- Asimismo, son resistentes a ácidos fuertes, pe - ro son atacados por álcalis débiles.

3.8.7. Adhesivos de Poli-Isobutileno.

Estos elastómeros termoplásticos son ampliamente descritos en la Tabla 3-1. El poli-isobutileno es un homopolímero. Strucker y Higgins -- han discutido este aspecto con más detalle*.

3.8.8. Adhesivos de Poliestireno.

El Poliestireno es transparente e incoloro. Es una resina termoplástica disponible en una solución solvente o en forma de emulsión acuosa. En ambos casos las aplicaciones se limitan a condiciones en donde, por lo menos, uno de los adherentes es poroso. El poliestireno es buen adhesivo para la madera, más no así para los plásticos, con excepción del mismo poliestireno.

Se emplea un polímero de estireno de bajo peso molecular con peróxido catalítico. Este adhesivo polimeriza en una línea adhesiva. Con algunas maderas, esfuerzos cortantes hasta de 1885 psi se pueden obtener. También se emplea como modificante para otros adhesivos, tales como poliésteres insaturados, materiales de mezcla caliente y cementos ópticos. Tienen poca resistencia a las altas temperaturas.

La temperatura de distorsión se sitúa alrededor de 171°F (77°C); sus propiedades eléctricas son excelentes. Los adhesivos de poliestireno tienen buena resistencia al agua, radiación nuclear y biodegradación. Sin embargo, tienen pobre resistencia a los químicos.

Copolímeros de estireno y butadieno (SBR) también se incluyen en la Tabla 3-1. La mayoría de estos adhesivos se emplean para suelas.

(*) Ver Bibliografía.

3.3.9. Adhesivos de Poliuretano.

Los polímeros de uretano fueron desarrollados durante la Segunda Guerra Mundial y desde entonces se han empleado frecuentemente en espumas rígidas, cementos criogénicos y revestimientos resistentes a la abrasión.

Dichos polímeros no han tenido suficiente éxito como adhesivos, sin embargo, su aplicación día a día se incrementa. Su principal uso es el de unir plásticos que usualmente no son fácilmente adheridos a otro tipo de materiales o incluso metales.

Los uretanos vulcanizados se han considerado como resinas termofijas entrelazadas, muy ligeras, casi termoplásticas. Esto les proporciona una característica de flexibilidad similar al hule. Una breve descripción de sus características es proporcionada en la Tabla 3-1. Su buena flexibilidad, combinada con la buena adhesión de los mismos, los hace los mejores adhesivos para plásticos. La tabla 3-2 proporciona la comparación entre los esfuerzos de los adhesivos de poliuretano, nylon epóxico y poliamida epóxica.

Los poliuretanos son sistemas termoplásticos de un solo componente en solventes (cetonas, hidrocarbonos, etc.), que frecuentemente contienen una pequeña parte de catalizador. Empleados para degradar las propiedades termofijas, también están disponibles como productos termofijos en dos partes, es decir, en forma líquida (con o sin solventes); la segunda parte es un catalizador.

Un nuevo adhesivo de prepolímero de uretano de

TABLA 3-3

ADHESIVO	ESFUERZO PSI	CORTANTE MPa	ESFUERZO Lb/plg	CORTANTE N/m
Uretano	8,000	55.2	26	4.550
Nylon Epóxico	4,600	31.7	Quebradizo	Quebradizo
Poliamida Epóxica	1,600	11.0	Quebradizo	Quebradizo

TABLA 3-4

PRINCIPALES POLIMEROS EMPLEADOS PARA SOLVENTES BASADOS EN ADHESIVOS Y SOLVENTES O ADHESIVOS BASADOS EN AGUA
<u>Solvente Base.</u> ⌘ Nitrocelulosa ⌘ Butil Acetato Celulosa ⌘ Poli Isobutileno <u>Solvente o Agua Base.</u> ⌘ Hule Natural ⌘ SBR Hule ⌘ Hules Butílicos ⌘ Neopreno ⌘ Hule Nitrílico ⌘ Hule Reextruido ⌘ Acetato Polivinílico o Copolímero ⌘ Cloruro de Polivinilo ⌘ Eter Polivinílico ⌘ Cloruro de Polivilideno ⌘ Poliacrilato y Polimetacrilato ⌘ Poliamida ⌘ Asfalto ⌘ Urea Formaldehído ⌘ Fenol Formaldehído ⌘ Resorcinol Formaldehído

un solo componente, Accuthane UR-1100 (H.B. Fullerer Co.), se ha diseñado para adherir varios -- substratos, incluyendo plásticos con plásticos, plásticos con metal y metal con metal.

CAPITULO IV

ADHESIVOS PARA ADHESIONES ESPECIFICAS

En el Capítulo I se recomiendan diversos tipos de preparación de superficie para todo tipo de adhesivos. En capítulos posteriores se proporcionan recomendaciones específicas para todo tipo de cementos* termoplásticos.

Este capítulo sugiere diversos adhesivos para adhesiones específicas. Existe muy poca información referente al presente capítulo, ya que toda la información obtenida se reserva en forma confidencial, pues es el resultado de la combinación de diversos experimentos y teorías. Se han hecho pruebas combinando los diversos tipos de adhesivos obteniendo mayor durabilidad y mayor resistencia al medio ambiente.

El objetivo del presente trabajo no es hacer una lista de los materiales comunes y los adhesivos más usuales, sino mencionar lo más importante, tanto de materiales como de adhesivos.

(*) Ver Anexo I.

4.1 METALES.

4.1.1. Aluminio y sus Aleaciones.

Los adhesivos más recomendados reúnen a los siguientes materiales: resinas epóxicas modificadas, fenoles, epoxifenoles, acrílicos de segunda generación, neopreno, cianocrilatos, silicón y plastificantes de vinilo.

Sell ha determinado un número considerable de adhesivos, los cuales a continuación se listan, haciendo mención de que conforme avanzan disminuye su durabilidad:

- £ Nitrilos Fenólicos
- £ Resinas Epóxicas de Alta Temperatura
- £ Resinas Epóxicas con Vulcanizado de 250°F (121°C).
- £ Vinil Epóxicos
- £ Poliuretanos de Dos Partes

4.1.2. Magnesio y Aleaciones de Magnesio.

Los adhesivos recomendados incluyen: resinas -- epóxicas, resinas epóxicas fenólica, poliuretanos, silicones, cianocrilatos, polivinil acetato, vinil clorovinil acetato (copolímero), vi - nil fenólico, nitrilo fenólico, neopreno fenólico y nylon epóxico.

Una amplia variedad de adhesivos se pueden em - plear para adherir magnesio, así como para protegerlo de la corrosión. Debido a la sensibilidad del magnesio a la humedad y a la celda galvánica, adhesivos en base agua pudieran causar problemas. La preparación de la superficie debe asegurar que el adhesivo no reaccionará con la aleación para crear condiciones corrosivas.

4.1.3. Plata.

Los adhesivos recomendados son: resinas epóxi - cas, polivinil alkil éter, éter polihidróxido y hule neopreno.

4.1.4. Acero.

Los adhesivos recomendados por su alta resistencia a la tensión, incluyen: acrílicos, resinas epóxicas, nitrilo fenólico, polibencen amidasol, poliamida y resinas epóxicas-fenólicas. Debido a su alta resistencia a la tensión en aplicaciones, en cuanto a esfuerzos cortantes utilice -- termoplásticos, materiales a base de hule como estireno butadieno (SB), butadieno acrilonitrilo, neoprenos, poli isobutileno, poliuretano y silicón.

4.1.5. Acero Inoxidable.

A pesar de que los métodos de preparación de su perficie son distintos, los adhesivos recomendados son los mismos que para el acero al carbón.

4.1.6. Latón.

Los adhesivos recomendados son: goma de caseína, resinas epóxicas, polivinil alkil éter, polia - crilato, estireno butadieno y poli-isobutileno.

4.1.7. Titanio y Aleaciones de Titanio.

Los adhesivos recomendados incluyen: resinas -- epóxicas, nitrilos epóxicos, nitrilos fenólicos, poliamidas y fenoles epóxicos.

4.1.8. Tugsteno y Aleaciones de Tugsteno.

Existe muy poca información en cuanto a la adhe

si3n del tungsteno; s3lo se sabe que entre los mejores adhesivos se encuentran las resinas ep3xicas.

4.1.9. Uranio.

Por lo poco usual de este metal, la adhesi3n -- del mismo s3lo se reserva en el empleo de resinas ep3xicas.

4.1.10 Zinc y sus Aleaciones.

Los adhesivos m3s empleados son: resinas ep3xicas, nitrilos ep3xicos, silicones, cianocrilatos y adhesivos a base de hules.

4.2 TERMOPLASTICOS+.

Para este tipo de materiales los cementos solventes o m3todos de mezclas calientes son frecuentemente alternativas preferenciales para los lazos adhesivos. Sin embargo, para materiales diferentes que han de ser unidos, o bien, donde los termopl3sticos son relativamente inertes a los solventes, son recomendados otros adhesivos.

4.2.1. Acrilonitrilo Butadieno Estireno (ABS).

Los adhesivos m3s recomendados incluyen: resinas ep3xicas, uretanos, acr3licos de segunda generaci3n, viniles, fenoles nitr3licos y cianocrilatos.

4.2.2. Nylons (Poliamidas).

Existen gran variedad de 3stos basados en su estructura qu3mica, pero los m3s importantes y --

(+) Ver Apartado II.

más comúnmente empleados son el nylon G6. Los mejores adhesivos empleados para unir nylon - nylon, son generalmente sus solventes.

Muchos adhesivos comerciales, especialmente los basados en fenol formaldehído y resinas epóxi - cas, son frecuentemente empleados para unir nylon-nylon, pero son considerados de menor calidad que los del tipo solvente, ya que éstos resultan quebradizos en la junta adhesiva.

Los adhesivos recomendados para este material - son: nylon fenólico, nitrilo fenólico, nitrilos, neopreno, cianocrilatos, resorsinol formaldehído y poliuretano.

4.2.3. Poliéster (Termoplástico).

Los adhesivos más empleados con este material - son los cementos solventes. Entre los adhesivos comerciales recomendados tenemos adhesivos simples y de dos componentes, ejemplo: poliuretano, cianocrilatos, resinas epóxicas y hule silicón.

4.2.4. Poliétileno.

Adhesiones aceptables entre superficies de poliétileno se han obtenido con adhesivos polares, tales como resinas epóxicas y cementos solventes conteniendo hule sintético o resinas fenólicas. Otros adhesivos recomendados incluyen estireno insaturado, poliéster y solvente del tipo nitrilo fenólico.

4.2.5. Polipropileno.

En general, los adhesivos recomendados para el

polipropileno son los mismos que para el polietileno. Estos adhesivos incluyen: resinas epóxicas, poliamidas, nitrilos fenólicos, poliuretanos y mezclas calientes.

4.2.6. Poliestireno.

Este material se adhiere comúnmente con cementos solventes. El poliestireno puede adherir con acetato de vinilo/cloruro de vinilo en solución, acrílicos, poliuretanos, poliésteres insaturados, urea-formaldehído, adhesivos a base de hule, poliamida y cianocrilatos. Monsanto Plastics and Resins Company ha publicado una serie de excelentes folletos, donde se trata a detalle este material con superficies porosas y no porosas.

4.2.7. Polisulfones.

Los adhesivos recomendados por Union Carbide incluyen:

£ Compañía 3M: Scotch-Grip 880 una parte, solvente basado en cloropreno.

Scotch-Weld 1838 dos partes, epóxico.

Scotch-Weld 2214 una parte, epóxica.

Scotch-Weld 2216 dos partes, epóxico.

£ American Cyanamid: BR-89 una parte, epóxica.
BR-92 dos partes, epóxicas.

£ M & T Chemicals: Uralane 5738 dos partes, poliuretano.

Uralane 8615 dos partes, poliuretano.

4.2.8. Cloruro de Polivinilo (PVC).

Cementos solventes son los mas usuales para el PVC. Desde que se encontró que la migración -- plastificante a partir del vinil causaba problemas, los adhesivos empleados para éste se han -- probado (en su capabilidad con el plastificante). Adhesivos a base de hule nitrílico son excelentes para este aspecto, inclusive aún los -- poliuretanos y neoprenos son útiles. El PVC rígido que contiene arriba del 5% de plastificante, hace difícil su adhesión con resinas epóxicas y otros adhesivos que no contengan hule.

4.2.9. Estireno Acrilonitrilo (SAN).

Los cementos solventes frecuentemente son empleados para este material. Se recomiendan los adhesivos comerciales, sobre todo aquellos que contienen cianocrilato, resinas epóxicas, o bien, los de la Compañía 3M:

- £ Scotch-Grip 847 de hule nitrílico
- £ Scotch-Grip 1357 de hule neopreno
- £ Scotch-Grip 2262 de hule sintético

4.3 PLASTICOS TERMOFIJOS+.

La gran mayoría de los termoplásticos no son difíciles de adherir. Basándose en que éste material no es soluble, los cementos solventes no pueden ser empleados. -- Sin embargo, el algunos casos pueden utilizarse soluciones solventes para unir plásticos termofijos o termoplásticos. En general, por junta adhesiva, es la -- única forma práctica de unir plásticos termofijos o -- termoplásticos. Los mejores adhesivos para este material son las resinas epóxicas o las epóxicas modificadas.

(+) Ver Apartado II.

4.3.1. Poliéster (Termofijo).

Este material puede ser unido con neopreno, -- elastómero, nitrilo-fenólico, epóxico, poliamida epóxica, epoxi-fenólico, poliéster, cianocrilatos, poliuretano y poli-isobutileno.

4.3.2. Poliuretano.

Adhesivos elastoméricos se consideran como anti oxidantes para el poliuretano y los elastómeros de poliuretano, que sirven de base para el adhesivo, son los más recomendados para este material. Otros adhesivos que también se recomiendan son: resinas epóxicas, poliamida-epóxica, neopreno y resorsinol-formaldehído; este último ofrece una excelente adhesión, pero suele ser muy quebradizo.

4.3.3. Urea-Formaldehído.

Los adhesivos recomendados con este material -- son: resinas epóxicas, fenol-formaldehído, nitrilo-fenólico, urea-formaldehído, resorsinol-formaldehído, furano, poliéster, hule nitrilo, butadieno, neopreno y cianocrilatos.

4.4 PLASTICOS REFORZADOS/COMPUESTOS.

Adhesivos que pegan bien a materiales resinosos pueden emplearse para los plásticos reforzados o para materiales como la fibra de vidrio o las fibras sintéticas de alto esfuerzo. Los termoplásticos reforzados también pueden ser cementos solventes para ellos mismo, o bien, para ser unidos con otros termoplásticos para termofijos reforzados, los adhesivos anteriormente mencionados pueden ser empleados.

4.4.1. Espumas Plásticas.

En el caso de las espumas termofijas, los cementos solventes son preferibles para adhesivos -- convencionales. Algunos cementos solventes y solventes, conteniendo adhesivos sensitivos a la presión, pueden colapsar a las espumas termoplásticas. Los adhesivos base agua a base de hule estireno butadieno (SBR), polivinil acetato o neopreno, son frecuentamente empleados. -- Los cementos solventes no son efectivos en espumas de polietileno, debido a su condición inerte.

Algunas recomendaciones de adhesivos para espumas termoplásticas son:

A) Fenilene Resina (Noryl M.R.).

Poli-isocianato, hule nitrílico, poliuretano, cloruro de polivilideno y acrílico.

B) Polietileno.

Hule nitrílico, hule poli-isobutileno, nitrilo fenólico, adhesivos de emulsión.

C) Poliestireno.

Para estas espumas (poliestireno expandido), adhesivos aromáticos-solventes (tulol, etc.), pueden causar colapso a las celdas de pared. Por esta razón es recomendable emplear adhesivos 100% sólidos, o en su caso, adhesivos base agua basados en SBR o acetato de polivinilo.

Algunos adhesivos específicos emplean urea-formaldehído, resinas epóxicas, poliéster -- isocianato, acetato de polivinilo y copolímero de cloruro de vinilo/acetato de vinilo. - Las espumas de poliestireno también pueden -

ser unidas con cualquiera de los siguientes adhesivos:

- a) Base Agua (Emulsión). - Estos son los mejores para espuma de poliestireno en su superficie porosa.
 - b) Adhesivo de Contacto. - Ambos adhesivos base agua y cementos solventes pueden necesitar de sistemas térmicos auxiliares para duración posterior.
 - c) Adhesivos Sensitivos a la Presión. - Este tipo de adhesivo pega con casi cualquier sustrato. Ambos tipos base agua y base solvente, son usados; sin embargo, no son muy recomendables donde se requiera alta resistencia al esfuerzo o resistencia a altos niveles de calor.
 - d) Adhesivos 100% Sólidos. - Estos son en dos partes epóxicos y poliuretanos, son extraordinariamente resistentes al calor y a situaciones climatológicas.
- D) Cloruro de Polivinilo (PVC).
Epóxicas, poliéster isocianato, poliéster insaturado, copolímero de cloruro de polivinilo, acetato, acetato de polivinilo, polivinil alkil eter, acetato de etilen-vinil, hule de poli-isobutileno y hule poliuretano.
- E) Policarbonato.
Uretano, epóxicos y adhesivos a base de hule.

F) Poliéster Termo-Plástico.

Uretano y epóxicos.

Adhesivos recomendados para espumas termofijas son:

A) Epóxicas.

Resinas epóxicas curadas a base de calor (inclusive espumas sintéticas).

B) Fenólicos.

Poliéster isocianato, acetato de polivinilo, copolímero de vinil, cloro acetato, hule nitrílico, hule neopreno, hule poliuretano y melamina formaldehído.

C) Poliuretano.

Poliéster, poliacrilato, base-agua (emulsión) hule poliuretano, neopreno, SBR, melamina -- formaldehído, resorcinol formaldehído. Se recomiendan los adhesivos base solvente, como el neopreno, para dar resistencia al es - fuerzo, agua y desgaste. Generalmente los adhesivos base agua secan muy lentamente para aplicaciones industriales. Para inmediata resistencia se prefieren adhesivos de con tacto.

D) Silicón.

No existe otro mejor que el mismo silicón -- (adhesivo de hule silicón).

E) Urea-Formaldehído.

Aquí también el mismo material puede emplearse como adhesivo, así como el reorsinol-formaldehído.

4.4.2. Hules (Elastómero)*.

Para todo tipo de elastómero no existe mejor adhesivo que aquel que se deriva del mismo material que se quiere adherir. La gran mayoría de los adhesivos a base de hule, tienen los siguientes componentes: hule natural, clorado, reextruido térmicamente, butil, nitrilo, butadieno estireno, poliuretano y neopreno. También acrílico, cianocrilato y poliéster isocianato, resorsinol-formaldehído, fenol-resorsinol formaldehído, resina silicónica, poli-isosianato, furano y nitrilo fenólico.

4.4.3. Madera.

Los adhesivos (pegamentos) empleados para este material van desde gomas de animal o cuero, almidón, caseína, soya a base de sangre, pescado y resinas sintéticas. Las gomas de pescado se han utilizado para pegar madera por muchos años. Los resorsinol-formaldehído son de fijación en frío, empleados para estructuras de madera. Los adhesivos de urea-formaldehído, generalmente modificada con melamina formaldehído, se emplean para interiores. Los fenol-formaldehído y resorsinol formaldehído son sistemas de adhesivos que tienen la mejor resistencia al medio ambiente. Los polivinil acetato son de secado rápido, de base agua y comúnmente se emplean para hornamento. Todos estos adhesivos producen juntas adhesivas muy fuertes, pero no son muy buenos resistentes a la humedad y altas temperaturas.

4.4.4. Vidrio y Cerámicos.

Los adhesivos empleados para unir vidrio gene -

(*) Ver Apartado I.

ralmente son transparentes; se aplican en ca -
liente y son resistentes al agua. Estos inclu-
yen silicón, vinyl acetato y resinas epóxicas -
principalmente. Los adhesivos empleados con vi
drio y cerámicos vidriados deben contener el mí
nimo de volátiles. Los adhesivos epóxicos que
contienen 100% de materiales sólidos son los me
jores para estas aplicaciones. Los acrílicos -
de segunda generación son excelentes para unir
vidrio y cerámicos con polímeros termoplásticos.

C A P I T U L O V

PROCESO DE PEGADO

La efectividad del proceso de pegado depende en gran parte de los componentes del adhesivo; sin embargo, muchos de estos componentes representan un problema al proceso de pegado. La elección del método de pegado restringe el tipo de adhesivo a emplearse, así como el resultado final. Los siguientes factores deben ser tomados en cuenta en la selección del proceso de pegado.

- £ Tamaño y forma de las partes a ser adheridas.
- £ Las áreas específicas donde el adhesivo va a ser aplicado.
- £ El número de juntas producidas.
- £ La velocidad de secado.
- £ La viscosidad y otras características del adhesivo.
- £ La forma del adhesivo (líquida, pasta, polvo, película o mezcla caliente).

5.1 ALMACENAMIENTO DEL ADHESIVO.

Muchos adhesivos deben ser almacenados en la obscuridad, o bien, en recipientes oscuros; otros deben mantenerse a bajas temperaturas (41°F o 5°C). Para pro

longar su duración la gran mayoría de las veces los fabricantes proporcionan boletines de aplicación, características y forma de almacenamiento. Por ejemplo, la película epóxica-fenólica HT-424 (Bloomington) tiene la siguiente cédula de almacenamiento.

TABLA 5-1

TEMPERATURA DE ALMACENAMIENTO		VIDA UTIL (DIAS)
°F	°C	
-10	-23	180
0	-18	150
30	-1	75
75	24	12
85	29	3
100	38	1

Las resinas básicas y agentes vulcanizantes para los adhesivos termofijos se deben guardar aparte, de tal forma que cualquier accidente de ruptura no permita la mezcla entre ambos. Los contenedores de solventes deben ser inmediatamente sellados después de usarlos para evitar fugas.

5.2 PREPARACION DEL ADHESIVO.

La preparación del adhesivo requiere especial cuidado, ya que cuando algún adhesivo se almacena en refrigeración, se debe aplicar a temperatura ambiente o en el caso de adhesivos de mezclas calientes que deben aplicarse a temperaturas superiores a la ambiental.

Cuando componentes separados se mezclan (adhesivos en dos partes), es importante mezclar en las proporciones correctas para así obtener las propiedades óptimas. Es

to es especialmente para reacciones catalíticas, como las aminas vulcanizantes para las resinas epóxicas, -- donde catalizador insuficiente acarrea una mala polimerización de la resina, o bien, un excedente de catalizador guía a una junta quebradiza.

En cuanto a empaque, existe un sinnúmero de empaques -- tomando en cuenta la rentabilidad y facilidad de manejo. La gran mayoría de estos adhesivos líquidos sólo resguardan muy pequeñas cantidades y proporcionan facilidad de mezclado en el caso de adhesivos de dos partes, ya que son de plástico flexible, en donde tienen compartimientos para guardar los componentes del adhesivo y dosificarlo en relaciones de 1:1 hasta 1:100.

5.3 METODOS DE APLICACION DEL ADHESIVO.

La elección del método de aplicación depende de la forma del adhesivo, pudiendo ser líquido, pasta, polvo, película o mezcla caliente. Otros factores que influyen la elección del método de aplicación son el tamaño y forma de las partes a ser adheridos, las áreas -- que van a ser cubiertas por el adhesivo y el volumen necesario del mismo.

5.3.1. Adhesivos Líquidos.

Los adhesivos en forma líquida pueden ser aplicados conforme a los métodos que a continuación se muestran:

A) Cepillado.

El método de cepillado (brochado) es frecuentemente empleado cuando las partes adherentes tienen formas complejas, aunque el espesor de película no es muy controlable con este método. Este método requiere de muy poco

equipo y por eso los costos se disminuyen -- considerablemente.

B) Inundación.

Este método es particularmente útil en la -- aplicación de adhesivos líquidos para superficies planas, teniendo formas irregulares. Este método es mejor que el anterior ya que con él se logra obtener un espesor de película más uniforme, pues el adhesivo es alimentado bajo presión.

C) Rociado.

El rociado es empleado para cubrir grandes -- áreas con contornos uniformes. Este método ofrece mejor control de espesor que el método de inundación, por eso los sólidos y partículas rígidas contenidos en el sólidos deben ser controlados enérgicamente.

D) Cuchillo Cortante.

Este método emplea una hoja ajustable, barra o rodillo para controlar la dosificación de adhesivo que fluye hacia una hoja. La distancia entre el dosificador y la superficie adherente determina el espesor del adhesivo.

5.3.2. Pastas.

Adhesivos de masa, como pastas y mastiques, son los más fáciles de aplicar. Estos adhesivos -- pueden ser paleteados o alimentados por medio de pistola dosificadora, para lo cual no se requiere de mucha experiencia. Los utensilios --

más comúnmente empleados son las espátulas, cuchillos o paletas, dependiendo de la abertura dejada entre la superficie a cubrir. Del adhesivo y el utensilio empleado depende el espesor de película empleado.

5.3.3. Polvos.

Los adhesivos en polvos pueden ser aplicados en tres formas características:

- A) Pueden ser cernidos sobre un sustrato precalentado. El adhesivo que cae sobre éste se mezcla adheriéndose perfectamente; posteriormente la junta puede ser tratada con los métodos convencionales.
- B) Un sustrato precalentado puede ser introducido en el adhesivo, después remover todo el excedente de polvo (adhesivo) como tratando de homogeneizar la superficie. Esto ayuda a obtener un espesor de película fijo.
- C) El polvo puede ser mezclado con un líquido - para así formar una pasta y ser aplicado con los métodos convenientes.

Los adhesivos en polvo son por lo general en base epóxica de un solo componente, que requieren de presión y calor para vulcanizar. No requieren condiciones especiales de almacenamiento, pero se recomienda mantener en refrigeración para obtener vidas promedio más grandes.

5.3.4. Películas (Films).

Los adhesivos en forma de película cada día ad-

quieren más popularidad debido a que presentan muchas ventajas, tales como:

A) Alta Repetición.

No se mezcla con el material adherido y mantiene constante su espesor.

B) Fácil Manejo.

Bajo costo de equipo, relativamente poco riesgo y operación del mismo limpia.

C) Poco Desperdicio.

Esto se debe a que puede ser cortado a la medida.

D) Propiedades Físicas.

Sus propiedades físicas son excelentes por la amplia variedad de tipos de adhesivos disponibles.

Los adhesivos filmicos son empleados en superficies planas o con curvas suaves. La ampliación requiere de una preparación de superficie muy simple.

CAPITULO VI

CEMENTOS SOLVENTES EN PLASTICOS

Los cementos solventes se consideran como un proceso en el cual los termoplásticos, generalmente amorfos, son ablandados por un solvente ligero, o bien, por una mezcla de solventes y después presionados para crear la acción de pegado. La resina misma, después de la evaporación del solvente, actua como un adhesivo.

Muchas de las resinas son más fáciles de unir con efectividad por medio de un solvente-cemento, que por los métodos de adhesivos convencionales. Con frecuencia las mezclas de solventes dan mejores resultados que un solo solvente. A menudo, pequeñas cantidades del plástico que va a ser adherido es disuelto en el solvente para darle "cuerpo" al cemento. Estas adhesiones de polímero ayudan a llenar los huecos y acelerar el fijado. Estos también reducen los encogimientos y las tensiones internas.

Es posible que dos plásticos diferentes se unan con un cemento-solvente, pero en este caso, el polímero disuelto debe ser compatible a ambos plásticos. Generalmente un solvente de alta volatilidad es mezclado con uno de alto -

punto de ebullición; esto es para el caso de resinas (arriba del 25% en peso).

Después de que se ha reblandecido el plástico (las superficies adhesivas) se le permite entrelazarse mutuamente mediante presión, hasta el secado; es decir, hasta que la capa de solvente se ha evaporado.

Una recomendación de dichos cementos-solventes se da a continuación: el pegado debe llevarse a cabo en una situación templada, seca y libre de presiones extras que pudieran impedir la evaporación del solvente. Los solventes -- pueden ser aplicados con brochas, espreados o con jeringa. Se debe tener especial cuidado con la aplicación del solvente, ya que un exceso de éste puede ir a una parte donde no se quiera y dañar la superficie donde recaiga. El calentamiento no siempre es muy recomendable ya que puede -- causar expansiones en la superficie donde va a ser aplicado; inclusive, un excesivo calentamiento puede traer una evaporación demasiado rápida del solvente.

Para adherir termoplásticos el método de cemento-solvente es el más económico y simple de los métodos existentes.

Las juntas adhesivas de cementos-solventes son menos sensibles a los cambios térmicos que las juntas de los adhesivos térmicos y son tan resistentes a los cambios de -- clima como el plástico del que proviene; esto se debe a -- que la junta adhesiva está hecha del mismo material que -- las superficies adherentes. Una publicación reciente (Manual de Adhesivos de 1983) proporciona información de la solubilidad de materiales.

A continuación se proporciona información sobre la tensión crítica de superficie.

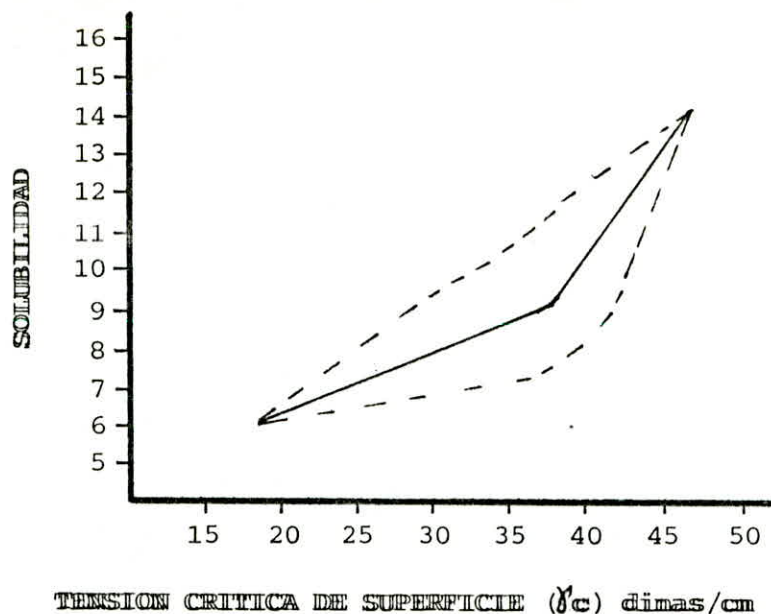


FIGURA 6.1

6.1 RECOMENDACIONES PARA ADHESIVOS ESPECIFICOS.

6.1.1. Acrilonitrilo Butadieno Estireno (ABS).

Los solventes empleados para el ABS deben ser de secado rápido para evitar la absorción de humedad, pero que permitan unir las partes adherentes. El tiempo recomendado para el curado de la superficie es de 12 a 24 horas a temperatura ambiente 73°F (23°C); este tiempo puede ser reducido si la temperatura se incrementa a 130°-150°F (55°-70°C).

Los solventes recomendados por Borg-Warner Corp. el fabricante más grande de ABS, son metil etil cetona (MEK), metil isobutil cetona (MIBK), tetrahidrofurano (THF) y cloruro de metileno. Estos adhesivos pueden ser formados con más del 25% de resina ABS. Otro lo especifica la ASTM D 2235 que se hace con ABS (mínimo 15%) en MEK. Otro mas es el que se emplea para adherir ABS -

con PVC (tuberías de plástico); éste lo determina ASTM D 3138, en donde un mínimo de 10% de -- PVC debe ser usado en tetrahidro furano en combinación con ciclohexano, MEK o ambos.

6.1.2. Nylons (Poliamidas).

A temperatura ambiente, los solventes convencionales no proporcionan un buen efecto en el pegado de nylon, por lo que se prefiere emplear adhesivos convencionales; a continuación se dan tres de los adhesivos que se pueden emplear (pero que no son tan comunes):

- ⌘ Cemento-solvente Fenol Acuoso
- ⌘ Cemento-solvente Resorsinol Etanol
- ⌘ Cemento-solvente Cloruro de Calcio-Etanol con nylon como "cuerpo"

Composiciones:

⌘ Fenol Acuoso.- Este cemento contiene del 10% al 15% de agua; es útil para pegar nylon G.6. Puede ser encontrado fácilmente con proveedores químicos.

⌘ Resorsinol-Etanol.- Porciones iguales de resorsinol o etanol son mezcladas a temperatura ambiente por espacio de 15-20 minutos; para disolver el resorsinol, la concentración no es tan crítica.

⌘ Cloruro de Calcio-Etanol con Nylon como "cuerpo".-

10 Partes de Zytel 101 NC-10
22.5 Partes de Cloruro de Calcio
67.5 Partes de Etanol

6.1.3. Policarbonato.

El método de cemento-solvente es el más usual - para pegar policarbonato. Puede llevarse a cabo la adhesión de policarbonato con solventes - específicos, mezclas de solventes o mezclas de policarbonato y solventes. Los solventes incluyen:

Cloruro de Metileno	Tetracloroetano
Dicloroetileno	1,1,2 Tricloroetano
Metil Metacrilato Monómero	(empleado con Cloruro de Metileno)

El cloruro de metileno cuando es usado para sí mismo, tiene una extraordinaria velocidad de -- evaporación. Este solvente se recomienda para zonas de altas temperaturas y para pequeñas --- áreas. Si no se obtienen buenos resultados de pegado, una solución de 1-5% de policarbonato - en metacrilato puede ser usado sólo en casos exremos. También una mezcla con un máximo del - 40% de dicloro etileno puede ser usado en algu- nas partes donde se quiera evitar la evapora -- ción, ya que la velocidad de evaporación del -- cloruro de metileno es de 6.7 veces mayor que el dicloruro de etileno.

En pruebas corridas a juntas adhesivas sobre este material, la General Electric obtuvo esfuerzos cortantes de 45000-65000 psi (31.0-44.8 MPa) después de 48 horas de pegado; esto a temperatu -- ta ambiente para ambos, es decir, cloruro de metileno y cloruro de etileno.

6.1.4. Poliestireno.

El poliestireno puede ser pegado consigo mismo

con el método de cemento-solvente, adhesivo con vencional térmico, soldado ultrasónico o elec - tromagnético; sin embargo, el método del cemen - to-solvente es el más recomendado. En muchas - aplicaciones este método sirve para adherir po - liestireno a una gran velocidad de materiales - diferentes.

Una amplia variedad de solventes estan disponi - bles en el mercado y la elección de éste depen - de de la rapidez que se quiera de fijación, la cual depende de la velocidad de evaporación del solvente; una rápida evaporación trae consigo - un rápido fijado. Generalmente un solvente de lenta evaporación se mezcla con uno de rápida - evaporación para así obtener resultados ópti - - mos.

Un adhesivo excelente resulta de la mezcla de - acetato de etilo con tolvol en proporciones de 50:50, junto con poliestireno, pero se debe tener cuidado ya que es muy inflamable; esto pue - de ser reducido con percloroetileno.

La Tabla 6.1 muestra algunos solventes recomen - dados para el poliestireno, así como algunas ca racterísticas. Como podrá notarse, los solven - tes de rápida evaporación tienden a causar --- agrietamiento.

El poliestireno cristal es el más afectado en - este aspecto, en tanto que los medios y altos - impactos no se ven tan afectados. Un cemento - recomendado para el poliestireno en juntas --- transparentes consiste en la siguiente formula - ción:

- Solvente con punto de ebullición abajo de --- 212°F (100°C).
- Solvente con punto de ebullición a 212°-392°F (100°-200°C).
- Poliestireno disuelto (arriba del 15%).

TABLA 6-1

SOLVENTES RECOMENDADOS PARA POLIESTIRENO

SOLVENTE	PUNTO DE EBULLICION		AGRIETAMIENTO	TENSION A LA JUNTA	
	°F	°C		(PSI)	(MPa)
<u>Secado Rápido*:</u>					
-Cloruro de Metileno	104	40	Si	1800	12.4
-Acetato de Etilo	171	77.2	Si	1500	10.3
-MEK	175	79.4	Si	1600	11.0
-Dicloro Etileno	182	83.3	Poco	1800	12.4
-Tricloro Etileno	187	86.1	Poco	1800	12.4
<u>Duración Media:</u>					
-Tolueno (Tulol)	232	111	Poco	1700	11.7
-Percloroetileno (Tetracloroetileno)	249	120.6	Muy poco	1700	11.7
-Xileno (Xilol)	271-289	133-143	Muy poco	1450	10.7
-Dietil Benceno	365	185	Muy poco	1400	9.7
<u>Secado Lento:</u>					
-Monoamil Benceno	396	202.2	Muy poco	1300	9.0
-Etil Naftaleno	495	207.2	Muy poco	1300	9.0

(*) 20 segundos o menos.

6.1.5. Acrilonitrilo Estireno (SAN).

Las mismas técnicas y métodos empleados para poliestireno se pueden emplear en el SAN, pero la lista es más restringida. Los cementos-solventes recomendados son:

- ‡ Acetona
- ‡ MEK
- ‡ Tetrahidrofurano
- ‡ Cloruro de Metileno
- ‡ Dicloro Etileno

Soluciones de aproximadamente 5% SAN en MEK pue
de ser empleada como cuerpo de cemento.

6.1.6. Cloruro de Polivinilo (PVC).

El homopolímero de PVC realmente no es soluble, por lo que es difícil de adherir por medio de las técnicas de cemento-solvente, aunque algu -
nos solventes y mezclas de solventes han sido -
usados con algún éxito. A continuación se dan
algunos solventes que se muestran como los más
comunes:

Cetonas:

[Acetonas
[MEK
[Metil Isobutil Cetona
[Isofurano
[Ciclohexano

Alcoholes:

[Metanol
[Etanol
[Isopropanol

Otros Solventes:

[Oxido de Propileno
[Tulol
[Xilol
[Tetrahidrofurano
[Dimetil Formamida
[Tricloroetileno
[Eter-Petróleo
[Cloruro de Metileno
[Acetato de Etilo
[Dicloro Benceno

Cuando se trata de unir PVC rígido o suave se -
prefiere usar el método de cemento-solvente, so
bre todo cuando las dos orillas de la superfi -
cie permiten el flujo del cemento mediante capi -
laridad. Las cetonas son frecuentemente emplea -
das con oxido de propileno (punto de ebullición
35°C), que es considerado como ingrediente de -
gran importancia. MEK y metil isobutil cetona
son los mejores solventes para copolímeros de -

bajo y medio peso molecular. Los homopolímeros generalmente requieren el más poderoso ciclohexano o 5% de dioctilftalato (DOP) puede ser añadido para proporcionar flexibilidad a la junta adhesiva, así como reducir las tensiones.

CAPITULO VII

EFECTOS DEL MEDIO AMBIENTE EN LA DURABILIDAD DE LA JUNTA ADHESIVA

Las juntas adhesivas deben ser resistentes a las fuerzas que actúan en contra de ellas; muchas de estas fuerzas adversas son la temperatura, humedad, fluídos químicos e inclemencias externas.

En algunas situaciones, donde elementos degradantes pudieran estar presentes, los adhesivos deben ser expuestos en contacto con dichas condiciones para así probar la mejor efectividad de la junta adhesiva. Algunas pruebas propuestas por ASTM se enuncian más adelante, ejemplo:

- | | |
|---------------|---------------|
| - ASTM D 816 | - ASTM D 2295 |
| - ASTM D 1151 | - ASTM D 2557 |
| - ASTM D 1828 | - ASTM D 4299 |
| - ASTM D 1879 | - ASTM D 4300 |

En sí, la durabilidad de la junta adhesiva depende en mucho de la preparación de la superficie de los adherentes. Otro factor importante a tomar en cuenta es la durabilidad de la junta bajo tensión, especialmente para aplicaciones especiales (aeronaves, naves espaciales, etc.). En prue -

bas de laboratorio se ha encontrado que no existe degradación en el almacenamiento de un adhesivo de resina epóxica con aleación de aluminio; el almacenaje se llevó a cabo durante 11 años, lo cual demuestra que los adhesivos cementantes tienden a ser más durables que los convencionales, inclusive que los elastoméricos que llegan a resistir hasta 11 años.

Pruebas regulares de las inclemencias del tiempo demuestran que la parte primeramente afectada es la interfase, por lo que se ha elaborado la siguiente tabla.

TABLA 7-1
RESISTENCIA AL MEDIO AMBIENTE DE LA JUNTA
ADHESIVA DE ADHESIVO ALUMINO

TIPO DE ADHESIVO	PRUEBA DE* LABORATORIO	PRUEBA** AMBIENTAL
Nitrilo Fenólico (con anti oxidante)	Excelente	Excelente
Epoxi-Fenol	Bueno	Muy pobre
Epoxi-Poliamida	Bueno	Muy pobre
Vinil-Fenólico	—	Bueno
Pasta Epóxica Modificada	Promedio	Bueno

(*) Prueba con solución de ácido crómico o solución de pasta. Se almacenó durante 1 año a 160°F (66°C) y con la condición MLL-STD-304.

(**) Esta prueba consiste en el ataque del ácido crómico. La duración de la prueba fue de 2 años de exposición con temperaturas variables, calor, seco y regiones húmedas.

Wangness ha descubierto algunos parámetros que determinan la durabilidad de la junta adhesiva.

A) Sistemas vulcanizados por calor dan mayor durabilidad que aquellos vulcanizados a temperatura ambiente.

B) La preparación de superficies es un factor de vital im-

portancia, ya que es punto decisivo en sistemas de adhesivos donde se quiera máxima eficiencia.

- C) La química de los adhesivos juega un papel importante - en la durabilidad, por ejemplo: sistemas con altos enlaces químicos, tales como los aromáticos, como los aminógenos; en tanto los fenólicos tienen mayor durabilidad.
- D) Materiales como el nylon, que tienen tendencia a unirse con hidrógeno, poseen poca durabilidad.
- E) Materiales como los polímeros de vinilo que presentan - agrietamiento con el HCl son perjudiciales para la durabilidad.
- F) El empleo de cromatos pigmentados mejora la durabilidad.

Debido a todos los factores que intervienen en la durabilidad de la junta adhesiva, pruebas de las condiciones - de aplicación y de trabajo deben ser realizadas antes de - escoger el adhesivo más adecuado. Dichas pruebas deben incluir métodos de preparación de superficie, tipos de adherentes y parámetros de aplicación; todo esto encaminado para la elección del mejor adhesivo para determinadas situaciones.

7.1 ALTAS TEMPERATURAS.

La gran mayoría de los polímeros se degradan con la exposición a altas temperaturas. Las propiedades físicas se ven afectadas también, sobre todo durante el envejecimiento térmico.

Algunos adhesivos poliméricos desarrollados recientemente pueden resistir temperaturas hasta de 500-600°F (260-316°C) continuamente. Desafortunadamente el usuario debe pagar un alto costo por el mismo y almacenar-

lo en condiciones muy especiales, así como tener los mecanismos propios de preparación de superficie y aplicación.

Para que un adhesivo sea resistente a las altas temperaturas debe tener un punto de ebullición alto y ser resistente a la oxidación. Los adhesivos termoplásticos proporcionan excelentes resultados de pegado a temperatura ambiente, sin embargo, cuando la temperatura se incrementa, el adhesivo como el plástico, se plastifica, deteriorando la junta adhesiva. Los adhesivos termofijos no tienen punto de ebullición debido a la gran cantidad de enlaces de macromoléculas. Muchos de estos adhesivos son recomendables para aplicaciones a altas temperaturas. El factor crítico en los adhesivos térmicos es la velocidad de reducción de esfuerzos aunado con la oxidación térmica y la pirolisis.

Los adhesivos que son resistentes a las altas temperaturas generalmente tiene estructuras rígidas poliméricas, altas temperaturas de reblandecimiento y grupos químicos estables. Esto mismo hace que los adhesivos sean difíciles de procesar. Muy pocos adhesivos termofijos pueden resistir prolongadas exposiciones a altas temperaturas arriba de 350°F (177°C). Los adhesivos fílmicos y en pastas proporcionan propiedades diferentes frente a altas temperaturas, como se muestra en las Tablas 3-1 y 3-2.

La característica principal de los adhesivos fílmicos es que éstos contienen una gran proporción de polímero de alto peso molecular, en tanto que en los adhesivos típicos 100% sólidos, como pastas e inclusive líquidos, únicamente resinas de bajo peso molecular. Los adhesivos fílmicos (discutidos en el Capítulo 3) frecuentemente contienen polímeros con un grado de degradación de 600 o más y peso molecular de 20,000 o más alto. A

continuación se dan algunas características y otros da
tos de determinados adhesivos.

7.1.1. Epóxicos.

Los adhesivos epóxicos generalmente tienen rangos de aplicación limitados abajo de 250°F --- (121°C). Algunos adhesivos epóxicos han sido hechos para soportar condiciones hasta de 500°F (260°C) por espacios cortos de operación, en -- tanto, otros para espacios un poco más largos - llegan a soportar hasta 300°-500°F (149° a 260°C).

Estos sistemas fueron formulados especialmente para condiciones térmicas mediante la incorporación de correctantes epóxicos estables de alta temperatura añadidos al adhesivo. Uno de los - más exitosos correctantes epóxicos es una aleación epóxico-fenólica. La excelente estabilidad térmica de las resinas fenólicas es acompañada con las propiedades del elemento epóxico, que le proporcionan al adhesivo un rango de operación de 700°F (371°C) en un tiempo corto de - operación, en tanto que para operaciones prolongadas hasta 300°F (177°C).

Sistemas de adhesivos base-epóxica ofrecen relativas ventajas en cuanto a las bajas temperaturaras requeridas de vulcanización, la no forma -- ción de volátiles durante la vulcanización, bajo costo y una gran variedad de formulaciones y aplicaciones. Los adhesivos con alta resistencia térmica pierden estas ventajas en favor de las características de resistencia a altas temperaturas y envejecimiento térmico.

7.1.2. Silicones.

Los adhesivos de silicón tienen muy buena resisis

tencia. Su uso principal es en usos no estructurales, como cintas sensitivas a la presión. Han existido intentos de hacer una clasificación de los adhesivos epóxicos y fenólicos, pero los diferentes tiempos de vulcanización y baja resistencia han limitado su uso. La máxima temperatura de operación para los adhesivos de silicón, así como sus selladores, es de 500°F (260°C) para operación continua y arriba de 600°F (316°C) para exposición intermitente, dependiendo del tipo empleado.

7.1.3. Poliaromáticos.

Las resinas poliaromáticas, poliamidas y polibenceamidazol, ofrecen gran resistencia térmica, mejor que ningún otro adhesivo comercial disponible. La rigidez de las cadenas moleculares disminuyen la posibilidad de incisión de cadena causada por la agitación térmica originada por los químicos del adhesivo.

7.1.4. Poli-imida.

La resistencia que presentan los adhesivos de poliimida en condiciones de 1000°F (538°C) por cortos espacios, es débil pero mejor que las de aleación epoxi-fenólica. El endurecimiento térmico de las poliimidadas a temperaturas mayores de 500°F (260°C), lo hace único en el mercado de adhesivos.

7.2 TEMPERATURAS BAJAS Y CRIOGENICAS.

Adhesivos criogénicos han sido definidos como aquellos

capaces de soportar los esfuerzos cortantes arriba de 10000 psi (6.89) MPa, con variaciones de temperatura, desde la temperatura ambiente hasta -423°F (20°K)(-253°C); aplicables a vehículos espaciales transportando flujos criogénicos y viajando al espacio exterior, retornando a la tierra con velocidades superiores a Mach 3. Bajo éstas condiciones la temperatura de operación varía de -423°F (-253°C) a 1500°F (316°C). Estos adhesivos son capaces de actuar como selladores.

Muchos problemas relacionados con adhesiones a temperaturas criogénicas son el resultado de la concentración de esfuerzos y de gradientes desarrollados dentro de la junta. Existen una gran variedad de causas de la concentración de esfuerzos en la junta adhesiva y muchas de estas causas son agravadas por la temperatura criogénica. Algunas de las causas principales son:

- + Diferencia entre los coeficientes térmicos de expansión del adhesivo y adherentes.
- + Encogimiento del adhesivo durante el vulcanizado.
- + Gases o volátiles atrapados durante el pegado.
- + Diferencia entre los módulos de elasticidad y de esfuerzos cortantes del adhesivo y adherentes.
- + Esfuerzos residuales en los adherentes como resultado de la presión de pegado.
- + Poca elasticidad en el adhesivo o en el adherente.
- + Demasiada plasticidad en el adhesivo o en el adherente.

A temperatura ambiente un bajo módulo de adhesión puede causar una concentración de esfuerzos mediante la deformación de los adherentes. En tanto que a temperaturas criogénicas, el módulo de elasticidad puede incrementarse hasta el punto en que el adhesivo no pueda

elongarse efectivamente, ocasionando la concentración de esfuerzos.

El módulo de elasticidad se incrementa con la disminución de la temperatura. Los adhesivos de poliuretano resultan ser los más efectivos para operaciones criogénicas. Estos adhesivos de poliuretano incrementan su esfuerzo cortante a 423°F pero se hacen frágiles a temperaturas ambientes y más altas, como se indica en la siguiente tabla.

TABLA 7-2
COMPARACION DE "ALGUNOS" ADHESIVOS CRIOGENICOS

TIPO DE ADHESIVO	FUERZA TENSIONANTE				FUERZA CORTANTE			
	-423°F (-253°C)		AMBIENTE		-423°F (-253°C)		AMBIENTE	
	psi	MPa	psi	MPa	lbf/in	N/m	lbf/in	N/m
Poliuretano*	7500	51.7	1500	10.3	70	12260	20-40	3502-7004
Película de Nylon-Epóxico**	3600	24.8	5000	34.5	4	700	104	18200

(*) Vulcanizado a temperatura ambiente.

(**) Vulcanizado de 300° a 350°F (149° a 177°C).

7.3 HUMEDAD E INMERSION EN AGUA.

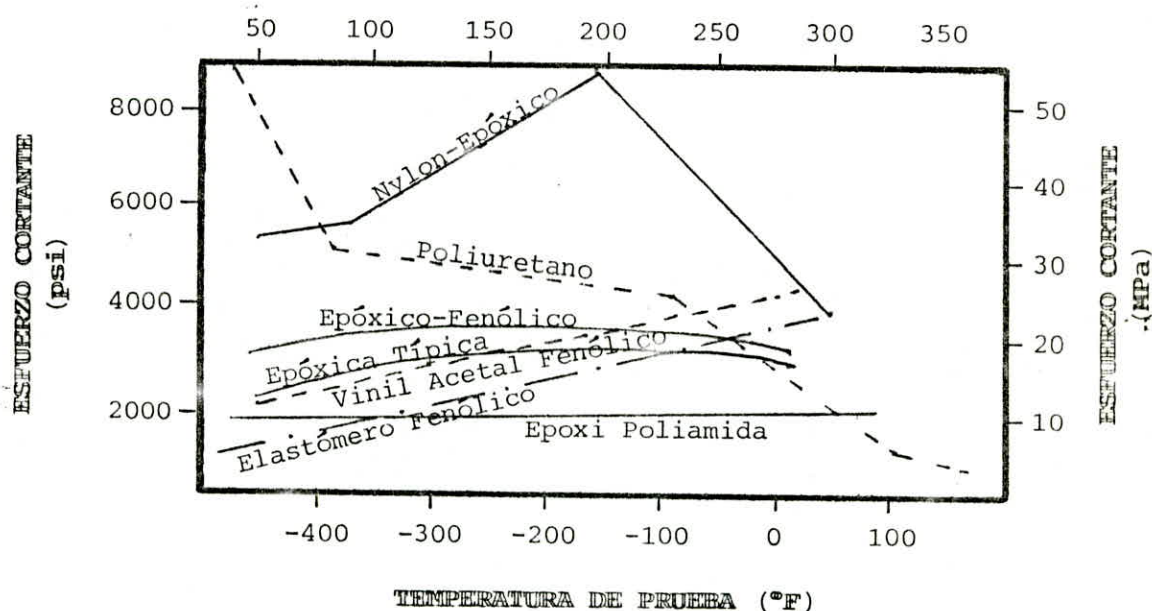
La humedad afecta la fuerza adhesiva de dos formas significativas. Algunos materiales poliméricos, particularmente los poliuretanos base-éster, se "reverterán", por ejemplo: pérdida de pureza, fuerza, y en el peor de los casos, licuan durante la exposición al aire húmedo y tibio. El agua puede penetrar en el adhesivo y particularmente desplazarlo en la interfase; éste es el mecanismo más común por medio del cual la fuerza adhesiva se reduce debido al medio ambiente (humedad).

Efectos del medio ambiente en la junta adhesiva se ven incrementados por la presión atmosférica. Muy pocos - datos existen en relación a este fenómeno, sin embargo, debido al tiempo de exposición de la presión en contra de la prueba, es bien sabido que la humedad ambiental disminuye considerablemente la posibilidad de prolongar la fuerza del adhesivo.

7.3.1. Efectos de la Preparación de Superficie Expuesta a la Humedad.

Comparaciones en cuanto a la durabilidad de la junta adhesiva solo pueden hacerse después de un año (mínimo) de exposición continua, esto debido a que tras de un año de operación, cualquier agente externo no involucrado con el adhesivo o con el adherente es eliminado, quedando solo la acción del adhesivo, que debe ser de un 70-80% de la adhesión original. Esto no se logra con superficies mal preparadas (solo 46.2% de efectividad).

FIGURA 7-1
TEMPERATURA DE PRUEBA
(°K)



7.4 EROSION.

Se considera que los factores más perjudiciales para una junta adhesiva son las climatológicas, es decir, calor y humedad, radiación térmica o ultravioleta, así como bajas temperaturas y algunos otros factores de menor importancia.

Cuando un adhesivo estructural se encuentra expuesto al medio ambiente (inclemencias climatológicas) pierde fuerza durante los primeros seis meses, hasta un año. Después de dos o tres años esta velocidad disminuye de jando la fuerza adhesiva hasta en un 25 o 30% del original, dependiendo de las condiciones climatológicas, adherentes, tipo de adhesivo y nivel de fuerza. Las siguientes generalizaciones son de vital importancia en el diseño de un adhesivo resistente a las diferentes condiciones climatológicas.

- £ Las más duras condiciones son aquellas que tienen humedad y temperaturas medias.
- £ Condiciones de esfuerzo deterioran más rápido que las no tensionantes.
- £ Adhesivos con vulcanizado por medio de calor en general son más resistentes a condiciones climatológicas que los vulcanizados a temperatura ambiente.
- £ Inclusive los mejores adhesivos (aquellos que se especializan a condiciones tensionantes), presentan síntomas de pérdida de fuerza con el envejecimiento.

Los trabajadores de Picatinny han hecho un sinnúmero de experimentos en laboratorio con diferentes adhesivos, empleando la condición MIL-STD-304 en diferentes locaciones. La condición MIL-STD-304 ha sido reemplazada por la condición MIL-STD-331. Es conveniente asentar que la condición MIL-STD-304 consiste en: expo

TABLA 7-3

**EFFECTOS DE LA CONDICION MIL-STD-304 A DIFERENTES
TIPOS DE ADHESIVOS**

TIPO DE ADHESIVO	TEMPERATURA DE PRUEBA		ESFUERZO CORTANTE			
	°F	°C	COND	NORM	MIL-STD-304	
			psi	MPa	psi	MPa
+ Poliamida Epóxica Vulcanizada a Temperatura Ambiente	-65	-54	1700	11.7	2100	14.5
	73	23	1800	12.4	2100	14.5
	160	71	2700	18.6	1800	12.4
+ Poliamida Epóxica w/Mica	-65	-54	2200	15.2	3080	21.2
	73	23	2500	17.2	3140	21.7
	160	71	2200	15.2	1120	7.7
+ Resorcinol Poliamida Epóxica Vulcanizado a Temperatura Ambiente	-65	-54	2600	17.9	2440	16.8
	73	23	3500	24.1	3120	21.5
	160	71	3300	22.8	2720	18.8
+ Amina Epóxica Aromática Vulcanizada a Temperatura Ambiente	-65	-54	1700	11.7	—	—
	73	23	2000	13.8	—	—
	160	71	720	5.0	—	—
+ Polisulfato Epóxico Vulcanizado a Temperatura Ambiente	-65	-54	1800	12.4	1940	13.4
	73	23	1900	13.1	1640	11.3
	160	71	1700	11.7	1070	7.4
+ Nylon Epóxico Vulcanizado a Temperatura Ambiente	-65	-54	2400	16.6	3020	20.8
	73	23	2600	17.9	1730	11.9
	160	71	220	1.5	80	0.6
+ Anhídrido Epóxico Vulcanizado a Temperatura Ambiente	-65	-54	2400	16.6	1900	13.1
	73	23	3000	20.7	920	6.3
	160	71	3300	22.8	1330	9.2
+ Epóxica Modificada Vulcanizada en 1 hr con 350°F(177°C)	-65	54	3700	25.5	2700	18.6
	73	23	4900	33.8	3400	23.4
	160	71	4100	28.3	3200	22.1
+ Epoxi-Fenol Vulcanizada en 45 min. a 330°F(166°C)	-65	54	2800	19.3	2610	18.0
	73	23	2900	20.0	2350	16.2
	160	71	2900	20.0	2190	15.1
+ Nitrilo Fenólico Vulcanizado en 1 hr a 350°F(177°C)	-65	54	4700	32.4	5300	36.6
	73	23	4600	31.7	3900	26.9
	160	71	3070	21.2	2900	20.0
+ Poliuretano Vulcanizado a Temperatura Ambiente	-65	54	3500	24.1	4200	29.0
	73	23	2600	17.9	1970	13.6
	160	71	1600	11.0	1560	10.8

siciones intermitentes al frío (-65°F)(-54°C), calor seco (160°F)(71°C) y calor húmedo (95% humedad relativa) por 30 días.

En la Tabla 7-3 se muestran los resultados obtenidos en diferentes pruebas realizadas a varios tipos de adhesivos.

7.5 SOLVENTES QUIMICOS.

La gran mayoría de los adhesivos tienden a ser susceptibles a los agentes químicos y a los solventes, especialmente a elevadas temperaturas. Aunque se han realizado pruebas con otros fluídos de interés como aceites, grasas, combustibles, alcoholes, etc., prácticamente todos los adhesivos han demostrado ser resistentes a dichos fluídos, por períodos cortos; inclusive, algunos adhesivos epóxicos han mostrado incrementar su fuerza adhesiva con pruebas en combustibles y grasas.

En general, los adhesivos epóxicos son más resistentes a una amplia variedad de condiciones con distintos fluídos que otros adhesivos estructurales, sin embargo, la resistencia a una determinada condición depende fundamentalmente del vulcanizante epóxico empleado. Aminas aromáticas como la M-fenilenamida, son recomendables para largas exposiciones con agentes químicos.

Los adhesivos de uretano generalmente muestran gran resistencia a la gran mayoría de los solventes químicos, grasas y combustibles.

No existe adhesivo alguno con óptimas características de resistencia a las condiciones químicas. Un ejemplo de esto se demuestra con los adhesivos que son resistentes a los álcalis; tienen resistencia mínima o nula a los ácidos, aunque cabe mencionar que es relativamente

te fácil encontrar un adhesivo resistente a un agente químico en particular, ya que adhesivos con altas re-sistencias a condiciones térmicas con excelentes frente a distintos agentes químicos.

Durante la prueba de inmersión, la temperatura del líquido en cuestión es un factor importante, ya que a medida que se incrementa la temperatura más líquido es absorbido por la junta adhesiva y la velocidad de de-gradación se incrementa. En resumen:

- ‡ Las pruebas con agentes químicos representan un problema, ya que dependen por mucho de la concentración, temperatura de mezcla, etc.
- ‡ Existen solventes más fuertes que otros; por ejemplo: los cloruros y cetonas.
- ‡ Solventes de fuerte acción con altos puntos de ebu-llición son: dimetilformamida, dimetil suf-oxido y skydrol (de Monsanto Corp.), así como también el ácido acético.
- ‡ Agentes vulcanizantes aminosenos para adhesivos epóxicos se vuelven de pobre fuerza al ponerse en con-tacto con ácidos oxiacidos.

La ASTM D 896-86 "Prueba Standard de Resistencia de Adhesivos frente a Agentes Químicos", vista más adelante, engloba distintas condiciones frente a diferentes fluídos.

7.6 RADIACION.

Partículas de alta energía, radiación electromagnética incluyendo radiación de neutrón, electrón y gamma, tienen efectos similares en adhesivos orgánicos. La ra-diación origina incisiones en la cadena molecular de -

polímeros, en adhesivos estructurales, lo que trae consigo el debilitamiento de la junta. Este mismo resultado se presenta con exposiciones a temperaturas elevadas y aún se empeora cuando ambos se combinan.

En general, como se puede apreciar claramente en la Tabla 7-3, los adhesivos resistentes al calor son aquellos que tienen reforzadas las cadenas moleculares.

Es bien sabido que un adhesivo mantiene sus características adhesivas, mientras que cualquier clase de radiación no afecte considerablemente al adherente, adhesivo, junta adhesiva o a todos los anteriores. Algunos experimentos se han llevado a cabo con algunos adhesivos. La siguiente tabla muestra algunos resultados.

TABLA 7-4
EFFECTOS DE LA RADIACION GAMMA SOBRE EL ESFUERZO CORTANTE
DE UN ADHESIVO ELASTOMERO-FENOLICO (FILM)

ADHESIVO	CANTIDAD DE RADIACION MRADS									
	0		100		300		600		900	
	lbf/in	N/m	lbf/in	N/m	lbf/in	N/m	lbf/in	N/m	lbf/in	N/m
AF-30	48.5	8490	34	5950	12	2100	5	876	5	876
AF-31*	30	5250	20	3500	8	1400	4.5	788	4	700
AF-32	34	5950	10	1750	4	700	5	525	3	525

(*) El más rígido.

Es importante hacer notar que todas las pruebas fueron realizadas durante el mismo tiempo, lo que es un factor importante a considerar.

Un reporte reciente de la Army Natick Research and Development Center (NRDC) describe un programa de evaluación comercial de formulaciones de adhesivos resistentes a radiaciones. El trabajo continuará con resinas termoplásticas y termofijas, así como de plastifican

tes, incluyendo pruebas con bioácidos.

7.7 MÉTODOS DE PRUEBA.

A continuación se enumeran "solo" algunos métodos de prueba realizados a los diferentes tipos de adhesivos, así como a la preparación de superficie, etc.

A) Biológicos.

- ASTM D 1382-64 (1981) Standard Test Method for Susceptibility of Dry Adhesive Films to Attack by -- Roaches.
- ASTM D 1383-64 (1981) Standard Test Method for Susceptibility of Dry Adhesive Films to Attack by -- Laboratory Rats.
- ASTM D 1877-77 Standard Test Method for Permanence of Adhesive-Bonded Joints in Plywood Under Mold - Conditions.

B) Adhesión.

- ASTM D 1183-70 (1981) Standard Test Method for Resistance of Adhesive to Cyclic Aging Conditions.
- ASTM D 1581-60 (1984) Standard Test Method for --- Bonding Permanently of Water-Or Solvent Soluble Liquid Adhesive for Labeling Glass Bottles.
- ASTM D 1713-65 (1981) Standard Test Method for --- Bonding Permanency of Water-Or Solvent Soluble Adhesive for Automatic Machine Sealing Top Flaps of Fiberboard Specimens.
- ASTM D 1877-77 (1982) Standard Test Method for Permanence of Adhesive Bonded Joints in Plywood under Mold Conditions.
- ASTM D 3632-77 (1982) Standard Practice for Accelerated Aging of Adhesive by the Oxygen-Pressure Method.

C) Agentes Químicos.

- ASTM D 896-84 Standard Test Method for Resistance of Adhesive Bonds to Chemical Reagents.

D) Corrosividad.

- ASTM D 3310-74 (1983) Standard Recommended Practice for Determining Corrosivity of Adhesive Materials.

E) Temperaturas Criogénicas.

- ASTM D 1557-72 (1983) Standard Test Method for Strength Properties of Adhesive in Shear by Tension Loading in Temperature Range from -450 to -67°F (-267.8° to -55°C).

F) Densidad.

- ASTM D 1875-69 (1980) Standard Test Method for Density of Adhesive in Fluid Form.

G) Durabilidad (Incluyendo Condiciones Climatológicas).

- ASTM D 1151-84 Standard Test Method for Effect of Moisture and Temperature on Adhesive Bonds.
- ASTM D 1828-70 (1981) Standard Practice for Atmospheric Exposure of Adhesive-Bonded Joints and Structures.
- ASTM D 2918-71 (1981) Standard Practice for Determining Durability of Adhesive Joints Stressed in Peel.
- ASTM D 2919-71 (1981) Standard Practice for Determining Durability of Adhesive Joints Stressed in Shear by Tension Loading.

H) Propiedades Eléctricas.

- ASTM D 1304-69 (1983) Standard Method of Testing Adhesives Relative to Their Use as Electrical Insulation.

I) Corrosión Electrolítica.

- ASTM D 3482-76 (1981) Standard Practice for Determining Electrolytic Corrosion of Copper by Adhesives.

J) Flexibilidad.

- ASTM D 1184-69 (1980) Standard Test Method for Flexural Strength of Adhesive Bonded Laminated Assemblies.
- ASTM D 3111-76 (1982) Standard Practice for Flexibility Determination of Hot-Melt Adhesive by Manual Bend Test Method.
- Federal Test Method Std. 175 B, Method 1081 Flexibility of Adhesives.

K) Propiedades de Flujo.

- ASTM D 2183-69 (1982) Standard Test Methods for Flow Properties of Adhesives.

L) Falla de Esfuerzo en Endiduras.

- ASTM D 3433-75 (1980) Standard Practice for Fracture Strength in Cleanage in Adhesive in Bonded Joints.

M) Efectos por Alta Temperatura.

- ASTM D 2295-72 (1983) Standard Test Method for Strength Properties of Adhesives in Shear by Tensile

N) Esfuerzo al Impacto.

- ASTM D 950-82 Standard Test Method for Impact -- Strength of Adhesive Bonds.

N) Temperaturas Bajas y Criogénicas.

- ASTM D 2557-72 (1983) Standard Test Method for -- Strength Properties of Adhesives in Shear by Ten - sion Loading in the Temperature Range From -450° to -67°F (-207.8 to -55°C).

O) Penetración.

- ASTM D 1916-69 (1980) Standard Test Method for Pe - netration of Adhesives.

P) PH.

- ASTM 1583-61 (1981) Standard Test Method for Hy - drogen Ion Concentration.

Q) Exposición Radiactiva.

- ASTM D 904-57 (1981) Standard Practice for Expo - sure of Adhesive Specimens to Artificial (Carbon Arc Type) and Natural Light.
- ASTM D 1879-70 (1981) Standard Practice for Expo - sure of Adhesive Speciment to High-Energy Radiaa - tion.

R) Esfuerzo.

- ASTM E 229-70 (1981) Standard Test Method for --- Shear Strength and Shear Modulus of Structural Ad - hesives.
- ASTM 905-49 (1981) Standard Test Method for --- Strength Properties of Adhesive Bonds in Shear by

Compression Loading.

- ASTM D 906-82 Standard Test Method of Strength -- Properties of Adhesives in Plywood Type Construction in Shear by Tension Loading.
- ASTM D 1002-72 (1983) Standard Test Method for -- Strength Properties of Adhesives in Shear by Tension Loading (Metal to Metal).
- ASTM D 1144-84 Standard Practice for Determining Strength Development of Adhesive Bonds.
- ASTM D 2182-72 (1978) Standard Test Method for -- Strength Properties of Metal to Metal Adhesives -- by Compression Loading (Disk Shear).
- ASTM D 2295-72 (1983) Standard Test Method for -- Strength Properties of Adhesives in Shear Tension at Elevated Temperature (Metal to Metal).
- ASTM D 2339-82 Standard Test Method for Strength Properties of Adhesives in Two-Plywood Construction in Shear Tension Loading.
- ASTM D 2007-72 (1983) Standard Test Method for -- Strength Properties of Adhesives in Shear by Tension Loading in the Temperature Range from -450° to -67°F (-267.8° to -55°C).
- ASTM D 2919-71 (1981) Standard Practice for Determining Durability of Adhesive Joints Stressed in Shear by Tension Loading.

S) Preparación de Superficie.

- ASTM D 2093-69 (1976) Standard Recommended Practice for Preparation of Surfaces of Plastics Prior to Adhesive Bonding.
- ASTM D 2651-79 (1984) Standard Practice for Preparation of Metal Surfaces for Adhesives Bonding.

- ASTM D 2674-72 (1984) Standard Methods of Analysis of Sulfo-Chromate Etch Solution Used in Surface Preparation of Aluminum.
- ASTM D 3933-80 Standard Practice for Preparation of Aluminum Surfaces for Structural Adhesive Bonding (Phosphoric Acid Anodizing).
- ARP 1524 Surface Preparation and Priming of Aluminum Alloy Parts for High Durability Structural Adhesives Bonding, Phosphoric Acid, Anodizing).

T) Viscosidad.

- ASTM D 1084-63 (1981) Standard Test Methods for Viscosity of Adhesives.
- ASTM D 1556-69 (1980) Standard Test Method for Apparent Viscosity of Adhesives Having Shear-Rate-Dependent Flow Properties.
- ASTM D 3236-73 (1978) Standard Test Method for Viscosity of Hot Melt Adhesives and Coating Materials.

C A P Í T U L O V I I I

ALGUNAS APLICACIONES DE ADHESIVOS

No obstante que en capítulos anteriores se han mencionado algunos usos de adhesivos, en el presente capítulo se darán algunos otros usos importantes, como aéreos, automotrices, espaciales, transporte y de construcción. Ciertamente existen muchos otros usos de gran importancia, pero no es objetivo de este capítulo abarcarlos todos.

8.1 APLICACIONES AUTOMOTIVAS.

Esta sección incluye no solo automóviles, sino que también camiones, motocicletas, etc., es decir, transportes en general. Los adhesivos empleados para la industria automotriz deben ser capaces de adherir metal, --plástico, fibras, vidrio, hule y partes pintadas. Dichos adhesivos por lo tanto, deben tener una serie de características como:

- £ Tener gran fuerza adhesiva a pesar de la gran movilidad de los adherentes.
- £ Poco tiempo de aplicación (producción en serie).
- £ Preparación de Superficie mínima (grasas probablen

te presentes).

f Bajo riesgo de toxicidad.

Los adhesivos de polivinil son empleados en las ventanillas de los automóviles; tales aplicaciones han otorgado el nombre de "adhesivos contenedores" a estos adhesivos, ya que la función primaria de éstos es la de unir a los adherentes sin traspasar su superficie. Estos adhesivos pueden ser internos o externos, dependiendo de donde sean aplicados.

Otro adhesivo empleado grandemente en la industria automotriz es el cemento solvente neopreno, empleado para la colocación del toldo de vinilo, así como también en los empaques de las puertas, donde el problema de la vibración es bastante grande.

8.2 INDUSTRIA RECREATIVA.

Los adhesivos epóxicos son grandemente empleados en la industria manufacturera de skis, ya que estos proporcionan una fuerte junta adhesiva, la cual distribuye los esfuerzos sometidos y resiste las inclemencias del medio ambiente. En recientes años los skis de metal han desaparecido del mercado, siendo sustituidos por los de fibra de vidrio, por lo que se emplean adhesivos de resinas epóxicas como base armados.

Se trató de implementar resinas de poliéster pero fueron descartadas debido a que tienen poca fuerza en la junta adhesiva. Se ha llegado a considerar que los materiales empleados en la fabricación de skis tienen mayor exposición a la tensión que los utilizados con fines aeroespaciales, por lo que el adhesivo debe proporcionar gran fuerza adhesiva.

8.3 APLICACIONES MARINAS.

Muchos adhesivos son empleados en la construcción de embarcaciones (fibra de vidrio, madera o metal). Como cualquier adhesivo que se emplee, debe tener resistencia a fluídos salinos, ya sea un adhesivo convencional, o bien, un sellador, teniendo en cuenta que también se enfrentará a condiciones de alta temperatura.

8.4 EMPACADO.

Los principales usos de empackado para los adhesivos -- son:

- ‡ Cajas de cartón (generalmente films)
- ‡ Bolsas
- ‡ Papel envolvente

El acetato de polivinil y el alcohol polivinílico son importantes componentes adhesivos empleados en empaque. Los adhesivos de bases vegetales son empleados para sellar, o bien, para dar cuerpo a la caja. Los adhesivos de mezclas calientes son empleados para empaque de alimentos y casi todo lo de cartón. Las resinas que son pegamentos en frío se emplean para trabajar en máquinas de aplicación por rodillo o esreado; de alimentación por bombeo o depósito fijo y en donde se requieren altas velocidades de producción. Los adhesivos de mezclas calientes de 100% sólidos trabajan generalmente con equipos especiales de aplicación (boquillas Nonoron), con depósitos donde el adhesivo se funde a --- 150°C aproximadamente. Las dextrinas, por lo general, se usan para el cerrado de cajas; trabajan con sistema de rodillo debido a su alta viscosidad, ya que no son aplicables por esreado. El duro flex de la familia de las resinas emulsionadas en agua, se utiliza para trabajar en máquinas de aplicación por rodillo a velo-

idades variables de producción y se recomienda para laminación de película plástica, polietileno, polipropileno, celofan, etc. Se puede usar para luminio foil, glasin y otros tipo de papel; no dejan olor residual, por lo que se recomienda para productos alimenticios y medicinales.

Para ampliar un poco más el uso de los adhesivos se proporciona a continuación una tabla con la descripción del adhesivo, el porcentaje de sólidos, la viscosidad bizzofield a 24°C en centipoises, así como su uso sugerido.

TABLA 8-1

DESCRIPCION	% SOLIDOS	VISCOSIDAD	USO SUGERIDO
Dextrina Boratada	50	175-195	Cartón a cartón y cerrado cajas de cartón
Rehumectable basado en Dextrinas	60	6000	Solara de sobre, se sugiere un espesor de 0.003" a 0.005"
Película Boratada (color café translúcida)	20	1000	Cerrado y formado de cajas de cartón
Acetato de Polivinilo color blanco	53	12000	Unión de tarjetas de folder con o sin barniz
Pegamento Blanco poco Tixotrópico	44	2000	Para cartoncillos a superficies laminadas
Pasta Dextrina Blanca de Anticristalizantes y Agente Penetrante	50	20000	Formado de vasos de papel semiparafinado cónico
Adhesivo basado en Dextrinas de Maíz	50	3600	Pegado costura lateral sobres

SEGUNDA PARTE

En recientes investigaciones de Mercadotecnia se ha observado que en el mercado de los adhesivos ha tenido un desarrollo notable la demanda de ciertos adhesivos, los cuales ofrecen bajo costo, fácil aplicación, sencillos métodos de almacenamiento y diversatilidad de usos, por lo que han adquirido gran auge a nivel internacional. Estos adhesivos son los de base de Isocianato, particularmente Poliuretano.

Esta segunda parte se dedicará al estudio de dichos adhesivos, así como a sus propiedades, usos y algunos métodos de obtención.

CAPITULO IX

POLIURETANO E ISOCIANATOS

Antes de iniciar con el estudio de los adhesivos de -- Isocianato y Poliuretano, hablaremos un poco del monómero base, el Uretano.

Con el nombre de uretanos se designan los ésteres del ácido carbámico (que es la monoamida del ácido carbónico), NH_2COOH y de sus derivados N-sustituídos, $\text{RR}'\text{NCOOH}$. El uretano típico es el Carbamato de Etilo o Uretano, cuya fórmula química es $\text{NH}_2\text{COOC}_2\text{H}_5$.

En términos generales, los derivados del ácido carbámico han encontrado extensa aplicación en el campo de los -- plásticos, plastificantes y componentes de resinas moldeables. También se utilizan en el acabado de textiles y en la agricultura como herbicidas, fungicidas e insecticidas. en medicina son hipnóticos, sedantes, anticonvulsivos, mióticos, anestésicos y antisépticos.

9.1 PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS DEL URETANO.

El uretano o carbamato de etilo es un sólido cristalino blanco con un punto de fusión de 182° a 184°C , una

densidad d_4^{48} 1.0599, d_4^{80} 1.0280, d [cristales] aproximadamente de 0.8, su presión vapor es de 54mm a 103°C y 108mm a 120.7°C y 697mm a 177°C. Es fácil de sublimar y tiende a absorber humedad del aire. A 25°C es muy soluble en agua, alcoholes, cetonas, éteres, ésteres e hidrocarburos clorados alifáticamente. En las cercanías de su punto de fusión, el uretano se vuelve muy soluble en la mayoría de los solventes orgánicos comunes.

Como el uretano es simultáneamente éster y amida del ácido carbónico, exhibe las reacciones propias de ambas funciones. Por halogenación, especialmente cloración de las soluciones acuosas frías de uretano, se obtienen N-halo o N',N Dihalouretanos, según las proporciones relativas de los cuerpos reaccionantes:



Se obtiene el derivado sódico del uretano por tratamiento con sodio metálico en éter seco:



En presencia de ciertos catalizadores, como el isopropóxido de aluminio, se produce transesterificación entre el uretano y los alcoholes superiores.

Existen otros uretanos que se muestran en la Tabla 9.1, los cuales son una muestra de la gran cantidad existente. Los carbamatos de bajo peso molecular se asemejan al uretano en lo que se refiere a solubilidad, pues son más solubles en los disolventes orgánicos polares que en los que no lo son.

Al igual que en otros tipos de compuestos orgánicos, la solubilidad de los uretanos de elevado peso molecular depende más de los grupos sustituyentes que del grupo funcional.

TABLA 9-1
PROPIEDADES DE ALGUNOS CARBAMATOS

CARBAMATO	PESO MOLECULAR	P.F. °C	P.eb. °C
Metilo	75.07	54	177
Etilo	89.10	49-50	184
A-Propilo	103.12	60-61	195
Isopropilo	103.12	95-95.5	—
A-Butilo	117.15	53-54	203
Secbutilo	117.15	94	—
Isobutilo	117.15	55	206
Pentilo	131.17	55.5	—
Zetil Butilo	145.20	81	—
Zetil Hexilo	173.25	42.5	—
Alilo	101.10	21	204
Fenilo	137.13	147-148.5	—
Bencilo	151.16	86	220
Ticloroetilo	192.45	64-65	—
N-Metil de Etilo	103.22	—	170
N-Etil de Etilo	117.25	—	176
N-Fenil de Etilo	165.19	49-50	237
N-Fenil de Isopropilo	179.21	87-88	—
N,N Dimetil de Metil	103.12	—	131
N,N Dimetil de Etilo	117.15	—	147
N,N Dietil de Etilo	145.20	—	167-169
N,N Difenil de Etilo	241.28	72	360

9.2 USOS.

En la industria de plásticos abundan las aplicaciones de los carbamatos, pues sirven como resinas, plastificantes, monómeros, antioxidantes y estabilizantes. Se preparan los llamados poliuretanos por reacción de los diisocianatos con glicoles. El perlón U es uno de estos poliuretanos; en Alemania se preparaba por reacción del diisocianato de hexametilo con butanodiol 1-4, en solución con una mezcla de mono y diclorobencenos. El proceso exigía un control cuidadoso de las propiedades moleculares de los compuestos reaccionantes, con el objeto de evitar la interrupción en el crecimiento de la cadena del polímero. Utilizando proporciones --

equimoleculares se obtenía un polímero cuyo peso molecular era de 10,000 aproximadamente y con punto de fusión bastante definido de 180°-185°C.

Tal plástico sirvió para obtener filamentos por extrusión y piezas moldeadas por inyección. Su resistencia frente al agua es excepcional si se compara con el nylon o las poliamidas derivadas de la caprolactama. También se dice que resulta superior a las otras poliamidas en sus otras propiedades eléctricas, su mayor resistencia a los ácidos, su superior pureza y su tendencia mucho más pequeña a la degradación oxidativa. Seguramente la principal desventaja de estas resinas reside en su escasa estabilidad térmica, lo cual impide su posible aplicación o tratamiento a temperaturas superiores a unos 220°C. Otra aplicación importante al campo de los plásticos en que interviene la generación de enlaces de carbamato, es la producción de espumas plásticas rígidas.

Los polímeros de isocianato se caracterizan por una estructura segmentada en la que los grupos uretano bastante polares actúan como entrelaces, y las cadenas -- que los conectan varían en rigidez y polaridad, dependiendo de la aplicación. En las aplicaciones para recubrimientos y elastómero, una propiedad que se cita a menudo como superior en los poliuretanos sobre otros materiales, es la resistencia a la abrasión. Se han elaborado llantas colando elastómeros sin carga, que duran más que las llantas convencionales.

El isocianato empieza a reaccionar con los hidróxilos, constituyendo puentes de carbamato, pero después ataca también los carboxilos produciendo enlaces carboxamídicos con eliminación simultánea de agua y CO₂; la masa se hace más y más tenaz conforme avanzan las reacciones y el CO₂ desprendido la hincha, como sucede con la

masa del pan. En las primeras etapas de la reacción es posible moldear la masa plástica a temperaturas moderadas, pero más adelante se constituye en retículo rígido e infusible característico y, simultáneamente, la masa se hincha; gracias a este descubrimiento se lo gra obtener piezas de plástico de baja densidad y re sistencias muy superiores a las logradas hasta enton ces.

Escogiendo las materias y las condiciones de reacción apropiadas, se consigue obtener espumas más o menos -- blandas; algunas tan resistentes como las espumas de latex de caucho.

Los materiales poliméricos tienen varias características inherentes que se combinan para hacerlos económica mente importantes. Cualquier material espumado es un buen aislante en virtud de la baja conductividad de -- gas (generalmente aire) contenido en el sistema. Un polímero vítreo cuando se espuma tendrá una relación -- mucho mayor de módulo de flexión a la densidad que -- cuando no está espumado. Una viga de espuma se flexio na menos que una viga no espumada del mismo largo y an cho bajo la misma carga. Finalmente, cualquier espuma tiene capacidad para almacenar energía o para disipar la en mayor medida que el material no espumado.

Las espumas pueden clasificarse de acuerdo con varios esquemas. La constitución de las celdas es una. Cada celda puede estar completamente cerrada por una membra na o puede estar interconectada con las vecinas. Las espumas con celdas cerradas se producen típicamente en procesos en que se mantiene un poco de presión durante el proceso de formación de celdas. Generalmente las -- espumas con celdas abiertas se hacen con expansión li bre. Los espumados de poliuretanos, hule y cloruro y polivinilo dominan el mercado de tapicería, de manera

que es conveniente considerar los diferentes procesos que se usan para cada uno.

9.3 FORMULACIONES DE ALGUNOS ADHESIVOS.

Nuestra primera consideración sobre las espumas de poliuretano solamente señaló diisocianato, agua y compuesto polioxidrílico como ingredientes. La formulación real de las espumas es más compleja, por ejemplo:

<u>Ingrediente</u>	<u>Partes en Peso</u>
Polioxipropileno	35.5
Polioxipropileno con una base trifuncional	35.5
Toluendiisocianato (80% 2,4 y 20% sustituido 2,6)	20.0
Dilaurato de Dibutilestano	0.3
Trietil Amina	0.05
Agua	1.85
Tensoactivo (silicón)	0.60
Triclorofluorometano	12.0

Densidad final 1.4 lb/ft³ y 2.0 lb/ft³ si se omite el último, o bien, esta otra:

<u>Ingredientes</u>	<u>Cantidad Kg Humedos</u>	<u>Porcentaje en Peso</u>
Acetona*	0.4242	42
Tolueno**	0.4242	42
Poliuretano***	0.1616	16
	1.0100	100

(*) Fabricado por Celanese Mexicana y distribuido -- por:

- Proveedores Químicos Generales
- Solventes y Productos Químicos
- Drogas y Productos Químicos
- Nacional de Aromas

(**) Fabricado por PEMEX y distribuido por:

- Solventes y Productos Químicos
- Quimivan, S. A.
- Eagon Meyer
- Celco
- Drogas y Productos Químicos

(***) Fabricado y distribuido por K.S. Quinn de México, S. A.

Como puede apreciarse, existen muy variadas formulaciones, dependiendo de las características deseadas para el adhesivo. Esta última formulación es la de mayor uso ya que ofrece gran versatilidad de usos y fabricación.

9.4 EFECTIVIDAD DE LOS ADHESIVOS DE POLIURETANO E ISOCIANATO.

La efectividad de los adhesivos de base isocianato se debe a la combinación de diferentes características de los materiales.

- 1) Los isocianatos reaccionan con una amplia variedad de grupos funcionales.
- 2) Los Di y poliisocianatos pueden polimerizarse por sí mismos y así formar redes tridimensionales.
- 3) Los isocianatos son muy solubles en sustancias orgánicas.
- 4) La reacción de los Di y poliisocianatos con fijadores hidroxilos, poliéster y poliéteres producen la más fuerte, polar e hidrogenada junta adhesiva.
- 5) Los isocianatos proporcionan una excelente adhesión con metales, no importando que éstos se degraden.
- 6) Los isocianatos reaccionan "inclusive en superficies -- que esten oxidadas o hidrogenadas, así como en

metálica, no importando que no esté preparada (Capítulo I)".

A continuación se da una explicación un poco más detallada de la efectividad de los adhesivos, en base a los seis puntos anteriores.

1) Reacción de Isocianatos con Otros Grupos Funcionales.

En consideración de la probabilidad de adherir dos objetos con un adhesivo, uno de los cuales tiene tendencia a tener mayor adhesión debido a los enlaces químicos que presenta. La facilidad de reaccionar de los grupos isocianatos con una gran variedad de grupos funcionales podría, en teoría, favorecer el éxito de los adhesivos con base de isocianato.

2) Reacción con Otros Grupos Isocianatos.

Los isocianatos aromáticos y alifáticos pueden polimerizarse por si mismos y formar estructuras resinosas estables. Dicha reacción puede ser catalítica empleando diversos materiales, como: acetato cálcico, acetato potásico, formiato sódico, carbonato de sodio, trietilamina, ácido oxálico, benzoato de sodio y una gran variedad de metales solubles como sodio, potasio, magnesio, mercurio, níquel, cobre, zinc, aluminio, titanio, vanadio y hojalata. Incluso, un fuerte calentamiento puede proporcionar este cambio. Algunos isocianatos reaccionan consigo mismos, formando estructuras dimeras.

3) Características Solubles.

Bayer encontró que los isocianatos tienen excelente solubilidad en casi todas las sustancias orgánicas, así como un pequeño tamaño de moléculas, lo que permite una buena difusión. Estas características proporcionan adhesión, ya que permiten que el isocianato

to penetre en el adherente; todo esto precede a la serie de reacciones que pueden presentarse con el adherente. La buena resistencia al esfuerzo y la flexibilidad son características de la junta adhesiva formada entre ambos adherentes lo que contribuye a una buena adhesión.

4) Polaridad.

La reacción de los Di y poliisocianatos con varios poliésteres, poliéteres, glicoles y sus coreactantes produce en muchas aplicaciones adhesivas, la relativa polaridad y la altamente hidrogenada mezcla de poliuretano, que muestra gran resistencia a situaciones húmedas.

5) Características Medibles.

Buist y Naunton establecieron que los cementos (hule-metal) de poliisocianato no solo proporcionan una adhesión fuerte originada quizás por que el hule inmóvil en contacto con el metal logra penetrar en éste, haciendo que el resto del hule encuentre posición de fijación, sino que además penetran por medio de la degradación de los materiales.

6) Reacción con Superficies Imprevistas.

Para explicar la efectividad de los adhesivos base isocianato con superficies aparentemente inertes como vidrio y metal. Bayer sugirió que la reacción de los grupos isocianatos se lleva a cabo con la delgada película de agua que se encuentra presente en la superficie, o bien, que los isocianatos reaccionan con los óxidos depositados en la superficie del metal, inclusive los isocianatos pueden polimerizar en medios alcalinos. Todas estas posibilidades proporcionan contacto íntimo entre el adhesivo y el adherente.

C A P I T U L O X

MÉTODOS Y PATENTES DE OBTENCIÓN DE ADHESIVOS

El poliuretano e isocianatos son empleados en sistemas adhesivos en muchas y muy variadas formas. Los métodos de obtención más comunes, así como algunas formulaciones se describen a continuación.

10.1 METODO DEL ISOCIANATO COMO ANTIOXIDANTE.

Un Di o poliisocianato, generalmente en solución, es aplicado a la superficie del adherente antes de ser puesto en contacto con el otro adherente que ha sido tratado de igual forma.

Ejemplo 1:

Mezclas sulfurosas que han de ser cementadas o aplicadas con brochas con solución de desmodur-RIII y después vulcanizadas. De esta forma se puede obtener esfuerzo tensionante hasta de 1138 psi.

Ejemplo 2:

Recubrimientos de elastómeros pueden ser adheridos a fibras sintéticas como una solución del 2% en tolueno

y se aplican por resbalamiento o esreado y después -
secando para posteriormente aplicar el recubrimiento
del elastómero.

10.2 METODO CONVENCIONAL DE VEHICULO PLASTICO O DE HULE -- MAS ISOCIANATO.

Usualmente en un solvente inerte y seco, un Di o poliisocianato se mezcla con un vehículo convencional - de hule o plástico. Esta combinación se esprea sobre las superficies que van a ser adheridas, las cuales - son secadas con aire y preparadas a temperatura am -- biente o superiores. Dupont opina que existen ventajas especiales en la adhesión de elastómeros con me - tal, los cuales resultan del empleo de un vehículo -- elastomérico con MDI-50. Primeramente, el vehículo - elastomérico (generalmente del mismo tipo que el elas - tómero adherente), cubre el componente diisocianato - con un recubrimiento, protegiéndolo de la humedad y - proporcionándole una mayor pero no limitada vida útil. El MDI-50 incrementa lentamente su viscosidad con el tiempo, volviéndose gel con un almacenamiento prolon - gado a temperatura ambiente. Segundo, el vehículo -- elastomérico proporciona mayor cuerpo al adhesivo y - ayuda a la adhesión.

Ejemplo 1:

Hule natural como SBR, neopreno (del tipo GN), GR-M o GR-MIO se desmenuzan en un mezclador o molino. Sol - ventos aromáticos como el xileno, tolueno o cloroben - ceno (100 partes), son añadidos y agitados para disol - ver 100 partes de elastómeros. Cuarenta partes de -- MDI-50 (VII) son añadidos al elastómero (solución) -- con agitación; estos cementos son añadidos a tempera - tura ambiente. El cemento de hule dura siete días, - el SBR de tres a cuatro días y el neopreno tres días.

Los cementos antes mencionados aplicados con un 10 ó 15% de peso de fibras son excelentes antioxidantes para la adhesión de elastómeros y fibras. Los cementos pueden ser aplicados por métodos convencionales y almacenado hasta su uso.

10.3 POLIMERIZACION IN SITU.

Para la obtención del adhesivo mediante este procedimiento es necesario contar con un reactor con agitación, en donde se llevará a cabo la reacción. También es necesario una mezcla de solventes para que el tiempo de pegado no sea muy corto o demasiado largo; ésta mezcla es con un 40% de acetona y 25% de tolueno. Es preciso mencionar que no solo se obtiene el adhesivo con esta mezcla de solventes sino que también se puede hacer la disolución del poliuretano con diferentes solventes, los cuales se mencionan a continuación:

- £ Solventes oxigenados
- £ Metil-etil cetona
- £ Xilol
- £ Acetona
- £ Heptano

Se debe mencionar que al emplear cualquiera de estos solventes también se obtiene un adhesivo pero con propiedades diferentes, como son el porcentaje de sólidos y el tiempo en que desaparezca el vehículo (solvente). Es conveniente hacer notar que con la mezcla propuesta (acetona-tolueno) se obtiene un costo de producción más económico con respecto a los otros solventes. Otra materia prima que se puede utilizar para mejorar las propiedades del adhesivo son los llamados aditivos, que en este caso son resinas. A continuación se mencionan algunos dependiendo del uso requerido.

Se puede utilizar resina fenólica o acrílica ya que su temperatura de fusión está en el orden de los 100° y 130°C y su uso recomendado es para pegar plástico con cartón. Estas resinas no deben sobrepasar el 5% en peso en la fórmula de adhesivo.

Existen otros tipos de resinas que en formulación del adhesivo, está en el orden del 0.5 al 1% en peso con relación al poliuretano y éstas son terpenfenólicas, poliéster y alquídicas; estas resinas sirven como catalizador o vinculador en una molécula lineal. Las resinas poliuretano-acrílica se utilizan para generar un adhesivo que tenga la propiedad de pegar plástico con metal o metal con metal.

Hasta ahora solo hemos mencionado dos de los tres elementos principales del adhesivo, es decir, el vehículo (solventes) y el aditivo (resinas), faltando el poliuretano que es nuestra materia prima para la elaboración del adhesivo. Por último se carga la mezcla de solvente y se va agregando paulatinamente la resina fenólica con la que obtendremos la propiedad de pegar piel con plástico y también PVC; la cantidad restante al 100% es cubierta con poliuretano. Dependiendo de la cantidad de adhesivo que se quiera elaborar será el tiempo para agitar la mezcla o en su defecto, se tendrá que muestrear al reactor para hacer la determinación del porcentaje de sólidos que no debe ser mayor al 25%, y la viscosidad que estará en el orden de los 1000 a los 3500 cp.; la densidad debe estar -- por el orden de 1.4 gr/cc.

El color del adhesivo resultante depende directamente del tipo de aditivo que se le asigne, así como el olor depende del solvente utilizado. A continuación se presenta una gráfica en la que se puede observar el consumo y la producción del adhesivo a base de po-

liuretano, así como también incluye los diferentes -- productores de México.

TONELADAS

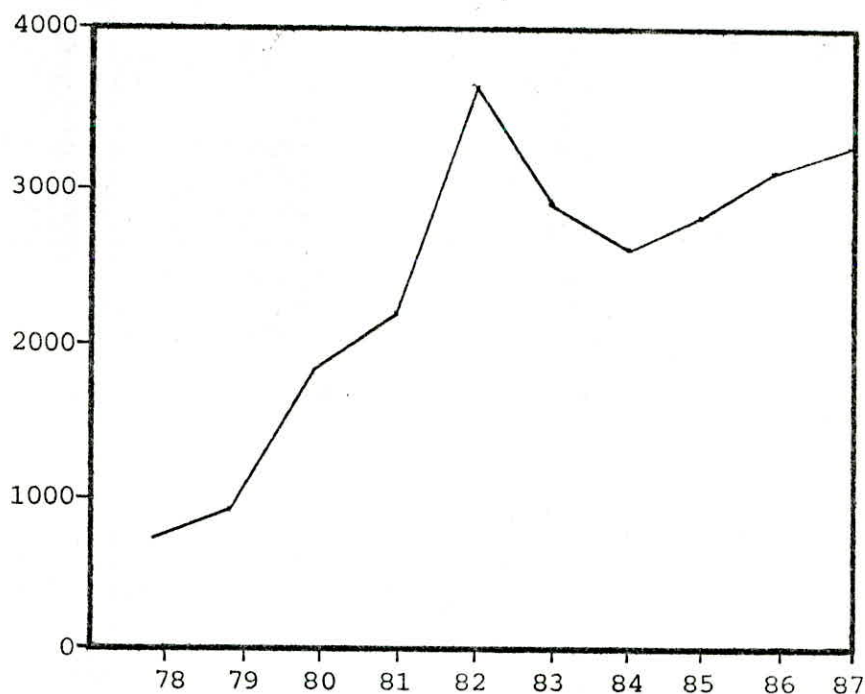


FIGURA 10.1

Fuentes:

- ANIQ. Investigación directa.
- SHCP. Dirección General de Aduanas.
- IMCE. Instituto Mexicano de Comercio Exterior.

Productores:

- Eagon Meyer, S. A.
- Industrias Resistol, S. A.

Los tres métodos expuestos anteriormente son los más usuales en cuanto a la obtención del adhesivo, sin embargo existen otros también muy efectivos pero no tan empleados, como son:

- Elastómero de poliuretano con o sin isocianato.

- En bloque, Di o poliisocianato.
- Dispersión acuosa.
- Películas y láminas.
- Poder.

10.4 PATENTES DE ALGUNOS ADHESIVOS.

Los métodos de obtención anteriormente expuestos sólo^amente son métodos generales, originando casi todos ad^ahesivos de propiedades similares; sin embargo, los fa^abricantes de adhesivos especializados han encontrado que los adhesivos de poliuretano e isocianato, además de su gran rendimiento, fácilmente pueden agregárse^ales características específicas. Por tal motivo a -- continuación se presentan sólo algunas de las muchas patentes existentes:

1) N° 2894925.

Title: Polyethylene Containing Adhesive.

To: TC Mom's & IC Johnson Assigned, BB Chemical Co. Filed June 25-25, Issued July - 1959.

Contents: An adhesive which consists of a self-supporting of hot melt composed of 15-60% Polyethylene 10-35% Isobuthylene Polymer & 20-60 Hydrocarbon Resin.

2) N° 2953489.

Title: Adhesive Composition Comprising a Polyalkyleneether Polyurethane Elastomer a Method of Laminating There With.

To: C.A. Young Assigned: EJ duPont de Nemours & Co. Filed March 12-56, Issued -- September 20-60.

Contents: An adhesive composition of 100 parts of Polyurethane Elastomer prepared from a - Polyalkyleneether Glycol, 20-40% channel black or flamed Silica, 800-3000 parts - of a inert volatil organic solvent.

3) N° 2983693.

Title: Isocyanate Terminated Polyurethane Adhe-

sive Composition.

To: RS Sievers. Assigned EJ duPont de Nemours Co. Filed December 20-56, Issued May 9-61.

Contents: An adhesive mix comprising Isocyanate -- terminated Polyurethane Resin mix in at 75-140°C with castor oil and with castor oil with free Hydroxyl groups.

4) N° 3042545.

Title: Epoxy Resins as Adhesives for Bonding Polyurethane to Metal.

To: R.N. Kienle & D.T. Szura Assigned U.S. Rubber Co. Filed August 2-59, Issued July 3-62.

Contents: The metal surface is first coated with an incompletely cure 1,2, Epoxide Resin, and 6-10 parts of Amine curative. The incompletely cured layer of Polyurethane prepolymer is applied and cured in situ.

5) N° 3179610.

Title: Join Sealer & Pauing Composition Containing Liquid Polyurethane & Bituminus Material.

To: P.R. Wood Assigned U.S. Rubber Corp. Issued April 20th, 1985.

Contents: A mixture of mineral aggregates with a -- bonder of a liquid Polyurethane pre-polymer & a liquid Bituminus material. The sealer is cured in situ through reaction with water moisture.

6) N° 3284392.

Title: Adhesive Solution Comprising a Phenol -- Formaldehyde Resin & a Polyurethane Elastomer in a Solvent Mixture of Methylene Chloride & an Aqueous Methyl Alcohol Solution.

To: M. Steinfink Assigned IJ duPont de Nemours Co. Filed August 28-64, Issued November 8, 1966.

Contents: An adhesive mixture comprising 90-25 -- parts of Methylene Chloride 10-75 parts of Ethyl Alcohol, 25-75 parts of a Polyu

urethane Resin & 75-25 parts of a Phenol,
Formaldehyde Thermosetting Resin.

7) N° 3290208.

Title: Adhesive Composition of Metal to Metal -
Structural Application Comprising a Poly
urethane Resin & a Monomeric Glycidyl Es
ter.

To: A.F. Lenis & W3 Ramsey Assigned American
Cyanamid Co. Filed April 23-03, Issued -
December 6, 1966.

Contents: A Polyurethane Adhesive Resin in combina
tion with 66-130% of a Diamine curing --
agent plus a Monomeric Glycidyl Acrylate.

C A P I T U L O X I

COMO ELEGIR UN ADHESIVO

En el presente capítulo se establecerá el procedimiento para la elección del adhesivo más óptimo, en un problema dado.

Nuestro problema en cuestión está encaminado a encontrar la unión adhesiva más eficiente entre dos piezas del mismo material (SAN o Estireno Acrilo Nitrilo). Dicho material se emplea en la inyección del cuerpo envolvente de diferentes piezas, tales como: televisores, radios y diferentes enseres domésticos, dentro de los que se puede mencionar el teléfono.

11.1 PREPARACION DE LA SUPERFICIE ADHERENTE.

Como ya hemos establecido, nuestro material es el SAN que se encuentra dentro de la familia de los plásticos, siendo un terpolímero compuesto por Estireno, -- grupos Acrilos y Nitrilos. Este material puede ser -- preparado de acuerdo a cada uno de sus tres componentes, de igual forma que el Acrilo Nitrilo Butadieno -- Estireno (ABS) (ambos tienen radicales similares), -- por lo que atenderemos la preparación de la superfi -

cie de igual forma que para un Acrilo Nitrilo Butadie -
no Estireno; cabe hacer mención que las piezas adhe -
rentes son dos laminillas con las siguientes especi -
ficaciones:

Largo: 8.0 cm
Ancho: 6.0 cm
Espesor: 0.3 cm

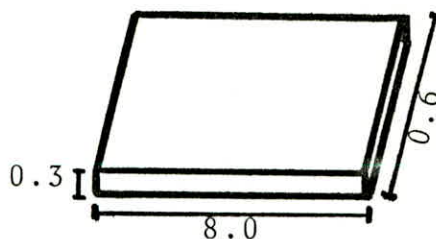


FIGURA 11.1

Pero en realidad, la zona efectiva de adhesión sólo -
sera de 4.0 cm x 6.0 cm, lo que se muestra en la Figu -
ra 11.2

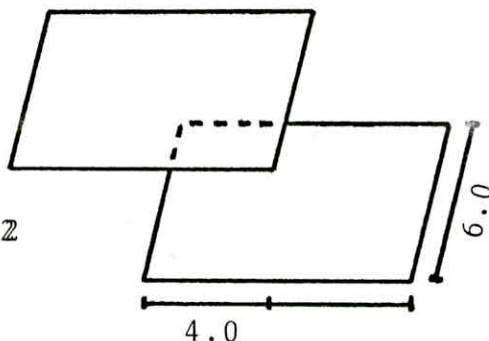


FIGURA 11.2

No debemos olvidar que los plásticos necesitan no so -
lo de una limpieza de tipo físico, sino que es neces_a -
rio profundizar hasta una limpieza química. Los re -
sultados de esta limpieza desaparecen con el tiempo,
por lo que es importante aplicar el adhesivo cuanto -
antes.

Para efecto del ejemplo se llevarán a cabo dos pruebas
de limpieza de superficie simultáneamente.

Método 1). Abrasión con Antioxidante.

A) Empleando una superficie áspera para remover cual -
quier incrustación indeseada, se debe procurar que
toda la superficie adherente quede perfectamente -
libre de partículas ajenas a la misma.

- B) Para asegurarse de que la superficie esté completamente limpia no sólo de materiales oleaginosos y/o algunos otros sólidos, incluyendo residuos de polvo del mismo material originados en el paso anterior, se permitió que una corriente de Propanona arrastrara éstos.
- C) Una vez convencidos de que nuestra superficie esta libre de grasas y sólidos, sólo resta eliminar los excedentes de Propanona; para tal efecto, meta las muestras a una mufla a 70-80°C por espacio de dos horas, con lo cual las superficies quedarán perfectamente secas.
- D) Para evitar que la superficie absorba humedad o -- cualquier otro material durante el tiempo de aplicación del adhesivo, se aplicó un recubrimiento -- con antioxidante (Loctite L-736 o Never Sise plástico). Posterior a esto se procedió a la aplica-ción del adhesivo.

Método 2). Acido Crómico Tibio.

- A) Para liberar a la superficie adherente de cual -- quier grasa y algunos sólidos, se empleó un baño -- con Tolueno y finalmente con acetona, permitiendo que las superficies permanecieran en contacto con el líquido el tiempo suficiente para remover cualquier material fuertemente adherido.
- B) A manera de hacer una limpieza química, se hizo lo mismo que el paso anterior, pero primeramente con Acido Sulfúrico (99.6% conc.) y posteriormente con Dicromato de Potasio para neutralizar; finalmente se retiraron todos los residuos de éstos con agua.
- C) Para eliminar el excedente de agua se secó median-

te una corriente de aire seco y posteriormente se metió a una mufla a 70-80°C por espacio de dos horas; como protección ulterior se aplicó una capa de antioxidante (Loctite L-736).

Para cualquier otro material, ver métodos sugeridos en el Capítulo II.

11.2 TIPOS DE ADHESIVOS.

Debido a la gran cantidad de clasificaciones de adhesivos, atendiendo a propiedades, materiales y usos, es igualmente válido atender a cualquiera de estas clasificaciones; por tal motivo y para efecto del ejemplo, se escogerá un adhesivo de cada una de éstas.

11.2.1 Por Función.

En esta clasificación se tienen dos clases de adhesivos: estructurales y no estructurales.

+Estructurales. Dentro de la diversidad de marcas comerciales se tiene:

Nombre comercial: Plasticero

Marca: Devcon

Producido por: Devcon de México, Aoelina Patty 8801, México, D. F.

En lo sucesivo éste adhesivo se identificará como ADH-1.

+No Estructurales.

Nombre comercial: Juntex-3

Marca: Química TF

Producido por: Química TF. Tecpatl 110 México, D.F.

Identificación: ADH-2

Nombre comercial: Sellador de Silicón 781

Marca: Dow-Corning

Producido por: Dow Corning Mexicana, Prolog. - San Antonio 0118, México, D. F.

Identificación: ADH-3

Como ya se mencionó, para efectos de prueba se ha escogido un adhesivo en cada división. ADH-1 fue escogido debido al material con el que se está trabajando (termoplástico), ya que en el mercado se encuentran muchos similares para diferentes usos y materiales. Para el caso de ADH-2 y ADH-3, como adhesivos estructurales no ofrecen buen resultado, ya que las aplicaciones de este tipo de adhesivos son otras; sin embargo, para efectos del ejemplo, se han elegido éstos por ser adhesivos empleados para plásticos y hules.

11.2.2 Por Forma Física.

En esta clasificación encontramos adhesivos sólidos (polvos), pastas (combinación sólido-líquido), y naturalmente líquidos. Para mostrar los diferentes adhesivos y usos, emplearemos uno de cada especie.

+Sólido. En este grupo no se tiene conocimiento de alguno que pudiera ser empleado en el ejemplo, por tal motivo se omitirá.

+Pasta.

Nombre comercial: Loctite L-601

Marca: Loctite

Producido por: Dow-Corning Mexicana, Prolg. -
San Antonio 0118, México, D.F.

Identificación: ADH-4

+Líquido (alta viscosidad).

Nombre comercial: 5000

Marca: Resistol

Producido por: IRSA Calz. Azcapotzalco La Vi-
lla 705, México 15, D.F.

Identificación: ADH-5

+Líquido (media viscosidad).

Nombre comercial: 850

Marca: Resistol

Producido por: IRSA Calz. Azcapotzalco La Vi-
lla 705, México 13, D.F.
Identificación: ADH-6

+Líquido (baja viscosidad).

Nombre comercial: Krazy-Cola Loka
Marca: Pyre
Producido por: Pyre Carr. Pue-Tlax Km. 13.5
Identificación: ADH-7

Cada uno de los adhesivos en sus distintas divisiones, ha sido escogido dentro de una gran variedad, atendiendo principalmente al tipo de material a donde van a ser aplicados, ya que existen para otros materiales como: madera, papel, vidrio, cerámica, metal, etc, y sus diferentes combinaciones.

11.2.3 Por Forma de Aplicación.

En esta categoría encontramos principalmente - adhesivos hechos a base de sustratos de diversos materiales, dichos adhesivos son excelentes para los mismos materiales, de los cuales fueron hechos. Por ejemplo, para metales como poleas, engranes, casquillos, rotores, etc., - se recomienda un sustrato de metal-asbesto, como es el Loctite L-635 producido por Loctite - (ver referencia de ADH-4).

En nuestro caso se recomienda el siguiente, ya que está hecho a base de cianocrilato y otros plásticos, lo que hace que este adhesivo sea - afin a nuestro material.

Nombre comercial: Permatex-Plástico
Producido por: Parch, Col. Del Valle 65-115,
México 8, D.F.
Marca: Form-A-Gasket
Identificación: ADH-8

11.2.4 Por Composición Química.

Esta clasificación implica un conocimiento más a fondo del tipo de material que se desea pegar, así como de los adhesivos disponibles. Ya hemos establecido que nuestro material es un terpolímero con grupos estireno, acrilos y nitrilos. La combinación de estos origina un termoplásticos; conociendo esta característica podemos elegir un adhesivo dentro de la gran variedad de ésta especie.

Nombre comercial: Cement-Químico N3 1
Marca: Form-A-Gasket
Producido por: Parch, Col. Del Valle 65-115,
México 8, D. F.
Identificación: ADH-9

11.2.5 Adhesiones Específicas.

De igual forma que en la división anterior, se requiere de un conocimiento a fondo del tipo de material empleado, así como de sus propiedades y características. Por tal motivo, en esta clasificación debemos atender la división de plásticos y especialmente la subdivisión de termoplásticos, en donde podemos encontrar adhesivos como:

Nombre comercial: Loctite-Adhesivo 495
Marca: Loctite
Producido por: Dow-Corning Mexicana, Prolg. --
San Antonio 0118, México
Identificación: ADH-10

11.3 PEGADO.

Las distintas formas de pegado dependen en gran parte del tipo de adhesivo a emplearse y no solo eso, sino que también el material en donde van a ser aplicados y en las condiciones a que van a ser sometidos. En -

nuestro ejemplo estas condiciones para cada una de --
las muestras serán exactamente las mismas, las cuales
son:

- 1) Horno a 25°C
- 2) Horno a 100°C
- 3) Horno a 240°C
- 4) Vacío de 10-15 kg/cm²
- 5) Cámara con luz U.V. a temperatura de 30°C

Es necesario hacer mención que se han preparado dos -
muestras para cada adhesivo elegido, esto debido a --
los dos métodos de preparación de superficie. Estas
muestras van a ser sometidas a las 5 pruebas antes --
mencionadas, lo que origina tener un total de 100 --
muestras. Para la identificación de las mismas se em
pleará la siguiente codificación.

TABLA 11.1

TIPO DE ADHESIVO		METODO PREPARACION DE SUPERFICIE		CODIGO
		1	2	
ADH-1	A	X		ADH-1A
	B		X	ADH-1B
ADH-2	A	X		ADH-2A
	B		X	ADH-2B
ADH-3	A	X		ADH-3A
	B		X	ADH-3B
ADH-4	A	X		ADH-4A
	B		X	ADH-4B
ADH-5	A	X		ADH-5A
	B		X	ADH-5B
ADH-6	A	X		ADH-6A
	B		X	ADH-6B
ADH-7	A	X		ADH-7A
	B		X	ADH-7B
ADH-8	A	X		ADH-8A
	B		X	ADH-8B
ADH-9*	A	X		ADH-9A
	B		X	ADH-9B
ADH-10	A	X		ADH-10A
	B		X	ADH-10B

(*) No requiere antioxidante.

Se hace notar que de cada código resultante representa 5 muestras para las distintas pruebas, lo que origina las 100 muestras totales antes mencionadas.

Cada adhesivo tiene una forma particular de ser preparado, la cual es proporcionada con las especificaciones de uso y almacenamiento. Por ello, al emplear cada uno de los distintos adhesivos aquí elegidos, se hará una breve explicación de su preparación en aquellos que así lo requieran.

11.3.1 Plasticero (ADH-1).

Como ya se mencionó, el plasticero es un adhesivo estructural con las siguientes especificaciones:

- Endurece a temperatura ambiente
- No necesita presión adicional o calor
- No se contrae al endurecer
- Se convierte en un material de características metálicas (sólido y tenaz)
- Resistente a la mayoría de productos químicos
- Resistente hasta una temperatura promedio de 121°C

Este adhesivo requiere de la adición del endurecedor, que debe hacerse de acuerdo a las especificaciones del mismo, cuidando las proporciones y el método de mezclado para así lograr una consistencia uniforme, después de esto, el adhesivo muestra una consistencia de pasta, lo que hace más fácil su aplicación; empleando -- una espátula como aplicador, se debe tratar de lograr un espesor uniforme a lo largo de toda la superficie adherente y posteriormente unir las piezas adherentes.

11.3.2 Juntex-3 y Sellador Silicón-781 (ADH-2 y ADH-3)

Estos adhesivos no requieren de una previa pre

paración lo más importante de éstos es lograr un espesor uniforme y evitar burbujas de aire que puedan disminuir la eficiencia de pegado. Entre las principales características de estos adhesivos se tienen el de ser impermeable y resistente al medio ambiente.

11.3.3 Loctite L-601 (ADH-4).

Adhesivo Loctite L-601 con apariencia física - similar a ADH-1, pero que no requiere de endu- recedor, sino que al ser aplicado se debe espe- rar a que la superficie ya cubierta con el ad- hesivo muestre consistencia sólida, tratando - de evitar coartaduras; inmediatamente se unen ambas partes adhesivas.

11.3.4 5000, 850 y Crazy Kola-Loka (ADH-5, ADH-6 y -- ADH-7.

Estos tres adhesivos líquidos de distintas vis- cosidades se aplican en forma sililar, ya que ninguno de éstos requiere de preparación espe- cial para ser aplicados. En la aplicación del ADH-5 es recomendable permitir que el vehículo se evapore y después hacer contacto con las -- dos superficies adherentes. En el caso del -- ADH-6, éste concepto no es tan estricto, sin - embargo, es recomendable permitir que el pega- mento penetre en el material al que está sien- do aplicado (este adhesivo es recomendado para madera). Para el adhesivo ADH-7, las especifi- caciones son más simples, pero no menos impor- tantes; se recomienda tener la superficie ya - preparada y sobre todo libre de polvo y otras partículas, para que posteriormente se aplique procurando utilizar lo menos posible, con el - objeto de lograr una mayor efectividad al redu

cir el tiempo de secado.

11.3.5 Permatex-Plástico (ADH-8).

Este adhesivo, de igual forma que el ADH-5, re quiere de cierto lapso de tiempo para permitir que el vehículo se logre evaporar; este lapso de tiempo se ve severamente incrementado cuando el espesor de la capa aplicada es grande, o bien, si no se cuenta con una buena ventilación; es importante asegurarse que el vehículo ha si do eliminado para así evitar la posibilidad de formación de burbujas de aire o del mismo vehí culo inclusive. Es muy recomendable el uso de espátula o herramienta similar para lograr una capa de adhesivo óptima y uniforme.

11.3.6 Cement-Químico (ADH-9).

Debido a que este adhesivo no solo activa su - perficialmente, sino que por el contrario, activa internamente, se recomienda aplicarlo inmediatamente después de la preparación de su - perficie, para así evitar la intervención de - alguna partícula ajena al mecanismo de pegado.

11.3.7 Loctite-Adhesivo (ADH-10).

De igual forma que el ADH-9, este adhesivo tie ne la particularidad de interactuar no sólo en la superficie, sino que también interviene molecularmente; sin embargo, éste en particular se puede afirmar que va más allá de las sim -- ples moléculas, ya que está hecho a base de -- cianocrilatos. A diferencia del anterior, éste si requiere de cierta preparación, la cual viene adjunta con el producto. Es necesario - hacer incapié en tener especial cuidado con --

las porciones a mezclarse, así como de lograr un buen mezclado con los componentes.

11.4 EFECTOS EN LA JUNTA ADHESIVA.

Como se vió en el Capítulo VII, las juntas adhesivas deben ser resistentes a muy diversas pruebas, sin embargo, como ya se estableció con anterioridad, se han elegido 5 pruebas como las más representativas de la gran variedad de condiciones a las que las juntas pueden ser sometidas; estas cinco pruebas se harán en base al ASTM, sin embargo, para un problema determinado existen pruebas específicas que amplían los conocimientos de cada adhesivo, en cuanto a usos y eficiencias, así como también en las técnicas de aplicación y métodos de preparación de superficie.

11.4.1 Prueba a 25°C.

Cada muestra fue colocada en un horno a 25°C por espacio de dos días, permitiendo antes que la junta adhesiva estuviera en óptimas condiciones. Posterior a los dos días, las muestras fueron colocadas en un desecador para permitir que recobraran la temperatura ambiente, pero sin absorber humedad o cualquier otro agente del medio. Los parámetros que se midieron y que se medirán en el resto de las pruebas serán:

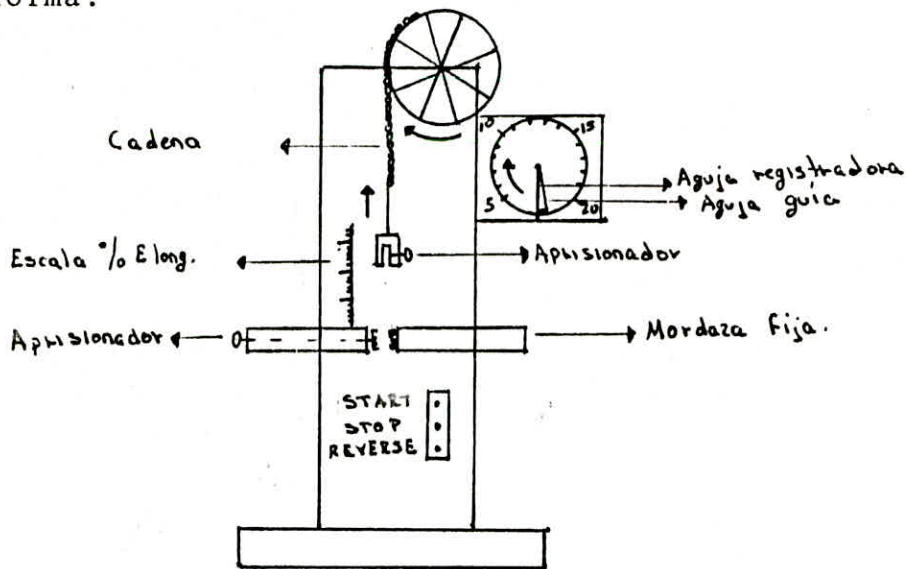
- a) Color
- b) Apariencia física
- c) Resistencia a la tensión*

(*) Ver hoja anexa.

A continuación se muestra una tabla de resultados; los valores tabulados se refieren a:

- a) Color: 1= Tendencia al cambio; 2= Cambio, 3= Sin cambio.

Esta prueba se realizó en un aparato como lo muestra la figura, en donde puede medirse también el % de elongación y resistencia a la tensión. Por la naturaleza de nuestro ejemplo, el % de elongación no es aplicable, en tanto que la resistencia a la tensión si, la cual se efectúa de la siguiente forma:



Se pone la muestra en las mordazas fijas sujetando la mitad del área firmemente; para esto nos valemos del apriñonador que se encuentra en la parte izquierda, procurando que la mitad restante de la muestra quede libre en la parte superior para que aquí se fijen las mordazas móviles, fijándolas firmemente con el tornillo apriñonador que se encuentra en éstas (lado derecho). En este momento las mordazas fija y móvil se encuentran en contacto, ya que cada una tiene aprisionada la mitad del material. Al poner en acción el aparato, un motor tiende a subir la mordaza móvil por medio de una cadena, la cual es enrollada en la parte superior. Se mide entonces el torque que se efectúa al tratar de subir la mordaza, el cual es registrado por la aguja indicadora que es movida por una guía, la cual cae súbitamente cuando el torque es cero (la muestra ha cedido), lo que no pasa con la aguja registradora que se detiene por medio de un seguro en la máxima lectura. Entonces se detiene el motor y se procede a hacer la lectura del esfuerzo a la tensión, el cual ya viene expresado en lb/psi en el disco indicador (de recha).

b) Apariencia física: I= Burbuja; II= Coartea-
dura; III= Contracción;
IV= Sin efecto.

c) Resistencia a la tensión: Valores expresa-
dos en psi.

TABLA 11.2

ADHESIVO	a	b	c
ADH-1A	3	IV	12.5
ADH-1B	3	IV	12.2
ADH-2A	3	IV	3.0
ADH-2B	3	III	2.8
ADH-3A	1	IV	1.7
ADH-3B	3	IV	2.1
ADH-4A	3	IV	7.0
ADH-4B	3	IV	7.1
ADH-5A	3	IV	5.0
ADH-5B	3	IV	4.9
ADH-6A	3	IV	1.0
ADH-6B	1	IV	0.9
ADH-7A	3	IV	12.1
ADH-7B	3	IV	12.0
ADH-8A	3	IV	11.0
ADH-8B	3	IV	11.2
ADH-9A	3	IV	10.1
ADH-9B	3	IV	10.7
ADH-10A	3	IV	11.7
ADH-10B	3	IV	11.9

11.4.2 Horno a 100°C.

En esta ocasión la temperatura del horno fue -
fijada en 100°C, ibteniéndose los siguientes -
resultados después de dos días de que las mues-
tras permanecieron dentro del horno y de permi-
tirles recobrar la temperatura ambiente en un
desecador para evitar absorber humedad u otro
agente externo.

TABLA 11.3

ADHESIVO	a	b	c
ADH-1A	3	IV	10.7
ADH-1B	3	IV	10.8
ADH-2A	1	IV	1.9
ADH-2B	3	III	1.7
ADH-3A	2	III	0.9
ADH-3B	2	III	0.7
ADH-4A	2	III	4.3
ADH-4B	3	I	0.9
ADH-5A	1	I	0.7
ADH-5B	2	III	2.9
ADH-6A	2	II	0.3
ADH-6B	2	II	0.3
ADH-7A	1	IV	11.7
ADH-7B	3	II	9.0
ADH-8A	1	IV	10.8
ADH-8B	3	IV	11.1
ADH-9A	3	I	4.0
ADH-9B	3	I	4.3
ADH-10A	3	IV	11.8
ADH-10B	3	III	11.3

11.4.3 Horno a 240°C.

Como prueba adicional de resistencia a la temperatura, ésta se ha incrementado considerablemente hasta 240°C; con el fin de comprobar la efectividad de la junta adhesiva, nuevamente las muestras permanecieron dentro de la mufla por espacio de dos días, los resultados obtenidos se han tabulado en el siguiente cuadro:

TABLA 11.4

ADHESIVO	a	b	c
ADH-1A	1	II, III	2.7
ADH-1B	2	II	3.0
ADH-2A	2	II, III	0.7

Cont'n. TABLA 11.4

ADHESIVO	a	b	c
ADH-2B	2	II, III	0.6
ADH-3A	2	III	0.5
ADH-3B	2	III	0.5
ADH-4A	1	I, III	0.7
ADH-4B	2	I, III	0.8
ADH-5A	2	II, III	0.9
ADH-5B	2	II, III	1.0
ADH-6A	2	II, III	--
ADH-6B	2	II, III	--
ADH-7A	2	II	1.7
ADH-7B	2	II	1.6
ADH-8A	2	I, III	1.8
ADH-8B	2	I, III	2.0
ADH-9A	2	I, II	0.1
ADH-9B	2	I, II	0.3
ADH-10A	2	II, III	1.8
ADH-10B	2	II, III	1.7

11.4.4 Vacío 4-5 kg/cm².

Una prueba adicional que se recomienda en el - ASTM es la de presión de vacío; generalmente - esta prueba es de carácter obligatorio de apli - caciones especiales (ver Capítulo VIII), como son partes aeronáuticas, espaciales e incluso automotrices. Esta prueba se realizó en una - estufa de vacío, procurando tener una tempera - tura constante; la prueba se realizó por un es - pacio de 6 hrs. Posterior a ésta, las mues - tras fueron colocadas en un desecador, por un corto lapso. Los resultados de la misma se -- muestran a continuación:

TABLA 11.5

ADHESIVO	a	b	c
ADH-1A	3	IV	12.4

Cont'n. TABLA 11.5

ADHESIVO	a	b	c
ADH-1B	3	IV	12.3
ADH-2A	3	IV	2.9
ADH-2B	3	IV	2.9
ADH-3A	3	IV	2.0
ADH-3B	3	IV	2.1
ADH-4A	3	IV	7.1
ADH-4B	3	IV	7.0
ADH-5A	3	IV	5.0
ADH-5B	3	IV	5.1
ADH-6A	3	IV	0.4
ADH-6B	3	IV	1.0
ADH-7A	3	IV	8.7
ADH-7B	3	IV	11.5
ADH-8A	3	IV	11.2
ADH-8B	3	IV	11.2
ADH-9A	3	IV	10.3
ADH-9B	3	IV	10.4
ADH-10A	3	IV	11.8
ADH-10B	3	IV	11.9

11.4.5 Cámara de Luz U.V.

Esta prueba puede considerarse como representativa de las condiciones climatológicas a las que la junta adhesiva pudiera enfrentarse en alguna situación determinada, ya que se considera que una junta adhesiva expuesta a los rayos solares y elevadas temperaturas sufre graves consecuencias que pueden disminuir su eficiencia. Por tal motivo esta prueba se llevó a cabo en una cámara totalmente aislada del medio ambiente. Durante dos días, procurando -- mantener a una temperatura de 30°C, los resultados obtenidos son los que se muestran a continuación:

TABLA 11.6

ADHESIVO	a	b	c
ADH-1A	3	IV	12.3
ADH-1B	1	IV	12.4
ADH-2A	3	IV	2.7
ADH-2B	3	III	2.5
ADH-3A	2	III	1.2
ADH-3B	1	IV	1.8
ADH-4A	3	IV	7.1
ADH-4B	3	IV	7.1
ADH-5A	1	III	2.8
ADH-5B	1	III	2.9
ADH-6A	1	II	0.4
ADH-6B	2	IV	0.9
ADH-7A	3	II	8.9
ADH-7B	1	IV	10.2
ADH-8A	3	IV	11.2
ADH-8B	3	IV	11.1
ADH-9A	1	IV	5.8
ADH-9B	1	II	6.8
ADH-10A	3	IV	11.9
ADH-10B	3	III	11.2

Como puede observarse en cada prueba realizada, existen adhesivos con un mejor comportamiento que otros, sin embargo, es notable la eficiencia obtenida por aquellos que fueron escogidos correctamente, tanto para uso como en condiciones. Esto se refleja en el siguiente cuadro de resultados:

CUADRO 11.1

+ Prueba #1 Horno a 25°C

Optimo resultado: ADH-1

Deficiente resultado: ADH-6

+ Prueba #2 Horno a 100°C

Optimo resultado: ADH-10

Deficiente resultado: ADH-3, ADH-5, ADH-6

+ Prueba #3 Horno a 240°C

Optimo resultado: ADH-1, ADH-8

Deficiente resultado: ADH-3, ADH-6

+ Prueba #4 Vacío

Optimo resultado: ADH-1, ADH-7, ADH-8 y
ADH-10

Deficiente resultado: ADH-2, ADH-3, ADH-6

+ Prueba #5 Luz U.V.

Optimo resultado: ADH-1, ADH-10

Deficiente resultado: ADH-3, ADH-6, ADH-9

Como consecuencia de una buena elección, el adhesivo elegido presentará un óptimo comportamiento en cada prueba, como lo demuestra el -- ADH-1, ADH-8 y ADH-10; en tanto que una mala elección, demostrará todo lo contrario, como lo reflejan los resultados obtenidos por el -- ADH-3 y ADH-6. En resumen y como guía adicional y práctica, pueden enumerarse en cinco pasos el procedimiento a seguir para la elección del adhesivo más óptimo, así como de la eficiencia más alta:

- 1) Identificar el material con el que se va a trabajar.
- 2) Determinar las condiciones operativas.
- 3) Dependiendo de los puntos 1 y 2, elegir el método de preparación de superficie más adecuado.
- 4) Dependiendo del tipo de adhesivo a usarse, elegir el antioxidante requerido en caso de necesitarlo.
- 5) Preparar el adhesivo de acuerdo a las espe-

cificaciones del proveedor, así como de la técnica de aplicación.

Estos pasos pueden ser incrementados con los -
detalles de condiciones específicas de uso y -
operación, métodos de preparación de superfi -
cie, pruebas recomendadas para usos específi -
cos, etc.

CONCLUSIONES.

Durante el presente trabajo se han visto los distintos mecanismos o formas de pegado existentes y posibles. Asimismo se fijaron, durante el Capítulo de Preparación de Superficie de Adherentes, los requerimientos para un buen pegado. También se proporcionó una serie de adhesivos en -- donde se remarcan las propiedades existentes, así como de asiciones especiales. Una vez elegido el adhesivo necesario a nuestras condiciones, se establecieron los preceptos convenientes para así lograr un buen pegado, y finalmente, se hace mención de los efectos causados por el medio am -- biente.

En la primera parte de esta obra se proporcionan los - conceptos teóricos, pero de ninguna manera, se intenta establecer una clasificación estricta, ya que cada fabricante y en algunos casos el mismo usuario, establecen sus propias clasificaciones de acuerdo a sus necesidades. Se intenta con esta obra que el lector tenga una guía generalizada, de modo que le sea útil si su propósito es fabricar o seleccionar un adhesivo.

Durante la segunda parte de este trabajo se tratan adhesivos específicos de poliuretano e isocianato. Se han escogido estos por su facilidad de fabricación, bajo costo, diversatilidad de usos y por la gran demanda que estos han tenido en la última década.

Posteriormente, en el Capítulo de Cómo Elegir el Adhesivo más Optimo, se da un ejemplo base, haciendo al mismo tiempo mención de algunos consejos para otros problemas si milares. También en este capítulo se dan los resultados - obtenidos en ciertas pruebas características realizadas.

Como término del presente trabajo se adjuntan dos ane-

xos, donde se proporcionan algunas definiciones y un breve tratado sobre polímeros.

ANEXO 'A'

A continuación se encuentran algunas definiciones muy útiles para el contexto del presente trabajo, así como de temas afines al mismo.

Abrasión.- Desgaste que sufren los materiales por la presencia de partículas sólidas.

Adherencia.- Estado en el cual dos superficies se encuentran unidas entre si por medio de fuerzas interfaciales.

Adherente.- Cuerpo que es sujeto a otro por medio de un adhesivo.

Adherir.- Lograr que dos superficies se pongan en íntimo contacto por medio de adhesión; estar en estado de adhesión.

Adhesión.- Estado en el cual dos superficies se adhieren por medio de fuerzas interfaciales, las cuales pueden ser fuerzas de valencia, de fijación o ambas. Estado en el cual dos cuerpos se adhieren entre si por medio de fuerzas físicas, químicas o ambas, con un adhesivo. Atracción entre sustancias, las cuales, cuando se ponen en contacto es necesario ejercer un trabajo para separarlas.

Adhesión Específica.- Algunas veces llamada adhesión molecular. Adhesión entre superficies, las cuales se adhieren por medio de fuerzas de valencia del mismo tipo, que ocasionan la cohesión.

Adhesión Mecánica.- Adhesión entre dos superficies, en donde el adhesivo mantiene las partes unidas por medio de la acción de fijación.

Adhesivo.- Sustancia capaz de mantener materiales unidos por contacto superficial. Adhesivo es un término general que engloba cementos, gomas, mucilages, pastas y films; cada uno de estos términos está relacionado con un material en base a sus características físicas y químicas, material a ser usado y condiciones de uso. Sustancia capaz de unir materiales por adhesión.

Adhesivo de Fijación en Frío.- Todo adhesivo que cuaje a una temperatura menor a 20°C (68°F).

Adhesivo de Contacto.- Adhesivo de apariencia seca al tacto.

to y que se adhiere inmediatamente al contacto (sin mucha presión).

Adhesivo, Dos Componentes.- Adhesivo formado en dos partes las cuales se mezclan antes de aplicarse; generalmente curan a temperatura ambiente.

Adhesivo, Un Componente.- Material adhesivo que contiene endurecedor o catalizador activado por calor. Generalmente se refiere a materiales termofijos, pero también describe anaeróbicos y de mezcla caliente, o bien, aquellos que requieren de la pérdida de solvente para adherir. Adhesivos de un componente del tipo termofijos, necesitan de calor para actuar.

Adhesivo de Espreado.- La cantidad de adhesivo aplicado por unidad de área al adherente; generalmente expresado en puntos de adhesivo por miles de pies cuadrados de área.

Adhesivo de Fijación Caliente.- Adhesivo que necesita de una temperatura mayor a 212°F (100°C).

Adhesivo de Fijación a Temperatura Ambiente.- Es aquel que actúa entre 20° y 30°C (68° y 86°F), de acuerdo con el ASTM D 618.

Adhesivo Solvente.- Adhesivo conteniendo líquidos orgánicos volátiles como vehículo. Este término excluye los adhesivos de base agua.

Adhesivo de Mezcla Caliente.- Adhesivo que se aplica fundido y que forma una junta adhesiva y solidifica al enfriar.

Catalizador.- Sustancia que proporciona un mecanismo alterno de reacción con menor requerimiento de energía de activación que el proceso no catalítico.

Cemento.- Sinónimo de adhesivo hecho con mezcla de agua y arcillas, que tiene la propiedad de pegar concreto. También se considera una pasta con propiedades adhesivas.

Cohesión.- Es el estado en el cual una sustancia simple (sus partículas) es mantenida unida mediante fuerzas de valencia primarias o secundarias, en términos de adhesivos. Cohesión es el estado en el cual las partículas de un adhesivo o adherente son mantenidas unidas.

Condensación.- Reacción química en la cual dos o más moléculas se combinan con la separación de agua o algún

otro componente, si algún polímero es formado; el proceso se llama policondensación.

Corrosión.- Desgaste que sufren los materiales por agentes químicos, medio ambiente o algún otro factor que lo gre intervenir la composición.

Cuerpo del Adhesivo.- La consistencia de un adhesivo, la cual es función de la viscosidad.

Curado.- Consiste en cambiar las propiedades físicas de un adhesivo, generalmente termofijo, mediante reacción química, la cual puede ser condensación, polimerización o vulcanización; generalmente es acompañada mediante la acción de calor y catalizador, solos o en combinación, con o sin presión.

Diluyente.- Ingrediente, generalmente añadido a un adhesivo para reducir su concentración; en el caso de un adhesivo líquido la función del diluyente es la de reducir el porcentaje de sólidos y la viscosidad. También llamado thinner (adelgazador).

Emulsión.- Una dispersión estable de dos o más líquidos inmicibles contenidos en suspensión mediante pequeños porcentajes de sustancias llamadas emulsificantes. -- También se dice que es un sistema de dos fases con -- una fase (el material adhesivo), en suspensión líquida.

Espuma Adhesiva.- Es un adhesivo cuya apariencia ha sido cambiada al presentar una densidad aparente disminuída sustancialmente por la presencia de numerosas celdas gaseosas dispersas a través de su masa.

Fase.- Es una porción físicamente distinta de materia que es uniforme en su composición y propiedades, y físicamente separable.

Fase Inicial.- Estado inicial de una reacción, generalmente resinas termofijas, en el cual el material es fusible y permanece soluble en ciertos líquidos; también llamada resol.

Fase Intermedia.- Estado intermedio de una reacción de algunas resinas termofijas, en el cual el material frecuentemente es calentado hasta un estado plástico y se hincha cuando se pone en contacto con ciertos líquidos, pero no se funde o disuelve enteramente en los disolventes que disolverían las resinas de la fase inicial; también se denomina a esta fase resitol.

Fase Final.- Estado definitivo de ciertas resinas termofijas, en el cual los materiales se vuelven insolubles e infusibles. También se denomina resite.

Fijación Adhesiva en Frío.- Adhesivo que se fija a temperaturas inferiores a 20°C (68°F).

Funcionalidad.- Este concepto se refiere al número de grupos funcionales por cada molécula de monómero.

Grado de Polimerización.- Se refiere al número promedio de unidades estructurales en la macro molécula. Se obtiene dividiendo el número total de unidades estructurales entre el número total de molécula.

Homopolímero.- Macromolécula caracterizada por la repetición de una única unidad estructural y cuyo peso molecular es algún múltiplo del peso molecular de esa unidad.

Inhibidor.- Una sustancia que detiene la reacción química (catalizador con sentido negativo). Inhibidores algunas veces se usan en los adhesivos para prolongar el tiempo de almacenamiento.

Monómero.- Compuesto relativamente simple que reacciona para formar polímeros.

Mucílago.- Adhesivo a base de goma.

Polímero.- Compuestos formados por la reacción de moléculas simples teniendo grupos funcionales permitiendo su combinación y produciendo compuestos de más altos pesos moleculares. Polímeros pueden ser formados por polimerización (adición de polímeros), o bien, por policondensación (condensación de polímeros), cuando dos o más diferentes monómeros se combinan se produce un copolímero.

Polimerización.- Reacción química en la cual las moléculas de monómero se entrelazan para dar moléculas de alto peso molecular. Cuando dos o más diferentes monómeros están involucrados, el proceso se llama copolimerización o heteropolimerización.

Polimerización In Situ.- Se refiere a la polimerización de todas las resinas termoestables y elastómeros que se vulcanizan para desarrollar una fuerza de cohesión mayor.

Termofijo.- Material que tiene la propiedad de actuar en una reacción química por la acción de calor, catalizador, luz ultravioleta, etc.

Termoplástico.- Material capaz de blandarse cuando se calienta y endurecer cuando se enfría.

Thinner.- Líquido volátil añadido a un adhesivo para modificar su consistencia y otras propiedades.

Vulcanización.- Reacción química en la cual las propiedades físicas del hule son cambiadas en dirección de-- disminuir el flujo plástico. Los esfuerzos cortantes y tensionantes todo esto por medio de agentes sulfurosos u otro tipo.

ANEXO 'B'

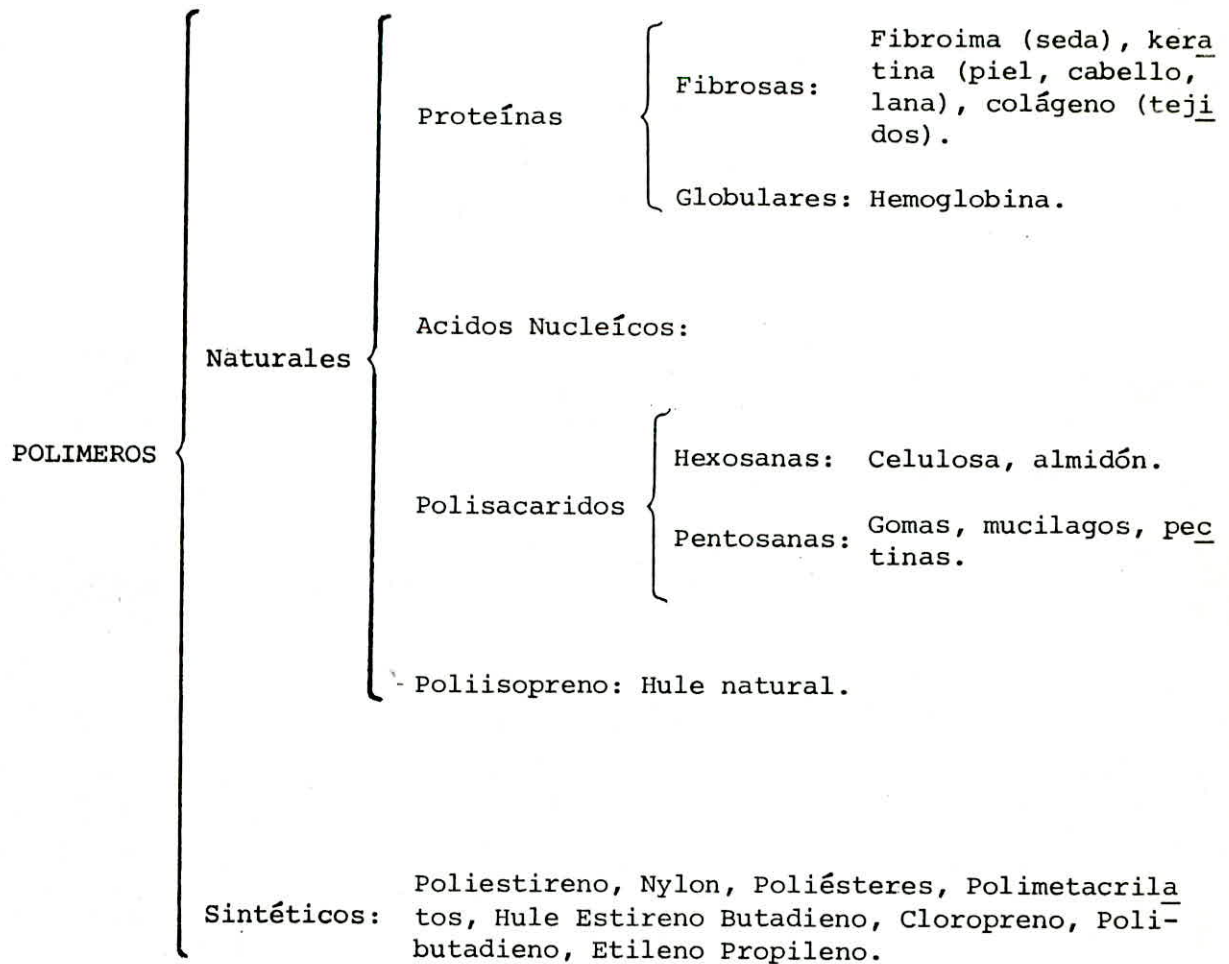
POLIMEROS.

El campo de los polímeros es tan extenso como moléculas monoméricas capaces de unirse entre si existen, por -- eso, primeramente se da un cuadro donde se mencionan algunos grupos monoméricos y su capacidad de polimerizar.

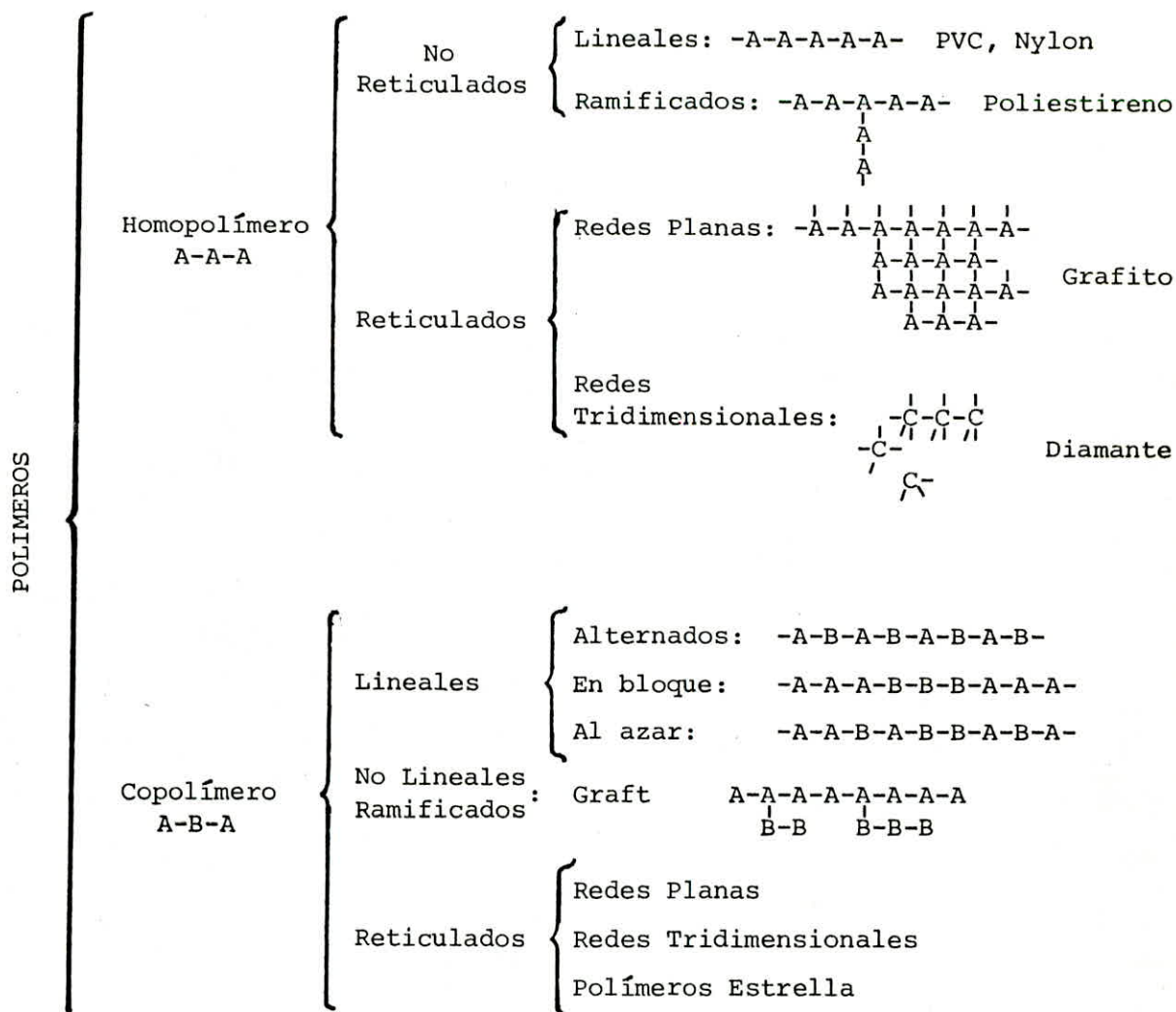
FUNCIONALIDAD	NOMBRE DEL MONOMERO	ESTRUCTURA DEL POLIMERO EN EL ESPACIO
Monofuncionales	Acido Etanoico.	No polimeriza.
Bifuncionales	Acido Dicarboxílico. p.e. Acido Malónico. Acido Succínico. Acido Tereftálico.	Polímero lineal.
Trifuncionales	Glicerina. Acido Bencentricarboxílico Cisteína.	Polímero reticular en - dos o tres dimensiones.
Tetrafuncionales	Acido B dihidroxi 3,4 - Fenil Glutárico. Acido Bencen Tetracarboxílico. Cistina.	Polímero reticular en - dos o tres dimensiones.
Pentafuncionales	Acido Bencen Pentacarboxílico.	Polímeros en redes tridimensionales o polímeros estrella.
Hexafuncionales	Acido Bencenhexacarboxílico.	Polímeros estrella.

DIVERSAS CLASIFICACIONES DE POLIMEROS

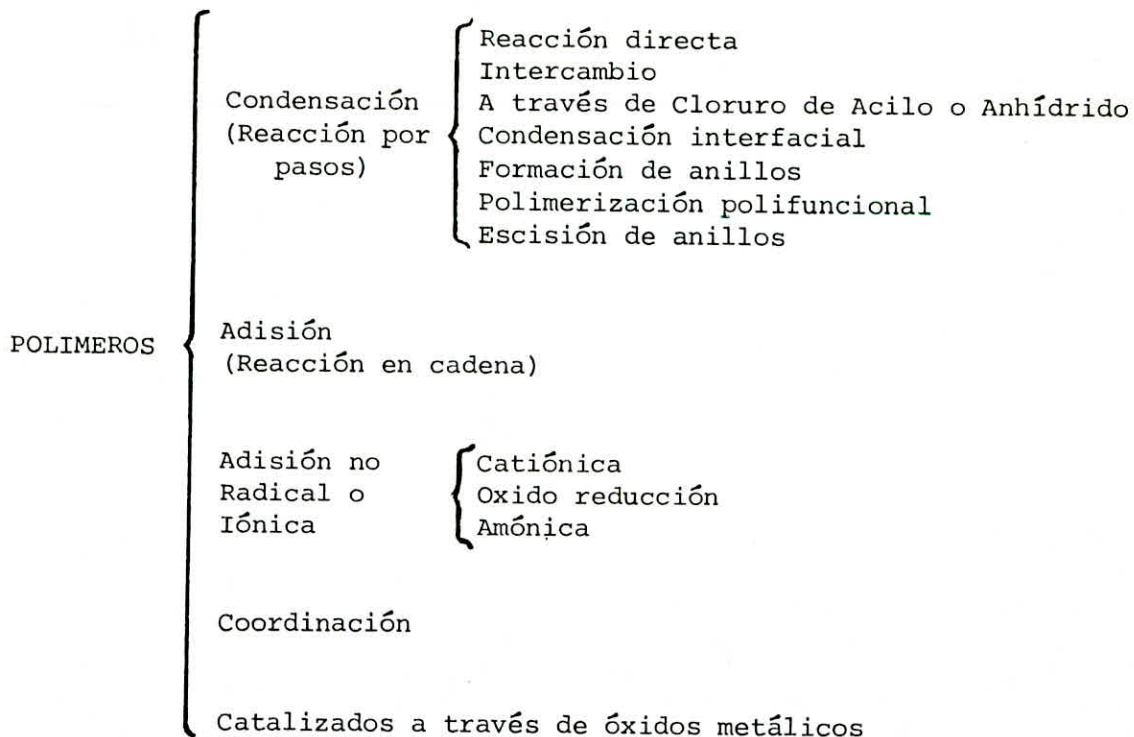
Por su origen:



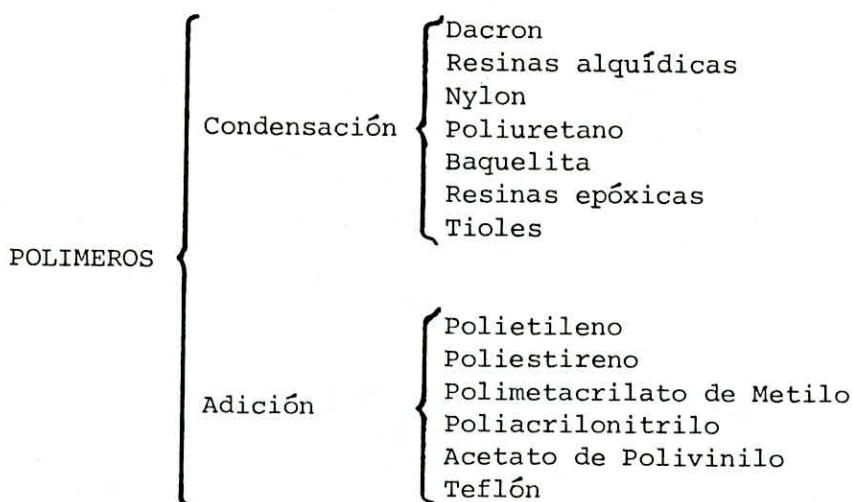
Por su estructura:



Por mecanismo de síntesis:



Ejemplos:



Algunas características:

PROPIEDADES	POLIMEROS TERMOPLASTICOS	POLIMEROS TERMOFIJOS
Mecánicas	Sensibles a las presiones mecánicas (doblado, deformación) por la posibilidad de desliza -- miento de las moléculas.	Resistente al ataque -- químico, a la fractura bajo esfuerzos, al deslizamiento.
Estabilidad	Químicamente no cambia durante el moldeo (ex -- cepto por degradación y pueden ser remoldeados varias veces.	No puede ser remoldeado.
Acción al Calor	Se deforman con el ca -- lor, se vuelven fluídos y al elevarse la temperatura son moldeables.	Son resistentes al calor son indeformables e infu -- sibles a elevadas temperaturas, pero pueden su -- frir degradación.

Aplicaciones:

TIPO POLIMERO	PROPIEDADES	EJEMPLO
Plástico	Parecidas al vidrio, re -- sistencia al esfuerzo, carencia de movilidad -- en sus segmentos, son -- quebradizos o blandos.	Polietileno, PVC.
Adhesivos	Mezclas de polímeros y solventes con propiedades especiales que permiten la adhesión.	Poliuretano, poliestire -- no.

Elástomeros:

UNIDAD ESTRUCTURAL	ELEMENTO ESTRUCTURAL	NOMBRE
$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}_2$ $\text{Y } \text{CH}_2=\text{CH}$ C_6H_6	$\left[-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2-(\text{CH}_2-\underset{\text{C}_6\text{H}_6}{\text{CH}})- \right]$	SBR Styren Butadiene Ruber
$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}_2$	$-\text{[CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{]}_n$	Polibutadieno
$\text{CH}_2=\text{C}-\text{CH}-\text{CH}_2$ Cl	$\text{[CH}_2-\underset{\text{Cl}}{\text{C}}=\text{CH}-\text{CH}_2\text{]}$	Neopreno
$(\text{CH}_3)_2-\text{Se}(\text{OH})_2$	$\left[\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{Se}-\text{O}- \\ \\ \text{CH}_3 \end{array} \right]$	
$\text{OCN}-\text{R}-\text{NCO}$ $\text{Y } \text{HO}-\text{R}-\text{OH}$	$\begin{array}{c} \text{O} \quad \text{H} \quad \quad \text{O} \\ \quad \quad \quad \\ \text{[C-N-R-N-C-O-R-O]} \\ \\ \text{H} \end{array}$	Uretano

A continuación se mencionan algunos polímeros de mayor demanda.

A) Poliétileno (PE).

Este polímero pertenece a los polímeros de adición; los alquenos dan lugar a reacciones de adición. Esta reacción se lleva a cabo por mecanismos de radicales libres, catiónicos o aniónicos, según la forma en que inicien.

El etileno se polimeriza por un mecanismo de radicales libres al calentarlo a una presión de 1000 ATM, con una pequeña cantidad de un peróxido orgánico.

El polietileno producido no es de utilidad hasta que alcanza un peso molecular de 1,000,000.

En la polimerización del etileno se usan bajas presiones y temperaturas. Los iniciadores son O_2 y H_2O_2 .

El polietileno de baja densidad se debe a la baja presión usada y contiene además, cadenas tanto lineales como ramificadas.

Poliétileno	{	Baja densidad 0.920-0.925	gr/cc
		Alta densidad 0.941-0.965	

Las ramificaciones influyen en sus propiedades, es decir, en la densidad, temperatura de fusión, flexibilidad, rigidez, transparencia y resistencia a la oxidación. El monómero de etileno se obtiene de la refinación del petróleo.

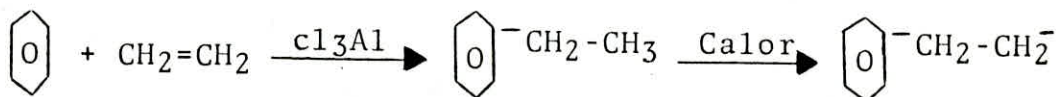
Con alto índice de fusión la viscosidad es baja y la resistencia es mínima en el proceso. Es de baja presión. En su estado natural es traslúcido, blanco, similar a la cera de parafina.

Asimismo, es resistente a ácidos, bases y líquidos co-rrosivos; es de aislamiento eléctrico excelente, tenaz y con coeficiente de fricción bastante bajo. Sin embargo, tiene poca rigidez, mala resistencia a los rayos ultravioleta y a la interperie, inflamable y se oxida con la luz ultravioleta.

Se usa para botellas flexibles, recipientes, tubos, embalajes y láminas, así como para la construcción de edificios. También se emplea para empaquetar alimentos.

B) Poliestireno (PS).

Esta es una resina que se conoce desde la antigüedad. - Actualmente el estireno se fabrica combinando el etileno con el benceno; se obtiene así el etil-benceno, que se somete a un proceso de deshidrogenación, resultando el estireno. La reacción de polimerización es extremadamente lenta a la temperatura ambiente, pero se acelera mucho al elevar la temperatura ambiente, formando cadenas rígidas.



El poliestireno es termoplástico, pero es el polímero - que se produce por adición de una pequeña cantidad --- (0.01%) de divinil benceno; es mucho menos termoplástico como resultado de los enlaces cruzados.

El poliestireno se fabrica en tres clases:

- ⌘ PS Cristal
- ⌘ PS Medio Impacto
- ⌘ PS Alto Impacto

a) Cristal.

Es quebradizo y cristalino. Es necesario poner lu-bricante que permita la fluidez de las cadenas y dis

minuyan el choque térmico. Se divide en:

PS Cristal

{ HH-101
HH-103
HF-555
HF-777

1) HH-101 (High Heat).

PS Cristal resistente a la temperatura para inyección o extrusión; debido a su balance de propiedades es el material recomendable para la producción de piezas que estén diseñadas para trabajar con temperaturas elevadas, sujetas a trabajo mecánico o en presencia de agentes químicos, especialmente cuando se encuentran bajo esfuerzos. Este producto es utilizado también para la producción de película bioorientada y espuma extruída. Todos los materiales descritos se pueden pigmentar fácilmente utilizando métodos convencionales.

<u>PROPIEDADES</u>	<u>UNIDADES</u>
<u>Mecánicas:</u>	
+ Resistencia a la tensión a la ruptura	7300 psi
+ Elongación a la ruptura	2.2%
+ Módulo de elasticidad	460,000 psi
+ Impacto Izod	0.35 lbf ft/in
<u>Térmicas:</u>	
+ Deformación bajo carga	4000 psi a 50°C
+ Melt Index (flujo)	2.2 gr/min
<u>Físicas:</u>	
+ Peso específico	1.05
<u>Moldeo:</u>	
+ Volumen específico (pellets)	1.6-1.9 gr/cm ³
+ Temperatura de inyección	190°-285°C

2) HH 103.

Material diseñado específicamente para la producción de película espumada extruída, para fabricar

platos, charolas, etc. Su alto peso molecular y viscosidad contribuyen a tener un producto de buena procesabilidad en este tipo de aplicaciones; - tiene un bajo contenido de material volátil que - ayuda a no contaminar alimentos que esten en contacto con él.

En cuanto a sus propiedades, son las mismas que - el HH-101, con excepción de la temperatura de inyección, que es de 375°-550°C y melt index de 1.5.

3) HF-555 (High Flow).

Material alto flujo, grado inyección, recomendable para piezas con paredes delgadas, diseños intrincados o partes de unión donde se tienen problemas. Dada su elevada fluidez permite inyectar con velocidades de inyección altas, obteniendo -- tiempo de llenado corto en piezas grandes o múltiples cavidades; además esta propiedad permite inyectar con presiones de inyección bajas, lo que - da resultado a piezas con un contenido mínimo de esfuerzos residuales.

<u>PROPIEDADES</u>	<u>UNIDADES</u>
<u>Mecánicas:</u>	
+ Resistencia a la ruptura	5200 psi
+ Elongación a la ruptura	1.6%
+ Módulo de elasticidad a la tensión	450,000 psi
+ Impacto Izod	5.35 Lbf ft/in
<u>Térmicas:</u>	
+ Deformación bajo carga	4000 psi a 50°C
+ Melt Index	16 gr/min
<u>Físicas:</u>	
+ Peso específico	1.05
<u>Moldeo:</u>	
+ Volumen específico	1.6-1.9 cm ³ /gr
+ Temperatura de inyección	175°-185°C

4) HF-777.

Material de flujo medio recomendable en aplicaciones que requieran mayor resistencia mecánica y a la temperatura, de las que puede proporcionar el HF-555; adicionalmente, es un material que requiere tiempo de enfriamiento más corto, por lo que en general se obtienen ciclos de moldeos más rápidos. Por su balance de propiedades se trata de un excelente material de uso general recomendable -- también para extruir, película, láminas y perfiles. Sus propiedades son muy semejantes a las -- del HF-555 con excepción de la temperatura de inyección, que es de 175°-285°C y melt index de 7.0.

b) Poliestirenos Impactos.

Los poliestirenos medio y alto impacto producidos -- por polimerización, ofrecen una serie de ventajas, -- como son niveles muy bajos de materia volátil, estabilidad térmica superior y homogeneidad mejorada de sus propiedades, así como superior resistencia al impacto, conservando el balance adecuado de propiedades y la excelente procesabilidad.

PS Medio Impacto { 2220
2920

PS Alto Impacto { 3220
3350
3400
4220
5220
9720

1) 2220.

Poliestireno de alto impacto con alto flujo, grado inyección. Material diseñado específicamente para ofrecer fácil moldeo con buen balance de propiedades. Ofrece la característica de tener alto

flujo y requerir tiempos de enfriamiento cortos, dando como resultado un material de alta productividad que conserva buenas propiedades mecánicas. El 2220 da excelentes resultados en aplicaciones como tapas roscadas, artículos del hogar, empaques en general y juguetes.

Todos los materiales descritos se pueden fácilmente pigmentar utilizando métodos convencionales para ello y se surten con lubricaciones externas -- identificadas con diferentes códigos (347, 368 y otras especiales) o sin ellas (código 300).

<u>PROPIEDADES</u>	<u>UNIDADES</u>
<u>Mecánicas:</u>	
+ Resistencia a la tensión	3900 psi
+ Elongación a la ruptura	30%
+ Módulo de elasticidad	360,000 psi
+ Impacto Izod	0.85 Lbf ft/in
<u>Térmicas:</u>	
+ Temperatura deformación bajo carga	177°C a 264 psi
+ Melt index	10 gr/min
<u>Moldeo:</u>	
+ Volumen específico (pellets)	1.6-1.9 cm ³ /gr
+ Temperatura inyección	215°-250°C

2) 2920.

Poliestireno medio impacto resistente al calor, - diseñado específicamente para extrusión y termo - formado de envases y empaques en general. Ofrece la rigidez para estos productos con la caracterís - tica de conservar sus propiedades después de va - rios reprocesos y tiene el balance de propiedades necesario para ser utilizado en proceso de extru - sión y termoformado de alta producción. Dado su bajo contenido de materia volátil, es un producto ideal para recipientes que contengan alimentos. - En general, todas las propiedades son similares -

al 2220 con excepción del impacto izod, que es de 0.95 Lbf ft/in y melt index 3 gr/min.

3) 3220.

Poliestireno alto impacto, grado inyección, material que conserva buena procesabilidad y brillo - ofreciendo mayor resistencia al impacto con buenas propiedades mecánicas y resistencia a la temperatura. Las propiedades mecánicas y de flujo - de este producto permiten el moldeo de partes con pared delgada o moldes intrincados; algunas aplicaciones típicas de este material son juguetes, - artículos del hogar y partes para radio y televisión.

<u>PROPIEDADES</u>	<u>UNIDADES</u>
<u>Mécanicas:</u>	
+ Resistencia a la tensión	3500 psi
+ Elongación a la ruptura	43%
+ Módulo de elasticidad	330,000 psi
+ Impacto izod	1.0 Lbf ft/in
<u>Térmicas:</u>	
+ Temperatura de deformación bajo carga	176°C a 264 psi
+ Melt index	6 gr/min
<u>Moldeo:</u>	
+ Peso específico (pellets)	1.6-1.9 cm ³ /gr
+ Temperatura de inyección	420°-500°F

4) 3350.

Poliestireno alto impacto con un excelente balance de propiedades, ofreciendo alta resistencia al alto impacto, sin sacrificar brillo ni propiedades a la tensión. Formulado especialmente para extrusión y formado al vacío de partes industriales e interiores de refrigeradores y congeladores; combina adecuadamente una máxima resistencia al impacto a bajas temperaturas con mínima deformación.

ción bajo carga constante, ofreciendo la resisten
cia química necesaria en este tipo de condiciones
y ambientes. Este material es ideal para piezas
que requieren resistencia estructural y buena apa
riencia. Las propiedades generales son similares
al 3220, sin embargo, el impacto izod es de 1.2 -
Lbf ft/in y melt index de 3 gr/min.

5) 3400 RAF.

Poliestireno alto impacto retardante a la flama -
que cumple con la clasificación Y-O de la prueba
94 de "Underwritter's Laboratories". Presenta --
además un excelente balance de propiedades ofre -
ciendo buena resistencia al impacto y a la tempe
ratura, conservando rigidez y procesabilidad. Da
das sus propiedades, es el material adecuado para
fabricar artículos del hogar y de oficina que re
quieran cumplir con especificaciones de retardan
cia a la flama, como gabinetes para televisión y
equipos eléctricos. Propiedades generales simila
res al 3220 con excepción de impacto izod 1.2 Lbf
ft/in y melt index 3 gr/min.

6) 4220.

Por su alto flujo y resistencia al impacto se uti
liza en el moldeo de piezas grandes y/o intrinca
das que esten sujetas a un uso severo, como lo --
son las partes para muebles, asientos sanitarios,
juguetes, recipientes y carretas industriales. En
aplicaciones de espuma estructural produce piezas
ligeras con un tamaño uniforme de celdas y ciclos
de moldeo económicos, bajo monómero residual (es
pecialmente para manejo de alimentos) y mayor es
tabilidad térmica que minimiza problemas de degra
dación, propiedades similares al 3220, con excep

ción del impacto izod 1.3 Lbf ft/in y melt index de 7 gr/min.

7) 5220.

Poliestireno super alto impacto, alto flujo, diseñado para inyección en aplicaciones donde se requiere alta resistencia en el producto final. -- Ofrece un balance adecuado de flujo/impacto/resistencia a la temperatura. Sus propiedades son:

+Peso específico	1.05 cm ³ /gr
+Resistencia a la tensión al cede	2.070 psi
+Impacto Izod	2.0 Lbf ft/in
+Melt Index (flujo)	8
+Encogimiento en el molde	0.006

8) 9720.

Por su flujo, impacto y resistencia a la temperatura se utiliza exitosamente en la fabricación de envases y empaques termoformados de espesores menores a los convencionales, con menores ciclos de moldeo. Dado que está polimerizado con hule butadieno, tiene bajo contenido de monómero residual y mayor estabilidad térmica que permite el uso de un alto porcentaje de remolino; en cuanto a sus propiedades es muy parecido al 5220, excepto en impacto Izod 1.3 y melt index.

Nota: Todos los materiales descritos se pueden -- pigmentar fácilmente utilizando métodos convencionales, para ello se surte con lubricaciones externas identificadas con diferentes (códigos 347, 368 y otras) o sin ellas (código 300).

También existen otros productos de estireno. Cuando éste se mezcla con acrilonitrilo se forma el SAN (films), o bien, con acrilonitrilo butadieno se origina el ABS.

C) Polipropileno (PP).

Este polímero tiene como unidad monomérica:



La reacción de polimerización es de adición y como consecuencia los polímeros resultantes son los llamados de adición, que son del tipo tridimensional o estrella.



Este polímero se utiliza en moldeo y extrusión. Los polímeros de polipropileno de peso molecular medio se usan en la fabricación de detergentes de alquilareno. Entre las notables características del polipropileno se encuentran:

- + Baja densidad.
- + Alto punto de fusión (168°-171°C).
- + Resistencia más alta a la tracción.
- + Mayor rigidez que el polietileno de alta densidad.
- + Excelentes propiedades dieléctricas.
- + Baja deformación por fluencia.
- + Superficie resistente al ataque de ácidos álcalis y solventes.

El polietileno se puede trabajar por inyección, extrusión (lámina, película, tubo) y compresión (formas especiales).

La alta resistencia térmica del polipropileno tiene importancia, no solo los usos que requieren esterilización por vapor como utensilios de hospitales, sino por ejemplo, en piezas decorativas, tubos empalmes y válvulas. También se usa en el campo eléctrico, electrónico y de radio y televisión.

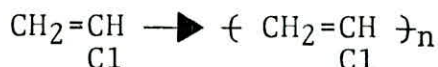
La alta razón resistencia-peso, se aplica a maletas, automóviles, aspiradoras, cámaras, proyectores, máquinas de oficina, envases de detergentes, frascos, estuches -

de radio y televisión (caja), juguetes, tacones para zapatos, enseres caseros y cajas de baterías. Las películas para envoltura tienen mucho brillo y calidad, excelente resistencia al desgarramiento y a la tracción. Algunas propiedades del polipropileno son:

+ Temperatura de transición vítrea	-18°C
+ Temperatura de fusión	176°C
+ Temperatura de ablandamiento	122°-136°C
+ Peso específico	0.9-0.91
+ Índice de refracción	1.49 U.A.
+ Resistencia a la tensión	4.5-6.0 lb/in ² x10 ⁺³
+ Módulo de tensión	1.6-2.25 lb/in ² x10 ⁺⁵
+ Impacto Izod	0.4-1.0
+ Conductividad térmica	2.8 cal/S cm K x10 ⁻⁴
+ Temperatura de uso continuo	225°-250°C
+ Resistencia dieléctrica	2.2-2.6 kv/in
+ Medio dañinos	Acidos fuertemente oxidantes

D) Cloruro de Polivinilo (PVC).

La polimerización del cloro etano (cloruro de vinilo) - por radicales libres produce el polímero llamado cloruro de polivinilo.



Esta reacción da lugar a un polímero que tiene un peso molecular de 150,000. Es duro, quebradizo y rígido. En esta forma se utiliza para la fabricación de tubos, varillas y discos fonográficos. El cloruro de polivinilo puede reblandecerse mezclándolo con estéres (llamados - plastificantes). El material más blando se emplea en la fabricación de "cuero de vinilo", impermeables, cortinas de baño y mangueras para jardín.

Generalmente el PVC se produce en suspensión, donde se emplea H₂O como medio y alcohol polivinílico como agente de suspensión; el catalizador es peróxido de benzóil-

co, oleosoluble. La relación entre el monómero y el H_2O pueden variarse entre ambos límites; el factor limitante es la fluidez de la papilla final formada por polímero y agua para que se disipe bien el calor desprendido durante la polimerización. Se ha regulado el tamaño de la partícula con el fin de obtener un polímero para filtrarlo y sacarlo mejor. Dentro de las ventajas que ofrece ese material están la excelente resistencia química y a la intemperie, buenas propiedades eléctricas, resistencia al desgaste por fricción, capacidad de amortiguamiento y buena absorción del sonido, resistencia al fuego y sobre todo, bajo costo.

Pero también tiene limitaciones como sensibilidad a la degradación térmica. Los plastificantes tienden a reaccionar con los materiales adyacentes y la recuperación no es buena. En cuanto a sus aplicaciones, se tiene aislamiento de cables eléctricos, baldosas, adhesivos, tubos, etc. Temperatura de fusión $212^{\circ}C$ y de transición vítrea $87^{\circ}C$.

E) Resinas.

Las resinas son líquidos viscosos que se obtienen artificialmente como resultado de una reacción química. Esta clasificación simplificada comprende únicamente a las resinas sintéticas, que son precisamente con las que están hechos los materiales plásticos y se diferencian de las resinas naturales, tanto en comportamiento como en su composición.

Las resinas naturales son obtenidas directamente por o a partir de productos vegetales. Por contraste, las resinas sintéticas son hechas por el hombre mediante procedimientos químicos. En lo sucesivo, sólo nos referiremos a éstas.

En los plásticos reforzados la resistencia química y --
térmica de los mismos sólo depende sustancialmente de -
las resinas. También depende de las resinas que el pro-
ducto final sea rígido o flexible, que tenga superficie
dura o suave, que sea opaco o transparente, que resista
altas temperaturas en operación y que incluso, sea mal
conductor (propiedades térmicas), así como mal conduc-
tor de electricidad (propiedades dieléctricas).

Mediante la adición de componentes líquidos o en polvo,
o bien, modificando la formulación de las resinas, és-
tas imparten al plástico reforzado propiedades de retar-
dancia y de auto extingüibilidad.

Las resinas en base a su comportamiento se subdividen -
en dos grupos: termofijas y termoplásticas.

Las resinas termofijas o termoestables se endurecen --
cuando son sometidas al calor y no se reblandecerán con
un calentamiento ulterior, es decir, este endurecimien-
to es irreversible.

En cuanto a las resinas termoplásticas, éstas se hacen
flexibles con el calor y se endurecen cuando enfrían. A
este efecto lo consideramos como reversible, lo cual --
significa que puede repetirse varias veces, siempre y -
cuando el calor que se aplique no vaya a ser tan eleva-
do que cause descomposición química.

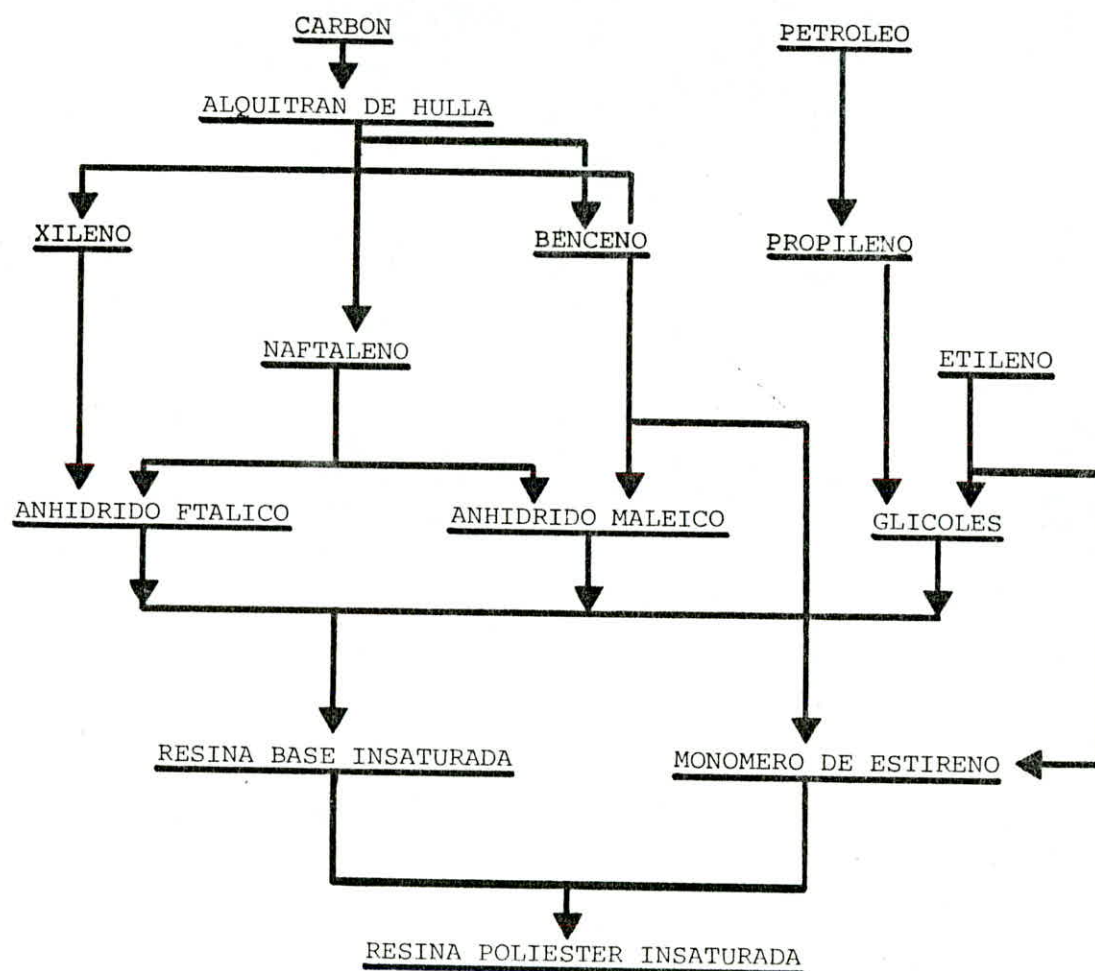
Para el proceso de moldeo de los termoplásticos, éstos
se calientan hasta reblandecerse y una vez que alcanzan
la forma líquida se inyectan en los moldes. Al enfriar-
se se solidifican y entonces pueden desmoldarse.

En el caso de las resinas termofijas o termoestables, -
éstas se aplican directamente a los moldes a la tempera-

tura ambiente y sufren un cambio químico llamado (polimerización) o "curado", el cual produce una elevación de temperatura interior en la pieza moldeada (reacción exotérmica).

Los catalizadores y aceleradores que se usan para este tipo de moldeo tienen por objeto iniciar y acelerar esta reacción de "polimerización" o "curado" del plástico. Es conveniente considerar que muchos plásticos se pueden convertir en termofijos, pero como se menciona al principio, los termofijos nunca se pueden transformar en termoplásticos.

Derivación de los compuestos utilizados en la manufactura de una resina poliésteres.





F) Baquelita.

Es un polímero que se obtiene haciendo reaccionar el fe nol y el formaldehído; la polimerización se puede cata-
lizar ya sea mediante ácidos o mediante bases, sin em -
bargo, la estructura del producto resultante difiere en
ambos casos.

El formaldehído reacciona por sustitución en las posi-
ciones orto y para del fenol. Los derivados carboníti-
cos (metioles) que se obtienen inicialmente, se conden-
san con otras moléculas de fenol o con otros derivados
metilólicos. Los polímeros de feno-folmaldehído se em-
plean en muchas formas, frecuentemente con la adición -
de materiales de relleno, tales como aserrín de madera,
pedacería de trapo o fibra de vidrio. Estos polímeros
fenólicos tienen gran resistencia al calor, estabilidad
en sus dimensiones y resistencia al frío. Los políme-
ros fenólicos se usan en las cajas superiores de los co-
hetes, ya que son resistentes a temperaturas elevadas -
durante un tiempo corto, así como en laminados decorati-
vos para cubiertas, mangos de cuchillos, balatas para -
frenos y fabricación de lija. A continuación algunas -
propiedades:

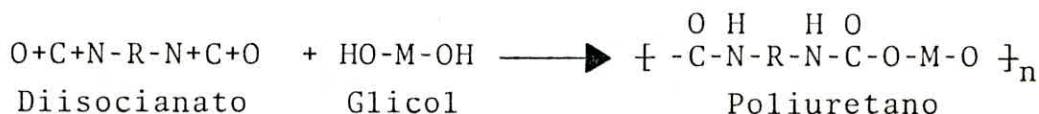
+ Resistencia a la tensión 7,000-10,000 lb/in²

+ Módulo de elasticidad	0.7-1.25 X10 ⁶ lb/in ²
+ Impacto Izod	0.2-10 Lbf ft/in
+ Resistencia específica	56,000-80,000

Es un sólido insoluble e infusible. A partir de baquelita y papel, lona o fibra, pueden obtenerse hojas laminadas y tubos. Con frecuencia se hacen engranes silenciosos de lona laminada.

G) Poliuretano (PU).

Son polímeros que tienen el agrupamiento -NH-C(=O)- . Generalmente se obtiene mediante la reacción entre un diisocianato y un glicol.



El glicol empleado generalmente no es sencillo sino un poliéster de bajo peso molecular (1000 a 2000) que tenga grupos oxidrilo terminales. Si el poliéster tiene gran número de grupos oxidrilo libres, se obtendrá un polímero final con un gran número de enlaces entrecruzados.

Los poliuretanos se emplean para fabricar productos a base de espumas flexibles, por ejemplo: cojines y rellenos de muebles. También se fabrican espumas rígidas, como la estructura. Para aislamiento en la industria de la construcción y elastómeros, por ejemplo: fabricación de bandas elásticas, así como para la fabricación de recubrimientos plásticos.

Los elastómeros y recubrimientos a base de poliuretano son muy resistentes a la abrasión, a las grasas y a los aceites; son flexibles y tienen gran resistencia al impacto. Otras aplicaciones del poliuretano son: la fa

bricación de cuerdas para llantas de vida muy larga y -
recubrimientos para pisos en gimnasios, así como usos -
marinos.

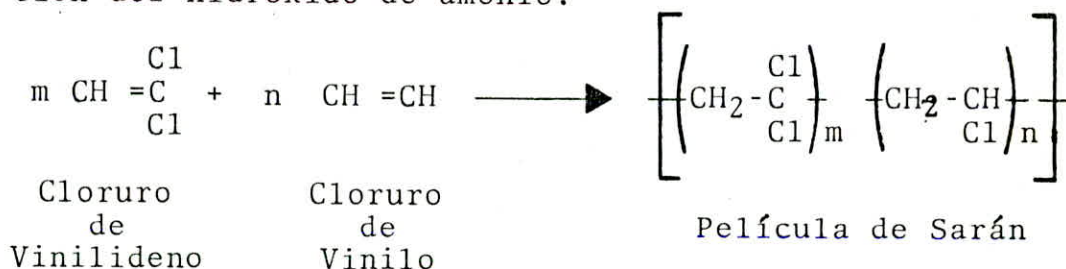
Son hipnóticos, sedantes, anticomulsivos, antisépticos
y anestésicos. Punto de fusión 49°-50°C; punto de ebu-
llición 182°-184°C. Las fibras elásticas que tienen --
85% de uretano se llaman expandex.

H) Sarán.

Es un copolímero de 85% cloruro de vilideno y 15% de --
cloruro de vinilo. Se emplea principalmente para empa-
car alimentos (films).

Se ablandan entre 120° y 140°C; el peso molecular es --
del orden de 20,000. A temperatura ambiente el políme-
ro muestra una temperatura cristalina si se estudia me-
diante Rayos X.

Las fibras obtenidas por expansión, sirven para tejidos
para vestir, tapizado de muebles y como sustituto del -
cáñamo y del papel de fibra larga. Los tubos hechos de
sarán tienen numerosas aplicaciones en el laboratorio;
es resistente a los ácidos y a los álcalis, con excep -
ción del hidróxido de amonio.



Resiste solamente bajas temperaturas, es impermeable al
agua, pero parcialmente permeable al oxígeno.

I) Celofán.

La película típica de celofán simple consta aproximadamente de 80% de celulosa degenerada, 14% suavizador y 6% agua. Para producir celofanes de diferentes características se pueden variar mucho estas propiedades.

Las propiedades físicas y químicas del celofán tienen relación con las diferentes celulosas modificadas para la conductividad de este sistema de tres componentes.

Cuando está seco el celofán es inestablemente impermeable a los gases más comunes, pero no al vapor de agua. Su permeabilidad a los gases y vapores hidrofusibles es aproximadamente proporcional a las solubilidades de estos gases y vapores en agua. Para la fabricación se remoja pulpa de madera en sulfito, en solución al 20% de NaOH, se prensa la celulosa alcalina para expulsar el exceso de solución hasta que su peso sea aproximadamente tres veces el de la pulpa de madera utilizada. A -- continuación se desmenuza la celulosa alcalina para hacerla esponjosa y liviana. La celulosa alcalina se convierte en xantato, tratándola con sulfato de carbono en granos.

El xantato de celulosa y sodio se disuelve en solución de NaOH, con lo que se forma la viscosa. Esta es convertida en celofán por extrusión mediante una ranura -- muy angosta, en donde pasa inmediatamente a un baño coagulante; es resistente a altas temperaturas y es par -- cialmente permeable al agua y al oxígeno.

BIBLIOGRAFIA.

- Abernathy H.H. and Radcliff R.R.
The Adhesion of Fibers to Elastomers
From: Rubber Chemicals Division
- Saunders J.H. and Frisch K-C.
Polyurethanes Chemistry and Technology
- DeBell J.M. Goggin W.C. and Gloor W.E.
German Plastics Practice
From: DeBell and Richardson, Springfield, Mass.
- Morton M. Deisz M.A. and Otha M.
Degradation Studies on Condensation Polymers
From: U.S. Department of Commerce
- De Lollis N.J.
Adhesives for Metals-Theory and Technology
- Cagle C.V.
Adhesive Bonding, Techniques and Applications
- Reynolds Metals Company, Ritchmont
Adhesive Bonding Aluminum
- Cagle C.V. Chapter 21
Surface Preparation of Adhesive Bonding
- Fader B. Chapter 1
Adhesive Bonding of Lead (Handbook of Adhesives Bonding)
- Shields J.
Adhesives Handbook 2nd Edition Newnes-Butter Worth, London
- Keith R.E. Chapter 12
Adhesive Bonding of Titanium and Its Alloys
- Celanese Plastics Company, Chatham N.J.
The Celcon Acetal Copolymer Design Manual
- Petrie E.M. Chapter 10
Plastics and Elastomers as Adhesives Handbook of Plastics and Elastomers
- General Electric Co. Plastics Department
Resin Design Guide CDX-83
Lexan Resin CDC-536 B (April 1982)
- Aluminum Company of America
Adhesive Bonding Aluminum

- ICI Petrochemicals and Plastics Division
Adhesives Bonding
- Monsanto Plastics and Resins
Fabrications Techniques for Lustrex and Lustran Styrene
Plastics
- Union Carbide Plastics, Polysulfone News N° 10
Adhesives for Polysulfone
- Glomquist R.F. Chapter 17
Adhesives Bonding of Wood
- Hauser R.L. Ultrasonic Bonding Techniques
Processing for Adhesives Bonded Structures
- Hall R.C. Environmental Resistance
Weldbond Joint
- ASTM Standards
Annual Handbook of ASTM Standards
- Ferdinand Rodriguez
Principios de Sistemas de Polímeros
- XI Convención Nacional de Fabricantes de Adhesivos. Man
zanillo, Colima. 2 Abril - 10 Abril 1987
- XIII Convención Nacional del Grupo Hulero Mexicano. Aca
pulco, Guerrero. 12 Junio - 23 Junio 1987
- Rigio Urethanes Adhesives
Evaluation-Formulations and Technical Data 1987