

7  
2 ej



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

Escuela Nacional de Estudios Profesionales  
"ZARAGOZA"

## ADHESIVOS A BASE DE POLICLOROPRENO

T E S I S  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
INGENIERO QUIMICO  
P R E S E N T A  
RAUL JIMENEZ RODRIGUEZ



**2**  
TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

MEXICO, D. F.,

1989



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

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

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

## I N D I C E

	INTRODUCCION Y OBJETIVOS	3
CAPITULO I.	QUE SON LOS ADHESIVOS	6
	1.1 HISTORIA Y DEFINICION	7
	1.2 CLASIFICACION DE LOS ADHESIVOS	12
	1.3 MECANISMO DE LA ADHESION, RELACION ADHESIVO-ADHIERENTE.	20
CAPITULO II.	PROPIEDADES, ESPECIFICACIONES Y PRUEBAS PARA LOS ADHESIVOS	28
	2.1 PROPIEDADES DE LOS ADHESIVOS	29
	2.2 PRUEBAS PARA LOS ADHESIVOS	33
	2.3 ESPECIFICACIONES DE ADHESIVOS	47
CAPITULO III.	EL USO DE LOS ADHESIVOS POR LA INDUSTRIA.	49
	3.1 INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION	51
	3.2 INDUSTRIA EMPAQUETADORA	54
	3.3 INDUSTRIA TEXTIL	58
	3.4 INDUSTRIA AUTOMOTRIZ	60
	3.5 INDUSTRIA ZAPATERA	62
	3.6 INDUSTRIA ELECTRICA	64
	3.7 INDUSTRIA ENCUADERNADORA	66
CAPITULO IV.	LOS ADHESIVOS EN MEXICO	69
	4.1 PRINCIPALES ADHESIVOS EN MEXICO	70
	4.2 VOLUMEN DE PRODUCCION Y PRINCIPALES PRODUCTORES DE LOS ADHESIVOS DE MAYOR CONSUMO EN LA INDUSTRIA MEXICANA	73
CAPITULO V.	ADHESIVOS A BASE DE POLICLOROPRENO	81
	5.1 HISTORIA DE LOS NEOPRENOS	82
	5.2 TIPOS Y CARACTERISTICAS DE LOS NEOPRENOS	85
	5.3 PRECAUCIONES EN EL MANEJO DE NEOPRENOS	96
CAPITULO VI.	DISEÑO DE ADHESIVOS DE POLICLOROPRENO	98
	6.1 COMPONENTES Y MODIFICADORES UTILIZADOS EN LA FORMULACION DE ADHESIVOS A BASE DE NEOPRENO	99
	6.2 MEZCLAS PARA PROPIEDADES ESPECIFICAS	115

6.3	FABRICACION DE ADHESIVOS A BASE DE NEOPRENO	122
CAPITULO VII.	FORMULACION DE ADHESIVOS A BASE DE POLICLOROPRENO	126
7.1	FACTORES QUE AFECTAN LA PRO-- PIEDADES QUE LOS ADHESIVOS A BASE DE POLICLOROPRENO	129
7.2	FORMULACION DE ADHESIVOS A BASE DE POLICLOROPRENO	148
7.3	PROPIEDADES DE LOS ADHESIVOS FORMULADOS.	156
7.4	DISEÑO EXPERIMENTAL	167
CAPITULO VIII.	RESULTADOS	169
8.1	ANALISIS DE RESULTADOS	170
8.2	CONTRASTACION DE RESULTADOS	173
CAPITULO IX.	CONCLUSIONES	175
	BIBLIOGRAFIA	179
	ANEXOS	
	ANEXO 1	184
	ANEXO 2	185
	ANEXO 3	186
	ANEXO 4	187

**INTRODUCCION  
Y  
OBJETIVOS .**

Son muchos los productos que genera la industria química para apoyar a las industrias productoras de artículos de consumo cotidiano. Dentro de esta variedad de productos se encuentran los adhesivos, sustancias o mezclas promotoras de adhesión entre dos superficies. Como consecuencia de las ventajas que proporcionan en la aplicación, resistencia y economía, sobre otras técnicas de ensamble, estas mezclas se han considerado, por los expertos en este campo, como sustancias esenciales para la industria de cualquier país. En México se utilizan diversos tipos de adhesivos, ( naturales, sintéticos y semisintéticos ), en una variedad de industrias, ( zapatera, automotriz, encuadernadora, mueblera, papelería, eléctrica, etc. ), por lo cual son productos vitales para el sector industrial mexicano y razón por la cual se desarrolla un tema sobre esta especialidad.

En nuestro país, según datos reportados por la ASOCIACION NACIONAL DE LA INDUSTRIA QUIMICA, el adhesivo de mayor consumo es el fabricado a base de policloropreno actualmente indispensable en la producción de calzado y en la unión de partes y accesorios automotrices, áreas que presentan el mayor consumo de este adhesivo. Este hecho es el fundamento para realizar una investigación sobre los adhesivos a base de policloropreno, cuya importancia radicará en el análisis de la situación de los adhesivos en la industria mexicana, así como el de generar y estructurar, mediante investigaciones bibliográficas, la información técnica básica para formular este tipo de pegamentos.

Las pretensiones de este trabajo, con base en la importancia de estos adhesivos en el desarrollo industrial, es dar un panorama general de los pegamentos existentes, las pruebas y propiedades más relevantes a evaluar en los adhesivos, así como dar a conocer su campo de utilización en la industria y específicamente su posición en la industria mexicana.

En lo tocante a los adhesivos de policloropreno se establecerá la base teórica para la formulación de estos pegamentos, mediante la reconilación de información editada por expertos en este campo y a partir de esto delinear un procedimiento para la selección de los componentes del adhesivo, diseño y formulación de los pegamentos de policloropreno. El objetivo más importante para esta investigación es la obtención, mediante el trabajo en laboratorio, de un conjunto de pegamentos a base de policloropreno que cumplan con los requerimientos de aplicación y adhesión de la industria del calzado y la industria automotriz.

Si se cumple lo antes expuesto, con la ayuda de la investigación bibliográfica y actividad en el laboratorio, se habrá proporcionado una visión más completa de lo que es un adhesivo, de los aspectos, propiedades y condiciones que se deben considerar al evaluar la eficiencia de los pegamentos. Además, se conocerán las áreas de uso más importantes en la industria mexicana. En lo que respecta al enfoque particular, se habrá conformado una base técnica para formular adhesivos a base de policloropreno y lo más importante, se habrá generado un grupo de formulaciones adhesivas cuyas propiedades de resistencia, reología y estabilidad cumplirán con los requerimientos para lo que fuerón diseñadas.

CAPITULO I  
QUE SON LOS ADHESIVOS .



## I.I. HISTORIA Y DEFINICION.

Los adhesivos o sustancias adhesivas han sido utilizadas desde tiempos muy remotos y de una forma igual de sofisticada a la actual. Los primeros adhesivos utilizados fuerón los de origen natural tales como; proteínas de origen vegetal y animal, dextrinas, almidón y varios tipos de resinas y gomas extraídas de los árboles.

El empleo de los adhesivos data desde hace 3300 años como lo muestran las esculturas de Tebas, en las cuales se representa el engomado de una pieza delgada de chapa la cual parece ser un tablón de sicomoro. También en el palacio de Knossos en Creta, la cal húmeda fué el pegamento utilizado para almagra de hierro y pigmentos de cobre fundido con los cuales las paredes fuerón pintadas. Los egipcios aprovechaban, para fines adhesivos, la goma arábiga, actualmente empleada en algunas actividades industriales, de los árboles además de bálsamos semilíquidos y algunas resinas de origen vegetal.

También en el Génesis se hace referencia que el mortero preñado por los constructores de la torre de Babel fué el betún. Del mismo modo, el betún y otras tres resinas fueron los selladores utilizados en los buques que viajaban por el mediterráneo. Los romanos, para la construcción de sus barcos, empleaban la brea de pino y cera de abeja como selladores. Otra sustancia utilizada por éstos, al igual que los antiguos chinos, era un adhesivo a partir del jugo de muérdago, con el cual impregnaban varillas con el fin de cazar pequeños pájaros.

Un avance importante en el campo de los adhesivos, realizado en la etapa de Teófilo, fué el descubrimiento de gomas cuyo origen era el queso, el cuerno de venado y peces. La principal utilización de este tipo de sustancias era la unión de madera,-

como principal ejemplo tenemos los adhesivos de caseína y los derivados del colágeno.

Exceptuando el uso del hule natural y cementos de piroxilina, utilizados desde hace algunos cientos de años, no se presentaron avances considerables en el campo de los adhesivos hasta el presente siglo y en especial en las primeras décadas en las cuales los adhesivos de origen natural han sido mejorados y una gran cantidad de adhesivos de origen sintético han surgido de los laboratorios de investigación. Una característica importante, que ha sido resuelta en la era moderna por los adhesivos epóxicos, es el hecho de que antiguamente las sustancias adhesivas tenían que ser específicas para el material.

De lo antes escrito se puede percibir que todas las sustancias empleadas para mantener unidos dos materiales eran calificadas, y son aún en estos tiempos, de diferentes formas, las cuales son confundidas y frecuentemente intercambiadas. Por lo tanto el establecimiento de una definición para el término adhesivo evitara la confusión con los términos que generalmente engloba esta definición, tales como cemento, goma y pasta, nombres que en muchas ocasiones se asignan de acuerdo a determinados usos o funciones, como por ejemplo; la palabra cemento fué originalmente asignada a la piedra caliza aprovechada para mortero y recientemente ha sido apropiada para describir los cementos adhesivos o más particularmente los cementos de hule y los cementos dentales. En el sentido más reciente la palabra cemento se asigna en general a las soluciones adhesivas basadas en un vehículo ( por lo general solventes ) que transporta el material promotor de la unión. La palabra goma se refiere a extractos de proteínas de alto peso molecular cuya fuente de extracción es la piel, hueso y peces. El empleo, por largo tiempo, de las gomas proteínicas en trabajos de madera y posteriormente en laminados ha venido a establecer el término "GOMA" para todos los adhesivos utilizados por esta industria ( goma fenólica, goma urea y goma caseína ).

Los mucílagos son adhesivos vegetales, adjetivo frecuentemente aplicado a las exudaciones o gomas vegetales solubles en agua. La palabra pasta es constantemente aplicada a los adhesivos a base de dextrina o almidón aplicado a estampas, etiquetas o productos de papel.

De todas las definiciones encontradas la más empleada es la que proporciona el estándar de la ASTM D-907-82, que dice:

- Un adhesivo es una sustancia capaz de mantener unidos dos materiales por ataque superficial.

Otras definiciones similares a esta se encuentran en la enciclopedia KIRK-OTHMER y en el MANUAL DE ADHESIVOS de SKEIST, las cuales se mencionan a continuación:

- Un adhesivo es un material capaz de mantener unidos dos materiales por adhesión a las superficies de ambos. - KIRK-OTHMER.
- Un adhesivo es una sustancia capaz de mantener unidas dos superficies que pueden, o no, ser de la misma naturaleza.

Retomando los tres enunciados, definiremos al adhesivo como una sustancia capaz de promover una adhesión entre dos materiales, de la misma o diferente naturaleza, por medio de un ataque superficial. Los términos empleados en esta última definición son los mismos de las tres primeras, lo cual convierte a ésta en una recopilación de las primeras definiciones.

Por otro lado, para que un adhesivo tenga la capacidad de adherir o unir dos materiales se deben de tomar en cuenta los factores que gobiernan la adhesión, los cuales son:

- a) Afinidad del adhesivo al material a ser unido.
- b) Tendencia del adhesivo a humectar la superficie del material a ser unido.
- c) Tendencia del adhesivo para penetrar la superficie del material a ser unido.

- d) Esfuerzo y continuidad del material adhesivo en el mismo, y
- e) Espesor y flexibilidad de la capa adhesiva.

Así, en el caso de adhesivos con ingredientes que tienen - grupos reactivos, la afinidad del adhesivo al material a ser unido puede ser muy importante. De hecho, las reacciones químicas pueden dar como resultado enlaces muy fuertes. Los adhesivos - con buena continuidad y esfuerzo interno son generalmente deseados, y preferidos aquellos que tienen un esfuerzo aproximadamente igual al del material a ser unido. Para flexibilidad y espesor, los adhesivos rígidos son más efectivos en la forma de películas muy delgadas. En contraste, los nuevos adhesivos elastoméricos pueden ser aplicados en fronteras de mayor espesor y son frecuentemente más efectivos cuando así se realiza. En lo que - respecta a la adhesión, término con el cual se define el estado en que dos superficies se mantienen unidas por fuerzas interfaciales. En el empleo de un adhesivo el problema principal es - lograr un aprovechamiento total de estas fuerzas en una interfase. De esta forma, las dos condiciones necesarias para el buen funcionamiento del adhesivo son; contacto en dimensiones moleculares y una menor energía en la frontera interfacial adhesivo-sólido que la suma de las energías superficiales del adhesivo y el sólido.

Tomando en cuenta los factores que gobiernan la adhesión - así como lograr las dos condiciones necesarias, antes mencionadas, se podrán obtener uniones muy resistentes, las cuales presentarán varias ventajas sobre otras técnicas de ensamble de materiales. Dentro de las más importantes se tienen las siguientes;

I.- Películas delgadas, fibras y partículas pequeñas, que no pueden ser combinadas por otros métodos, son rápidamente -

combinadas por otros métodos, son rápidamente unidas con adhesivos, por ejemplo; laminados de películas de celofán, polietileno de celulosa, acetato y vinilo. También hojas de aluminio y papel, aislamiento de vidrio, fibra de vidrio, vidrios de seguridad, cartón corrugado, bolsas de papel, etiquetas, envolturas, etc.

2.- Los esfuerzos son distribuidos sobre áreas más amplias, produciendo ensambles más ligeros y fuertes que los producidos por medios mecánicos.

3.- La línea de la goma, proporciona aislamientos eléctricos en capacitores, circuitos de impresión, motores, así como también puede ser una barrera a la humedad.

4.- Materiales de distinta naturaleza pueden ser unidos, por ejemplo; aluminio a papel, hierro a cobre. Cuando los adherentes son marcadamente diferentes en coeficientes de expansión térmica, un adhesivo flexible disminuye el esfuerzo ocasionado por los cambios de temperatura.

5.- Finalmente la consideración clave; Las uniones adhesivas pueden ser más rápidas y baratas que las proporcionadas por otro tipo de técnicas de unión ( soldadura, tornillos, clavos, etc. ) .

Estas ventajas son las que han dado pie para considerar al adhesivo como una substancia social ya que al igual que las enzimas, hormonas y vitaminas necesarias para nuestro bienestar, los adhesivos son reconocidos como esenciales para la salud de nuestra sociedad industrial.

## I.2. CLASIFICACION DE LOS ADHESIVOS.

Existe una amplia variedad de adhesivos los cuales pueden ser clasificados de diferentes formas: Por la forma de aplicación y fijación, composición química, costo y utilización para varios adherentes y productos finales.

En primera instancia una de las clasificaciones más importantes y frecuentemente utilizadas es la que categoriza a los adhesivos orgánicos y semiorgánicos de acuerdo a su origen y consta de tres grupos:

1.- Adhesivos de origen natural; en este grupo se encuentran las dextrinas, almidón, asfalto, proteínas vegetales y animales, hule natural y goma laca.

2.- Adhesivos de origen semisintético; aquí se agrupan al nitrato de celulosa y otros celulósicos, poliamidas derivadas de ácidos dímeros y poliuretanos basados en aceite de ricino.

3.- Adhesivos sintéticos; este último grupo se divide en dos subgrupos que comprenden el método de obtención de estas substancias.

a) Polímeros de adición tipo vinil, resinas y elastómeros tales como: Acetato de polivinilo, alcohol polivinílico, acrílicos, poliésteres insaturados, butadieno acrilonitrilo, butadieno estireno, neopreno, hule butilo y poliisobutilenos.

b) Polímeros formados por condensación y otro mecanismo por pasos: Se incluyen los epóxicos, poliuretanos, hules polisulfatados y los productos de reacción de formaldehído con fenol, resorcinol, urea y melamina.

Otro tipo de clasificación que puede ser la más importante para la industria es la que agrupa a los adhesivos por la forma en que se aplican y fijan al sustrato. La aplicación del adhesivo puede ser en forma fluida para humedecer la superficie

completamente y cubrir los vacíos, si la superficie es rugosa, - consecuentemente el adhesivo debe ser bajo en viscosidad en el momento de la aplicación.

Para desarrollar altos esfuerzos cohesivos, el adhesivo - debe fijarse. En una unión producida con un adhesivo orgánico, la frontera es cualquier material soluble, generalmente un termoplástico y material fusible de extremadamente alta viscosidad, o un reticulado, resina o hule termofijo e infusible.

La transición del estado fluido al estado sólido puede ser ejecutada de diferentes formas, mismas que son las bases para estructurar la clasificación relativa a la fijación y aplicación, misma que consiste en lo siguiente:

#### I.- Enfriamiento de un termoplástico.

Los termoplásticos blandos y fundidos al ser calentados, se vuelven duros al ser enfiados. El calentamiento debe dar como resultado una alta fluidez para que se efectúe la humectación. - El termoplástico puede ser aplicado al sustrato por varias técnicas; por fusión en caliente como un polvo, por extrusión, a - partir de solventes o latex seguidos de un secado.

Si el recubrimiento empleado no es pegajoso el sustrato cubierto puede ser almacenado y estibado para un futuro uso, en - cuyo caso tiene que ser calentado para reactivar el adhesivo. - Alternativamente, la unión es realizada inmediatamente después de la aplicación del termofusible, polvo o cubierta extruida. - Este procedimiento ofrece mayores eficiencias en la producción, ya que el enfriamiento de un termofusible es más rápido que la evaporación del solvente o fijación química.

Papel, cartón y celofán para empaques de comida presentan - ejemplos de las diversas formas de aplicación de adhesivos termoplásticos. El sustrato puede ser protegido con una barrera húmeda sellable al calor por recubrimiento del tejido con brea fundida, para envolturas de pan y por recubrimiento extruido con -

polietileno para envases de leche y bolsas multipared o por aplicación de una solución de saran o latex y posterior evaporación del solvente o agua.

Los importantes factores para el esfuerzo en los adhesivos termofusibles son el peso molecular y polaridad. Así la cera parafina y el polietileno son ambos polímeros hidrocarburos alifáticos, pero el mayor peso molecular del polietileno da como resultado un mayor esfuerzo a la tensión, esfuerzo al desgarrar y resistencia al calor.

Diversas familias de termofusibles ofrecen altos esfuerzos. Los EVA's por ejemplo, son copolímeros de etilén acetato de vinilo combinados con ceras y espesadores para producir adhesivos para empaque y encuadernación.

Mientras que la fijación rápida de los adhesivos termofusibles es deseada, existe cuando menos una excepción, las etiquetas para botes y latas son en ocasiones cubiertas con una capa pegajosa de adhesivo, por ejemplo, poliacetato de vinilo formulado con un plastificante que es sólido a temperatura ambiente, de tal forma que cuando se activa con calor la etiqueta permanece pegajosa por un lapso de un minuto, facilitando la operación de las líneas de empaque de alta velocidad.

Los vidrios de seguridad para automóvil, son otro campo de utilización de los adhesivos termofusibles. Un adhesivo de polivinil butiral altamente plastificado es aplicado entre las dos hojas de vidrio. El compuesto PVB debe ser ópticamente claro, estable a la luz, libre de volátiles, pero sobre todo debe tener buena adhesión para sostener los trozos de vidrio en caso de rompimiento de éste.

## 2.- Vaporización del solvente o vehículo.

Las soluciones o latex contienen la composición adhesiva en una mezcla con agua o solventes orgánicos. Estos líquidos



disminuyen la viscosidad suficientemente para obtener la humectación del sustrato. Sin embargo, una vez que se ha efectuado la humectación el solvente o vehículo debe ser eliminado. En algunos sustratos como papel la remoción del solvente de la película de goma se realiza fácilmente. Si los adherentes son impermeables se hace necesario la evaporación del agua o solvente antes de unir las dos superficies, lo que provoca una disminución en la producción. Esta es la mayor desventaja de los adhesivos de este tipo en cuanto a su aplicación.

En una solución la concentración de sólidos, material que permanece en la capa adhesiva final, es generalmente menor a 30% para solventes orgánicos pero pueden ser mayores en aquellas en donde se emplea agua como solvente y especialmente en latex. A mayor contenido de sólidos se obtienen mayores viscosidades, lo cual da como resultado características de baja humectación.

El agua no es el único vehículo para latex pero es el más importante de todos los solventes. Almidones y dextrinas, gomas proteínicas y alcohol polivinílico son los adhesivos orgánicos, solubles en agua, más importantes. Los silicatos de sodio, comprenden las familias más importantes de adhesivos inorgánicos solubles en agua.

Para lograr concentraciones sobre el 50% de sólidos es necesario que una porción del polímero esté presente en aglomerados de mayor tamaño que el coloidal. En un latex, el polímero está presente en forma de glóbulos existentes como una fase discreta en una matriz acuosa. Hules sintéticos y naturales, resinas vínicas y acrílicas son los adhesivos latex más importantes. El polímero no está limitado por el peso molecular, de aquí que la viscosidad del latex depende principalmente del contenido de sólidos y la composición de la fase acuosa. Los latex son utilizados comúnmente en concentraciones de 35 a 55 % pero es posible, en algunos casos, ir más allá siempre y cuando se tenga cuidado en no obtener una consistencia excesiva.

Otro tipo de materiales que entran en esta clasificación - son los organosoles, los cuales son dispersiones de resinas de - cloruro de vinilo en plastificantes y solventes orgánicos voláti - les. También, estos son suficientemente fluidos para promover - buena humectación en el sustrato.

Algunas más complejas son las dispersiones no acuosas o - NAD's, en las que igual a los organosoles la fase continua es - un líquido orgánico en lugar de agua. La fase dispersa en estos materiales tiene un rango de tamaño entre 0.1 y 1.0 micras. El polímero se mantiene en suspensión con la ayuda de un estabiliza - dor anfipático, un híbrido con porciones de anclaje atacadas por el polímero dispersado y porciones solvables compatibles con - el solvente orgánico.

### 3.- Polimerización en sitio.

Este es el grupo de agentes de unión, producto del más ace - lerado desarrollo tecnológico. Todas las resinas termofijas es - tan dentro de esta clasificación e incluyen aquellas que son - aplicadas al sustrato en forma de solución. Esta categoría - también incluye elastómeros que son vulcanizados para desarro - llar altos esfuerzos cohesivos. En suma algunos monómeros tipo vinilo, especialmente metil-metacrilatos, ésteres cianoacrilatos y los dimetacrilatos son rápidamente polimerizados en sitio.

La principal ventaja de estos materiales sobre los adhesi - vos base solvente es que el esfuerzo puede ser desarrollado en la línea de la goma después de que los adherentes han sido uni - dos. Rapidez en la producción, bajo costo y uniones resistentes pueden ser el resultado al eliminar los solventes.

Los adhesivos sencibles a reacción se dividen en dos grupos los cuales se incluyen en la clasificación de adhesivos sintéti - cos y que son:

I.- Aquellos formados por condensación, generalmente con agua como subproducto. Este grupo incluye las resinas fenólicas

y amino, las cuales son las más antiguas de todos los adhesivos sintéticos.

2.- Aquellos formados por polimerización por adición, sin formación de subproducto. En este grupo estan varios de los adhesivos de mayor interés, incluyendo poliésteres, epóxicos, uretanos, cianoacrilatos, anaeróbicos y polímeros curados con radiación. Acrílicos convencionales y hules vulcanizados están también en esta categoría.

Cuando una composición es elaborada a partir del grupo I, es necesario aplicar presión para evitar el deterioro influenciado por el agua u otro subproducto volátil. Por otro lado, los adhesivos del grupo 2 pueden ser curados con solo la presión de contacto. Esto es especialmente ventajoso en la fabricación de objetos grandes que no pueden ser presionados convenientemente en una prensa.

Algunos adhesivos requieren calor para su curado, otros reaccionan a temperatura ambiente con la ayuda de catalizadores y en algunos casos activados con luz. Los adhesivos que pueden ser procesados en frío, con una formulación apropiada, son; resorcinol formaldehído, poliéster, metil metacrilatos, ésteres cianoacrilatos, epóxicos y uretanos. La reacción de polimerización es generalmente exotérmica de tal forma que la película adhesiva se calienta a una temperatura mayor a la temperatura del medio ambiente.

Los adhesivos anaeróbicos, un reciente desarrollo, son dimetacrilatos que al formularse apropiadamente desalojan líquido a medida que el oxígeno se hace presente pero curan rápidamente cuando se elimina el aire. Estos son ampliamente utilizados en ensamble de metales.

Los adhesivos curados por radiación son polímeros insaturados que contienen acrilatos o poliésteres en un extremo de la cadena. Estos han alcanzado un importante lugar en el recubrimiento de bobinas de acero y de aluminio.

#### 4.- Adhesivos sensitivos a la presión.

Estos adhesivos a diferencia de las otras clases no presentan un incremento progresivo en la viscosidad, esto es, permanecen en una etapa constante de pegajosidad. Uno de sus méritos principales es su inadecuada humectación permitiendo una separación de la superficie del sustrato sin dejar residuos del adhesivo en ésta.

Mientras esta deficiencia en el esfuerzo adhesivo es deliberada, el bajo esfuerzo cohesivo de los materiales sensitivos a la presión es indeseable. Muchas masas protectoras, sensitivas a la presión, contienen una mezcla de elastómero ( hule natural, caucho, SBR etc. ) con resinas promotoras de pegajosidad de bajo o mediano peso molecular, antioxidantes, etc. Estos son aplicados a las cintas o etiquetas en forma de soluciones, pero nunca los elastómeros termoplásticos pueden ser aplicados en forma fundida.

Alternativamente, otra clasificación empleada para los adhesivos es la que se realiza de acuerdo a su solubilidad y fusibilidad de la línea final adhesiva;

1.- Soluble. Incluye los termoplásticos( solubles y fusibles) tales como almidón y sus derivados, asfalto, algunas proteínas, celulósicos, vinílicos y algunos acrílicos.

2.- Reticulados(insolubles e infusibles). Fenol y resorcinol formaldehído, urea melamina formaldehído, epoxicos, poliuretanos, hule natural y hules sintéticos vulcanizados, anaeróbicos y poliésteres insaturados.

La reticulación puede involucrar la reacción de dos intermediarios químicamente diferentes o entre moléculas de una especie simple. Muchos adhesivos los cuales reticulan a temperatura ambiente son almacenados en contenedores separados y mezclados justo antes de su uso.

De las clasificaciones mencionadas, la de mayor uso es la -

que se realiza en función de la aplicación y fijación, sin embargo, en muchas ocasiones es más fácil para el usuario de estas - substancias el pedir las de acuerdo a la base que se emplea para su formulación, es decir, adhesivos de dextrina, voliacetato de vinilo, colas, caseinas, cementos de contacto, epóxicos, etc., o por el substrato o substratos a pegar; adhesivos para etiquetado para cerrado de cajas, para plástico, para madera etc. , lo cual genera una nueva clasificación que bien pudiera llamarse popular y que al fin cuentas está incluida dentro de las clasificaciones desarrolladas en esta parte.

### I.3.- MECANISMO DE LA ADHESION, RELACION ADHESIVO-ADHERENTE.

Además de los factores que gobiernan la adhesión existen otros parámetros que están íntimamente relacionados con el mecanismo de la adhesión. Para comprender esta relación es necesario establecer la formación de los adhesivos, los cuales están químicamente constituidos por tres componentes básicos:

MATERIA PRIMA + ADITIVOS + VEHICULO = ADHESIVO  
BASE

La materia prima base generalmente son polímeros, los cuales promueven realmente la unión o adhesión entre las superficies de los substratos.

Los aditivos que generalmente son compuestos destinados a resaltar o proporcionar al adhesivo ciertas características de resistencia, estabilidad o para disminuir costos pueden ser óxidos metálicos, carbonato de calcio, cascara de nuez, etc.

El vehículo, como su nombre lo indica, es el medio de transporte de la materia prima y aditivos, éste puede ser agua o mezcla de solventes orgánicos. Solo en los adhesivos termofusibles (100 % en sólidos) el vehículo es el calor.

Dado que el vehículo únicamente es útil para el transporte de la materia sólida es necesario eliminarlo del substrato después de la aplicación. La remoción del vehículo puede efectuarse por evaporación con la ayuda de un horno, con ventilación y principalmente por penetración al interior del substrato.

Por lo anterior, una vez eliminado el solvente o vehículo se tendrán dos superficies unidas. En el proceso de unir dos materiales la composición resultante tiene por lo menos cinco elementos, los cuales son; Adherente # I, Interfase entre el adherente

# 1 y la película del adhesivo, Película del adhesivo, Interfase entre la película del adhesivo y el adherente # 2, Adherente #2. El esfuerzo de la junta adhesiva será el esfuerzo de su miembro más débil. Si uno de los adherentes es papel, un esfuerzo excesivo dará como resultado un rasgamiento del papel. Con substratos fuertes la falla será adhesiva, en las interfaces, o cohesiva, dentro del adhesivo. Las fallas adhesivas se podrán eliminar si las superficies adherentes han sido preparadas apropiadamente y la humectación ha sido eficiente. En otras palabras, la adhesión entre la goma y el substrato debe ser mayor que la cohesión en la goma. Esto ocurrirá si la combinación de adhesivo y adherente han causado una disminución en la energía libre y evitan una deformación excesiva en el momento en que el adhesivo se fija.

Considerando que los adhesivos, generalmente, al endurecerse se contraen, esto ocasiona ciertas deformaciones que inducen al adhesivo a desprenderse del substrato. En resumen, las deformaciones son producidas cuando la junta adhesiva es flexionada. Varias medidas pueden eliminar el peligro de falla, por estas causas, y son:

a.- Seleccionar resinas de baja contracción.

b.- Seleccionar adhesivos menos rígidos que los adherentes, de otra forma la flexión provoca una concentración de esfuerzos en la línea de la goma. Sin embargo, una flexibilidad excesiva en el adhesivo puede presentar bajos esfuerzos cohesivos.

c.- Mantener la línea de la goma tan delgada como sea posible, si los esfuerzos son principalmente tensiones. No obstante, adherentes porosos requieren la aplicación de suficiente cantidad de adhesivo para cubrir los huecos. En el caso en que la junta adhesiva fuera a estar expuesta a esfuerzos de corte considerables, es recomendable una película gruesa.

d.- Incorporar inertes y en ocasiones cargas inorgánicas

e.- Después de aplicar el adhesivo a un sustrato impermeable, evaporar el solvente antes de unir con un segundo adherente impermeable.

Retomando la relación entre adhesivo y adherente, se pueden presentar entre ellos varios tipos de enlaces químicos que pueden ser primarios o secundarios. Los enlaces PRIMARIOS incluyen a los electrovalentes, covalentes y metálicos. Los enlaces electrovalentes o heteropolares pueden ser un factor en adhesivos a base de proteínas. Enlaces covalentes u homopolares pueden jugar un papel en los tratamientos finales para fibra de vidrio. Las uniones metálicas son las formadas por soldaduras.

Los SECUNDARIOS o de VAN DER WAALS son los enlaces más importantes en las uniones adhesivas. Las fuerzas más significativas son las de dispersión o de London, mismas que son responsables de toda la adhesión de polímeros no polares como el polietileno, hule natural, SER y hule de butilo. Estas fuerzas actúan a una distancia de aproximadamente 4 amstrongs y disminuye rápidamente con la sexta potencia de la distancia entre átomos. Esto ayuda a explicar porque una molécula muy flexible como el hule natural es un adhesivo más eficiente que una molécula moderadamente flexible como el poliestireno.

La interacción de dipolos permanentes dan como resultado enlaces fuertes, especialmente si el dipolo es un átomo de hidrógeno, con el cual se explica el éxito de diversos adhesivos como almidón, dextrinas, alcohol polivinílico, acetal polivinil, nitrato de celulosa, fenólicos y epóxicos. Todos estos adhesivos contienen hidroxilos fenólicos o alifáticos. El grupo carboxílico incorporado en pequeños porcentajes en muchos polímeros tipo vinil es una de las ayudas más importantes para la adhesión. Los adherentes que presentan enlaces de hidrógeno para la adhesión son la madera, papel, cuero, vidrio y metal.

La tensión superficial es la humectabilidad de una



superficie sólida, indicando la tensión superficial máxima permisible en un adhesivo para un sustrato en particular. Para asegurar la humectación el fluido adhesivo debe tener una tensión superficial no mayor a la tensión superficial crítica del sólido adherente.

Cuando el sustrato es orgánico y no muy polar, el parámetro de solubilidad es empleado para seleccionar un adhesivo. Si la unión entre adhesivo y adherente presenta una disminución en la energía libre, entonces dicha unión tendrá una buena resistencia. El cambio de la energía libre en la combinación de dos materiales es:

$$\Delta G = \Delta H - T \Delta S$$

$\Delta H$  = CALOR DE MEZCLADO.

$\Delta S$  = CAMBIO DE ENTROPIA.

En general, cuando dos materiales son mezclados, existe un aumento en la entropía y consecuentemente el segundo término a la derecha de esta ecuación es negativo. Si se ignora el calor de mezclado la energía libre también será negativa, lo cual se entiende como la tendencia de los materiales a ser combinados para proporcionar un calor de mezclado no mayor, en valor, al término de la entropía. Se puede observar que al aumentar la temperatura el término de la entropía se hace más negativo, mejorando así el proceso de combinación.

El calor de mezclado depende de las fuerzas de atracción entre el adhesivo y el adherente. Si el calor de mezclado es cero o negativo entonces se logrará una buena humectación, sin embargo para muchos de los materiales es positivo y consecuentemente la energía libre disminuirá si este término positivo no es muy alto.

Hildebrand y colaboradores utilizaron el concepto de parámetro de solubilidad,  $\delta$ , para mostrar porque algunos pares de materiales se mezclaban más rápidamente que otros. Este parámetro está relacionado con la presión interna o densidad de energía -

cohesiva.

$$S = (\Delta E/V)^{1/2}$$

$\Delta E$  = ENERGIA DE VAPORIZACION.  
 $V$  = VOLUMEN MOLAR.

El término de la energía de vaporización por centímetro cúbico,  $\Delta E/V$ , es llamado presión interna o densidad de energía cohesiva y su raíz cuadrada es el parámetro de solubilidad de Hildebrand.

Para líquidos tales como fluorocarburos e hidrocarburos, - esta energía es muy baja y materiales de bajo peso molecular con dicha composición tienen puntos de ebullición muy bajos.

En grupos polares se necesita una mayor energía para vaporizar una molécula. Así, la acetona tiene un punto de ebullición más alto que el butano y el del alcohol isopropílico es mayor a pesar de que las tres moléculas son del mismo tamaño y peso.

Hildebrand indicó que la mayor diferencia entre los parámetros de solubilidad de dos materiales ocasiona que el calor de - mezclado se incremente.

$$H = V (S_1 - S_2)^2 \phi_1 \phi_2 \quad \begin{array}{l} V = \text{VOLUMEN TOTAL,} \\ \phi_1, \phi_2 = \text{FRAC. VOL. DE CADA COMPONENTE.} \end{array}$$

Consecuentemente, la combinación se lleva a cabo eficazmente cuando el adhesivo y el adherente tienen parámetros de solubilidad muy semejantes. Más aún, la composición es muy resistente a la intromisión de otro material cuando los parámetros de solubilidad son muy cercanos.

La tabla 1 muestra una buena correlación entre el parámetro de solubilidad y la tensión superficial crítica de algunos polímeros. Existen ciertas anomalías en cuanto al incremento de los valores, las cuales pueden ser atribuidas a la cristalinidad, presencia de otros ingredientes en el compuesto y diferencias en la composición química.

Tabla 1. Parámetro de solubilidad y tensión superficial crítica.

	Parámetro de solubilidad.	Tensión sup. crítica. din/cm.
Poli(1H,1'-pentadecafluorocetil acrilato)	-	10.4
Politetrafluoroetileno	6.2	18.5
Silicon, polidimetil	7.6	24
Hule de butilo	7.7	27
Poli(etileno)	7.9	31
Hule natural	7.9 - 8.3	-
Adhesivo de hule natural-resina	-	36
Poliisopreno, cis	7.9 - 8.3	31
Polibutadieno, cis	8.1 - 8.6	32
Hules butadieno-estireno	8.1 - 8.5	-
Poliisobutileno	8.0	-
Polistireno	9.1	32.8
Hule polisulfuro	9.0 - 9.4	-
Neopreno	8.2 - 9.4	38
Hules butadieno-acrilonitrilo	9.4 - 9.5	-
Poliacetato de vinilo	9.4	-
Polimetil metacrilato	9.3	39
Policloruro de vinilo	9.5 - 9.7	39
Resina urea-formaldehido	9.5 - 12.7	61
Epoxi	9.7 - 10.9	-
Resina poliamida enciclorohidrin	-	52
Etil celulosa	10.3	-
Policloroacetato de vinilo	10.4	-
Poli(etileno) tereftalato	10.7	43
Acetato de celulosa	10.9	39
Nitrato de celulosa	10.6 - 11.5	-
Resina fenólica	11.5	-
Adhesivos de resorsinol	-	51
Policloro vinilideno (saran)	12.2	40
Nylon 6,6	13.6	43
Poliacrilonitrilo	15.4	44
Celulosa, a partir de la pulpa de madera	-	35.5, 42
Celulosa, a partir de algodón	-	41.5
Celulosa regenerada	-	44
Almidón	-	39
Caseína	-	43

Por último, en la tabla 2 preparada por Reinhart y Calomon se muestran los tipos de adhesivos que pueden ser empleados para unir sustratos iguales o diferentes, lo cual es una gran herramienta en la selección del adhesivo de acuerdo a la materia prima base.

Tabla 2. Carta selectiva para adhesivos.

	Cuero	Papel	Madera	Feltro	Tela	Plástico vinilo	Plásticos fenólicos	Hules	Vidrio	Metal
Metales	1,4,21,24,25.	1,21,22.	1,4,11,13,21,31,32,33.	1,5,22.	1,21,22,24.	25,36.	3,13,21,31,32,33,35,36.	13,21,22,31,32,33,34,35.		11,13,31,32,33,36.
Vidrio	1,4,13,24.	1,21,22.	1,13,21,31,32,33,35,36.	1,5,6,21,22.	1,21,22,24.	25,36.	3,13,21,31,35,36.	21,22,31,35,36.	4,13,32,35,36.	
Hules	21,24.	21,22.	21,22,33,35,36.	21,22.	21,22,23.	25,36.	21,22,36.	21,22,31,35,36.		
plásticos fenólicos	21,24,25.	21,22.	11,13,21,24,32,33,36.	21,22,25,36.	21,22,24,25.	36.	13,32,33,36.			
plásticos vinílicos	21.	21.	21.	21.	21.	25,36.				
elias	21,22,23,24.	21,22,23.	21,22,23.	5,21,22,23.	1,21,22,23.					
Feltro	21,22,23,24.	21,22,23.	21,22,23.	5,22.						
Madera	21,22,23,24.	2,21,22.	1,11,12,14,15,36.							
Papel	22,23,24.	2,4,21.								
Cuero	1,4,21,22,23,24.									

Claves para la tabla:

Termoplásticos

- (1) Poliacetato de vinilo
- (2) Alcohol polivinílico
- (3) Acrílico
- (4) Nitrato de celulosa
- (5) Asfalto
- (6) Oleoresinas

Termofijos

- (11) Fenol formaldehido
- (12) Resorcinol
- (13) Epoxi
- (14) Urea formaldehido
- (15) Melamina

Elastómericos

- (21) Hule natural
- (22) Hule tratado
- (23) Hule butadieno-estireno
- (24) Neopreno
- (25) Buna N
- (26) Silicon

Resinas

- (31) Vinil-fenólicas
- (32) Polivinil-butiralfenólicas.
- (33) Polivinil formol-fenólicas.
- (34) Nylon-fenólicas
- (35) Neopreno-fenólicas
- (36) Butadieno acrilonitrilo-fenólicas.

CAPITULO II  
PROPIEDADES, ESPECIFICACIONES  
Y PRUEBAS PARA LOS ADHESIVOS.

## 2.1. PROPIEDADES DE LOS ADHESIVOS.

Existen un número de factores generales que deben considerarse en la evaluación de un adhesivo. Estos factores pertenecen al comportamiento del pegamento desde su producción hasta el momento en que la unión se efectúa. Ellos son comúnmente referidos a las propiedades de trabajo e incluyen características como viscosidad, tiempo de almacenamiento, tiempo de trabajo, extensión, pegajosidad, penetración y rango de curado o rango de desarrollo de esfuerzos. Su importancia se hace visible cuando se pretende obtener una misma calidad en producción de lote a lote de algún adhesivo.

### A.- Viscosidad.

La propiedad física que caracteriza la resistencia al flujo de los fluidos simples es la viscosidad y esta es provocada por la fricción que ejercen en el seno del fluido las capas interiores que se deslizan unas sobre otras bajo una acción o fuerza exterior ( esfuerzo cortante ), considerándose de esta forma a la viscosidad como una conductividad de movimiento, la cual encontrará una resistencia mecánica fuerte en el caso de líquidos espesos y ligeros en líquidos móviles.

Respecto a los materiales adhesivos, estos no son fluidos simples por estar constituidos por polímeros disueltos en solventes y combinados con polvos de diferentes propiedades físicas y químicas provocando un comportamiento diferente al flujo newtoniano dificultando de esta forma la caracterización de sus propiedades reológicas. Sin embargo se pueden generar curvas graficadas de esfuerzo cortante contra gradiente de velocidad y esfuerzo cortante contra tiempo para acumular una familia de curvas, a varias temperaturas, con el fin de determinar el tipo de

comportamiento no newtoniano que presentan estos fluidos. Obviamente, excepto para casos muy especiales, este procedimiento puede consumir un exceso de tiempo y altos costos en cuanto a muchos materiales adhesivos. En vez de esto, se proyecta cuales son flexibles en su comportamiento operativo y adaptables a una amplia variedad de mediciones utilizadas.

Para medir la viscosidad existen diferentes tipos de viscosímetros, siendo el más utilizado en la industria el BROOKFIELD. Las unidades en que se determina la viscosidad son los centipoises. Otro viscosímetro con el mismo mecanismo es el de STORMER siendo un aparato más sensible. Los viscosímetros tipo copa son menos sofisticados y en ellos se mide el tiempo (s) en que tarda en desalojarse un volumen dado de adhesivo.

Es muy importante, antes de efectuar cualquier medición, mezclar perfectamente y con bastante cuidado el adhesivo, para evitar que penetren burbujas de aire, las que podrían ocasionar una lectura errónea.

#### B.- Tiempo de almacenamiento.

Cuando un adhesivo es almacenado por un período considerablemente largo bajo condiciones extremas de temperatura se pueden presentar cambios tanto químicos como físicos. El tiempo de almacenamiento de un adhesivo es el lapso en el cual estas sustancias, bajo condiciones adecuadas, permanecen aptas para su empleo. Generalmente los períodos de almacenamiento varían de seis meses a un año.

La forma de determinar el tiempo de almacenamiento es manteniendo en observación una muestra e ir realizando pruebas a intervalos de tiempo hasta determinar el período de almacenamiento en el cual el adhesivo pierde sus características. O bien, se puede determinar sometiendo al adhesivo a cambios extremos de temperatura o manteniendo la muestra durante cierto tiempo a una temperatura elevada chequeando posteriormente los cambios



en la consistencia del adhesivo y en los esfuerzos de unión.

#### C.- Tiempo de trabajo.

El tiempo de trabajo de un adhesivo es el lapso entre el momento en que el adhesivo está listo para su uso y el tiempo en que pierde dicha característica. Tiempo de bote es otro término comúnmente empleado para tiempo de trabajo.

El método ASTM D-1338 cubre dos procedimientos aplicables a todos los adhesivos que tienen un tiempo de trabajo relativamente corto. Este método explica la determinación del tiempo de trabajo de acuerdo al mínimo especificado de un adhesivo, por la terminación del cambio en consistencia, esfuerzo de unión o por ambos.

#### D.- Extensión.

La extensión es la propiedad del adhesivo por la cual éste puede ser uniformemente esparcido sobre una superficie a ser unida con una unidad de peso o volumen del adhesivo. Existen dos métodos ASTM; el D-898 que explica un procedimiento para determinar la cantidad de adhesivos sólidos aplicados en una operación de esparcido, y el D-899 cuyo procedimiento consiste en la determinación de la cantidad de adhesivo líquido aplicado en una operación de esparcido. La cantidad es expresada en libras, de materia adhesiva sólida, por unidad de área.

#### E.- Penetración.

La penetración es la capacidad del adhesivo a emigrar de la superficie hacia el interior del sustrato, por entre los poros del adherente. Es importante el control de esta propiedad para algunas industrias ya que una penetración rápida del pegamento no contribuirá en nada a la adhesión de los materiales y esto provocará un derroche de material e incremento en los costos. El método ASTM D-1916 explica la forma de determinar la penetración de un adhesivo donde uno de los adherentes es poroso.

#### F.- Rango de curado.

Muchos de los adhesivos requieren de curado mediante la aplicación de calor o por la incorporación de un catalizador, o ambos, con o sin presión en períodos específicos de tiempo. De aquí que sea importante conocer la variación en el esfuerzo de unión con los rangos de curado. El ASTM D-1144 proporciona un medio para determinar el rango de esfuerzos desarrollados por uniones adhesivas cuando curarán a intervalos de tiempo de  $2/5$ ,  $3/5$ ,  $4/5$ , y  $1\ 1/5$  del tiempo recomendado por el productor del adhesivo.

#### G.- Pegajosidad. ( TACK )

Es la característica de un adhesivo la cual provoca que una superficie cubierta con una substancia adhesiva se adhiera a otra por contacto. Esencialmente es la calidad de pegajosidad de un adhesivo. Un adhesivo que presenta esta propiedad, a un alto grado, se dice que tiene rápida pegajosidad o un tack agresivo, sobre todo, esta es una de las propiedades más importantes para determinar la aplicabilidad de un pegamento para usos particulares. Asociados con la pegajosidad están la pegajosidad en seco, propiedad de ciertos adhesivos para adherirse por contacto a ellos mismos, etapa en la cual los solventes se han evaporado.

Existen otras propiedades que no han sido mencionadas pero que tienen gran importancia en cuanto a la calidad del adhesivo, estas son; porcentaje de sólidos cuya determinación se realiza por diferencia de pesos. La densidad, color, sedimentación, etc. son otras de las propiedades a determinar en los adhesivos.

Estas propiedades son las que generalmente definen a un pegamento y por las cuales se determinan sus condiciones de trabajo. Sin embargo, para evaluarlas es necesario realizar una serie de ensayos para alcanzar homogeneidad y exactitud en sus valores para lo cual se siguen procedimientos estandarizados mismos que se mencionan en la siguiente parte.

## 2.2. PRUEBAS PARA LOS ADHESIVOS.

La evaluación de las propiedades químicas y físicas de los adhesivos ayudan en la predicción del funcionamiento y confiabilidad de una unión adhesiva. Las pruebas proporcionan una medida del control de calidad del material adhesivo, adecuación de la unión formada, aceptabilidad contra especificaciones y otros criterios de importancia económica.

Posiblemente, la evaluación de los adhesivos, más que la mayoría de otras clases de materiales, requiere métodos de prueba especializados. En estas pruebas, no solamente es evaluado el material adhesivo, sino que también las técnicas de unión que incluyen la preparación de la superficie, aplicación y curado del adhesivo.

La mayoría, sin excepción, de estos métodos utilizan especímenes de dimensiones estándar, forma y diseño preparados específicamente para este propósito. Los datos resultantes son importantes en el establecimiento de las características comparativas entre adhesivos.

Es difícil, sin embargo, predecir a partir de los datos que se generan de las pruebas el comportamiento de los adhesivos cuando están sujetos a variación de esfuerzos y condiciones ambientales. Pocas configuraciones de las uniones adhesivas se parecerán el espécimen de prueba en forma o dimensión. Aún cuando sea posible cortar especímenes de un objeto mayor, las pruebas de tales especímenes no pueden revelar el probable comportamiento del objeto integral por sí mismo. Reconociendo la dificultad de evaluar con seguridad el funcionamiento de un ensamble adhesivo es necesario adaptar al caso específico un espécimen que cumpla, lo más cercanamente posible, con el comportamiento del material particular a ser empleado.

La precisión y reproducción de los resultados de la prueba dependerán de las condiciones bajo las cuales el proceso de una unión es efectuado. Antes de iniciar cualquier evaluación debe contarse con una información completa de cada una de las siguientes variables:

1.- Procedimiento para preparar la superficie antes de aplicar el adhesivo, incluyendo el contenido limpieza, secado y tratamiento de superficie.

2.- Instrucciones completas de mezclado para el adhesivo.

3.- Condiciones de la aplicación del adhesivo, incluyendo nivel de esparcido, espesor de la película, número de recubrimientos empleados, cuando se aplique a una o ambas superficies y las condiciones de sacado donde se requiere más de una capa de adhesivo.

4.- Condiciones de ensamble antes de aplicar presión, incluyendo temperatura ambiente, porcentaje de humedad relativa y tiempo de ensamble.

5.- Condiciones de curado, presión aplicada, tiempo bajo presión y temperatura bajo la cual se aplica. Esta temperatura es la de la línea adhesiva o de la atmósfera a la cual se mantiene el ensamble.

6.- Condiciones del procedimiento antes de realizar la prueba, a menos que un procedimiento estándar sea especificado.

Un gran número de métodos de prueba han sido desarrollados y a continuación se mencionan algunos puntos esenciales de los métodos existentes para determinar las propiedades que afectan el comportamiento del adhesivo.

**ESFUERZO DE TENSION:** Un adhesivo esta en carga de tensión cuando la acción de fuerzas son aplicadas perpendicularmente al plano del adhesivo. El esfuerzo de tensión de una unión adhesiva es la máxima carga de tensión por unidad de área requerida para romper la unión y es expresada en libras por pulgada

cuadrada.

El método ASTM D-897 está destinado para determinar las propiedades comparativas de tensión de los adhesivos cuando se prueban en especímenes de forma estándar y bajo condiciones definidas de tratamiento, temperatura y velocidad de la máquina de prueba. El método describe especímenes tipo carretes para adhesivos madera-madera y metal-metal. La figura 1 muestra la forma de cada espécimen.

Los especímenes son similares en forma excepto que para minimizar la probabilidad de falla en la madera, el área de unión es reducida proporcionalmente al área de la sección transversal de la madera adyacente. El espécimen es cargado por medio de dos broches en forma de U los cuales se ajustan sobre la protuberancia de cada mitad del espécimen.

Cualquier espécimen de madera o metal pueden ser adoptados para determinación de los esfuerzos de tensión de adhesivos entre materiales de diferente naturaleza. Así, por aplicación de adhesivo a ambos lados de un material delgado tal como hule, plástico, cuero o vidrio y colocándolo entre los dos adherentes de madera o metal, el esfuerzo de unión de los dos materiales diferentes puede ser determinado. Esta técnica puede ser particularmente desventajosa cuando uno de los materiales a ser unidos no puede ser usado como un adherente por carecer de resistencia, por ejemplo el plástico, o es un material difícil para la máquina, tal como vidrio. Para el caso de adhesión de vidrio a sí mismo o cualquier otro material se puede utilizar el método ASTM D-1344.

**ESFUERZO DE CORTE:** Los esfuerzos de corte son aquellas fuerzas que actúan en el plano de la película adhesiva y reflejan el total de esfuerzo ejercido por los adherentes a lo largo del plano adhesivo, mismo que tiende a deslizar los adherentes en direcciones opuestas. Un esfuerzo de corte puro no puede ser

logrado con especímenes comunes, pero como el esfuerzo de corte puro raramente es encontrado en ensambles adhesivos los especímenes de prueba son adecuados para muchos propósitos. El esfuerzo de corte en adhesivos para metal-metal es determinado por el método ASTM D-1002. Este método está destinado a la determinación de esfuerzos de corte comparativos para adhesivos. El espécimen de prueba se muestra en la figura 2.

La longitud recomendada de traslape para la mayoría de los metales es de 1.62 mm ( 0.064 pulg. ), en espesor es de 12.7 mm ( 0.5 pulg. ). La longitud máxima permisible de traslape entre cortes de metal debe ser calculada de la siguiente relación;

$$L = Fty \cdot t / r$$

L = Longitud de traslape, pulg.

Fty = Punto de rendimiento del metal  
o esfuerzo limite proporcional  
Psi.

r = 150 % del esfuerzo de corte  
promedio estimado en uniones  
adhesivas, Psi.

Esta formula también puede ser empleada en algunos adherentes no metálicos donde el punto de rendimiento del material permite su uso. Es indeseable el exceder el punto de rendimiento - del adherente en el experimento de tensión. Una variación en espesor del metal y longitud de traslape influirán el valor de la prueba y producirán una comparación directa de datos cuestionables.

Los esfuerzos de unión en especímenes de corte a traslape son directamente proporcionales al ancho del espécimen pero a medida que la longitud de traslape se incrementa, el esfuerzo unitario disminuye debido a una concentración de esfuerzos en los filos del traslape. Estos especímenes también pueden ser utilizados para determinar el esfuerzo de corte de materiales de

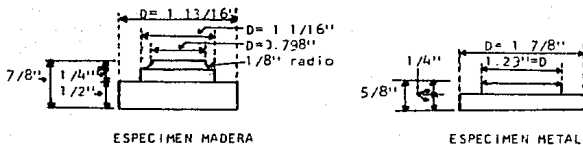


FIG 1. ADHERENTES PARA ESPECIMENES DE PRUEBA A LA TENSION

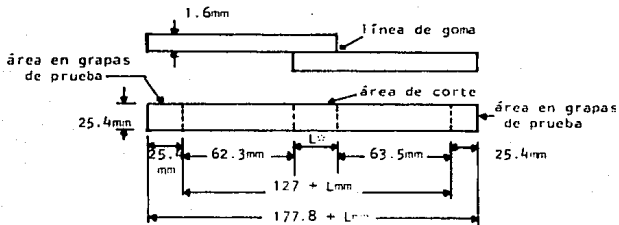


FIG 2 . ESPECIMEN DE PRUEBA CORTE DE TRASLAPE.

diferente naturaleza, de una manera similar a la presentada para los especímenes de tensión. Materiales delgados e inherentemente débiles ( plásticos, cuero, telas etc. ) son colocados entre los adherentes de metal para realizar las pruebas. Es importante mantener el espesor de trasalape a un mínimo para reducir la deflexión en el espécimen durante la prueba.

El esfuerzo de corte en adhesivos puede ser determinado también por compresión. El método ASTM D-905 describe un espécimen estándar para determinar los esfuerzos de corte por compresión de adhesivos para madera y otros materiales similares. El espécimen se muestra en la figura 3 y es probado entre bloques alineados para asegurar distribución uniforme lateral de carga. Un adhesivo demostrará mayor esfuerzo de unión cuando se pruebe en especímenes de corte por compresión que cuando se utilicen especímenes de corte de trasalape por tensión.

**ESFUERZO DE PELADO ( PEEL ):** La prueba de pelado involucra el desnudamiento de un miembro flexible en un ensamble adhesivo en donde un segundo substrato puede ser flexible o rígido. La prueba consiste de jalar el adherente flexible a un ángulo de 90 a 180 grados, de tal forma que se induce al pelado. La falla puede ocurrir en el miembro flexible, en el miembro rígido o en la película adhesiva. La prueba a 180 grados para el pelado o desnudamiento, para adhesivos, se describe en el método ASTM D-903 y el esfuerzo es expresado en libras por pulgada cuadrada. La figura 4 ilustra un espécimen bajo esta prueba.

Las distribuciones de esfuerzos en una prueba de pelado son complejas y la fuerza requerida para iniciar y mantener el desnudamiento es influida por el ancho del espécimen, por las propiedades mecánicas de los adherentes y el esfuerzo del adhesivo.

Otra prueba frecuentemente utilizada por su simple configuración y su fácil fabricación es la prueba "T", la cual está definida en el ASTM D-1876. El objetivo de esta prueba es



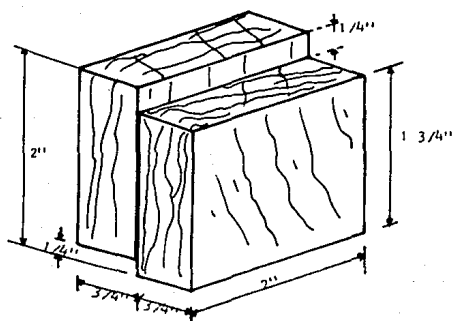
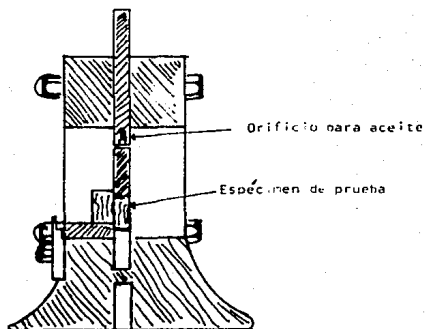


FIG. 3 . ESPECIMEN DE CORTE POR COMPRESION Y MAQUINA DE PRUEBA .

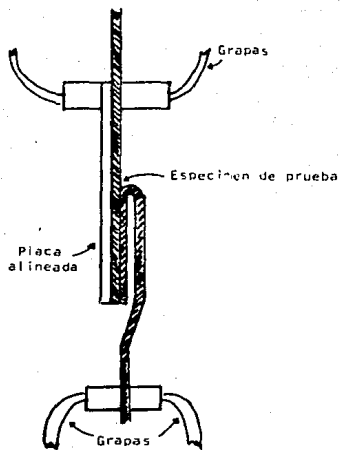


FIG. 4. ESPECIMEN DE PRUEBA PEEL.

determinar la resistencia relativa al pelado de una unión adhesiva entre dos miembros flexibles. Los especímenes de prueba se muestran en la figura 5 , y los datos se reportan en libras por pulgada lineal.

Un método desarrollado para determinar la durabilidad de una junta adhesiva bajo cualquier medio de exposición deseado ( aire, agua, soluciones acuosas o humedad relativa a varias temperaturas ), se describe en el ASTM D-2918. El aparato empleado se muestra en la figura 6 .

**ESFUERZO DE IMPACTO:** El método estándar de evaluación del esfuerzo de impacto para adhesivos está explicado en el ASTM D-950. El espécimen consiste de dos bloques, los cuales pueden ser hechos de madera o metal, unidos como se muestra en la figura 7. En la prueba, el bloque inferior y largo es sostenido en el tornillo de la máquina y el bloque superior es golpeado por un péndulo a una velocidad de 11 pies por segundo y en una dirección paralela al plano de la capa adhesiva. La energía de impacto absorbida por el espécimen es reportado en pie-libra por pulgada cuadrada.

El esfuerzo de impacto para adhesivos, también puede ser probado por tensión. Diversos tipos de especímenes pueden ser usados, no obstante, el más empleado es un espécimen de tensión modificado tipo carrete ( ASTM D-897 ).

**ESFUERZO DE HENDIDURA ( CLEAVAGE ):** La prueba de hendidura es conducida por introducción de una fuerza en uno de los extremos del espécimen unido, para cuartear la unión. Una prueba adecuada de hendidura es explicada en el método ASTM D-1062. El espécimen de prueba, mostrado en la figura 8, es separado por medio de cargas de tensión y el esfuerzo de hendidura es reportado en libras por pulgada de ancho. Los especímenes son fabricados generalmente de metal, pero pueden emplearse otros materiales

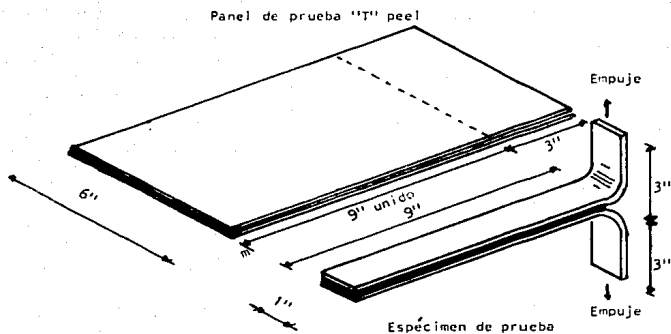


FIG. 5. PANEL DE PRUEBA "T" PEEL Y ESPECIMEN DE PRUEBA.

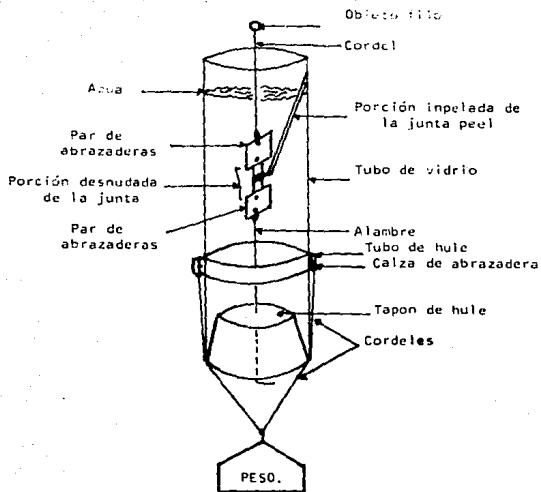


FIG. 6 . APARATO PARA MEDIR EL PEEL DEL ADHESIVO.

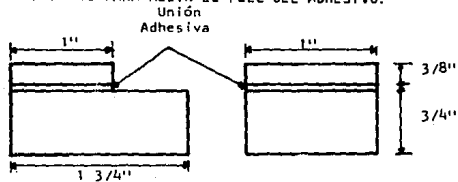


FIG. 7 . ESPECIMEN PARA LA PRUEBA DE CORTE POR IMPACTO.

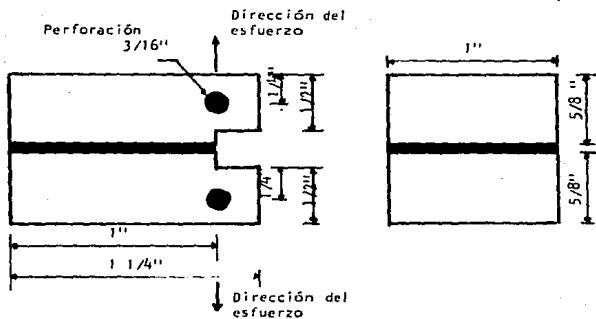


FIG. 8 . ESPECIMEN DE PRUEBA CLEAVAGE

rígidos.

La distribución de esfuerzo en una prueba de este tipo es compleja y al igual que para la prueba de pelado, las fuerzas para iniciar y continuar la separación están influidas por las dimensiones del espécimen, por las propiedades mecánicas de los adherentes así como las características de esfuerzo y elasticidad del adhesivo.

**ESFUERZO DE ESCURRIMIENTO ( CREEP ):** La deformación o cambio dimensional ocurrido en un espécimen de unión adhesiva bajo esfuerzo y sobre un período de tiempo es referida como escurrimiento. Habitualmente el escurrimiento se determina al someter el espécimen unido a una carga constante, durante un periodo de tiempo a una temperatura específica. El período de tiempo depende de las propiedades del adhesivo y de los requerimientos del servicio para los cuales será evaluado. Los adhesivos termoplásticos pueden ser evaluados por semanas o meses hasta que ocurre la falla o hasta una deformación específica.

Periodicamente se realiza una medición del grado de escurrimiento, determinando el cambio dimensional ocurrido a lo largo de la prueba. Generalmente la prueba se desarrolla a varias temperaturas para apreciar los efectos de ésta en el escurrimiento. Uniones realizadas con adhesivos termofijos rígidos no poseen o es despreciable el escurrimiento bajo esfuerzo. Adhesivos altamente plastificados son más aptos al escurrimiento que los adhesivos rígidos.

Recientemente dos métodos de prueba ASTM fueron desarrollados para determinar el grado de escurrimiento, el D-2293 que emplea cargas de corte y compresión y el D-2294 que utiliza cargas de corte y tensión. Ambos métodos hacen uso de especímenes de metal-metal similares a los de corte a traslape. El aparato en ambos métodos permite evaluar el espécimen sobre un amplio rango de temperaturas y condiciones de esfuerzo. El escurrimiento

es determinado por la observación del desplazamiento, a través - del centro de ambos lados de las juntas traslapadas, con un micróscopio calibrado.

**ESFUERZO A LA FATIGA:** La repetida aplicación de una carga - en un espécimen adhesivo se conoce como prueba de fatiga y es - una medida de la resistencia a la falla, de un espécimen adhesivo. Esta prueba no mide propiedades mecánicas y puede ser empleado para comparar el comportamiento de uniones bajo cargas repetidas y para evaluar los efectos de las condiciones del medio ambiente sobre un espécimen bajo cargas repetidas. El espécimen del método ASTM D-1002 es generalmente empleado para este tipo - de prueba.

En forma general los métodos de prueba mencionados son los son los que generalmente se utilizan para determinar las propiedades mecánicas de las uniones adhesivas. Así también, muchas empresas que emplean adhesivos tienen sus requerimientos en donde se indican las propiedades y pruebas que deben cumplir los - adhesivos destinados a usos específicos. Es por esto que las - pruebas son importantes para establecer el rango de funcionalidad de un adhesivo y para establecer un control de la calidad lo más óptimo posible.



### 2.3. ESPECIFICACIONES DE ADHESIVOS.

Las especificaciones de un adhesivo es un documento que especifica los rangos de calidad de las propiedades más importantes de un adhesivo así como los métodos empleados para determinar los valores de dichos rangos. Las especificaciones son vistas de diferente forma entre el productor y el consumidor. El productor está interesado en sus especificaciones para ofrecer el adhesivo en forma competitiva y el consumidor ve en las especificaciones una asistencia para procurarse un adhesivo satisfactorio a un costo razonable.

En general una especificación puede ser preparada tomando como base los requerimientos en composición o funcionamiento, aunque algunas veces las especificaciones contienen requerimientos basados en ambos, composición y funcionamiento.

Las especificaciones por funcionamiento pueden ser extremadamente útiles ya que las características de los requerimientos físicos y químicos son reportados, así como los métodos y estándares de prueba son claramente definidos. Existen muchas ventajas atribuibles a las especificaciones de tipo funcionamiento, una es el caso en que el cambio de un material a otro es producido por carestía o cuando un nuevo material es utilizado para mejorar el pegamento. Otro es que los productores tienen completa libertad en formular su producto y puede aplicar su habilidad de manufacturación de acuerdo con las prácticas científicas y técnicas lógicas.

Las especificaciones que contienen ambos requerimientos, composición y funcionamiento, generalmente reportan al adhesivo por su tipo químico, identificando el ingrediente básico contenido en la formulación adhesiva. Generalmente el ingrediente básico es referido en primera instancia como un termoplástico o

termofijo y el tipo químico es dado entre paréntesis.

Existen muchas especificaciones de adhesivos, de las cuales las más prominentes son las industriales, que describen y establecen las características técnicas y físicas o requerimientos funcionales de materiales adhesivos, incluyendo métodos, condiciones de prueba y otras características esenciales.

CAPITULO III .  
EL USO DE LOS ADHESIVOS POR  
LA INDUSTRIA .

Los adhesivos son empleados por una gran cantidad de industrias por lo cual son indispensables en la sociedad industrial mexicana. Estas substancias son útiles en la fabricación de automoviles, calzado, libros, muebles, ropa etc. Su extenso uso se debe a su capacidad de unir materiales de diferente naturaleza, problema que muchas industrias tenían, así como el generar uniones más rápidas y económicas.

En este capítulo se dará un panorama general de las actividades, de varias industrias, en las cuales se emplean pegamentos. Para mayor facilidad la información se presentará en forma de tablas en las cuales se especificará la actividad y el tipo de adhesivo empleado, esto último indicando la materia prima base del adhesivo. Así mismo se explica la actividad industrial referida en la tabla.

### 3.1. INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION.

Los adhesivos son empleados en la industria de la construcción para diversas aplicaciones estructurales y decorativas, por ejemplo para la fabricación de puertas, instalación de alfombras y tapiz, en tapetes, entrepaños etc. La tabla 3 muestra las actividades principales en donde se utilizan los adhesivos.

Tabla 3 . ADHESIVOS UTILIZADOS EN LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION.

APLICACION	DESCRIPCION DE LA APLICACION	TIPO DE PEGAMENTO USADO.
CASAS MOBILES	Preacabado de paredes de madera,puertas y gabinetes.	Poliacetato de vinilo (PVA)
PISOS ENCOLADOS Y OTROS ARMADOS DE MADERA.	Fijación de pisos en las vigas. Manufactura de módulos,paredes y techos de madera para estudios. Acabado de muebles etc.	Neopreno,SBR/SBS,Hule natural Poliuretano,resorcinol-fenol formaldehido,caseina,PVA.
TABLA ROCA	Composición de yeso entre dos hojas de papel;utilizada para formación de paredes.Su ventaja es que puede eliminar,por medio de un adhesivo el uso de clavos.	PVA,almidón,caseina,neopreno hule.
AISLAMIENTO DE FIBRA DE VIDRIO.	La fibra de vidrio proporciona aislamiento térmico en casas,ductos, tuberías y otros equipos de proceso. En donde el aislamiento debe ser unido se emplea neopreno y emulsiones de asfalto conteniendo SBR.	Fenol-formaldehido,silicato de sodio,neopreno,asfalto.
ADHESIVOS DE CONCRETO	Aditivos de latex mejoran la resistencia del concreto. El más popular de estos es el acrílico. El PVA en adhesivos es empleado para unir concreto viejo a nuevo.	Acrílico,SBR,PVA,epóxico, pollester.
ENTREPAÑOS	Revestimiento a paredes, entrapaños de espuma a paredes son preconstruídos por manufactureros de paredes de cortina,porciones móviles y componentes para refrigeración industrial.	Cemento de neopreno o latex,PVA,SBR/SB
LAMINADOS A PELICULAS DE VINILO.	Películas de PVC unidas a tabla roca, madera y papel cartón para revestimiento en casa móviles.	PVA,acrílico.
MOSAICOS DE CERAMICA	Para paredes y pisos.	SB/SBR,SBR,esteres*de celulosa,epóxicos,furano.

Tabla 3 . ADHESIVOS UTILIZADOS EN LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION.

APLICACION	DESCRIPCION DE LA APLICACION	TIPO DE PEGAMENTO USADO.
PAPEL TAPIZ	Se emplea para cubrir paredes. Generalmente son aplicados con una pasta basada en PVA formulada con alcohol - polivinílico, plastificante, preservativo y almidón como espesante.	Almidón, carboximetil celulosa, PVA.
INSTALACION DE ALFOMBRAS	El uso de adhesivos para instalación de alfombras se ha incrementado y este método - es un fuerte competidor de los sujetadores mecánicos.	SBR, neopreno, polietileno.
CEMENTOS PARA TUBERIA	En las instalaciones hidráulicas muy a menudo se utilizan tuberías de PVC las cuales requieren de un adhesivo para ser unidas. También los selladores son consumidos - por una gran variedad de - construcciones industriales y residenciales, para aplicaciones tales como colocación de vidrios, para chapas, puertas, tuberías de baño, uniones de metal a concreto etc.	ABS, PVC, oleoresinas, polibuteno, butil, hypalon, acrílico, PVA, poliuretano, silicón.

### 3.2. INDUSTRIA EMPAQUETADORA.

Con el desarrollo industrial el consumo de una diversidad de artículos se ha incrementado y con esto la presentación y forma de llevar dichos productos al mercado. Es así como la forma de empaquetar se ha convertido en una técnica, cada vez más sofisticada, que emplea maquinaria específica. La industria de los adhesivos es de gran utilidad para este tipo de actividad industrial ya que ha desarrollado productos que adhieren una gran variedad de sustratos, tomando en cuenta las características de la maquinaria empleada en el empaquetamiento.

La variedad de empaques es muy amplia y para cada uno de ellos existen adhesivos específicos y funcionales, mismos que se reportan en la tabla 4.



Tabla 4 . ADHESIVOS UTILIZADOS EN LA INDUSTRIA EMPAQUETADORA

APLICACION	DESCRIPCION DE LA APLICACION	TIPO DE PEGAMENTO USADO.
CARTÓN CORRUGADO	La mayoría de los empaques son de papel corrugado. El medio de corrugado es papel kraft, el cual pasa a través de unos rodillos en donde son cubiertos por una película adhesiva y posteriormente unidos en la línea.	Silicato de sodio, almidón, resina-almidón, PVA, EVA.
LAMINADO DE CARTÓN A FIBRA SOLIDA	Dos o más láminas de papel o cartón son alimentadas a un rodillo laminador para producir un cartón de tres capas, la capa central es bañada por ambos lados con un adhesivo y posteriormente se unen las tres laminas al pasar por una serie de rodillos.	PVA, almidón, silicato de sodio
CARTÓN PLEGADIZO	Existen dos clases de cartones plegadizos, uno parecido a un tubo rectangular y otro semejante a un baul. Existiendo para estos dos operaciones de engomado, por el lado de las costuras y el fondo.	PVA, dextrina, EVA, PE, silicato de sodio.
SELLADO DE CARTÓN.	La mayoría de embarques por mar utilizan cartón corrugado como contenedor. Así también muchos productos alimenticios son empaçados en cartones plegadizos. Dichos contenedores deben ir sellados por la tapa y el fondo, lo cual generalmente se realiza por medio de un adhesivo.	Dextrina, silicato de sodio, PVA, EVA, PE.
CAJAS	Son generalmente empleadas para empaçar zapatos, joyas, cosméticos y juguetes. Las cajas son envueltas con una cubierta de papel decorativo que puede ser laminado a la caja por un adhesivo.	Dextrina, goma animal.

Tabla 4 . ADHESIVOS UTILIZADOS EN LA INDUSTRIA EMPAQUETADORA.

APLICACION	DESCRIPCION DE LA APLICACION	TIPO DE PEGAMENTO USADO.
BOLSAS MULTIPARED	Consisten de tres o más pliegos de papel y plástico. El exterior es papel kraft y el interior es una película plástica o papel recubierto. El adhesivo se emplea para unir la capa de papel y plástico.	Almidón, PVA, SBR.
BOLSAS ESPECIALES	Estas bolsas son una combinación de papel y película plástica. Están construidas principalmente por dos capas; la exterior de papel kraft decorado y la interior que puede ser de polietileno, sarán u otros.	EVA, PE, PVA, almidón, SBR.
LAMINACIÓN	Los laminados de hojas a papel o a películas de plástico, tales como poliéster, sarán, celofán y polietileno son empleadas para una variedad de aplicaciones estructurales y no estructurales.	Neopreno-caseína, SBR-caseína silicato de sodio, PVA, poliéster.
PAPEL A PELICULAS	Estas laminaciones son utilizadas como protección para álbumes, mapas, libros de texto, etc. La película es generalmente polietileno o polipropileno. Otro tipo de laminación es la realizada para alimentos y otros tipos de empaques. Esta incluye laminados de polietileno a celofán, vinilo, polipropileno, sarán, poliestireno etc.	PVA, hule de butilo, nitrilo, SBR, poliuretano, poliéster, epóxi.
TUBOS DE PAPEL.	Los tubos son usados como centros para productos de papel y textiles. Se forman por medio de un torno estacionario por el cual pasa el papel engomado, previamente, para formar el tubo.	Almidón, silicato de sodio, PVA, goma animal, caseína.
LATAS Y TAMBORES DE FIBRA.	Una lata consiste de un tubo con una tapa y fondo de metal o plástico e impermeabilizado con una película plástica o lámina de aluminio. El tambor es un contenedor que tiene una	Caseína, PVA, almidón, resina de madera.

Tabla 4 . ADHESIVOS UTILIZADOS EN LA INDUSTRIA EMPAQUETADORA

APLICACION	DESCRIPCION DE LA APLICACION	TIPO DE PEGAMENTO USADO.
<p>ETIQUETAS A BOTES Y LATAS METALICAS.</p>	<p>capacidad mayor a las latas, desde 0.5 galones hasta 100 galones.</p> <p>Esta operaci3n se lleva a ca bo impregnando, la etiqueta, de adhesivo el papel por me- dio de m3quinas aplicadoras a alta velocidad. Los botes o latas pueden ser de pl3sti- co, metal o vidrio.</p>	<p>Caseina, PVA, almid3n, resina de madera.</p>

### 3.3. INDUSTRIA TEXTIL.

Los adhesivos son empleados en una gran variedad de aplicaciones textiles. En alfombras mechuas son una parte integral en la operación de fabricación. Estos proporcionan esfuerzo y estabilidad a las fibras tejidas y a otras no tejidas. Su empleo facilita, en la fabricación de laminados, la producción de ropa.

La mayoría de los adhesivos empleados en esta industria se encuentran agrupados en la tabla 5 .

Tabla 5 . ADHESIVOS UTILIZADOS EN LA INDUSTRIA TEXTIL.

APLICACION	DESCRIPCION DE LA APLICACION	TIPO DE PEGAMENTO USADO.
ALFOMBRAS	Estas son producidas cosiendo el hilo a un respaldo de yute polipropileno tejido o lana - de vidrio unida a polipropileno. El hilo forma rizos a medida que regresa la aguja - y para asegurar la fijación - del rizo al respaldo, este es cubierto con un latex. Un segundo respaldo también es aplicado con un adhesivo para proporcionar peso al producto final.	SBR, hule natural, hule nitrilo, PVC, EVA, polietileno.
FIBRAS.	Son utilizadas con colchones, bolsas de dormir y otras aplicaciones. Las fibras son escobilladas y espreadas con el - ligante, el cual suele ser un latex acrílico.	Acrílico, acetato de vinilo.
BONDEADOS	La operación de bondeado consiste en la combinación de - dos telas por medio de un - adhesivo.	Acrílicos, poliuretano, acetato de vinilo .
LAMINACION	Telas de vinil y recubiertas de poliuretano emplean un - adhesivo para unir la tela a la película. Este tipo de laminación se emplea en la tapicería, mantelería, equipajes, etc.	Poliuretano, acrílicos, acetato de vinilo, PVC.
FLOCKING.	Una tela flockeada consiste - de una fibra adhesiva unida a un sustrato, generalmente un textil tejido, para obtener - terciopelo, gamuza, etc.	Acrílicos, acetato de vinilo, poliuretanos, neopreno.
NO TEJIDOS	Los no tejidos unidos con - adhesivos incluyen servilletas y otros arreglos, mantas, filtros, cintas y telas recubiertas.	Acrílicos, PVC, SBR, hule nitrilo, acetato de vinilo.

### 3.4. INDUSTRIA AUTOMOTRIZ.

La industria automotriz es un fuerte consumidor de adhesivos y selladores. Un automóvil lleva en varias partes que lo componen diferentes clases de adhesivos, como por ejemplo en su interior se utilizan adhesivos de contacto para forrar los asientos, puertas, toldo etc.

Las razones principales por las que se emplean los adhesivos en la industria automotriz son; economía, funcionamiento y facilidad en la manufacturación. Aún posteriormente a la manufacturación del automóvil se utilizan adhesivos para reparación y colocación de piezas y partes nuevas, así como en otros artículos necesarios para el automóvil. Es entonces en cuatro áreas - en donde se emplean los adhesivos en esta industria; mercado de equipos originales, postmercado, vidrios de seguridad y neumáticos, mismas que se mencionan en la tabla 6.

Tabla 6 . ADHESIVOS UTILIZADOS EN LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ

APLICACION	DESCRIPCION DE LA APLICACION	TIPO DE PEGAMENTO USADO.
MERCADO DE EQUIPOS ORIGINALES	En sí es el proceso de armado de automóviles en donde se utilizan varios adhesivos y selladores para el acabado de los automóviles.	PVC, neopreno, nitrilo, SBR, asfalto, polibuteno, poliuretano, polisulfuros, silicones.
POSTMERCADO	Para la reparación de defensas y otros trabajos la soldadura es reemplazada por resinas termofijas.	Poliéster, nitrilo-fenólicos.
VIDRIOS DE SEGURIDAD.	Utilizados en las ventanillas y parabrisas de los automóviles. Son dos vidrios laminados y unidos por un adhesivo, el cual no permite que los fragmentos se separen en caso de accidente.	Película de vinil-butiral.
NEUMATICOS	Los adhesivos tienen dos principales aplicaciones en las llantas; unir el cordón del neumático al plástico y adherir el hule a cualquier otro.	Latex de resorcinol-formaldehído, hule natural, neopreno.

### 3.5. INDUSTRIA ZAPATERA.

Los materiales adhesivos son necesarios para la producción de varios componentes del calzado y para pegar la suela ya sea permanente o temporalmente. Esta industria absorbe gran parte de la producción del pegamento de contacto elaborado en México, convirtiéndose dicho adhesivo en el más importante para la producción de calzado y aún en la reparación del mismo.

En la tabla 7 se enlistan las actividades que emplean los adhesivos recomendados en la fabricación de calzado.



Tabla 7 . ADHESIVOS UTILIZADOS EN LA INDUSTRIA ZAPATERA.

APLICACION	DESCRIPCION DE LA APLICACION	TIPO DE PEGAMENTO USADO.
PEGADO PERMANENTE A SUELA.	Se realiza con un cemento de contacto que une la parte exterior de la suela con el fondo del zapato. El cemento de neopreno es predominante en este uso, sin embargo, poliuretanos termoplásticos han sido empleados, principalmente para pegar zapatos de PVC.	Neopreno, poliuretano - termoplástico, poliéster, hule natural.
PEGADO TEMPORAL A LA SUELA.	Es practicado cuando la suela será pegada o unida al zapato por medios mecánicos.	Neopreno, poliéster.
ACABADO DE LOS COMPONENTES DEL ZAPATO.	Es el proceso para formar o ensamblar las porciones superiores del zapato, una vez que el acabado se realizó con cemento de hule natural y posteriormente el proceso se finaliza con adhesivos hot-melt de poliamida y poliéster.	Poliamida, poliéster.
PLEGADIZOS.	Es la operación en donde los filos o bordes de la piel son doblados sobre ella misma.	Poliamida.
DOBLEZ.	Es el proceso en el cual la tela o entreteja es colocada entre el forro y la parte superior del zapato.	Hule natural, almidón.
TERMINADOS.	Son las partes duras que dan acabado a las puntas y son hechos de plástico, tela o cuero. También componentes duros son colocados entre el forro y el dobléz alrededor del talón.	Poliamida, hule natural, neopreno, almidón.
POSTMERCADO.	Reparación de calzado en talleres particulares.	Neopreno.

### 3.6. INDUSTRIA ELECTRICA.

Los adhesivos son utilizados en el campo eléctrico y electrónico en varias formas que van desde mantener microcircuitos instalados hasta embobinados en generadores eléctricos gigantes.

En adición a la unión mecánica de los adhesivos en aplicaciones eléctricas son requeridos para conducir calor, conducir o aislar electricidad, sellar y proteger los substratos. Los adhesivos empleados en la industria eléctrica se pueden categorizar en tres grupos; los utilizados en la fabricación de aparatos, en equipo eléctrico y en equipo electrónico/comunicaciones, en donde se aplican en cantidades muy pequeñas hasta volúmenes altos. La tabla muestra las aplicaciones de los adhesivos en este tipo de industria.

Tabla 8 . ADHESIVOS UTILIZADOS EN LA INDUSTRIA ELECTRICA.

APLICACION	DESCRIPCION DE LA APLICACION	TIPO DE PEGAMENTO USADO.
<p>APARATOS.</p>	<p>En la producción de un gran número de aparatos eléctricos se emplean adhesivos, tanto como para unir algunas partes como para proteger y aislar componentes eléctricos. En esta clase de aparatos se tienen; refrigeradores, acondicionadores de aire, lavadoras, lavatrastes, secadoras, batidoras, televisores, etc.</p>	<p>SBR, PVC, asfalto, epóxi, epóxi-fenólico, neopreno, nitri-fenólico, poliester, alcohol polivinílico, silicon, cianoacrilato.</p>
<p>EQUIPO ELECTRICO.</p>	<p>Varios tipos de adhesivos son empleados en la manufactura de generadores, motores, transformadores y otros equipos eléctricos. En motores de potencia fraccional la laminación es realizada con epóxicos. Películas de poliester se emplean en motores, electromagnetos, transformadores y componentes eléctricos.</p>	<p>Películas de poliester, epóxicos, silicón.</p>
<p>ELECTRONICOS Y COMUNICACIONES.</p>	<p>Esta industria consume una amplia gama de adhesivos pero aplicaciones importantes incluyen películas de polivinil fenólico-butiral en teléfonos y epóxicos para pintar circuitos, polivinil butiral y epóxi butiral modificado para espirales electrónicas.</p>	<p>Película polivinil-butiral-fenólica, poliester, epóxi, polivinil butiral, epóxi-butiral modificado.</p>

### 3.7. INDUSTRIA ENCUADERNADORA.

Para realizar una encuadernación son cinco las operaciones de - engomado. En libros de cubierta dura, las paginas impresas son dobladas en asignaturas de 16 o 32 páginas y son cosidas. En el siguiente paso, una emulsión de PVAc es aplicada sobre la asignatura. Posteriormente un lienzo (forro de tela) es engomado y - unido a la asignatura para después unir al lienzo una tira de - papel kraft. Una resina de unión basada en polímero en emulsión es usada para adherir el doblado de la cubierta a la hoja final. La última operación es la cubierta, la cual es montada para pegar las hojas finales de las páginas exteriores en dicha cubierta. Prosiguiendo, el paso posterior es la manufactura de la cubierta rígida del libro. Esta es complementada por laminación - de papel o tela recubierta con plástico.

Dentro de este proceso se emplean principalmente cuatro tipos de adhesivos, mismos que se mencionan en la tabla 9.

Tabla 9 . ADHESIVOS UTILIZADOS EN LA INDUSTRIA ENCUADERNADORA.

APLICACION	DESCRIPCION DE LA APLICACION	TIPO DE PEGAMENTO USADO.
LIBROS DE CUBIERTA DURA. Engomado.	Aplicación del adhesivo a la asignatura.	Poliacetato de vinilo.
Forrado.	Aplicación de una tela sobre la asignatura.	Goma animal.
Juntas.	Unión de los pliegues a la cubierta.	Poliacetato de vinilo.
Cubierta y acabado de la cubierta.	Montado de la cubierta a las hojas finales del libro y laminación para el acabado de la cubierta.	Poliacetato de vinilo, goma animal.
LIBROS DE CUBIERTA BLANDA.		
Revistas	-----	EVA HOT-MELT
Directorios telefónicos	-----	" "
Catálogos.	-----	" "

Las industrias mencionadas son las de mayor importancia, en cualquier parte del mundo, en cuanto a su consumo de adhesivos y en ocasiones a la variedad, de este tipo de substancias, empleadas tanto para usos generales como específicos. Es notorio que algunas de estas industrias como consecuencia de los productos que fabrican, permiten la existencia de talleres dedicados a reparaciones y reacondicionamiento, como es el caso de reparación de calzado, libros, muebles etc., y es obvio que tienen que emplear los materiales más propicios para ello, en este caso los adhesivos. Como consecuencia de lo anterior surge un nuevo mercado consumidor de adhesivos, cuya importancia radica en su extensión y en consecuencia por el volumen de adhesivos requerido por éste

Es así como se comprueba que los adhesivos son muy importantes para el desarrollo de la industria y no es muy exagerado el considerarlos como substancias sociales indispensables para el crecimiento del sector industrial.

CAPITULO IV.  
LOS ADHESIVOS EN MEXICO.

#### 4.1. PRINCIPALES ADHESIVOS EN MEXICO.

En México se producen una gran variedad de adhesivos, desde los de origen natural hasta los de origen sintético. Sin embargo son pocos los que se destacan en importancia, basando ésta en su volumen de producción.

Dentro de los adhesivos más importantes tenemos los producidos a base de dextrina, de cola, poliuretano, poliacetato de vinilo, caseína, cloropreno y los termofusibles. De estos siete adhesivos se destacan, por su volumen de producción, los elaborados a base de hules clorados y a base de poliacetato de vinilo como se podrá corroborar más adelante.

En la figura 9 se puede observar la producción total y el consumo aparente total de los adhesivos en México, desde 1984 a 1986, así como también en la figura se muestra la distribución, durante 1986, por cada una de las áreas industriales que emplean este tipo de adhesivos.

Como se puede observar en la figura 10, las industrias que se destacan en el consumo de adhesivos son algunas de las analizadas en el capítulo tres, destacándose la industria papelera y la del calzado, incluyendo en la primera la industria de la encuadernación, que emplea el 96 % de la producción de los adhesivos a base de cola. En lo que respecta a la industria de muebles y madera, la cual se clasifica en el capítulo tres dentro de la industria de la construcción en el apartado "ARMADOS DE MADERA", esta absorbe el 13.6 % de la producción total de pegamentos.

En la siguiente parte de este capítulo se desglosará la producción de cada uno de los pegamentos, así como su distribución en el mercado de consumo, esto con el fin de determinar cuáles adhesivos son los de mayor uso en México y la industria



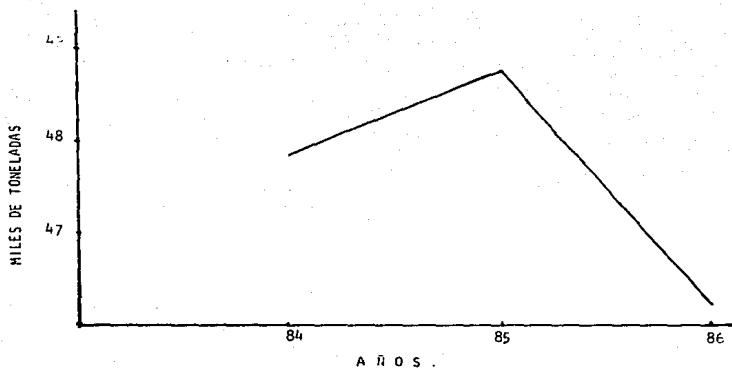


FIG. 3 . PRODUCCION Y CONSUMO APARENTE TOTAL DE LOS ADHESIVOS EN MEXICO.

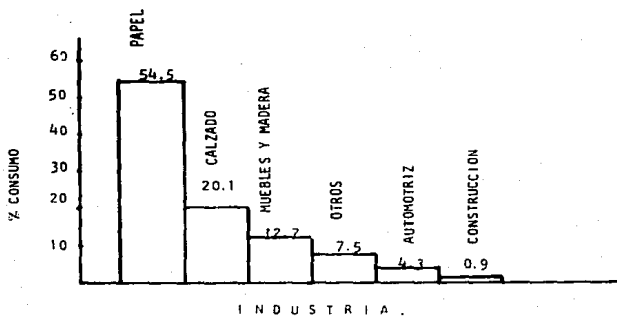


FIG. 1) . DISTRIBUCION PORCENTUAL, POR INDUSTRIAS, DE LA PRODUCCION TOTAL.

que mayor consumo hace de éstos.

#### 4.2. VOLUMEN DE PRODUCCION Y PRINCIPALES PRODUCTORES DE LOS ADHESIVOS DE MAYOR CONSUMO EN LA INDUSTRIA MEXICANA.

Con base en los estudios realizados por la ANIQ (ASOCIACION NACIONAL DE LA INDUSTRIA QUIMICA), se establece que la sección de fabricantes de adhesivos está constituida por 59 empresas de las cuales 35 son fabricantes de adhesivos, éstas se reportan en la tabla ~~in~~ incluyendo los adhesivos que producen.

De las 35 empresas, aproximadamente la mitad son las más importantes en lo referente a producción de adhesivos. Lo antes mencionado se fundamenta en los datos de producción de pegamentos reportados en el anuario de la ANIQ, mismos que establecen que son siete los adhesivos de mayor importancia por su consumo en México, por lo tanto las empresas que se consideran como las productoras más importantes en México son aquellas que producen tres, o más, de los siete adhesivos analizados en este capítulo.

Los volúmenes de producción de los siete adhesivos más empleados, se reportan en las figuras 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, destacándose por su volumen de producción los adhesivos a base de dextrina, a base de policloropreno y los producidos a base de poliacetato de vinilo, mismos que son los de mayor uso. El primero es empleado principalmente por la industria papelera, el fabricado a base de policloroprenos es consumido por la industria del calzado, mueblera, automotriz y otras, y por último los pegamentos a base de poliacetato de vinilo son empleados en la industria papelera, mueblera, de la construcción y por otras industrias. Los porcentajes que consumen cada una de las industrias son reportados en las figuras antes mencionadas.

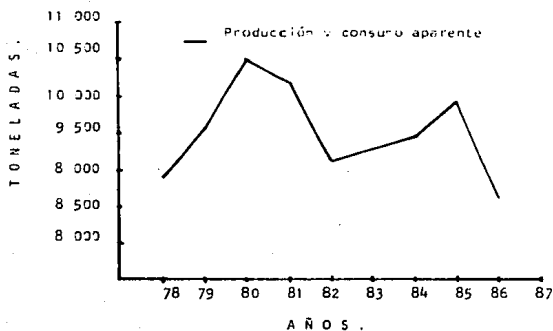
Los adhesivos de mayor importancia, se concluye, son tres; los de dextrina, los de policloropreno y los de poliacetato de vinilo, esto con base en los datos de producción, sin embargo en

TABLA 10. EMPRESAS FABRICANTES DE ADHESIVOS EN MEXICO.

E M P R E S A S .	PRODUCE ADHESIVOS A BASE DE :
ADHESIVOS DE CUERNAVACA S.A.	Neopreno.
DERIVADOS DE ALMIDON Y FECULA	Dextrinas
DISTRIBUIDORA MIURA S.A.	Termofusibles
EGON MEYER S. A.	Neoprenos, Poliuretanos, PVA,
FORTE INDUSTRIAL S.A. de C. V.	Alcohol poliv nilico. Caseina
H. B. FULLER DE MEXICO S.A. de C.V.	PVA, Neoprenos, cola, Dextrinas, Termofusibles
HENKEL MEXICANA S.A. de C.V.	PVA, Caseina, Neoprenos, Dextrina, Fenólicos
INDUSTRIAS IGAM S.A.	PVA, Neoprenos.
INDUSTRIAS RESISTOL	PVA, Caseina, Neoprenos, Cola, Dextrina, Poliuretanos, Termofusibles, Epóxicos, Fenólicos.
JERE INDUSTRIAS S.A. de C.V.	Termofusibles.
K. J. QUIN DE MEXICO S.A.	Poliuretano.
MONQUIMICA S.A.	Neoprenos, Cola, Termofusibles, PVA.
MORTON THICKOL S.A. de C.V.	Neoprenos, Poliuretanos.
NAMEX S.A. de C.V.	PVA, Caseina, Cola, Dextrinas, Termofusibles.
PEGAMENTOS BARGE S.A.	Neoprenos, Poliuretanos.
PEGAMENTOS GARANTIZADOS S.A.	PVA, Caseina, Cola, Neoprenos, Dextrina, Poliuretano, Termofusibles.
PEGAMENTOS MEDINA S.A.	Dextrinas.
PEGAMENTOS PROCESADOS S.A.	Dextrinas.
PEGAMENTOS TITANES S.A.	Dextrinas, Poliuretano, Neoprenos, Fenólicos, Termofusibles.

TABLA 10 . CONTINUACION.

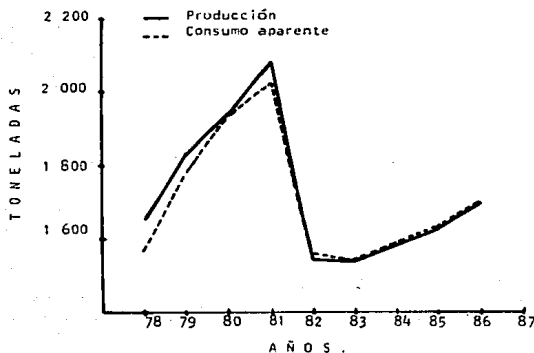
E M P R E S A S .	PRODUCE ADHESIVOS A BASE DE :
PEGAMENTOS Y APRESTOS S.A. de C.V.	PVA, Caseina, Neoprenos, Cola, Dextrinas, Termofusibles.
PEGAMENTOS Y ENGOMANTES S.A.	Dextrinas.
POLIPLAS S.A. de C.V.	Neoprenos.
POLYPEG S.A.	Dextrinas.
POND'S SHARP DE MEXICO S.A.	PVA, Neoprenos.
PROBST S.A.	PVA, Neoprenos, Cola, Dextrinas, Poliuretanos, Termofusibles.
PRODUCTOS INDUSTRIALES EUROTEC S.A.	Poliuretanos.
PRODUCTOS QUIMICOS SERVIS S.A.	PVA, Neoprenos, Termofusibles.
PRODUCTOS SIGMA	PVA.
PROVEEDORA CONTINENTAL S.A.	Poliuretanos.
PROVEEDORA DE INDUSTRIAS VARIAS S.A.	Poliuretanos.
QUIMICA BORDEN	PVA, Neoprenos, Cola, Dextrinas, Poliuretanos, Termofusibles.
QUIMICA HENKEL S.A. de C.V.	PVA, Neoprenos, Termofusibles.
QUIMICA ROZ S.A.	Dextrinas.
SALICILATOS DE MEXICO S.A.	PVA, Neoprenos, cola, Poliuretanos.
USH MEXICANA S.A. de C.V.	PVA, Neoprenos, Poliuretanos, Termofusibles.



PERFIL DE LA DISTRIBUCIÓN EN EL MERCADO EN 1986.

PAPEL	46 %
HADERA	40 %
MUEBLES	7 %
CONSTRUCCION	4 %
OTROS	3 %

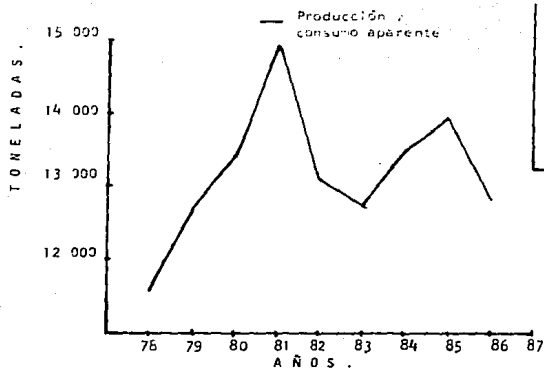
FIG. 11. PRODUCCION DE ADHESIVOS A BASE DE PVA.



PERFIL DE LA DISTRIBUCIÓN EN EL MERCADO EN 1986

PAPEL	96 %
OTROS	4 %

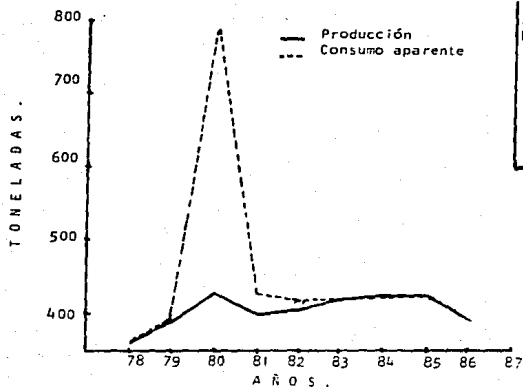
FIG. 12. PRODUCCION DE ADHESIVOS A BASE DE CASEINA.



PERFIL DE DISTRIBUCION  
EN EL MERCADO EN 1986.

CALZADO	53 %
MUEBLES	12 %
AUTOMOTRIZ	15 %
OTROS	20 %

FIG. 13 . PRODUCCION DE ADHESIVOS A BASE DE CLOROPRENO.



PERFIL DE LA DISTRIBUCION  
EN EL MERCADO EN 1986.

PAPEL ( ENCUADERNACION)	96 %
MUEBLES	4 %

FIG. 14 . PRODUCCION DE ADHESIVOS A BASE DE COLA.

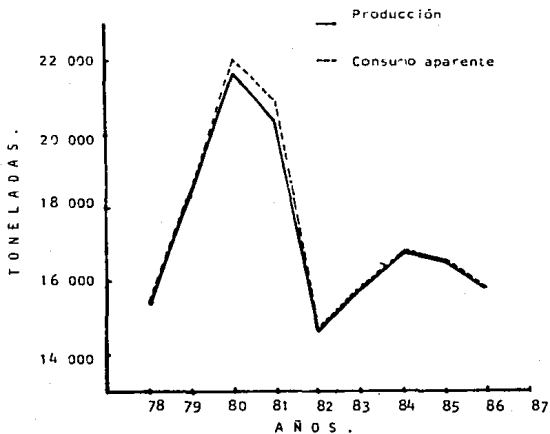


FIG. 15 . PRODUCCION DE LOS ADHESIVOS A BASE DE DEXTRINAS.

PERFIL DE LA DISTRIBUCION  
EN EL MERCADO EN 1986.

PAPEL 100 %

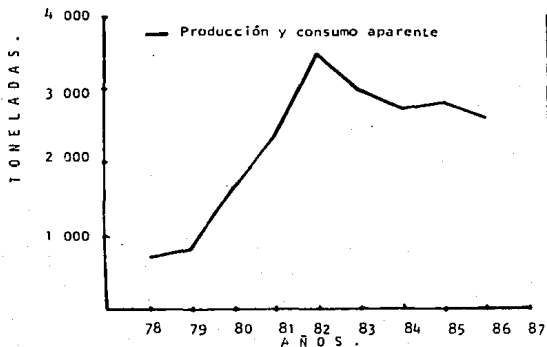


FIG. 16 . PRODUCCION DE LOS ADHESIVOS A BASE DE POLIURETANO.

PERFIL DE LA DISTRIBUCION  
EN EL MERCADO EN 1986.

CALZADO	87 %
CONSTRUCCION	2 %
AUTOMOTRIZ	2 %
ENVOLTURAS	8 %
OTROS	1 %



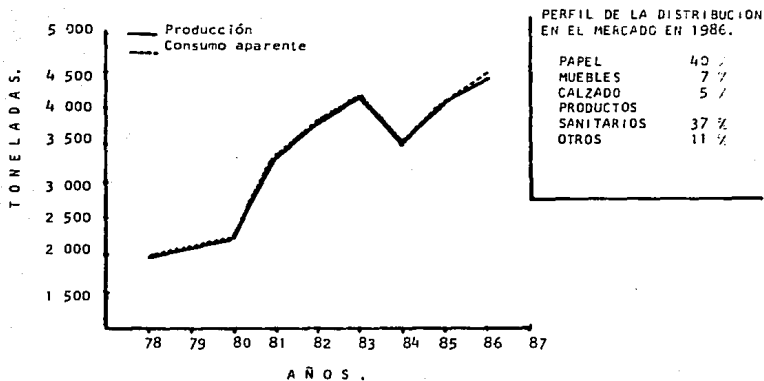


FIG. 17 . PRODUCCION DE ADHESIVOS TERMOFUSIBLES.

**ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

función al número de industrias que utilizan estos adhesivos se encuentra que los fabricados a base de policloropreno y base poliacetato de vinilo son los más significativos, resaltando en importancia los primeros por su volumen de producción y por la cantidad de industrias que hacen uso de este tipo de pegamentos, - aunado a esto, más del 50 % de las industrias de adhesivos fabrican este tipo de pegamento, mientras que para los de base dextrina y base poliacetato de vinilo el porcentaje no rebasa el 50 %.

Son entonces, los adhesivos a base de policloropreno un tipo de pegamento muy importante e indispensable en la sociedad industrial mexicana, por lo cual en las siguientes partes del trabajo tendrán una especial atención, en lo que respecta a su historia, tipos, fabricación, y factores que influyen en su formulación y producción.

CAPITULO V.  
ADHESIVOS A BASE DE  
POLICLOROPRENO.

## 5.1. HISTORIA DE LOS NEOPRENOS.

El policloropreno, comercialmente conocido como neopreno, - es la base para uno de los grupos más extensos e importantes de adhesivos de hule. Actualmente se producen 27 neoprenos en forma sólida y 16 en forma de latex.

El rápido desarrollo de esfuerzo de unión de las películas adhesivas, combinado con el tack o autoadhesión, así como la resistencia, de la línea curada de la goma, al calor, oxidación, - agua, solventes, aceites, ácidos y álcalis, han permitido el uso de los cementos de neopreno en la industria del calzado, automotriz y construcción.

El neopreno fué el primer elastómero sintético que presento muchas de las características del hule natural. A principios de los años 20's, el Dr. Nieuwland de Notre Dame sintetizó divinil acetileno con  $CuCl$  como catalizador. A fines de la misma década Carothers y colaboradores encontraron que variando las condiciones de polimerización, el monovinil acetileno puede ser rápidamente preparado, con divinil acetileno presente únicamente como impureza. Posteriormente se encontró que el vinil acetileno - puede reaccionar con el ácido clorhídrico para formar cloropreno el cual puede ser polimerizado para producir un polímero similar al hule natural.

El primer anuncio público de esta polimerización fué realizado en 1931 y su comercialización dio inicio en 1932. Al primer se le conoció como "DUPRENO" y el polímero fué designado como NEOPRENO por Du Pont en 1936.

Previo a la segunda guerra mundial, el hule natural fué el único elastómero ampliamente utilizado en adhesivos. Este fué - útil para algunas aplicaciones como fabricación de llantas, adhesión de esponja a puertas de automóvil y para adhesión temporal

en suelas de calzado. Sin embargo, los cementos de hule fueron limitados por su alta viscosidad a bajos sólidos, baja resistencia a aceites, medio ambiente, azona y oxidación, corto tiempo de servicio y bajo esfuerzo cohesivo de la película no curada.

El neopreno presentó una desventaja para adhesivos por diversas razones; 1.- Alto precio, dos o tres veces más que el hule natural, 2.- Utilización de solventes de mayor costo que la nafta del petróleo empleada para disolver el hule natural, 3.- Viscosidad, las soluciones de neopreno requieren mayor cantidad de sólidos que los cementos de hule natural para obtener viscosidades equivalentes, incrementándose el costo diferencial.

Durante la segunda guerra mundial se desarrolló un déficit en hule natural lo que impidió su utilización para adhesivos. De tal forma el neopreno fue el único hule para adhesivos. Goma animal y otros materiales solubles fueron también empleados, sin embargo fueron insatisfactorios a causa de su lenta velocidad de secado, baja adhesión a muchas superficies y falta de flexibilidad de la película. El neopreno principalmente empleado fue el GN, un tipo para propósitos generales, y el CG, un tipo de rápida cristalización desarrollado específicamente para adhesivos.

Posteriormente se han desarrollado otros tipos de neoprenos con características mejoradas. El tipo AC se desarrolló en 1947 y presenta viscosidad mejorada, estabilidad y resistencia mayor a la descoloración que los tipos G, pero cura más lentamente a temperatura ambiente. El neopreno tipo AD, desarrollado en 1958 es considerablemente más estable que el AC, no cambia apreciablemente de color en contacto con hierro o cobre y sus soluciones mantienen viscosidades estables por largos períodos de tiempo.

Otros neoprenos subsecuentes se desarrollaron para cubrir requerimientos específicos en adhesivos y se incluyen los siguientes:

- Neopreno AP, desarrollado en 1963.

Carboxilado, hule de lenta cristalización, desarrolla

esfuerzos cohesivos rápidamente y tiene excelente resistencia al deslizamiento a temperaturas elevadas.

- Neopreno HC, desarrollado en 1962.

El tipo de cristalización es más rápida. Utilizado en fijación en frío y adhesivos para sellado en caliente. Recientemente eliminado.

- Neopreno fluido FB y FC, desarrollado en 1957 y 1961 respectivamente.

Permite la formulación de mastiques y selladores al 100 % de sólidos.

- Neopreno AJ, desarrollado en 1966.

Polímero peptizable altamente reactivo que puede ser empleado como base para adhesivos sensitivos a la presión y en donde se requiere alto esfuerzo al pelado y alta resistencia al deslizamiento y flama. Recientemente eliminado.

- Neopreno AG, desarrollado en 1967.

Un polímero con alto contenido en gel lo cual proporciona propiedades mejoradas en lo que respecta a la aplicación.

Posteriormente a los neoprenos antes mencionados se han venido desarrollando otro tipo de policloroprenos, los cuales presentan ciertas propiedades mejoradas respecto a los ya existentes, dichos tipos son; el neopreno W, WHVA, GNA, y GRT, mismos que se tratarán en las partes siguientes de este capítulo.

## 5.2. TIPOS Y CARACTERISTICAS DE LOS NEOPRENOS.

En la figura 18 se compara el desarrollo de la fuerza de adherencia para adhesivos de varios cauchos. El rápido desarrollo de la resistencia del pegamento a base de neopreno es atribuible primordialmente a la cristalización.

La estructura del neopreno comercial es determinada por la forma en que el monómero, 2-CLORO-1,3-BUTADIENO, reacciona con la cadena creciente del polímero. En la polimerización, la mitad del cloropreno puede tomar cualquiera de las cuatro formas simétricas ( tabla 14 ). Las proporciones de estas configuraciones determina la cristalización ( trans-1,4 ) y reactividad hacia la vulcanización ( adición 1,2 ).

El rápido desarrollo de los esfuerzos de unión de los adhesivos de neopreno está asociada con la cristalización, resultado de un elevado porcentaje de configuración trans. Por ejemplo, el tipo W es un polímero no cristalizante debido a que contiene 85 % de segmentos trans-1,4 , mientras que el tipo AC, policloropreno de rápida cristalización contiene aproximadamente el 90 % de segmentos trans-1,4 .

La capacidad de cristalización de los neoprenos es la diferencia principal con los demás tipos de elastómeros. Como consecuencia la resistencia cohesiva de la película es considerablemente mayor así como también presentan un rápido desarrollo de la fuerza de adherencia lo cual es un gran beneficio para el usuario final, quien podrá emplear técnicas de montaje rápido sin necesidad de taladros ni de sujetadores auxiliares. No todos los tipos de neoprenos cristalizan con la misma rapidez, los tipos AC y AD cristalizan más rápidamente, en tanto que los tipos W cristalizan más lentamente, y algunos como el WRT son altamente resistentes a la cristalización. El rango existente en

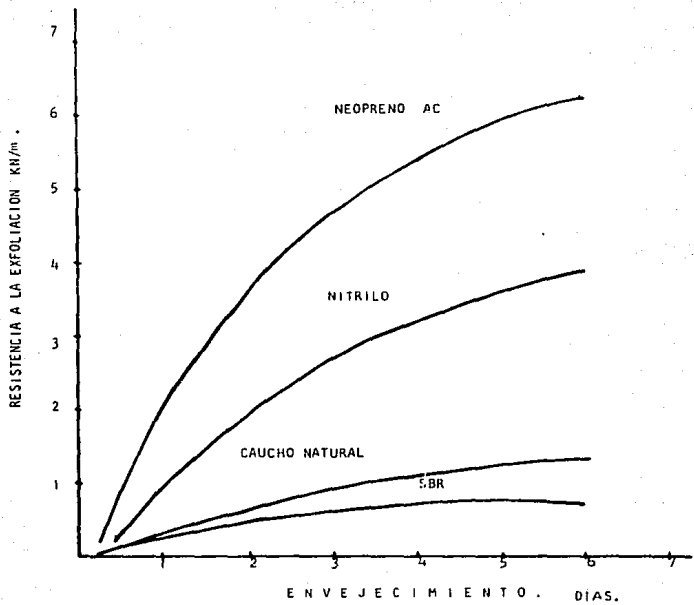


FIG. 18 . DESARROLLO DE LA FUERZA DE ADHESION A TEMPERATURA AMBIENTE.



TABLA 11 . ESTRUCTURA MOLECULAR DE LOS NEOPRENOS.

TIPO DE ADICION.	FORMULA .	COMENTARIOS .
TRANS-1,4	$  \begin{array}{c}  \text{H} \qquad \qquad \text{H} \\    \qquad \qquad   \\  \text{---C} \quad \text{---} \text{C} = \text{C} \quad \text{---} \text{C} \text{---} \\    \qquad   \qquad   \qquad   \\  \text{H} \qquad \text{Cl} \qquad \text{H} \qquad \text{H}  \end{array}  $	INCREMENTA CRISTALIZACION.
CIS-1,4	$  \begin{array}{c}  \text{H} \qquad \qquad \text{H} \\    \qquad \qquad   \\  \text{---C} \quad \text{---} \text{C} = \text{C} \quad \text{---} \text{C} \text{---} \\    \qquad   \qquad   \qquad   \\  \text{H} \qquad \text{Cl} \qquad \text{H} \qquad \text{H}  \end{array}  $	DISMINUYE CRISTALIZACION.
1,2	$  \begin{array}{c}  \text{Cl} \\    \\  \text{---C} \text{---} \text{C} \text{---} \\    \\  \text{C-H} \\    \\  \text{H} \\    \\  \text{H-C-H}  \end{array}  $	SITIOS ACTIVOS PARA VULCANIZACION, DISMINUYE CRISTALIZACION.
3,4	$  \begin{array}{c}  \text{H} \quad \text{H} \\    \quad   \\  \text{---C} \text{---} \text{C} \text{---} \\    \quad   \\  \text{H} \quad \text{C-Cl} \\  \quad   \\  \quad \text{H} \\  \quad   \\  \text{H} \text{---} \text{C-H}  \end{array}  $	DISMINUYE CRISTALIZACION.

esta propiedad permite formular adhesivos, a base de policloropreno, con la velocidad de cristalización requerida.

La cristalización es un fenómeno reversible y a temperaturas mayores de 52 C los adhesivos simples pierden rápidamente su fuerza cohesiva, posteriormente al enfriarse la película adhesiva recupera su estado original. La termoadherencia de las películas adhesivas de neopreno aumenta lentamente con el tiempo, a consecuencia de la reticulación progresiva del policloropreno en presencia del óxido de zinc.

Para vulcanizaciones rápidas a la temperatura ambiente se usan soluciones de isocianato con el fin de formular adhesivos de dos partes, con tiempo útil limitado pero con un rápido desarrollo de la fuerza de adhesión en la película adhesiva. El neopreno AP, un tipo especial, contiene campos de reacción que se reticulan mediante óxidos metálicos una vez que se evaporan los solventes.

La película adhesiva puede también vulcanizarse a la temperatura ambiente mediante el uso de ultra-aceleradores. El uso de películas menos activas ofrecen mayor estabilidad a la solución adhesiva lo cual permite que la vulcanización proceda lentamente a temperatura ambiente o de una forma más rápida a temperaturas altas.

En la tabla #2 aparecen algunos de los usos finales para los adhesivos de neopreno, incluyéndose también los policloroprenos en forma de latex.

Existen muchos tipos de neoprenos ( tabla #3 ) que pueden ser disueltos, en solventes comunes, para obtener soluciones adhesivas. Las propiedades de los pegamentos así preparados dependen de las propiedades inherentes del neopreno seleccionado. Los policloroprenos descritos a continuación son los que generalmente se utilizan en la fabricación de adhesivos. En la tabla #4 se enlistan algunos de los proveedores más importantes de estos polímeros.

TABLA 12 . USOS DE LOS ADHESIVOS DE NEOPRENO.

U S O S .	A B A S E D E :
<b>INDUSTRIALES.</b> Laminados decorativos Láminas Postformados Láminas con hojas Envases para alimentos Cajas de cartón Telas recubiertas Fabricación de artículos de caucho Trajes para buzos Lonas alquitranadas cocidas Lonas alquitranadas inflamables Cintas adhesivas Laminación de películas	Solvente Solvente Solvente Latex Latex Latex Solvente Solvente Solvente Solvente Solvente y Latex. Latex
<b>INDUSTRIA DEL CALZADO.</b> Pegado de suelas Forros de zapatos Cabezados(palas)de calzado Combinación	Solvente Solvente Solvente Solvente
<b>INDUSTRIA AUTOMOTRIZ.</b> Capotas de vinilo Forros de capotas Fijación de adornos Conjuntos opturadores	Solvente Solvente Solvente Solvente
<b>INDUATRIA DE MUEBLES.</b> Telas Adherencia de espumas Montaje de sillas	Solvente Solvente Solvente
<b>INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION.</b> Adhesivos para paneles de papel Baldosines para pisos Paneles emparedados Paneles celulares de Aluminio Espuma de poliestireno Adhesivos para techos Adhesivos para baldosines de cerámica Subpavimentación	Solvente y Mastiques Solvente y Latex Solvente y Latex Solvente y Latex Solvente y Latex Latex Solvente y Latex Solvente

TABLA 13 . TIPOS Y PROPIEDADES DE LOS NEOPRENOS UTILIZADOS EN ADHESIVOS.

TIPO DE NEOPRENO	CARACTERISTICAS	DENSIDAD RELATIVA	RANGO DE CRISTALIZACION (a)	VISCOSIDAD		ESTABILIDAD (d)	
				POLIMERO (b)	SOLUCION (c)		
CG	Elastómero original de rápida fijación, pobre estabilidad; modificado con azufre.	1.23	5 hrs.	105-135	*	- 67 % 2 meses, entonces incrementa.	
W	Elastómero para propósitos - generales, buen tack, bajo esfuerzo cohesivo.	1.23	30 hrs.	45-55	20-28	+ 2 %	
WHV	Similar al W	1.23	30 hrs	111-130	96-130	+ 4 %	
WHV-A	Similar al WHV, diseño especial para adhesivos.						
WRT	Rango muy bajo de cristalización a temperatura ambiente.	1.25	400 hrs	45-55	20-28	+ 2 %	
AC	Propósitos generales, elastómero adhesivo de rápida fijación, buena estabilidad y esfuerzo cohesivo.	1.23	2.5 hrs	blando medio duro 75-90 91-105 106-120	45-65 65-90 91-160	- 37 %	
AD	Similar al AC con estabilidad mejorada en color y viscosidad.	1.23	2.5 hrs	AD-10 AD-20 AD-30	70-80 81-95 96-113	40-50 50-80 80-120	+ 28 %
AF	Muy baja cristalización, rápido desarrollo de esfuerzo - cohesivo con buen esfuerzo a temperaturas altas.	1.23	400 hrs	45-55	*	Similar a los tipos G.	
AG	Elastómero gel, propiedades de aplicación mejoradas, particularmente a altos sólidos.	1.23	No cristaliza	90	*	Falla.	
AH	Sin cristalización, peptizable y polímero dispersable, exhibe buenas características de aplicación.	1.23	No cristaliza		*		
FB	Baja cristalización, elastómero fluido altamente viscoso.	1.23	100 hrs	1x10 <sup>6</sup> cp a 50 °C	5-12	+ 10 % después de 3 semanas a 50 °C	

TABLA 13 . CONTINUACION .

TIPO DE NEOPRENO	CARACTERISTICAS	DENSIDAD RELATIVA	RANGO DE CRISTALIZACION (a)	VISCOSIDAD		ESTABILIDAD (d)
				POLIMERO (b)	SOLUCION (c)	
GN	Baja cristalización, elastómero modificado con azufre, bajo esfuerzo cohesivo, cura rápido a temperatura ambiente.	1.23	125 hrs M1 M2 M3	45-55 56-65 66-75	* * *	- 27 % aumenta despues de 8 meses.
GNA	Similar al GN pero contiene antioxidante.	1.23	125 hrs M1 M2 M3	45-55 56-65 66-75	* * *	- 16 % aumenta despues de 8 meses.
GRT	Similar al GN pero tiene un rango muy bajo de cristalización a temperatura ambiente.	1.23	350 hrs	44-60	*	- 17 % aumenta despues de 8 meses.

NOTAS:

\* REQUIERE MOLIEDA PARA SOLUCION UNIFORME.

a TIEMPO PARA ALCANZAR UNA TEMPERATURA AMBIENTE, DUREZA SHORE A DE 60 DESPUES DE SER CALENTADO 30 min A 158 °F.

b VISCOSIDAD MOONEY M.L. -212 °F ( 1 + 2.5 min LECTURA ).

c VISCOSIDAD DE 5 % DE SOLIDOS EN SOLUCION CON XILENO, HULE NO HOLIDO, cp.

d % DE CAMBIO EN LA VISCOSIDAD MOONEY DEL MATERIAL CRUDO DESPUES DE 12 MESES A 100 °F, SI NO SE INDICA LO CONTRARIO.

TABLA 14 . PRINCIPALES PROVEEDORES DE NEOPRENOS ( POLICLOROPRENOS ) .

TIPO DE NEOPRENO	CG	W	WHV-A	WRT	AC	AD	AF	AG	AH	FB	GN	GNA	GRT
PRODUCTORES:													
Du PONT (EE UU)													
PETROTEX (EE UU)													
DISTUGIL: BUTACLOR (FRANCIA)													
BAYER: BAYPREN (ALEMANIA)													
DENKI KAGAKU (JAPON)													

NEOPRENO AC Y AD. Estos son polímeros de rápida cristalización, especialmente desarrollados para usarse en adhesivos base solvente y son los más empleados en esta aplicación. Ambos existen en varias viscosidades ( tabla #3 ) y pueden obtenerse en forma de galletas o granos, lo cual facilita su disolución.

El neopreno AC fué el primer polímero especialmente desarrollado para la fabricación de adhesivos. Se cristaliza rápidamente y la extensión y velocidad de cristalización produce agarre en un corto tiempo y una alta resistencia cohesiva de prevulcanización. Ha conservado su popularidad con los fabricantes a pesar de la introducción del neopreno AD, el cual presenta características semejantes en cristalización y desarrollo de resistencia cohesiva. El AD es superior al AC en lo referente a la estabilidad de la solución del polímero crudo. El neopreno AD puede exponerse a temperaturas hasta de 70 C durante varias semanas - sin cambio apreciable en color o dureza, en tanto que el neopreno AC se torna negro y apreciablemente blando. Las mismas tendencias se observan en los adhesivos fabricados con los dos polímeros.

Otras de las ventajas del neopreno AD es que en adhesivos - no vulcanizables donde la estabilidad es una ventaja el AD es - más estable, así mismo en adhesivos vulcanizables el AD vulcaniza más rápidamente.

NEOPRENO AF, AG, Y AH. Estos polímeros especiales son de un empleo menor al AC y AD. Con la excepción del neopreno AG , ellos no tienen la estabilidad en solución demostrada por los - adhesivos a base de los neoprenos AC y AD.

El neopreno AF es un copolímero de cloropreno con ácido metacrílico. La presencia de grupos carboxílicos en el polímero conduce a una reacción rápida con los óxidos metálicos produciendo enlaces iónicos. Estos provocan el rápido desarrollo de la -

resistencia y el mayor esfuerzo de unión en caliente, comparando con los demás neoprenos no acelerados.

El neopreno AG, el cual contiene gel, fué diseñado para permitir la formulación de mastiques con alto contenido de sólidos o para impartir características tixotrópicas a los adhesivos con bajo contenido de sólidos. Se emplea frecuentemente para mejorar las características de rociadura, por ser mucho menos propenso al exceso de rociamiento.

El tipo neopreno AH es un copolímero acrílico de cloropreno no cristalizabile diseñado para formar dispersiones coloidales en los hidrocarburos alifáticos. Como tal, representa un nuevo concepto en materia de polímeros de neopreno para adhesivos, ofreciendo la oportunidad para pegar materiales de espuma de poliestireno sensibles a los solventes polares contenidos en otros adhesivos de neopreno. Con el neopreno AH pueden prepararse y espesarse soluciones de baja viscosidad con un contenido de sólidos hasta del 40 %, para lograr un acabado similar al de la pintura, difícil de obtener con soluciones adhesivas preparadas con otros neoprenos.

NEOPRENO WHV-A. En comparación con el AG y AD, éste es un tipo de cristalización relativamente lenta. Este polímero se emplea en mezclas con tipos de neopreno cristalizabile de peso molecular más bajo, con el fin de aumentar la viscosidad de las soluciones adhesivas. En calidad de componente de menor importancia en tales mezclas, no tendrá efecto adverso en la rapidez de desarrollo de la adhesión.

OTROS NEOPRENOS. Hay otras calidades de neoprenos regularmente empleados para adhesivos, aunque estos no hayan sido producidos originalmente para este fin.

El neopreno W es de cristalización relativamente lenta y -



de baja viscosidad, lo que permite que pueda ser empleado para - aumentar la gama de pegajosidad de los tipos AC y AD, pero con el inconveniente de disminuir la resistencia cohesiva y el fuerte desarrollo de las uniones. En contraste, el neopreno WRT es esencialmente no cristalizabile y se emplea por lo tanto en la - formulación de adhesivos que requieren una amplia gama de pegajo sidad o uniones suaves o flexibles.

El neopreno del tipo FB es una clase fluida de neopreno. Se emplea en la formulación de mastiques, con gran cantidad de sólidos, y adhesivos. Diferente de los tipos A y W, modificados con disulfuro de tetraetilo, el neopreno FB es modificado con azufre al igual que los tipos G y por consiguiente pueden emplearse en formulaciones para una vulcanización rápida en caliente.

Los neoprenos del tipo G, tales como el GS, GNA y GRT son - menos estables en almacenamiento que los del tipo W. Son más - reactivos hacia los isocianatos y vulcanizadores, pueden emplear se en formulaciones destinadas para adhesivos en dos partes o co mo compuestos vulcanizables.

### 5.3. PRECAUCIONES EN EL MANEJO DE NEOPRENOS.

No existe riesgo extraordinario alguno, relacionado con los polímeros de policloropreno. No obstante, deberán manipularse - de acuerdo con las precauciones que generalmente se aplican y - practican en la industria.

Los tipos sólidos de neoprenos los cuales son proporcionados en forma de galletas pueden acumular una carga estática durante el embarque, traslado o al vaciarlos de la bolsa. Para - evitar los riesgos asociados con la descarga eléctrica estática, se recomienda siempre un adecuado contacto a tierra para el equipo y personal cuando se trabaje con neoprenos cerca de vapores y polvos inflamables.

La mayoría de los polímeros sólidos de neopreno son empaquetados en bolsas, con una pequeña cantidad de talco como un agente de separación. El talco es considerado como un contaminante del aire y su concentración máxima permitida para este tipo de - talco es de 700,000,000 partículas/metro cúbico.

De algunas pruebas realizadas con los neoprenos se ha obtenido que para el tipo W la dosis media letal en ratas, en pruebas de toxicidad oral aguda, es de 20,000 mg/Kg. Así mismo para cuatro neoprenos sólidos ( GN, TW, WRT, WHV ) se encontró que no - presentan ninguna reacción con la piel, además de un bajo nivel de toxicidad. Sin embargo, el neopreno al igual que la mayoría de los elastómeros deben ser combinados con otros materiales. Un amplio rango de mezclas de materiales pueden emplearse de tal - forma que es impráctico el establecer consideraciones generales de toxicidad oral de un producto final de neopreno sin pruebas - actualizadas de éste. Aún cuando no se tenga conocimiento de la existencia de algún peligro en base a los componentes individuales de una mezcla, esto no asegura que dicha mezcla se pueda .

considerar no tóxica, por lo que siempre es necesario realizar - pruebas con el producto terminado para determinar la toxicidad de éste.

Los neoprenos como producto final contienen un porcentaje de monómero que puede considerarse insignificante de acuerdo a - las técnicas analíticas que detectan 0.5 ppm. El valor límite - umbral para el cloropreno en aire es de 25 ppm, establecido por la AMERICAN CONFERENCE OF GOVERNMENTAL AND INDUSTRIAL - HYGIENISTS. Las pruebas para la presencia del monómero de cloro - preno en el aire, efectuadas durante el proceso de secado han - sido negativas. Si cualquier monómero de cloropreno estuviera - presente éste estaría por debajo de 0.5 ppm.

Los solventes y otros productos químicos empleados en la - mezcla de los polímeros de policloropreno presentan riesgos espe - cíficos de toxicidad e inflamabilidad, por lo cual es necesario consultar con los proveedores de esos productos sobre el particu - lar.

Los fabricantes de adhesivos a base de solventes deberán - tener en cuenta los reglamentos federales establecidos para la formulación y venta de adhesivos que contengan solventes. Como algunas de estas mezclas pueden producir vapores inflamables o - explosivos durante el proceso de fabricación, es necesario man - tener siempre una ventilación adecuada a fin de evitar concentra - ciones peligrosas de vapores en el ambiente de la fábrica y - advertir del caso a fin de alertar al personal sobre la manera de usar el adhesivo sin exponerse a ningún peligro. Cuando el uso de una formulación de más de un solvente puede proveer una adherencia satisfactoria a un costo razonable, debe emplearse - siempre la mezcla de solventes que presente el mínimo riesgo.

CAPITULO VI .  
DISEÑO DE ADHESIVOS DE  
POLICLOROPRENO .

**6.1. COMPONENTES Y MODIFICADORES UTILIZADOS EN  
LA FORMULACION DE ADHESIVOS A BASE DE  
NEOPRENO.**

Como ya se mencionó en el capítulo I los adhesivos están formados por una materia prima base, que en este caso en particular es el neopreno, por aditivos y un vehículo. En el presente capítulo se mencionará lo relacionado con los dos últimos, los cuales son; para aditivos, resinas, óxidos, antioxidantes y las cargas, como vehículo se encuentran una gran variedad de mezclas de solventes que cumplen con el propósito de transportar la materia adhesiva.

La preparación de mezclas de neopreno se inicia desde la selección del tipo de polímero y demás constituyentes, por lo cual se debe tener en cuenta algunos principios básicos para asegurar un comportamiento óptimo del adhesivo, sea cual fuere el uso específico final. A continuación se muestra una formulación típica que ilustra las proporciones de cada uno de los ingredientes.

COMPONENTE	PARTES POR PESO
Neopreno	100
Resina	45
Oxido de Magnesio	4 - 8
Oxido de Zinc	5
Cargas	0 - 10
Antioxidante	2
Solvente	El requerido.

La selección del neopreno se realiza en función de sus características y dependiendo de los requerimientos para el uso del adhesivo, ( CAP. V ), y la selección de los demás ingredientes se realiza con base en las modificaciones necesarias en el

adhesivo, así como para impartir resistencia a la película adhesiva. Para ésto se consideran los efectos, de dichos modificadores, en la mezcla adhesiva, mismos que se mencionan a continuación.

### RESINAS

Las resinas son el principal ingrediente después del neopreno. La condición fundamental para su empleo, es decir, compatibilidad con las soluciones de policloropreno, es cumplida por numerosas resinas naturales y sintéticas existentes en el mercado bajo distintos nombres comerciales. Así por ejemplo, los éteres de etileno, glicerina y pentaeritritina de la colofonia inalterada, hidrogenada o dimerizada son excelentemente compatibles con los policloroprenos en solución. Esto mismo rige para los éteres de colofonia modificados con resinas fenólicas, que se obtiene abase de condensados de fenol/formaldehído, de bajo peso molecular y colofonia con esterificación subsiguiente, así como para las resinas de terpeno, terpenfénolicas, fenol, cumarona y cumarona indeno. De particular importancia es la compatibilidad con resinas alquifenol/formaldehído termoreactivas, las cuales se obtienen de alquifenoles.

Los adhesivos de neopreno utilizan varios tipos de resinas con el fin de incrementar la adhesión específica, mejorar la resistencia cohesiva y la fuerza de unión en caliente o para impartir mayor retención en la pegajosidad. Generalmente las resinas se mezclan a razón de 25-60 ppc ( partes por cada 100 de policloropreno ) y rara vez se agregan más de 100 ppc. A este nivel - tan alto la resina modifica seriamente las características del adhesivo y conduce ya sea a una pérdida de resistencia cohesiva o a una capa de adhesivo sumamente rígida.

Los tipos de resina más comunmente empleados son las alquifenólicas, terpen-fenólicas, las colofonias hidrogenadas, éteres de colofonia, resinas de cumarona indeno y las de hidrocar-

buros tales como las de poli-n-metil estireno. Todas estas resinas extienden la duración de la pegajosidad de una película de neopreno, pero solo las fenólicas imparten un incremento en la adhesión específica a los metales, vidrio y otras superficies rígidas no porosas. Todas las resinas termoplásticas disminuyen la resistencia cohesiva a altas temperaturas pero tienen relativamente un mínimo efecto en la cohesión a la temperatura ambiente.

Con mucho las resinas fenólicas más populares son las del tipo alquil fenólicas termoreactivas preparadas por condensación de alquil fenoles con un exceso de formaldehído. Estas resinas son reactivas químicamente con varios de los óxidos de tierras metálicas alcalinas lo cual es muy importante ya que conduce a incrementar la resistencia adhesiva en caliente. Los materiales de este tipo son las resinas terciarias de butil-fenol, que en general para un nivel específico de resina en un neopreno determinado ofrecerán la más alta resistencia cohesiva, tanto a la temperatura ambiente como a temperaturas elevadas. También ofrecerán la mayor rapidez en el desarrollo de cohesión ( es decir agarre y fuerza inicial ), y es interesante observar como aparecen tan promover el desprendimiento del solvente. Los adhesivos que contienen resinas butil fenólicas terciarias son más propensos al defasamiento en comparación con aquellos que contienen otro tipo de resinas.

Las resinas terpenfenólicas, producto de la reacción del beta-pineno y fenol, y los ésteres de colofonia de bajo punto de fusión, se emplean particularmente para dar a la capa de adhesivo una consistencia más blanda combinada con una mayor retención de la pegajosidad que las alquilfenólicas, sin embargo la fuerza de unión a temperaturas elevadas se ve disminuida. Las resinas terpenfenólicas se emplean principalmente en la formulación de adhesivos de dos partes, para la industria del calzado, en donde se agrega un isocianato para obtener un rápido desarrollo de la

fuerza de unión ( adhesión ). Generalmente, las resinas butil - fenólicas terciarias no pueden usarse en adhesivos de dos partes porque la resina reacciona preferentemente con el isocianato - evitando la reticulación del neopreno.

Las resinas de colofonia hidrogenada y sus ésteres, las de cumarona indeno y las de hidrocarburos se emplean generalmente - en cantidades relativamente pequeñas para aumentar la gama de - pegajosidad y en mayores cantidades para las formulaciones de - mastiques.

Como ya se mencionó, las resinas alquifenólicas termoreactivas reaccionan con ciertos óxidos metálicos, particularmente con el óxido de magnesio para formar una resina modificada. El complejo de la resina con óxido de magnesio no tiene un punto de fusión bien definido, pero su descomposición se inicia entre los 200 y 250 C , dependiendo de la resina específica. El resinato reduce la termoplasticidad del sistema adhesivo y produce adhesivos con esfuerzos de unión útiles a los 82 C aproximadamente.

El grado de reacción entre el óxido de magnesio y la resina fenólica depende del contenido de metilol en la resina y cubre - desde 7 % de óxido para un contenido de 18.1 % de metilol y de 5.7 % de óxido cuando el contenido del metilol es de 7.8 % . En general la cantidad de óxido de magnesio requerida para la reacción es del 10 % en base al peso de la resina empleada, además - de las 4 partes por cada cien de resina como aceptor de ácido. El complejo de óxido y resina es soluble en los solventes comúnmente empleados en la preparación de los adhesivos de neopreno. Básicamente existen tres métodos para obtener estos complejos en solución:

- 1.- Todos los óxidos metálicos y antioxidantes se muelen - con el neopreno y despues se disuelven, antes que la resina.
- 2.- Todos los ingredientes se agregan simultáneamente al - solvente y se disuelven en forma directa.
- 3.- El óxido de magnesio se hace reaccionar con la resina



en parte del solvente. El neopreno y los ingredientes restantes se disuelven separadamente y posteriormente se combinan las dos soluciones.

Aunque los dos primeros métodos son evidentemente más fáciles, el tercer método tiene la ventaja de la rapidez de la reacción. Este método generalmente llamado de "prerreactión" es afectado por el solvente seleccionado. La rapidez de reacción puede determinarse efectuando la reacción en solventes específicos, o mezclas de solventes y determinando el porcentaje de magnesio que reacciona en un tiempo determinado. Entre todos los solventes convencionales, el más favorable es el tolueno ( fig. 19 ) , ésto demuestra claramente que la reacción procede en una forma razonable en solventes no polares como el tolueno o hexano. Una pequeña cantidad de agua, a un porcentaje del 1 % referido a la resina, acelera considerablemente la reacción. En general, cuando hay agua presente, el tiempo necesario para la reacción es de aproximadamente una hora, siempre y cuando la mezcla contenga menos del 50 % de solventes oxigenados. Probablemente el agua actúa como un catalizador, convirtiendo el óxido de magnesio en hidróxido de magnesio, el cual es más reactivo con la resina. Las mismas reacciones ocurren cuando el adhesivo se prepara en una sola etapa, sin embargo en presencia de solventes polares la reacción puede llevarse varios días y hasta semanas. Así, cuando se desea una prerreactión, es preferible obtenerla en un sistema solvente que no contenga oxígeno.

En las mezclas de solventes, en las que la reacción previa se desarrolla con relativa lentitud incluso en presencia de agua existe la posibilidad de acelerar la reacción incrementando la temperatura ( fig. 20 ), incluso mediante la prerreactión puede contrarrestarse en cierta medida el fenómeno de floculación en el seno del adhesivo, hecho que posteriormente se tratará más a fondo.

Para tener un mejor panorama de todas las resinas y

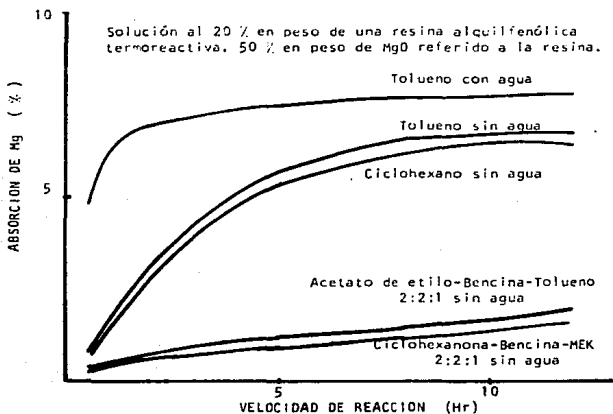


FIG. 13. VELOCIDAD DE LA PRERREACCION ENTRE EL MgO Y LA RESINA TERMORREACTIVA.

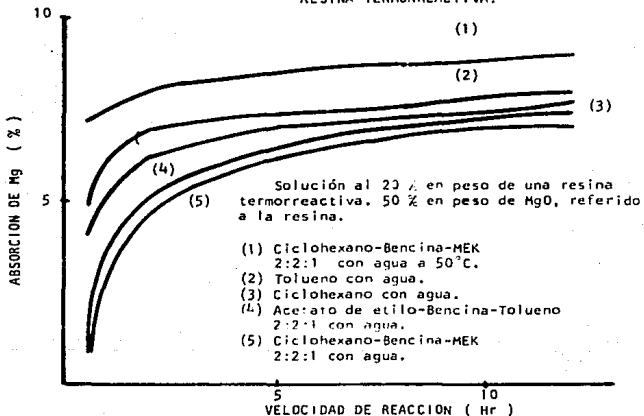


FIG. 23. VELOCIDAD DE LA PRERREACCION AL AUMENTAR LA TEMPERATURA E INTRODUCIR AGUA.

elastómeros compatibles con los neoprenos, la referencia i proporciona una extensa información al respecto.

#### ANTIOXIDANTES Y OXIDOS METALICOS.

Durante un período de tiempo, el neopreno despidе pequeñas cantidades de ácido clorhídrico estimuladas por la presencia de aire y luz. Este ácido puede atacar materiales susceptibles, lo cual conduce al reblandecimiento y corrosión de tejidos, causando un deterioro en el sustrato unido. A fin de minimizar este efecto es esencial el empleo de antióxicantes y óxidos metálicos. Los primeros retardan la disgregación oxidante mientras que los segundos actúan como aceptores de ácidos, a la vez que promueven la vulcanización.

La selección y cantidad de antióxicantes deberán determinar se mediante ensayos reales, basados en la severidad del servicio y la duración deseada para las capas de adhesivos.

En el caso en que los adhesivos se preparen moliendo el polímero crudo, el antióxicante y óxido de magnesio normalmente se agregan al inicio del ciclo de molienda a fin de disminuir la tendencia a quemarse. El óxido de zinc, al contrario, se agrega al final del ciclo, pues éste promueve la vulcanización.

El óxido de magnesio además de su efecto como retardador de quemado también actúa como aceptor de ácido y cuando se usan resinas forma un complejo que conduce a incrementar la resistencia de la unión a temperaturas elevadas.

Podrían prepararse adhesivos usando óxido de zinc como único óxido metálico, ya que éste actuará como aceptor de ácido y como agente de vulcanización, provocando así un aumento gradual de la fuerza de adherencia en caliente. Sin embargo, concentraciones en exceso de óxido de zinc pueden provocar desfaseamiento en el adhesivo, por consiguiente siempre se recomienda usarlo conjuntamente con óxido de magnesio para proporcionarle mayor

estabilidad a la mezcla adhesiva.

#### MATERIALES DE CARGA.

A los adhesivos a base de solvente se les agregan algunas veces pequeñas proporciones de silicato de calcio para aumentar la resistencia coherente de la capa adhesiva, así mismo puede también aumentar la estabilidad de las soluciones envasadas en latas. La sílice tiene un efecto similar. En los cementos de caucho, el uso de silicato de calcio conduce a un alto grado de tixotropía, pero este efecto se disminuye agregando resinas fenólicas al compuesto.

Los materiales de carga convencionales, tales como la arcilla, blanco de España y negro de humo, pueden incorporarse en un adhesivo para reducir el costo del producto final y también para ayudar en la producción de mastiques y productos con alto contenido de sólidos, sin embargo afectan la resistencia cohesiva y también conducen a una reducción considerable en el grado de pegajosidad.

#### SISTEMA DE SOLVENTES.

Los sistemas de solventes empleados en la formulación de adhesivos a base de policloropreno ejercen una influencia decisiva en el costo, toxicidad, rango de secado, viscosidad y pegajosidad. En esta parte se describirá una de las técnicas más utilizadas para seleccionar el solvente o sistema de solventes para la formulación de adhesivos de neopreno.

Los sistemas solventes comúnmente utilizados en adhesivos de neopreno son mezclas de solventes alifáticos y aromáticos con porciones de algún solvente oxigenado como cetonas y ésteres. Los solventes más populares son; tolueno, hexano, metil etil cetona (MEK) y acetona. Los sistemas con solventes clorados, tales como cloruro de metileno y percloroetileno, son empleados cuando se requiere de sistemas autoextinguibles.

Investigadores de Du Pont han graficado los valores del índice de enlaces de hidrógeno ( $\delta^1$ ) y parámetro de solubilidad ( $S$ ) con el fin de poder predecir los sistemas solventes apropiados para las soluciones de neopreno. La tabla 15 enlista algunas características de algunos solventes comúnmente empleados en la preparación de adhesivos a base de neopreno. Los primeros siete solventes son verdaderos, esto es que disuelven completamente al policloropreno. La primer columna representa el poder disolvente (PD) o el poder de un fluido para disolver al neopreno. Los solventes verdaderos, tales como tolueno y xileno, tienen un rango de 10, algunos ésteres y cetonas tienen valores de 9 u 8, esto significa que generan soluciones opacas o que tienden a separarse en dos fases dependiendo del peso molecular, contenido de gel y otras características del polímero.

Los solventes con rangos menores a 8 son poco utilizados como solventes verdaderos, pero se emplean como diluyentes en mezclas de solventes verdaderos, ya que pueden combinarse con dos o más solventes débiles para obtener un sistema apropiado.

La técnica de predicción gráfica desarrollada por Du Pont es nueva en este campo pero los parámetros de solubilidad y esfuerzo de enlace de hidrógeno son ya familiares. Los parámetros numéricos de solubilidad han sido publicados para muchos solventes comunes. El esfuerzo de enlace de hidrógeno es generalmente reportado como bajo, medio y alto. Du Pont ha derivado más precisamente los valores para los solventes. Una escala que va de 1.0 a 10.0 es empleada para asignar los valores a esfuerzos bajos, medios y altos, de esta forma el rango de 1.0 a 4.0 corresponde al esfuerzo de enlace de hidrógeno bajo, para el esfuerzo intermedio el rango es de 4.0 a 7.0 y por último para el esfuerzo de enlace de hidrógeno alto el rango es de 7.0 a 10.0.

Los valores ajustados y asignados a cualquier solvente son referidos como índice de enlace de hidrógeno. La figura 21 es la clave para la predicción gráfica del poder disolvente para el

TABLA 15 . SOLVENTES COMUNMENTE EMPLEADOS PARA DISOLVER LOS NEOPRENOS.

	PD Poder disolvente, tipos W no molidos (a)	S Parámetro de solubilidad	EH Fuerza de enlace con hidrógeno	Y Índice de EH ajustado	Rápidez de evaporación (b)	Viscosidad Brookfield a 20°C cps (mPa.s)	Punto de inflamación :°C (°F)	"VLU" ppm(mg/m <sup>3</sup> ) (d)
Benceno	10	9.2	baja	2.6	630	0.65(0.65)	-15(5)	10(30)
Tetracloruro de carbon	10	8.6	baja	3.4	1 280	0.99(0.99)	ninguno	10(65)
o-dicloro benceno	10	10.0	baja	3.1	15	1.27(1.27)	66(151)	50(300)
Nitrobenceno	10	10.0	baja	2.9	2	2.17(2.17)	77(171)	1(5)
Tolueno	10	8.9	baja	3.3	240	0.59(0.59)	7(45)	100(375)
Trementina	10	8.1	baja	3.8	45	1.49(1.49)	33(91)	100(560)
Xileno	10	8.8	baja	3.5	63	0.42(0.42)	27(81)	100(435)
Disobutilcetona	9	7.8	mediana	4.8	18	1.00(1.00)	49(120)	25(150)
Acetato de n-propilo	9	8.8	mediana	4.6	276	0.59(0.59)	13(55)	200(840)
Ciclohexano	7	8.2	baja	2.2	720	1.06(1.06)	-18(0)	300(1 050)
Nitropropano	7	10.7	baja	1.9	130	0.93(0.93)	28(82)	25(90)
Metil etil cetona	6 a 8	9.3	mediana	5.4	572	0.42(0.42)	- 1(30)	200(590)
Acetato de etilo	6 a 7	9.1	mediana	5.2	615	0.44(0.44)	- 3(26)	400(1 400)
Anilina	5 a 6	11.8	mediana	4.5	4	4.40(4.40)	76(169)	5(19)
n-heptano	4	7.4	baja	2.2	386	0.42(0.42)	- 4(25)	500(2 000)
n-pentano	2	7.0	baja	2.2	2 860	0.24(0.24)	-46(-50)	500(1 500)
Acetona	1 a 2	10.0	mediana	5.9	1 160	0.35(0.35)	-20(-4)	1 000(2 400)
"CARBITOL solvent"	3	9.6	alta	9.7	1	4.30(4.30)	96(205)	no establecido
n-hexano	3	7.3	baja	2.1	1 000	0.29(0.29)	-26(-15)	100(360)
Alcohol isoamílico	0	10.0	alta	9.1	-	3.86(3.86)	43(109)	100(360)
Alcohol isopropílico	3	11.5	alta	8.7	300	2.41(2.41)	13(55)	400(980)

- (a) PD escala de clasificación: 10=solución clara 8=líquido pero en dos fases  
 9=solución semiofaca 6 a 7=fase de polímero viscoso más rápida.
- (b) Relativa al acetato de n-butilo con calificación de 100. Los números más altos significan evaporación más rápida.
- (c) Medido por el método tag de taza cerrada, con excepción de los valores para el nitrobenceno, obtenidos por el método Cleveland de taza abierta.
- (d) "VLU" o valor límite de umbral adoptado por The American Conference of Government Industrial Hygienists en 1975. Estos valores pueden cambiar.

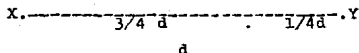
neopreno AC, neopreno AD y los neoprenos tipo W. El uso de la -  
 carta es muy simple y se explica a continuación.

La gráfica, en forma general, presenta tres áreas en las -  
 que se distribuyen los solventes de acuerdo a sus valores de pa-  
 rámetros de solubilidad y el índice de enlace de hidrógeno. Una  
 de las áreas, la cual se encuentra rodeada por la zona oscura,-  
 representa los solventes verdaderos como son el tolueno, benceno  
 xileno etc. La zona oscura representa a los sistemas disolventes  
 que producen soluciones propensas a separarse en dos fases.

Los solventes que no caen en las zonas anteriores están inclu-  
 idos en una tercera que representa a los solventes no reales, -  
 esto es, que por si solos no disuelven el neopreno.

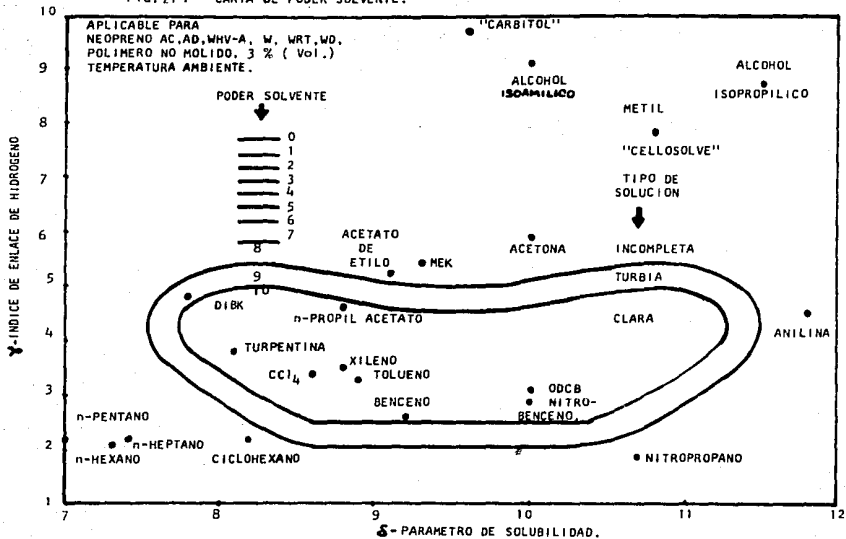
Las cordenadas aparentes ( centro geométrico del área, "so-  
 lución clara" ) para tipos W de neoprenos son  $\bar{S} = 9.5$  y -  
 $\bar{Y}' = 3.5$  . Todos los solventes verdaderos son agrupados en -  
 una área alrededor de este punto y representa un poder disolvente  
 de 10. Cualquier mezcla de solventes para neopreno debe te-  
 ner un valor promedio de  $\bar{S}$  y  $\bar{Y}'$  , de tal forma que se localice -  
 cerca de la zona asignada para los solventes verdaderos, en la  
 figura 2' .

El punto promedio de  $\bar{S}$  y  $\bar{Y}'$  para una mezcla de dos componen-  
 tes siempre se determina conectando los puntos de los solventes  
 simples. El punto de mezcla es localizado en la cercanía al pun-  
 to que representa al componente de mayor cantidad, esto es, para  
 una mezcla de un volúmen del solvente "X" y tres volúmenes del  
 solvente "Y", el nuevo punto de mezcla se localiza de la siguien-  
 te forma:



Para entender con mayor precisión este método, a continua--

FIG. 21 . CARTA DE PODER SOLVENTE.





ción se presentan dos ejemplos, que se resuelven tanto por el método matemático como por el método gráfico, para una mezcla terciaria y una mezcla de cuatro componentes.

No obstante el existir solventes reales, en muy pocas ocasiones se encuentran adhesivos a base de policloropreno formulados únicamente con tolueno como disolvente. La baja volatilidad del tolueno y el endurecimiento muy lento de los adhesivos fabricados con él mismo obligan, sobre todo, al empleo de otros solventes. Si se desea acelerar el secado o si el porcentaje de tolueno en la mezcla de solventes está limitado legalmente o los adhesivos que contienen alto porcentaje de tolueno están sujetos a regulación, en la práctica no queda otra solución que emplear sistemas disolventes terciarios con metil etil cetona y acetona o acetato de etilo. Hay que tener presente que la acetona y el acetato de etilo solo disuelven los neoprenos en mezclas con tolueno o benceno, pero nunca los disolverán por sí solos.

Sin embargo, el empleo de mezclas binarias o terciarias, necesarias para alcanzar una velocidad de secado deseado plantea algunos problemas. Así por ejemplo, los adhesivos con este tipo de mezclas, a un mismo contenido de policloropreno, presentan viscosidades mucho más bajas que aquellos adhesivos fabricados exclusivamente con benceno o tolueno. No obstante esta diferencia en viscosidad puede compensarse con el empleo conjunto de varios tipos de neoprenos.

Además, a medida que disminuye el contenido de tolueno, se reduce el tiempo de unión por contacto de los adhesivos a base de este elastómero y disminuye también su estabilidad frente a la gelificación reversible a bajas temperaturas. Este problema puede disminuirse por la adición de ciclohexano siempre y cuando esté legalmente permitido el uso de este solvente.

De acuerdo a lo visto, existe una gran variedad de mezclas disolventes, las cuales pueden ser apropiadas para la elaboración de los adhesivos a base de policloropreno, así mismo la

## EJEMPLO 1. MEZCLA TERCIARIA

## METODO MATEMATICO:

Solvente.	$\delta$	$\gamma$	Volumen
Nitropropano	10.7	1.9	1/6
MEK	9.3	5.4	2/6
Turpentina	8.1	3.8	3/6

Sustituyendo en :

$$\delta = \delta_1 v_1 + \delta_2 v_2 + \delta_3 v_3 \dots\dots$$

y en :

$$\gamma = \gamma_1 v_1 + \gamma_2 v_2 + \gamma_3 v_3 \dots\dots$$

$$\delta_2 = 10.7(1/6) + 9.3(1/3) + 8.1(1/2)$$

$$\delta_2 = 8.93$$

$$\gamma_2 = 1.9(1/6) + 5.4(1/3) + 3.8(1/2)$$

$$\gamma_2 = 4.01$$

Graficando el punto en la figura 22 este queda en el área de solución clara

El método gráfico se representa en la figura 22

## EJEMPLO 2. MEZCLA CUATERNARIA

## METODO MATEMATICO:

Solvente	$\delta$	$\gamma$	Volumen
Nitropropano	10.7	1.9	10
MEK	9.3	5.4	20
Turpentina	8.1	3.8	30
Acetona	10.0	5.9	25

Sustituyendo en :

$$\delta = \sum \delta_i v_i$$

y en :

$$\gamma = \sum \gamma_i v_i$$

$$\delta = 10.7(10/85) + 9.3(20/85) + 8.1(30/85) + 10(25/85)$$

$$\delta = 9.25$$

$$\gamma = 1.9(10/85) + 5.4(20/85) + 3.8(30/85) + 5.9(25/85)$$

$$\gamma = 4.57$$

Este punto queda cerca de la zona de solución obscura. fig 22

El método gráfico se representa en la figura 22.

Podemos observar que el punto de solución del ejemplo 1 es la mezcla - sin acetona del ejemplo 2. Al agregar acetona este punto queda muy cercano a la zona de solución obscura, pero esto puede resolverse agregando n-hexano para llevar la mezcla hacia - la zona de solución clara

HEXANO	14.5 %
MEZCLA 2	85.5 %

FIG. 22. GRAFICA DE LOS EJEMPLOS 1 Y 2 .

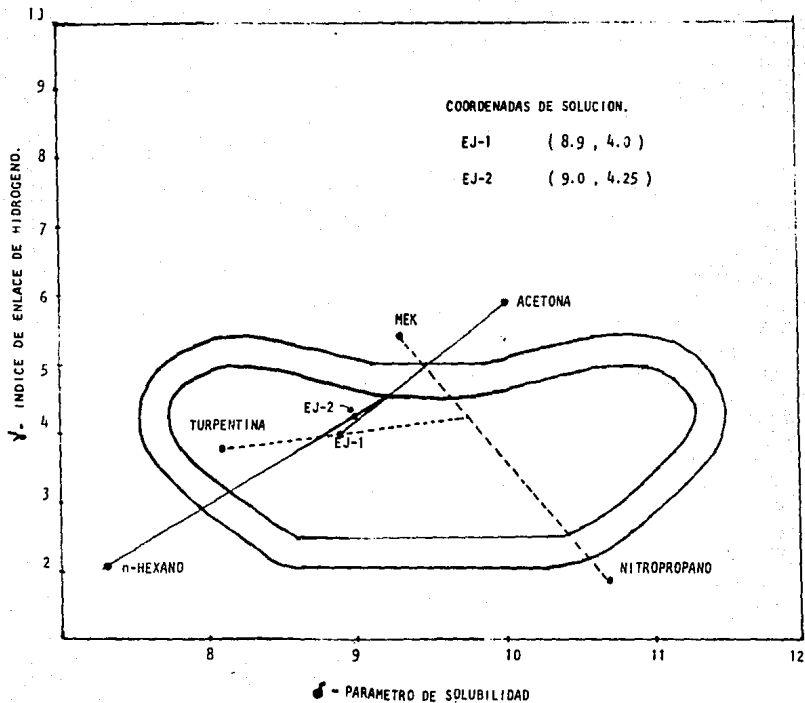
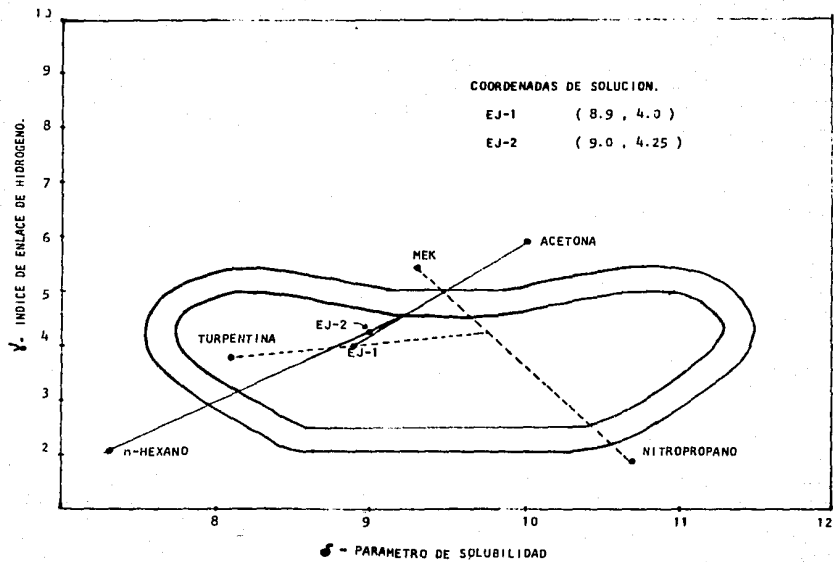


FIG. 22. GRAFICA DE LOS EJEMPLOS 1 Y 2 .



técnica gráfica para encontrar dichas mezclas es de gran importancia y ayuda para economizar el tiempo de búsqueda del sistema solvente.

## 6.2. MEZCLAS PARA PROPIEDADES ESPECIFICAS.

En muchas aplicaciones de adhesivos a base de policloropreno se requieren propiedades especificas, las cuales pueden obtenerse combinando factores tales como; combinación de varios tipos de neopreno, tipo de resina empleada y sistema solvente utilizado. A continuación se establecen algunas recomendaciones para obtener ciertas variaciones en las principales propiedades de los pegamentos de neopreno.

### GAMA DE PEGAJOSIDAD.

Los requisitos para la gama de pegajosidad varían entre casi nada, en el caso de los adhesivos termoreactivos, y pegajosidad de meses o años para el caso de los adhesivos piezosensibles. Como regla general, cuanto más altas sean la viscosidad y cristalización del polímero y cuanto más alto sea el punto de fusión de la resina, más corta sera la gama de pegajosidad. Más a menudo lo requerido es extender la gama de pegajosidad, lo cual puede lograrse de varias formas, lo más común es reemplazar parte del neopreno cristalizabile por uno de cristalización lenta.

	Gama de pegajosidad (hrs)
NEOPRENO AD	1/2 - 2
NEOPRENO AD/W (50:50)	2 - 5
NEOPRENO AD/WRT (75:25)	6 - 10

Los principales efectos secundarios de tales mezclas son el reducir la rapidez de desarrollo de la fuerza de unión y la resistencia de deformación plástica. Cuando la fórmula adhesiva contiene una resina fenólica reactiva, la duración de la pegajosidad puede extenderse añadiendo una resina más blanda o mediante un reemplazo parcial con una resina terpenfenólica.

La selección de la mezcla de solventes tendrá notable efecto en el rango de pegajosidad. En el caso en que se empleen solventes con puntos de ebullición relativamente altos, estos por su baja velocidad de evaporación permanecerán en la capa adhesiva incrementando considerablemente la duración de la pegajosidad.

#### RAPIDEZ DEL DESARROLLO DE LA FUERZA.

Las uniones preparadas por termoreactivación ofrecen mayor fuerza de adherencia inicial que las preparadas ejerciendo presión después de secas. Además de los adhesivos de dos partes usados cuando se requiere una fuerza de adherencia en caliente, el único polímero que muestra un aumento significativo en una temprana fuerza de adherencia es el neopreno AF. Este polímero desarrolla la resistencia muy rápidamente, aún en húmedo, como se muestra en la figura 23.

El sistema solvente también afecta el desarrollo de la fuerza, por ejemplo la acetona y el hexano se evaporan rápidamente lo cual conduce a un desarrollo de la adherencia más rápido. Por otra parte, cuando las mezclas de solventes contienen una porción de un solvente real, entonces una cantidad de dicho solvente tiende a quedar absorbido en la capa adhesiva disminuyendo la rapidez del desarrollo de la adherencia. Esto puede observarse en la figura 24.

#### FUERZA TERMOADHESIVA.

La mayoría de los adhesivos de neopreno dependen de la cristalización para desarrollar su fuerza adhesiva y cohesiva, lo cual es bastante adecuado para la mayoría de las uniones que no requieren resistencia a temperaturas elevadas. Además de la cristalización, hay varios factores que afectan la fuerza termo-adhesiva:

- a) SELECCION DEL NEOPRENO.
- b) PRESENCIA DE OXIDOS METALICOS.

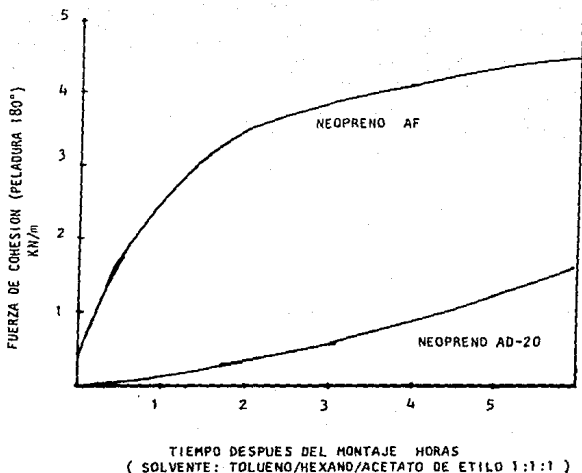


FIG. 23 . RAPIDEZ DEL DESARROLLO DE LA ADHESION.

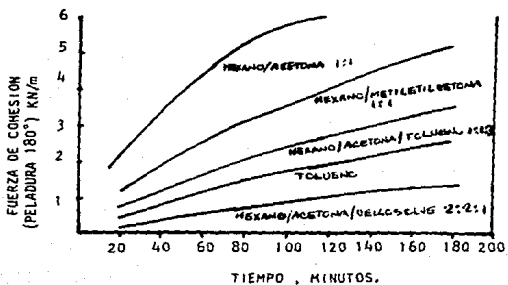


FIG. 24 . DESARROLLO DE LA ADHERENCIA PARA NEOPRENO AF EN VARIOS SOLVENTES.



- c) EDAD DEL ADHESIVO.
- d) EDAD DE LA CAPA ADHESIVA.
- e) SELECCION DE LA RESINA.
- f) RETICULACION.

Pueden obtenerse algunas mejoras en la fuerza termoadhesiva mediante el uso de polímeros de peso molecular más alto, tales - como el neopreno AC duro, el WHV-A y el AD-40. Los indicios de gel en el adhesivo también aumentarán la resistencia en la termo adherencia. Todas estas mejoras son, sin embargo, relativamente de menor importancia.

El neopreno AG y el AF, ofrecen bastante resistencia en la termoadherencia. El primero, tal como es fabricado, está espe-- cialmente destinado a proporcionar un alto contenido de gel sin afectar adversamente la reología del adhesivo y ofrecerá de por sí una buena resistencia termoadherente, siendo particularmente adecuado en las aplicaciones en donde se requerirá esta propiedad tan importante para ciertas actividades industriales. Sin embargo, carece esencialmente de pegajosidad propia y por consiguiente es necesario mezclarlo con otros adhesivos.

El neopreno AF contiene grupos carboxílicos libres, los que se entrecruzan al reaccionar con el óxido de magnesio en la capa seca del adhesivo. Esto conduce a un mejoramiento brusco de la resistencia termoadhesiva.

Ya se ha mencionado la necesidad de los óxidos metálicos - para obtener un buen envejecimiento, no obstante estos contribuyen a un desarrollo gradual de reticulación, tanto en la capa de adhesivo como en el adhesivo almacenado, provocando un efecto no table en la resistencia termoadherente al paso del tiempo ( ver tabla 16 ).

El método más común para mejorar la resistencia termoadhe-- rente consiste en utilizar isocianatos polifuncionales, los cuales se agregan antes de emplear el adhesivo. El isocianato es -

TABLA 16 . EFECTO DE LA EDAD DEL ADHESIVO EN LA RESISTENCIA TERMOADHERENTE.

NEOPRENO AC	100 partes	
OXIDO DE MAGNESIO	4 partes	
OXIDO DE ZINC	5 partes	
RESINA t-BUTIL FENOLICA	45 partes	
TOLUENO	Hasta 25 % de sólidos	
EDAD DE LA SOLUCION:	1 DIA	12 SEMANAS
Resistencia de la capa KN/m (Lb/pulg ) a :		
24°C ( 75 °F )	9.4 (52)	9.2 (51)
60°C ( 140°F )	3.2 (18)	4.0 (22)
80°C ( 176°F )	3.5 ( 3)	3.2 (18)

sometido a una autopolimerización y reacción gradual con varios grupos reactivos hasta formar una red suficiente para solidificar el adhesivo. Los adhesivos así mezclados tienen un tiempo de bote de 3 a 48 hrs, dependiendo de la formulación y cantidad de isocianato agregado. Algunos aceleradores pueden agregarse para ofrecer un desarrollo gradual de las reticulaciones, pero es preciso establecer el efecto adverso que pueden ocasionar sobre la estabilidad del adhesivo almacenado.

#### VISCOSIDAD Y REOLOGIA.

Diferentes aplicaciones finales requieren una amplia gama de viscosidades, propiedad que es afectada por la viscosidad del polímero, solventes y preparación del adhesivo. Los adhesivos que requieren facilidad para aplicarse con brocha y rociamiento generalmente demandan baja viscosidad. Por otra parte, la facilidad de adherencia por contacto, extendibilidad y costo pueden resultar mejores mientras más alta sea la viscosidad ( para un contenido de sólidos determinado ) .

Como polímero, el neopreno WHV-A es particularmente adecuado para la preparación de adhesivos de alta viscosidad y bajo contenido de sólidos. También pueden emplearse varios aditivos y materiales de carga para impartir propiedades tixotrópicas a los adhesivos. Las cargas minerales, asbestos y derivados del aceite de ricino modificado son particularmente adecuados por afectar en menor medida la gama de adhesividad y fuerza cohesiva. En lo que respecta a altas viscosidades y alto contenido de sólidos, el neopreno AG es el más apropiado por presentar un alto contenido de gel, el cual es responsable del caracter tixotrópico entre el neopreno AG y otros tipos de neoprenos.

La viscosidad puede variarse por efecto del sistema solvente seleccionado. Posteriormente se tratará más a fondo esta parte, sin embargo se puede mencionar que la viscosidad disminuye a medida que los solventes reales se minimizan en la formula.

La viscosidad puede también ser abatida mediante el proceso de molienda en el cual se presenta una disgregación progresiva - del polímero y una reducción de su viscosidad money, dando esto último una disminución de la viscosidad del adhesivo.

En resumen, las propiedades específicas, de un adhesivo a - base de neopreno para una aplicación en particular, pueden obtenerse si se toma en cuenta el tipo de neopreno, óxidos, solventes y resinas, así como si se realiza un balance adecuado de las cantidades de los componentes a emplear, para obtener la mezcla adhesiva final.

### 6.3. FABRICACION DE ADHESIVOS A BASE DE NEOPRENO.

El método tradicional para preparar soluciones adhesivas a base de policloropreno es usando el polímero previamente molido o masticado. Esto es, el neopreno y sus ingredientes ( óxidos , antioxidante, etc.) son molidos y posteriormente disueltos en el solvente junto con la resina.

Otro método consiste en la simple adición de todos los ingredientes a un tanque mezclador ( polímero no molido, resina , óxidos, antioxidante, solventes, etc. ). Este método es más económico que el anterior, ya que no requiere de molino y trabajo adicional, sin embargo, la mezcla en molino es la técnica preferida por muchos productores, que consideran que las propiedades de aplicación de los adhesivos, así preparados, son superiores.

#### MOLIENDA.

El fin principal de la molienda es romper el gel contenido en el polímero para mejorar la suavidad de consistencia de la solución, incorporando así el antioxidante y todos o parte de los óxidos metálicos en el molino. Se mejora la dispersión lo cual conduce a una mayor resistencia al desfaseamiento y sedimentación del adhesivo final. Durante la molienda, es preciso conservar los rodillos a 50 C a fin de evitar que el polímero llegue a quemarse.

La hoja de polímero molido se corta en trozos de tamaño conveniente, rompiéndola o granulándola y disolviéndola posteriormente en el solvente con ayuda de un agitador o un mezclador de alta velocidad ( figuras 25 , 26 ) .

Los adhesivos preparados con un polímero molido presentarán las siguientes propiedades:

- Viscosidad mucho más baja.

- Menor tendencia al desfaseamiento.
- Mayor facilidad de aplicación con brocha, con menor resistencia al movimiento de la misma.
- Mejor aplicación por esparado.
- Mejor penetración del adhesivo en muchos materiales.

Las desventajas son ciertas pérdidas de fuerza de unión a altas temperaturas y mayor costo de fabricación.

#### DILUCION DIRECTA.

La dilución directa tiene sobre el material mezclado en molino la marcada ventaja de un costo de inversión bastante menor y una mayor rapidez de producción. La disponibilidad de muchas calidades de neopreno en granos en vez de galletas ha aumentado mucho la aceptación de esta técnica de fabricación. Existen dos métodos básicos, primero, el clásico de bajo cizallamiento en donde el polímero junto con el antioxidante, óxidos y resinas se agregan directamente al solvente en el tanque mezclador ( figura 25 ), aplicando una agitación moderada hasta que los materiales quedan totalmente disueltos. Los adhesivos así preparados tendrán las siguientes características:

- Mayor resistencia adhesiva en caliente.
- Mayor viscosidad.
- Menor eficiencia de aplicación con brocha.
- Mayor tendencia al desfaseamiento.

La resistencia a la adherencia y a la gelificación en caliente puede asociarse con la presencia de un polímero de peso molecular más alto, mientras que el desfaseamiento se debe a la dispersión relativamente deficiente de los óxidos. Este último problema puede subsanarse eficazmente mezclando a medias los óxidos metálicos en parte del solvente, antes de agregarlos.

La segunda técnica generalmente llamada de alto cizallamiento

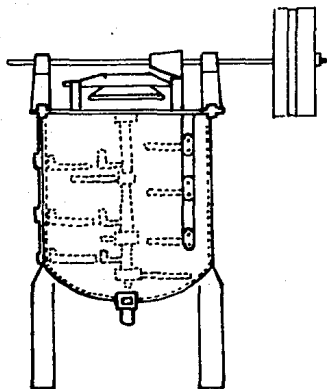


FIG. 25. BATIDORA VERTICAL

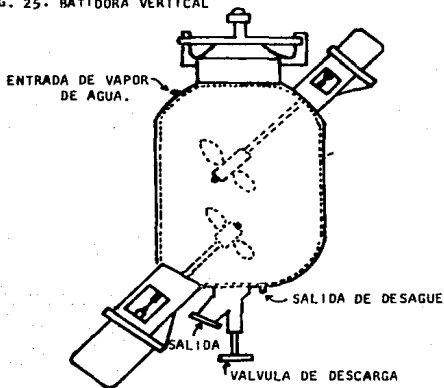


FIG 26 MEZCLADOR DE ALTA VELOCIDAD

- Menor tendencia al desfaseamiento.
- Mayor facilidad de aplicación con brocha, con menor resistencia al movimiento de la misma.
- Mejor aplicación por esmreado.
- Mejor penetración del adhesivo en muchos materiales.

Las desventajas son ciertas pérdidas de fuerza de unión a altas temperaturas y mayor costo de fabricación.

#### DILUCION DIRECTA.

La dilución directa tiene sobre el material mezclado en molino la marcada ventaja de un costo de inversión bastante menor y una mayor rapidez de producción. La disponibilidad de muchas calidades de neopreno en granos en vez de galletas ha aumentado mucho la aceptación de esta técnica de fabricación. Existen dos métodos básicos, primero, el clásico de bajo cizallamiento en donde el polímero junto con el antioxidante, óxidos y resinas se agregan directamente al solvente en el tanque mezclador ( figura 25 ), aplicando una agitación moderada hasta que los materiales quedan totalmente disueltos. Los adhesivos así preparados tendrán las siguientes características:

- Mayor resistencia adhesiva en caliente.
- Mayor viscosidad.
- Menor eficiencia de aplicación con brocha.
- Mayor tendencia al desfaseamiento.

La resistencia a la adherencia y a la gelificación en caliente puede asociarse con la presencia de un polímero de peso molecular más alto, mientras que el desfaseamiento se debe a la dispersión relativamente deficiente de los óxidos. Este último problema puede subsanarse eficazmente mezclando a medias los óxidos metálicos en parte del solvente, antes de agregarlos.

La segunda técnica generalmente llamada de alto cizallamien



to dará un adhesivo con propiedades intermedias entre el obtenido por disolución directa en un tanque mezclador y el elaborado por mezcla en molino. En este equipo los ingredientes de mezcla y la solución se agitan a alta velocidad y bajo condiciones de - alto cizallamiento, por ejemplo, empleando un disco dentado.

Una clase de equipo más complicado es una mezcladora de un solo eje, equipada con un cabezal cortante para despedazar los - gránulos de elastómero a medida que van forzándose a través de - una rejilla. El uso de esta clase de equipo reduce el ciclo de disolución a un periodo entre 3 y 8 horas.

También pueden fabricarse adhesivos disueltos en un agitador y posteriormente exponerlos durante corto tiempo a un mezcla do por alto cizallamiento. Este método generalmente se llama , refinamiento por alto cizallamiento y produce una descomposición parcial del gel, reduciendo tanto la viscosidad como la tenden-- cia al desfasamiento a la vez que se hace más fácil la aplica-- ción por brocha.

Para este fin deberá equiparse el molino en línea con el - mezclador y podría usarse un solo mezclador para refinar la pro-- ducción de varios mezcladores primarios.

Deberá tomarse en cuenta el hecho de que en la disolución - directa no se incluye la disgregación del polímero y como conse-- cuencia no se obtendrá la reducción de la viscosidad en el polí-- mero.

CAPITULO VII .  
FORMULACION DE ADHESIVOS A  
BASE DE POLICLOROPRENO .

El policloropreno ocupa una posición muy importante como materia prima para la formulación de adhesivos, sobre todo porque a partir de este elastómero se obtienen los pegamentos llamados de contacto, ampliamente utilizados en la industria por presentar ventajas tales como aplicación por medio de utensilios sencillos ( brocha, rodillo, espatula, etc.), excelente adherencia a muchos materiales ( metal, madera, plástico, cuero, piel .) y la principal ventaja es la formación de películas adherentes que, después de un breve secado, proporciona uniones de alta resistencia.

Es comprensible que dichas características, pegado rápido y poco costoso, permitan a estos adhesivos ser empleados en los casos en donde se producen un número reducido de objetos o en la fabricación de piezas en serie pero de formas y tamaños diferentes. El buen funcionamiento de estos adhesivos depende, para cada uso específico, principalmente de las propiedades que estos presenten ( viscosidad, adherencia, resistencia, tiempo abierto, etc.), mismas que están íntimamente ligadas con los materiales y modificadores empleados en la formulación del adhesivo. Por tal motivo el formulador está obligado a estudiar los efectos que produce el tipo de policloropreno, solventes, óxidos metálicos, cargas y otras substancias empleadas en este tipo de pegamentos, para que de esta forma se puedan obtener pegamentos funcionales en el menor tiempo y costo posible.

Información sobre algunos de los efectos provocados por los componentes se presenta en el capítulo VI, sin embargo en esta parte del trabajo también se incluye una información más extensa sobre los factores que afectan la viscosidad y estabilidad del adhesivo.

Por otro lado, la gran demanda de este tipo de pegamentos así como las propiedades requeridas para los usos más variados hacen necesario que se formulen adhesivos específicos, los

cuales presenten propiedades diferentes para cada aplicación industrial. Por ejemplo, en la industria del calzado y en la automotriz se deben generar uniones adhesivas de alta resistencia, - además de lograr una viscosidad que permita una fácil aplicación y un tiempo abierto que permita manejar libremente las superficies a pegar antes de efectuar la unión. Para cumplir con estas limitantes es preciso realizar un balance apropiado de los componentes en la formulación adhesiva. A este respecto se enfoca la segunda parte de este capítulo, en donde se presenta la actividad en laboratorio en donde se obtuvieron algunas formulaciones de adhesivos a base de policloropreno. Las formulaciones obtenidas presentan las propiedades requeridas para unir cuero, piel, hule, espuma de poliuretano, neolite, gamuza, vinilo y tela, además que presentan una viscosidad adecuada para poder ser aplicados con brocha, espátula y en ciertos casos poder ser esparidos.

El trabajo en laboratorio se apoya en la hipótesis siguiente; si se emplea en forma adecuada la información técnica recopilada y se efectúan las modificaciones pertinentes en las formulaciones adhesivas, se obtendrán los adhesivos apropiados para unir los sustratos antes mencionados, así como adhesivos de alta y baja viscosidad.

Una propiedad de primordial importancia para considerar que una formulación es funcional fué la resistencia de la película adhesiva, la cual se determinó mediante un dinamómetro manual y bajo procedimiento estándar.

En la parte final del capítulo se reportan las propiedades de los adhesivos así como la composición de cada uno de ellos, además se especifican los principales sustratos que se pueden unir con dichos pegamentos.

## 7.1. FACTORES QUE AFECTAN LAS PROPIEDADES DE LOS ADHESIVOS A BASE DE POLICLOROPRENO.

En el capítulo anterior se mencionaron los efectos provocados, en las propiedades de los adhesivos de policloropreno, por los componentes y modificadores que se emplean en la formulación de los pegamentos. En esta parte se comenta en forma más extensa los efectos sobre la viscosidad y estabilidad del adhesivo.

Como primer punto se comenta lo referente a los factores - que influyen en la viscosidad de los sistemas policloropreno-solvente, la cual es muy importante ya que la técnica de aplicación está gobernada por la viscosidad del adhesivo, o viceversa. Mientras que algunos adhesivos presentan altas viscosidades ( 3,000-6,000 cp ), existen otros que tienen bajas viscosidades ( 500-2,000 cp ), por lo cual los primeros son aplicados con brocha o espátula y los segundos pueden ser espreados. La viscosidad es generalmente muy difícil de estimar en una nueva formulación ya que esta propiedad se ve afectada por diversos factores como - son:

VISCOSIDAD DEL POLIMERO.

CONCENTRACION DEL POLIMERO.

MASTICADO MECANICO DEL POLIMERO.

VISCOSIDAD DEL SOLVENTE.

TEMPERATURA DE LA SOLUCION.

A continuación se proporciona información de cada uno de - estos factores, tomando como apoyo los resultados de estudios - realizados por Du PONT con los policloroprenos AC, AD, y WHV-A , elastómeros ampliamente utilizados en la formulación de adhesivos de contacto.

### VISCOSIDAD DEL POLIMERO.

La viscosidad de una solución de neopreno, dentro del rango de no volátiles utilizado en la elaboración de adhesivos, es directamente proporcional a la viscosidad de una solución estándar preparada al 5 % del polímero en solución.

Para evitar confusiones, ya que la solución estándar está relacionada, en todas las gráficas que se presentan, con otros factores ( viscosidad en solución, porcentaje de sólidos ), la viscosidad de la solución estándar se considerará representativa de la viscosidad del polímero.

### CONCENTRACION DEL POLIMERO.

El porcentaje de sólidos o concentración del polímero en solución afecta directamente a la viscosidad. Como puede observarse en las figuras 27, 28 y 29, al incrementar el contenido de sólidos del polímero, la viscosidad de la solución aumenta rápidamente. Estas gráficas pueden ser empleadas para determinar el rango de viscosidad para un tipo de policloropreno en particular así como también puede emplearse para analizar el nivel de sólidos deseado seleccionando el rango de viscosidad correspondiente al tipo de policloropreno seleccionado, y por el contrario para determinar la variación máxima en sólidos a cualquier nivel de viscosidad, se desplaza horizontalmente sobre la línea de viscosidad elegida, determinando el contenido máximo y mínimo de sólidos para dicha viscosidad.

### MASTICADO MECANICO DEL POLIMERO.

En la producción de adhesivos es frecuente el moler el polímero junto con los óxidos y otros aditivos, lo que proporciona ciertas ventajas en la elaboración ya que el tiempo necesario para disolver éstos se ve disminuido, así también el trabajo ejercido por el equipo mecánico, en el polímero, provoca algún rompimiento o reducción en el peso molecular del neopreno. Esto

FIG. 27. VISCOSIDAD DEL NEOPRENO AC A DIFERENTES SOLUCIONES DE TOLUENO.

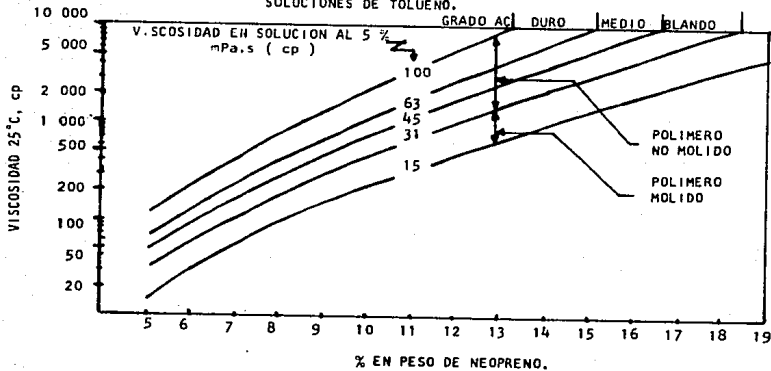
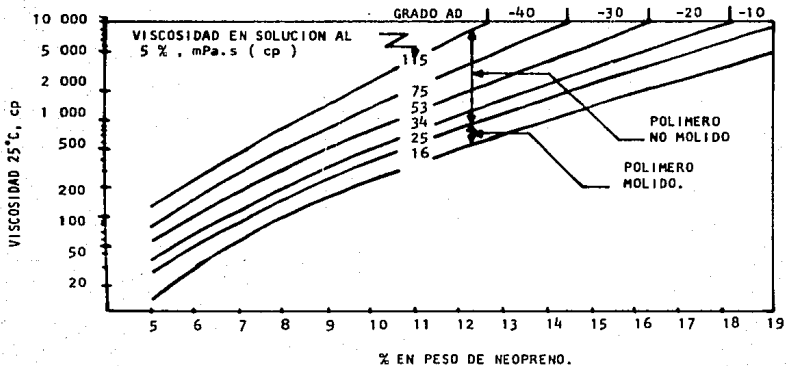


FIG. 28. VISCOSIDAD DEL NEOPRENO AD A DIFERENTES SOLUCIONES EN TOLUENO.



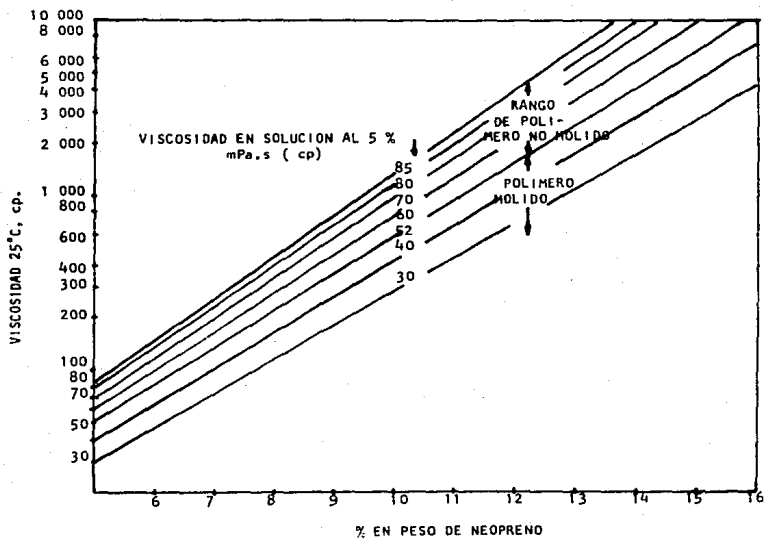


FIG 29 VISCOSIDAD DEL NEOPRENO WHV A A DIFERENTES SOLUCIONES EN TOLUENO



da como resultado una disminución en la viscosidad de la solución elaborada con este polímero.

Las viscosidades en solución de los policloroprenos AC, AD, y WHV-A disminuyen rápidamente con la molienda. Las figuras 30, 31 y 32 muestran los rangos de viscosidad en la solución al 5 % en tolueno obtenidos al moler estos tipos de neopreno.

#### SOLVENTES.

Las soluciones de policloropreno son afectadas fuertemente en su viscosidad por cambios parciales o totales en la composición del sistema solvente. La evaluación de cualquier sistema de solventes puede realizarse con la ayuda de la información proporcionada en el capítulo VI y con las figuras 33, 34 y 35 las cuales muestran los efectos generales en viscosidad utilizando diferentes sistemas de solventes para cada tipo de policloropreno ( AC, AD, WHV-A ).

En muchos sistemas polímero-solvente a bajas concentraciones, la viscosidad en solución, es directamente proporcional a la viscosidad del solvente. El solvente o mezcla de solventes debe, por supuesto, ser capaz de producir una solución útil y esto se logra empleando sistemas cuyo solvente tenga un poder disolvente entre 9 y 10, lo cual significa que los solventes con estos valores son solventes verdaderos. Una serie de datos sobre el poder disolvente están reportados en el boletín técnico de Du PONT "SOLVENT SYSTEMS FOR NEOPRENE". El poder disolvente es un factor de referencia, determinado experimentalmente, que indica la fuerza relativa de un fluido para disolver el policloropreno, de tal forma que los valores 9 y 10 se asignan a los solventes que disuelven fácilmente al polímero, por ejemplo el Benceno, Tetracloruro de carbono, Diclorobenceno, Tolueno, Xileno, Diisobutil cetona, etc.

Aunque los solventes orgánicos más comunes son fluidos ligeros con pequeñas diferencias en viscosidades absolutas entre

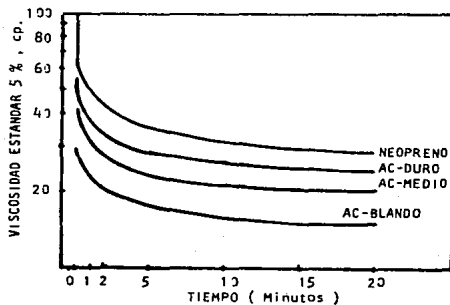


FIG 30 NEOPRENO AC, VISCOSIDAD Y GRADO DE MOLIENDA

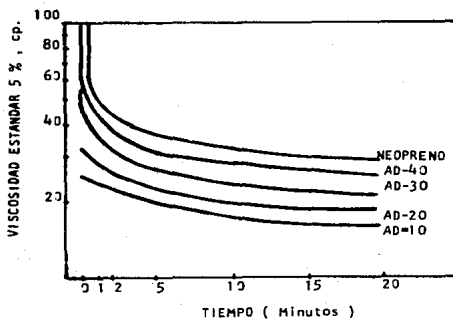


FIG 31 NEOPRENO AD, VISCOSIDAD Y GRADO DE MOLIENDA

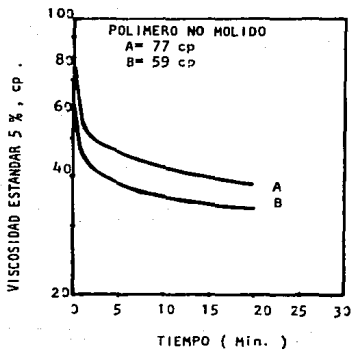


FIG 32 NEOPRENO WHV A, VISCOSIDAD Y GRADO DE MOLIENDA

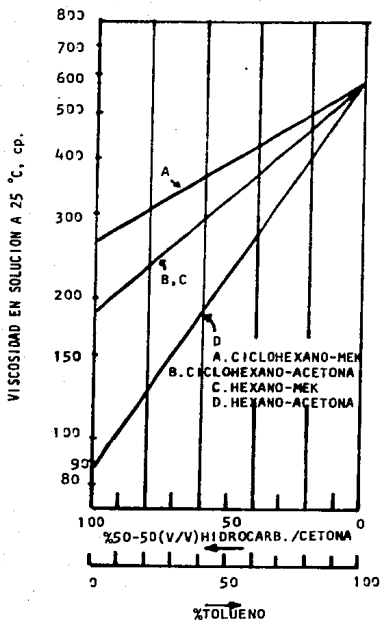


FIG 33 NEOPRENO AC BLANDO  
VISCOSIDAD EN DIFERENTES  
SISTEMAS SOLVENTES  
10 % EN PESO

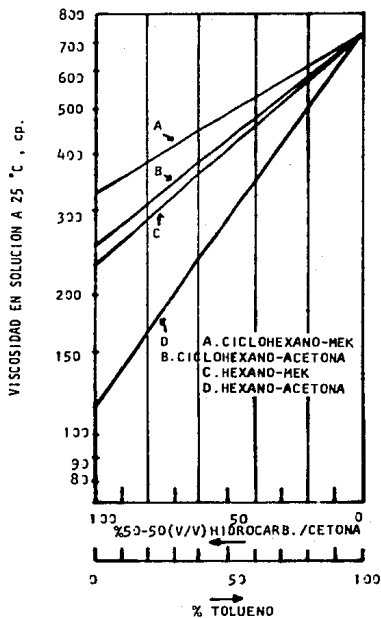


FIG 34 NEOPRENO AD 2J  
VISCOSIDAD EN DIFERENTES  
SISTEMAS SOLVENTES  
10 % EN PESO

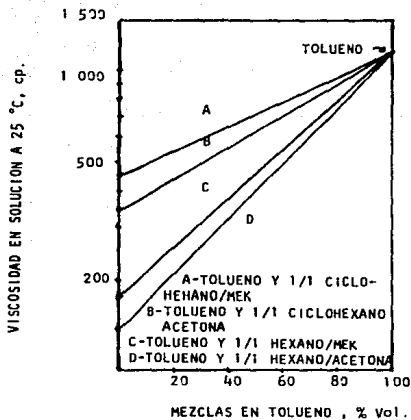


FIG 35 VISCOSIDAD EN DIFERENTES SISTEMAS SOLVENTES  
( 1 ) % EN PESO DE AD 2 )

unos y otros, pero estas viscosidades pueden ser mayores acrecentando la diferencia de la viscosidad en la solución del polímero de cloropreno. Así, cuando se desea realizar un cambio en el sistema solvente se deben considerar las viscosidades de los solventes, lo cual puede facilitarse mediante la elaboración de una gráfica de viscosidad del solvente contra la viscosidad de la solución de un polímero dado en ese solvente. Por ejemplo, tomando el neopreno AD y realizando soluciones al 10% en peso con diferentes sistemas solventes se obtiene la figura 36, la cual es una correlación lineal entre la viscosidad del solvente y la viscosidad en solución. Esta gráfica es útil para determinar teóricamente la viscosidad de una mezcla solvente-neopreno; por ejemplo si se desea conocer la viscosidad de una solución al 10% en peso de policloropreno AD en un sistema hexano-tolueno ( 2:3 en peso ), se realiza lo siguiente:

a) Cálculo de la viscosidad del sistema solvente.

$$1/\mu = X'/\mu' + X''/\mu'' \quad \text{en donde:}$$

$X'$  = Fracción mol del solvente 1

$X''$  = Fracción mol del solvente 2

$\mu$  = Viscosidad del sistema solvente

$\mu'$  = Viscosidad del solvente 1

$\mu''$  = Viscosidad del solvente 2

hexano: 2/86.17 = 0.0232 moles ,  $X'$  = 0.416

tolueno: 3/92.13 = 0.0325 moles ,  $X''$  = 0.584

total = 0.0557

$$1/\mu = (0.416/0.29) + (0.584/0.59) = 2.424$$

$$\mu = 0.41 \text{ cp}$$

b) De la figura 36 se toma lectura de la viscosidad en solución, para el valor de 0.41 cp. El resultado teórico -

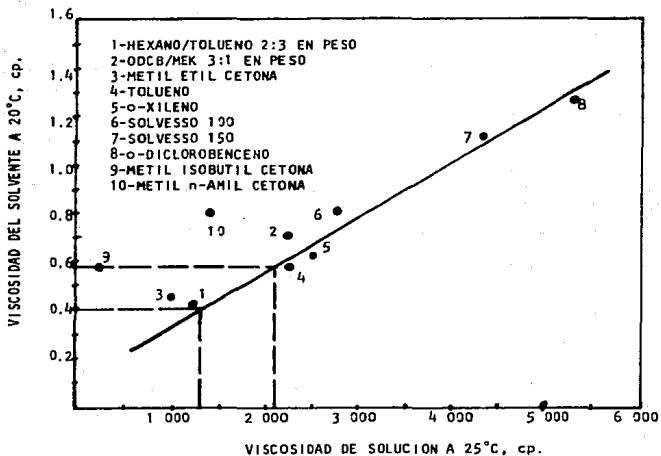


FIG 36 VICISIDAD DEL SISTEMA SOLVENTE Y VICISIDAD EN SOLUCION NEOPRENO AL 13% EN PESO .

para una solución de policloropreno AD al 10% en peso es de 1,280 cp. Experimentalmente la viscosidad Brookfield fué de 1,200 cp, lo cual demuestra que la viscosidad en solución está influida por la viscosidad del sistema solvente.

#### TEMPERATURA DE SOLUCION.

La viscosidad de una solución de policloropreno varía inversamente con la temperatura. Esta relación es de gran importancia para el usuario final, ya que la aplicación por espray en caliente permite el manejo de soluciones de alto contenido de sólidos y mejor atomización que las obtenidas a temperatura ambiente.

Algunas soluciones adhesivas, a base de policloropreno se espesan notablemente durante almacenamiento prolongado de cero a diez grados centígrados. A temperaturas menores, el espesamiento es aún más rápido y las soluciones se pueden solidificar eventualmente, dichos cambios pueden ser reversibles, si el espesamiento es debido solamente a los efectos de la temperatura y la solución puede regresar a su viscosidad original al calentarla a temperatura ambiente. El espesamiento ocasionado por bajas temperaturas puede minimizarse por medio de una cuidadosa selección de los solventes. Generalmente los sistemas que contienen mayor porcentaje de solventes aromáticos presentan mayor resistencia a este efecto de espesamiento. En la tabla 17 se muestra en forma general el efecto de cuatro sistemas solventes sobre la resistencia al espesamiento por bajas temperaturas.

Además de los factores ya mencionados, las trazas de impurezas en los solventes y demás ingredientes solubles tienen un efecto en la viscosidad, no obstante que el policloropreno presente en la solución sea el principal contribuyente de la viscosidad.

Si bien la viscosidad de la solución adhesiva es una propiedad importante, también lo es la estabilidad del mismo ya que



Tabla 17. Espesamiento de las soluciones de Neopreno a bajas temperaturas.

Neopreno AC			100	
Oxido de magnesio			4	
Oxido de zinc			4	
Resina butil fenólica terciaria			45	
SOLVENTE.				
Tolueno	100	5	33.3	-
Hexano	-	30	33.3	33.3
Ciclohexano	-	30	-	33.3
Acetato de etilo	-	25	33.3	33.3
Metil etil cetona	-	10	-	-
A 0°C, despues de 96 hrs.	F	F	F	F
A -10°C, despues de 24 hrs.	F	ME	F	S
despues de 96 hrs.	F	S	S	-
A -35°C, despues de 16 hrs.	E	S	S	S
A -54°C, despues de 16 hrs.	S	-	-	-
F: fluido , E: espeso , ME: muy espeso , S: sólido .				

generalmente el adhesivo es almacenado por cierto tiempo antes de ser empleado. Dicha estabilidad puede ser detectada mediante la variación de la viscosidad al someter una muestra del pegamento a cambios bruscos de temperatura ( de 100 C a 0 C ), o bien observando los cambios en la muestra del adhesivo almacenado durante cierto tiempo ( 6 meses mínimo ). Esta última práctica es la más empleada y en ella se observa el defasamiento del adhesivo.

El defasamiento es un término empleado para identificar el proceso de separación ( FLOCULACION ) o formación de distintas capas en un adhesivo. Este fenómeno es el resultado de la formación de grumos por las partículas de los componentes del pegamento. La tendencia a que se presente este fenómeno depende del grado de estabilidad en la dispersión de las partículas individuales y al no existir ésta las partículas se combinarán para formar agrupaciones, llamadas flóculos o agregaciones. Los flóculos pueden redispersarse al someter la solución a una agitación, sin embargo al suspender ésta los flóculos volverán a formarse y cuando esto ocurre el tamaño de las partículas aumenta así como la densidad efectiva y la rapidez de sedimentación.

La estabilidad de la dispersión es probable que provenga de una capa de material polimérico adsorbido en la superficie de las partículas. El polímero protector tiene que ser soluble y ser de alto peso molecular para dar un sistema que no se desfase ya que si el polímero es desplazado por materiales más pequeños y más polares, la dispersión se desestabiliza y las partículas acaban por flocularse.

El mecanismo de defasamiento se presenta en la figura 37 y a continuación se describen cada una de las etapas de este mecanismo.

En la primera etapa el material particulado compuesto por óxidos metálicos o pigmentos comienza a decantarse. Este material son partículas que carecen de una capa polimérica o de

densidad suficientemente alta para lograr una estabilidad efectiva. En la etapa siguiente la parte superior del adhesivo inicia su separación mostrando una zona clara. La penúltima etapa muestra en la parte intermedia del adhesivo una floculación. A medida que continúa la agrupación de las partículas, el floculo empieza a comportarse como si fuera una sola partícula y la velocidad de asentamiento se incrementa. El sistema floculado forma una estructura particulada, suelta, que contribuye a la mayor parte del adhesivo.

La cuarta y última etapa nos indica que los floculos se separan lentamente y las partículas individuales se depositan y comprimen en una capa compacta en el fondo del recipiente.

La naturaleza del sedimento tiene un efecto considerable en la facilidad de redispersión. Para una dispersión floculada ( ETAPA 3 ), la sedimentación es rápida, la cantidad de sedimento es alta pero fácil de redispersar. Sin embargo, para una dispersión desfloculada ( ETAPA 4 ), la rapidez de sedimentación es menor, la cantidad de sedimento es pequeña y difícil de redispersar. Otro factor que debe tomarse en cuenta, es el tiempo en que se efectúa el desfaseamiento de un adhesivo, En la figura 30 se muestra una gráfica que relaciona las etapas con el tiempo porcentual en que se efectúa el desfaseamiento total. La sedimentación de los óxidos y/o pigmentos se inicia inmediatamente después de preparado el adhesivo. El tiempo entre la etapa 1 y la etapa 2 puede ser prolongado, para una dispersión muy estable, - hasta de un año. Una vez que se inicia la formación de grumos, etapa 2, el tiempo que transcurre hasta la formación de un sedimento floculado, etapa 3, puede ser relativamente corto. La desfloculación del sedimento, etapa 4, es generalmente un proceso lento.

Para obtener una solución adhesiva estable es necesario tomar en cuenta algunos factores que son los principales causantes del proceso de sedimentación, como puede ser la presencia de -

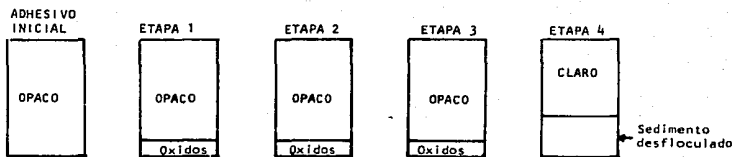


FIG. 37. MECANISMO DE DESFASAMIENTO DE LOS ADHESIVOS DE NEOPRENO.

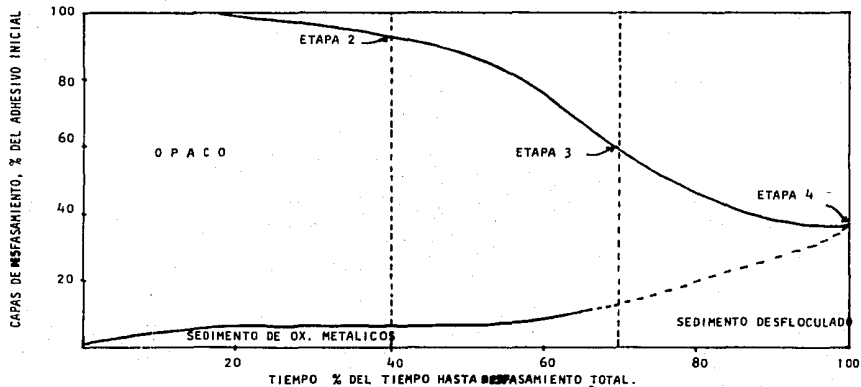


FIG. 38. GRAFICA DE TIEMPO RELATIVO EN EL MECANISMO DE DESFASAMIENTO.

moléculas polares de bajo peso molecular que pueden ser introducidas por la resina, el solvente u otros ingredientes. Se cree que la desestabilización causada por estos materiales es debido a que impiden la adsorción de la capa protectora de polímero en la superficie de las partículas de óxidos metálicos o porque reemplazan esa capa después de formada. Sin embargo, existen otros factores relacionados entre si que incluyen los componentes del adhesivo y el método de fabricación, los cuales influyen en el desfaseamiento, esos factores son:

#### SELECCION DEL POLIMERO.

Los adhesivos que presentan mayor estabilidad son los producidos con los policloroprenos cristalizables, así también los basados con polímeros con elevado peso molecular son más estables que los que tienen como base polímeros de bajo peso molecular. El envejecimiento del polímero, con calor suave, aumenta el peso molecular proporcionándole mayor resistencia al desfaseamiento.

#### SELECCION DE LA RESINA.

Las resinas fenólicas de t-butilo que se emplean comúnmente en los adhesivos de este tipo, pueden contener una fracción de peso molecular significativamente bajo, particularmente dimeros y trimeros. En teoría, estas fracciones de bajo peso molecular, cuando están adsorbidas en la superficie de las partículas de óxido metálico, no son suficientemente grande para evitar que las partículas se acerquen unas a otras hasta el punto en que las fuerzas de atracción conduzcan a la aglomeración. Por consiguiente, a medida que las moléculas más pequeñas y más polares, de la resina, van agregándose al sistema y desplazan a las de mayor peso molecular, la tendencia a la floculación aumenta.

Normalmente, las resinas comerciales de t-butilfenol tienen un peso molecular promedio entre 900 y 1,200. Cuando el peso

molecular está en el límite inferior, la resina puede contener - del 10 al 15 % en peso de material de bajo peso molecular. Los adhesivos formulados con tales resinas tienen una mayor tendencia a desfasarse, por lo cual es preferible emplear resinas con un peso molecular promedio de 1,200 o mayor, ya que la resistencia a la sedimentación aumenta al aumentar el peso molecular de la resina pues de esta forma se eliminan casi todas las fracciones de bajo peso molecular.

#### SISTEMA DE SOLVENTES.

Los sistemas de alto poder solvente polimérico son los que producen soluciones adhesivas con menor tendencia a la sedimentación. Por consiguiente, la resistencia al desfasamiento es mucho más fuerte cuando se emplean solventes aromáticos. Si un sistema solvente, compuesto totalmente por aromáticos, se modifica parcialmente, en su composición, con un solvente polar ( acetato de etilo, acetona ) o con un solvente no polar ( hexano, heptano ), el poder disolvente del sistema sufre un cambio que incrementa la tendencia al desfasamiento sin importar que el valor del poder disolvente permanezca igual. En otras palabras, si un solvente polar o no polar reemplaza una porción de un solvente verdadero, la tendencia al desfasamiento se incrementa a pesar de que la carta de poder solvente ( figura 24 ) prediga un valor igual al obtenido con un sistema compuesto por solventes verdaderos. La explicación a esto es que probablemente el desfasamiento está relacionado con la configuración del polímero en solución, lo cual provoca que al aumentar el poder solvente la cadena del polímero se desenrolla para adquirir mayor volumen aumentando así la humectación y adsorción del policloropreno en las partículas de óxidos metálicos, dando como resultado una mayor viscosidad en la solución y menor tendencia al desfasamiento.

En ocasiones la estabilidad de los adhesivos a base de policloropreno también se ve afectada por el agua y contaminantes -

orgánicos polares. Como el agua es muy polar, tiene un fuerte efecto en el desfasamiento, por otro lado si la mezcla está en el lado no polar, una pequeña parte de agua aumentará la resistencia al desfasamiento, sin embargo, si se introduce una cantidad mayor a la óptima, esto puede alterar el poder solvente del sistema y aumentar la tendencia a la floculación. Así también, pequeñas cantidades de materiales orgánicos polares presentes en los solventes, como impurezas, pueden actuar en forma negativa - desestabilizando la dispersión e incrementando la tendencia de formación de flóculos.

Como puede observarse, los componentes utilizados en la formulación de adhesivos, además de modificar en forma positiva las propiedades del adhesivo a base de policloropreno, pueden también ocasionar problemas si no se combinan en la forma correcta y no se seleccionan adecuadamente. Es por ésto que el formulador debe tener siempre presente la información técnica básica - presentada en los capítulos VI y VII para obtener soluciones adhesivas funcionales. Dicha información es la base para el desarrollo del trabajo en laboratorio, encaminado a la obtención de diez formulaciones adhesivas a base de policloropreno, mismo que se describe en los siguientes apartados.

## 7.2. FORMULACION DE ADHESIVOS A BASE DE POLICLOROPRENO.

Como anteriormente se mencionó el principal objetivo es el formular adhesivos a base de policloropreno que presenten las - propiedades requeridas para unir substratos como; cuero, piel, - neolite, hule, tela, vinilo, hule espuma, y poder aplicarlos con brocha o espátula ( 3000 - 6000 cp ) y/o que permitan su aplicación por esparado ( 500 - 2000 cp ).

Los adhesivos a desarrollar cumplirán con las condiciones - establecidas, no obstante que algunos de ellos tendran cracterifg ticas específicas para unir determinados substratos como los deg tinados a unir hule espuma a si misma, a tela, a cartón, o los - apropiados para unir hule a si mismo y a metal. Particularmente los substratos mencionados son empleados en la industria del cal zado, en la industria automotriz, por lo cual los adhesivos a - desarrollar cubrirán ciertos usos de tales industrias.

El diseño de los adhesivos a base de policloropreno se inicia desde la selección de las materias primas a emplear y princi palmente el tipo de elastómero adecuado al uso final del adhesivo. En esta ocasión se requieren adhesivos que generen uniones de alta resistencia adhesiva, por lo tanto con base en la infor mación técnica se selecciona un policloropreno de rápida crista lización, como el neopreno AC y AD de la compañía Du PONT. Espe cíficamente se elige el neopreno AD-20 ( viscosidad de 42 cp ) por generar mezclas más estables que producen uniones de máxima resistencia inicial y rápido secado, lo cual es muy importante - en los casos donde los materiales están sujetos a altas tensio-- nes. Además del neopreno AD-20 se emplea, con el fin de obtener adhesivos más económicos y con mayor viscosidad a los que se obtienen con el AD-20, el neopreno WHV-A ( viscosidad de 53 cp ).

En lo que respecta a la resina, se emplea una fenólica



soluble en aceite y termoreactiva, la cual proporciona una mayor resistencia al calor, alto esfuerzo de adhesión y un tiempo - abierto apropiado para permitir el manejo del adhesivo. Las resinas comerciales utilizadas son; la SP-134 y/o la SP-154 de la compañía ISOMEX S.A. de C.V. Para el sistema solvente, éste estará constituido principalmente por TOLUENO, ACETONA, HEXANO, - HEPTANO, ACETATO DE ETILO y su composición estará acorde con la gráfica de poder solvente.

Los óxidos metálicos empleados son el óxido de magnesio, - para producir junto con la resina fenólica una resina modificada de alto punto de fusión ( 200-250 C )la cual incrementa la resistencia térmica del adhesivo, y el óxido de zinc que funciona - como un receptor de ácidos y como agente de curado. Para mejo-- rar la conservación del adhesivo se utiliza el antioxidante INOX EP en polvo de la compañía MICRO S.A. Finalmente la carga em-- pleada sera el carbonato de calcio.

Para el trabajo en laboratorio, respecto a la elaboración - de las dispersiones de neopreno, resina, óxidos y cargas, así - como para la medición de las propiedades del adhesivo ( viscosi-- dad, densidad, contenido de no volátiles ) y resistencia de la película adhesiva se cuenta con el siguiente material y equipo:

- 1.- Agitador de 600 w y una flecha de agitación con bordes en forma de sierra.
- 2.- Reactor de laboratorio de 2 l de capacidad.
- 3.- Estufa de laboratorio, 30 a 200 C.
- 4.- Balanza de precisión SARTORIUS, 162 g , 0.5 mg.
- 5.- Viscosímetro Brookfield RVF.
- 6.- Dinamómetro manual, 0 a 50 Kg.
- 7.- Probetas de 100 ml.
- 8.- Vasos de precipitados de 100, 250 y 500 ml.
- 9.- Frascos de vidrio de 500 ml.
- 10.- Charolas de aluminio, 0.8 a 0.9 g.

- 11.- Tiras de vinilo con respaldo de tela.
- 12.- Substratos; cuero, piel, hule espuma, neolite, hule, metal, tela, cartón, etc.
- 13.- Brocha, espátula.

Antes de formular se hace necesario establecer algunos parámetros como son contenido del tipo de neopreno a emplear en cada formulación ( tabla 18 ), esto con el fin de observar la variabilidad de la resistencia adhesiva de la película, la cual hipotéticamente esta comprendida entre 6 y 9 Kg/cm, rango seleccionado del boletín de BAYER , " ADHESIVES BASED ON BAYPREN-HOW SOLVENTS AFFECT THE SETTING " .

La selección del porcentaje en peso no fué del todo arbitraria, para ésto se tomo en cuenta el tipo de neopreno, o combinación de estos, para que con ayuda de la figura 28 y 29 se fijara el contenido del polímero de tal forma que la viscosidad estuviera comprendida en los rangos establecidos.

Otra herramienta de apoyo para la formulación es la mostrada en la figura 29 , en la cual se grafica viscosidad del solvente contra la viscosidad de la solución. Estas gráficas se generan mediante la elaboración de soluciones de neopreno en distintos sistemas solventes y como puede observarse únicamente se generaron cuatro gráficas las cuales se consideran suficientes para tomarlas como referencia en el cálculo de una viscosidad teórica, ya que las proporciones de neopreno en la solución ascienden alrededor de los valores establecidos para obtener la figura 36 . Como ya se puntualizó, dichas gráficas auxiliarán en la selección del solvente, tomando como base la viscosidad del sistema solvente que proporciona teóricamente una viscosidad dentro del rango establecido, de tal forma que se tendrá una economía en la búsqueda del sistema solvente.

Obtenida la información de apoyo para el desarrollo de los

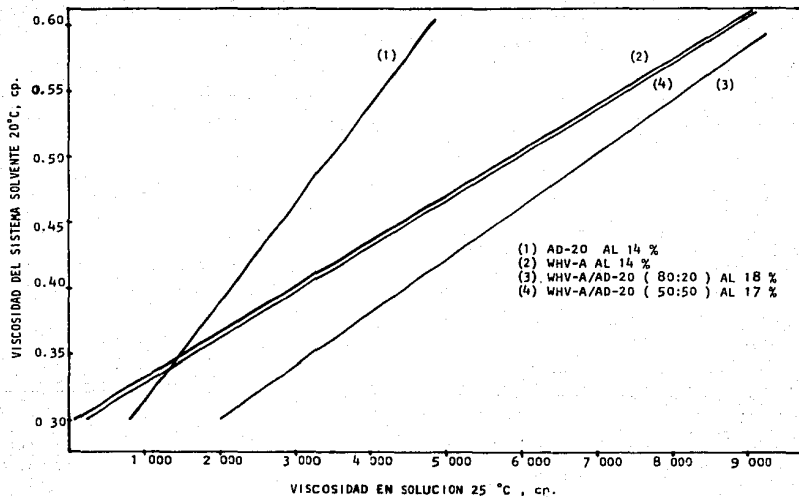


FIG 39 VISCOSIDAD DEL SISTEMA SOLVENTE VS. VISCOSIDAD EN SOLUCION DE NEOPRENO A 25 °C

Tabla 19. Porcentaje de los neoprenos empleados en las formulaciones

FORMULA	AD-20	W4V-A	%en peso, en solución
D - 1	-	100	13 - 15
D - 2	-	100	13 - 15
D - 3	20	80	16 - 18
D - 4	50	50	16 - 18
D - 5	60	40	16 - 18
D - 6	40	60	14 - 16
D - 7	100	-	13 - 15
D - 8	-	100	10 - 12
D - 9	30	70	16 - 18
D - 10	100	-	16 - 18

TABLA 18 PORCENTAJE DE LOS NEOPRENOS EMPLEADOS EN LAS FORMULACIONES''

adhesivos, se inicia la formulación mediante el siguiente procedimiento, mismo que se ejemplificará con la formulación D-1.

#### PROCEDIMIENTO PARA LA FORMULACION.

1.- De la figura 38, de acuerdo a la formulación específica se selecciona la gráfica correspondiente y se elige la viscosidad del sistema solvente apropiado, para que la solución presente la viscosidad establecida.

Para D-1: En esta formulación la gráfica (2) es la apropiada, por haberse obtenido con soluciones de neopreno WHV-A el cual es la base de la formulación D-1 y con un contenido del 14% de sólidos en neopreno. Para una viscosidad deseada de 3,000 cp el sistema solvente debe tener una viscosidad de 0.40 cp.

2.- De varios sistemas solventes, previamente preparados se selecciona uno que presente la viscosidad determinada en el punto 1, y se realiza la dispersión del neopreno correspondiente. Una vez finalizada la dispersión se determina el porcentaje de sólidos y la viscosidad para comprobar que dichas propiedades están dentro de los valores deseados, en caso contrario y de ser necesario para el ajuste de la viscosidad se selecciona otro sistema solvente y se procede a elaborar la nueva solución de neopreno. Esto se realiza hasta obtener un resultado satisfactorio en el valor de las propiedades.

Para D-1: En esta formulación se tomó un sistema binario de solventes (tolueno-hexano) con una viscosidad de 0.42cp. La viscosidad de la solución fue de 3,400 cp a 14 % de sólidos de neopreno, valores que se localizan dentro de los límites fijados para estas propiedades.

3.- Aceptado el sistema solvente se procede a la incorporación de los demás ingredientes: resina, óxidos metálicos, cargas y antioxidante, de acuerdo a la siguiente formulación típica.

COMPONENTE	PARTES POR PESO
NEOPRENO	100

COMPONENTE	PARTES POR PARTE
RESINA	25-60
OXIDO DE MAGNESIO	4-8
OXIDO DE ZINC	0-5
CARGA	0-10
ANTIOXIDANTE	2
SOLVENTE	El necesario.

Iniciando desde los valores inferiores.

4.- Dispersados todos los componentes se procede a determinar las propiedades del adhesivo; contenido de sólidos, viscosidad y resistencia de la película adhesiva. En caso de que la viscosidad no se encuentre dentro del rango establecido, se realiza el ajuste ya sea variando la cantidad de solvente o el contenido de algunos de los componentes.

Una vez ajustada la viscosidad se determina el porcentaje de sólidos, la densidad y se procede a realizar la prueba de resistencia adhesiva. Si esta prueba da valores de resistencia comprendidos entre 6 y 9 Kg/cm entonces la formulación se dará por finalizada, en caso contrario se realizarán las modificaciones pertinentes en cuanto a variar contenido de resina o neopreno ya que son los componentes que influyen en la resistencia adhesiva.

Para D-1: La solución adhesiva en el punto 3 fué satisfactoria en cuanto a sus propiedades. Sin embargo al realizar las pruebas de resistencia adhesiva el pegamento no proporcionó los resultados esperados por lo cual se incrementó la cantidad de resina. Así mismo la solución adhesiva presentó una baja resistencia cohesiva en la película adhesiva para lo cual se incrementó una pequeña cantidad de carbonato de calcio.

Como puede intuirse, dentro del procedimiento se tienen que realizar determinaciones de viscosidad, porcentaje de sólidos y

resistencia adhesiva, pruebas que requieren de un procedimiento, mismo que se detalla en los anexos.

El procedimiento de formulación se ejemplificó con la formulación D-1, sin embargo para cada uno de los adhesivos desarrollados se presentarán problemas diferentes, en la tabla 19 se presenta una especie de narración de la forma en que se ajustarán cada uno de ellos, siguiendo el orden de los cuatro pasos principales del procedimiento.

En forma particular, la técnica de dispersión que se emplea para la obtención de los pegamentos fué la llamada **DISOLUCION DIRECTA**, en la cual todos los componentes se agregan directamente al solvente, sin embargo en algunos adhesivos se puede realizar una prereacción entre el óxido de magnesio y la resina, para posteriormente agregarla al neopreno disuelto, lo cual da como resultado una disminución en el tiempo de fabricación. Alternativamente, estos adhesivos pueden prepararse a nivel industrial utilizando el método de molienda y posterior disolución, produciéndose adhesivos más estables, menos viscosos, con mayor eficiencia en su aplicación con brocha y mejorando la penetración del adhesivo en muchos sustratos.

### 7.3. PROPIEDADES DE LOS ADHESIVOS FORMULADOS.

Terminado el trabajo de laboratorio y efectuadas las pruebas correspondientes a cada uno de los adhesivos se obtuvieron - las formulaciones adhesivas finales que se reportan en la tabla 20. Las propiedades correspondientes se muestran en la tabla 21.

Los sistemas solventes empleados, así como sus propiedades y composición, se muestran en la tabla 22. En lo referente a su localización en la carta de poder solvente, ésta se muestra en la figura 40, en donde se observa que la mayoría de los sistemas empleados caen dentro de una misma zona.

Al realizar las pruebas de resistencia de la película se estableció el uso específico de cada adhesivo, así como la técnica de aplicación más recomendable, lo cual fué posible por haber empleado una variedad de sustratos o adherentes para realizar las uniones.

Es necesario aclarar que la prueba de mayor importancia fué la efectuada con el sustrato de vinilo, por ser éste el material con el cual se fabricaron los especímenes de prueba, además mediante estas pruebas se determinaron los valores de resistencia reportados en Kg/cm. Las pruebas restantes, efectuadas en cuero, piel, hule, neolite, cartón y tela, fueron para corroborar cualitativamente la resistencia y para determinar en que sustrato se tenía una funcionalidad óptima del adhesivo. Con base en estos resultados se pueden recomendar los pegamentos formulados para los siguientes usos:

FORMULACION D-1. Recomendada principalmente en el fijado de piel con piel, piel con cuero, piel con tela, cuero con tela. La técnica de aplicación puede ser con brocha o espátula.

FORMULACION D-2. Su principal uso es en pegado de piel



Tabla 19. PROCEDIMIENTO DE FORMULACION DE LOS ADHESIVOS.

FORMULA	PASO 1	PASO 2	PASO 3	PASO 4
D - 1	Para 14% de WHV- A. De la Fig. 44 y con la gráfica # 2 la viscosidad teórica es de 3000 cp para un sistema solvente con 0.40 cp de viscosidad.	Se elige un sistema binario de solventes, con una viscosidad de 0.402 cp. La viscosidad real fué de 3400 cp.	Se acepta el solvente elegido y se realiza la carga de los componentes restantes.	Fué necesario el incrementar la resina y carga para aumentar la resistencia cohesiva y adhesiva.
D - 2	Para un contenido de 15.5 % de WHV-A no se tiene ninguna gráfica en la figura 44, por lo cual utilizamos la fig 31, obteniéndose una viscosidad en solución de 10 000 cp, pero dicha gráfica es para soluciones en tolueno, por lo cual es necesario realizar la corrección por cambio del sistema solvente, ponderando con la figura 44 , gráfica # 2.	Para un solvente con viscosidad de 0.395 cp se obtiene una viscosidad de 2900 cp, para la solución. Para el caso del tolueno ( $\mu = 0.59$ cp) la viscosidad de la solución es de 8500 cp realizando la ponderación se obtiene : $2900/8500 * 12 000 = 4094$ cp El valor teórico está dentro de los rangos establecidos para la viscosidad, sin embargo el valor real no fué el esperado, ya que resultó ser menor a 3000 cp. Se selecciona un sistema solvente de 0.53 cp de viscosidad y este genera una solución con 3800 cp de viscosidad.	Aceptado el sistema solvente con viscosidad de 0.53 cp se procede a cargar la resina y los óxidos sin emplear carbonato de calcio.	Fué necesario incrementar el contenido de resina para aumentar la resistencia adhesiva.
D - 3	Con la gráfica #3 de la fig 44 para una viscosidad del solvente de 0.40 cp, la viscosidad teórica de la solución es de 4500 cp, valor que está dentro del rango establecido.	Se elige el sistema solvente con viscosidad de 0.398 cp y se realiza la dispersión de los neoprenos, generando una solución con 4200 cp de viscosidad. Valor que es correcto.	Se agregan los componentes restantes a un nivel intermedio de los rangos establecidos.	Fué necesario modificar el contenido de resina para incrementar la resistencia adhesiva.

Tabla #9. Continuación.

FORMULA	PASO 1	PASO 2	PASO 3	PASO 4
D - 4	Con la gráfica # 4 fig. 44 para una viscosidad del solvente de 0.42 cp, el valor teórico de viscosidad en solución fué de 3750 cp.	Seleccionando un sistema con esta viscosidad, el valor real de la viscosidad fué de 3800 cp por lo cual se aceptó este sistema.	Se agregan, la resina y los óxidos en una cantidad mayor a la empleada en las formulaciones anteriores.	No fué necesario modificar el contenido de los componentes.
D - 5	Como la proporción de los neoprenos es WHV-A/AD-20 (40:60) se emplea la gráfica # 4 de la fig. 44. Para un sistema solvente con 0.40 cp de viscosidad, la solución tiene un valor teórico de 3050 cp.	Seleccionando el sistema con viscosidad de 0.40 cp el valor real en la solución fué de 4700 cp.	Se incorporan los componentes restantes.	Se agregó mayor cantidad de óxidos metálicos y resina para ajustar la resistencia cohesiva.
D - 6	Para esta formulación que contiene los neoprenos WHV-A / AD-20 (60:40) se tomó como referencia la fig. 44, gráfica # 4. Para un solvente con viscosidad de 0.35 cp se tendrá una viscosidad de 1600 cp en la solución, valor que se encuentra dentro de los límites establecidos.	Se realiza la solución con el sistema solvente de viscosidad de 0.35 cp. Sin embargo la viscosidad en solución fué muy baja, esto tal vez como consecuencia de haber tomado como referencia una gráfica que está basada en un contenido de neoprenos del 17%. Posteriormente se seleccionan sistemas solventes de mayor viscosidad, llegando al óptimo que fué de 0.433 cp, generando una solución de 1000 cp de viscosidad.	En esta formulación por estar destinada a unir hule espuma se agregan únicamente resinas.	Se obtiene una buena adhesión al material de hule espuma a pesar de tener un valor de 6kg/cm en la resistencia adhesiva. Únicamente se incrementó el contenido de WHV-A para evitar la penetración excesiva del adhesivo en el material.
D - 7	De la figura 44 gráfica # 1, para un sistema solvente de 0.39 cp se tiene un valor teórico de 2000 cp. Viscosidad	Al realizar la dispersión del neopreno en el sistema solvente seleccionado, se obtiene una solución inestable por el	Se agrega la resina.	No se modifica el contenido, ya que se obtiene un buen resultado en la unión de hule espuma.

Tabla 19. Continuación.

FORMULA	PASO 1	PASO 2	PASO 3	PASO 4
D - 7	dad en solución que entra en el rango de los adhesivos <u>es</u> preables.	alto contenido de solventes - no reales. Por lo tanto se - seleccionó otro sistema, obteniéndose una viscosidad de - 800 cp en la solución con un sistema solvente de 0,428 cp.		
D - 8	Esta formulación tiene 10 % de neopreno WHV-A, por lo - cual se emplea la fig. 31 - obteniéndose una viscosidad en solución de 1100 cp para un sistema que contiene únicamente tolueno. Ponderando este valor con el proporcionado por la fig. 44 gráfica # 2 para un sistema con 0,41 cp se tiene lo siguiente: Fig. 31, tolueno ( $\sqrt{A} = 0,59$ cp) viscosidad en solución - 4700 cp. Fig. 44, gráfica # 2 ( $\sqrt{A} = 0,41$ cp), viscosidad - en solución 2300 cp. Ponderando: $2300/4700 * 1100 = 538,8$ cp Por lo tanto el sistema solvente a seleccionar deberá tener una viscosidad de - 0,41 cp.	Realizando la dispersión del neopreno en el sistema seleccionado, se obtiene un valor de 400 cp.	Se agrega la resina.	No se modifica por la misma razón que en la formulación anterior.
D - 9	De la gráfica # 3, figura 44 se elige un sistema solvente con viscosidad de 0,40 cp. El valor teórico para la solución es de 4500 cp.	Seleccionando el sistema solvente con viscosidad de 0,399 cp se obtiene un valor real de 3500 cp.	Se agrega resina a la solución de - neopreno.	Fue necesario incrementar resina y agregar óxidos para aumentar la resistencia adhesiva y mejorar la adhesión al vinilo.

Tabla #9. Continuación.

FORMULA	PASO 1	PASO 2	PASO 3	PASO 4
D - 10	<p>El contenido de AD-20 es del 16.4 %. Empleando la fig.30 la viscosidad de una solución en tolueno es de 8000 cp, ponderando este valor con la gráfica # 1 de la fig. 44, para un sistema solvente con 0.40 cp, la viscosidad es de 2050 cp y para una solución en tolueno es de 4700 cp. Por lo tanto, la viscosidad teórica en solución será:  <math>2050/4700 * 8000 = 3488</math> cp.</p>	<p>Seleccionando el sistema solvente con viscosidad de 0.395 cp se obtiene una viscosidad de 4500 cp, aceptándose este sistema.</p>	<p>Se agregan los componentes restantes.</p>	<p>Fue necesario ajustar la resistencia adhesiva y la afinidad al metal por medio de un incremento de la resina. Así también elevar el contenido de óxidos metálicos para incrementar la resistencia cohesiva.</p>

TABLA 20. FORMULACIONES ADHESIVAS FINALES.

FORMULA	NEOPRENO		RESINA FENOLICA	OXIDOS METALICOS	CARGA	SISTEMA SOLVENTE	% EN PESO DE NEOPRENO EN LA FORMULACION
	AD-23	WHV-A					
D-1	-	100	37	4.30	18	533	14.0
D-2	-	100	45	2.70	-	495	15.5
D-3	20	80	41	5.00	3	447	16.7
D-4	50	50	54	5.90	-	480	15.6
D-5	60	40	37	6.60	-	431	17.4
D-6	36	64	20	-	-	546	15.0
D-7	100	-	31	-	-	640	13.0
D-8	-	100	30	-	-	870	10.0
D-9	30	70	32	2.00	-	402	18.6
D-10	100	-	45	7.10	-	456	16.4

NOTA: Las cantidades indican partes en peso.

TABLA 21. PROPIEDADES DE LOS ADHESIVOS.

FORMULA	RESISTENCIA AL PELADO Kg/cm.(1)	NO VOLATILES % peso	VISCOSIDAD cp(2)	TIEMPO DE SECADO min	ABIERTO Hr	COSTO DE LA FORMULACION \$/Kg (3)
D-1	6.5	23	3 800	10-15	2	1 655
D-2	7	23	4 500	15-20	2	1 790
D-3	7	25	5 500	15-20	2	1 939
D-4	9	25	4 000	10-15	2	2 001
D-5	8	25	5 500	5-10	2	2 263
D-6	6	18	1 500	3-5	1	1 570
D-7	4	17	1 000	3-5	1	1 903
D-8	2	13	400	5-10	0.5	1 220
D-9	8	25	3 800	20-25	2	1 725
D-10	10	25	5 000	15-20	2	2 149

(1) VALOR DETERMINADO A TEMPERATURA AMBIENTE, 9 DIAS DE ENVEJECIMIENTO Y CON UN DINAMOMETRO MANUAL.

(2) VISCOSIMETRO BROOKFIELD MODELO RVF, 25 °C, 20 RPM #4 y # 2 .

(3) EL COSTO UNICAMENTE INCLUYE LA MATERIA PRIMA, SIN CONSIDERAR LOS COSTOS DE PRODUCCION.

TABLA 22. SISTEMAS SELECCIONADOS PARA LAS FORMULACIONES ADHESIVAS.

	TOLUENO	HEXANO	HEPTANO	ACETONA	AC.DE ETILO	
PESO MOLECULAR*	92.13	86.17	100.2	58.08	88.10	
DENSIDAD RELATIVA*	0.868	0.66	0.684	0.791	0.902	
VISCOSIDAD, cp *	0.59	0.29	0.42	0.35	0.44	
SISTEMA PARA D-1						
% PESO (Xi)	56.63	43.37	-	-	-	$\mu = 0.402$
% MOL (Yi)	54.98	45.02	-	-	-	
% VOLUMEN (Vi)	49.82	50.18	-	-	-	
$1/\mu = \sum Yi/\mu_i$	0.9319	1.5524	-	-	-	
SISTEMA PARA D-2						
% PESO (Xi)	89.84	10.16	-	-	-	$\mu = 0.53$
% MOL (Yi)	89.21	10.79	-	-	-	
% VOLUMEN (Vi)	86.36	13.64	-	-	-	
$1/\mu = \sum Yi/\mu_i$	1.5120	0.3721	-	-	-	
SISTEMA PARA D-3						
% PESO (Xi)	52.68	37.95	-	9.37	-	$\mu = 0.398$
% MOL (Yi)	48.72	37.53	-	13.75	-	
% VOLUMEN (Vi)	46.67	44.22	-	9.11	-	
$1/\mu = \sum Yi/\mu_i$	0.8258	1.2941	-	0.3929	-	
SISTEMA PARA D-4						
% PESO (Xi)	58.87	35.85	-	-	5.28	$\mu = 0.4201$
% MOL (Yi)	57.31	37.31	-	-	5.38	
% VOLUMEN (Vi)	53.33	42.13	-	-	4.54	
$1/\mu = \sum Yi/\mu_i$	0.9714	1.2867	-	-	0.1222	
SISTEMA PARA D-5						
% PESO (Xi)	53.32	33.40	-	13.28	-	$\mu = 0.4023$
% MOL (Yi)	48.43	32.44	-	19.13	-	
% VOLUMEN (Vi)	47.68	39.28	-	13.03	-	
$1/\mu = \sum Yi/\mu_i$	0.8208	1.1185	-	0.5467	-	
SISTEMA PARA D-6						
% PESO (Xi)	51.99	21.51	21.51	4.99	-	$\mu = 0.4330$
% MOL (Yi)	50.63	22.40	19.26	7.71	-	
% VOLUMEN (Vi)	45.99	25.02	24.15	4.84	-	
$1/\mu = \sum Yi/\mu_i$	0.8582	0.7723	0.4586	0.2203	-	
SISTEMA PARA D-7						
% PESO (Xi)	51.89	23.02	19.00	6.09	-	$\mu = 0.4282$
% MOL (Yi)	50.07	23.75	16.86	9.32	-	
% VOLUMEN (Vi)	45.94	26.80	21.35	5.92	-	
$1/\mu = \sum Yi/\mu_i$	0.8487	0.8189	0.4014	0.2663	-	
SISTEMA PARA D-8						
% PESO (Xi)	61.23	38.77	-	-	-	$\mu = 0.4162$
% MOL (Yi)	59.63	40.37	-	-	-	
% VOLUMEN (Vi)	54.56	45.44	-	-	-	
$1/\mu = \sum Yi/\mu_i$	1.0107	1.3920	-	-	-	

TABLA 22 . CONTINUACION .

	TOLUENO	HEXANO	HEPTANO	ACETONA	AC. DE ETILO	
PESO MOLECULAR*	92.13	86.17	100.2	58.08	88.10	
DENSIDAD RELATIVA*	0.868	0.66	0.684	0.791	0.902	
VISCOSIDAD, cp *	0.59	0.29	0.42	0.35	0.44	
SISTEMA PARA D-9						
% PESO (Xi)	53.24	38.95	-	7.81	-	
% MOL (Yi)	38.96	38.57	-	11.47	-	
% VOLUMEN (Vi)	47.10	45.32	-	7.58	-	
$1/\mu = \sum Yi/\mu_i$	0.8468	1.3298	-	0.3278	-	$\mu = 0.3993$
SISTEMA PARA D-10						
% PESO (Xi)	47.54	26.23	-	26.23	-	
% MOL (Yi)	40.57	23.93	-	35.50	-	
% VOLUMEN (Vi)	42.90	31.13	-	25.97	-	
$1/\mu = \sum Yi/\mu_i$	0.6876	0.8252	-	1.0144	-	$\mu = 0.3957$

\* FUENTE: EASTMAN - SOLVENT SELECTOR CHART - PUBLICATION # H 167 L  
SEPTIEMBRE 1986.

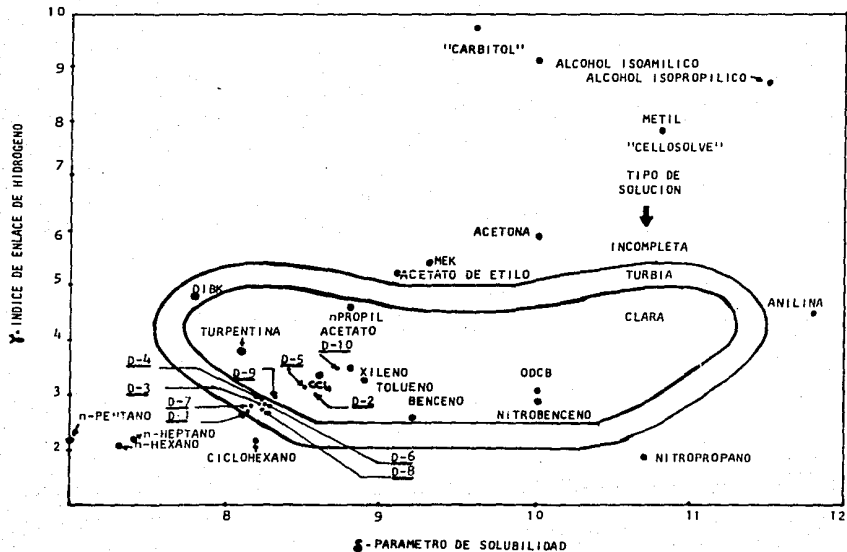


FIG 40 LOCALIZACION DE LOS SISTEMAS SOLVENTES EN LA CARTA DE PODER SOLVENTE.



natural a cuero natural o bien para pegar plantillas de cartón. Aplicación con brocha o espátula.

FORMULACION D-3. Para pegar suelas, piel, gamuza, charol. Aplicación por medio de brocha o espátula.

FORMULACION D-4. Su formulación lo hace especial para el uso en donde se requiere pegar cuero sobre cuero, cuero sobre hule, hule sobre hule, piel, gamuza, charol sobre cuero y neolite. Al igual que los anteriores su aplicación es por medio de espátula o brocha.

FORMULACION D-5. Recomendada para pegar piel, gamuza y charol a neolite o a suela de cuero. También se recomienda aplicarla con espátula o brocha.

FORMULACION D-6. Especialmente diseñada para pegar hule espuma contra si misma, poliuretano rígido espumado con espuma flexible y hule espuma a madera. Este adhesivo puede ser aplicado con brocha, rodillos o con pistola de aire.

FORMULACION D-7. Se puede emplear en el pegado de hule espuma a si misma, espuma rígida a espuma flexible y laminados plásticos a hule espuma. Su aplicación puede ser por medio de rodillos o por pistola de aire.

FORMULACION D-8. Específica para unir hule espuma a si misma y tela a hule espuma. Aplicación por medio de pistola de aire.

FORMULACION D-9. Es útil para unir vinilo a hule espuma, vinilo a vinilo, vinilo a cartón. Su aplicación se efectúa por medio de espátula.

FORMULACION D-10. Es recomendada para el pegado de caucho-las autonotrices sobre superficies metálicas, perfiles de hule poroso a superficies metálicas y felpa sobre superficies metálicas. Su aplicación es por medio de espátula.

Es posible observar que algunas de las formulaciones tienen un uso similar, sin embargo, sus propiedades en cuanto a tiempo

de secado, resistencia, viscosidad y aún en costo de la formulación los hacen diferentes lo cual influye en recomendarlos para ciertos usos, de acuerdo a los requerimientos solicitados.

#### 7.4. DISEÑO EXPERIMENTAL.

En el área de desarrollo de nuevos productos, el trabajo de laboratorio representa un pilar fundamental para la obtención de los resultados deseados, ya que esta actividad proporcionará las bases técnicas para la formulación y fabricación del producto requerido. La experimentación, generalmente, requiere de una considerable inversión de recursos materiales, humanos y monetarios; para optimizarlos se hace necesario estructurar una estrategia del trabajo basada en el diseño experimental, el cual identifica y establece los límites de variabilidad de las propiedades físicas o químicas del producto a desarrollar, de tal forma que se disminuye el área de experimentación mediante aproximaciones sucesivas hacia lo que se pretende obtener.

En el presente trabajo la información técnica recopilada directamente de los trabajos desarrollados por los proveedores y fabricantes de los polímeros de cloropreno, así como la experiencia obtenida en el manejo de los adhesivos a base de neopreno permitieron el generar una metodología de formulación sin emplear directamente el diseño experimental. Esto no implica que al formular las soluciones adhesivas se haya trabajado en una forma aleatoria, por el contrario, la información técnica proporcionada por los fabricantes de los policloroprenos permitió establecer una base sólida para optimizar la formulación de los adhesivos. De esta forma la carta de poder solvente, las gráficas de viscosidad del polímero en solución-vs-porcentaje en peso del polímero, las gráficas de viscosidad del polímero en solución-vs-viscosidad del solvente, la información y experiencia sobre los efectos, en las propiedades del adhesivo, de cada uno de los componentes del pegamento fueron de gran ayuda para conseguir las soluciones adhesivas deseadas.

El no emplear explícitamente el diseño experimental en este trabajo no implica que en estudios sobre otro tipo de pegamentos o sobre otro tipo de elastómeros pueda omitirse esta técnica de trabajo, por lo tanto se recomienda emplear el diseño experimental en aquellos casos en donde no se cuente con la información - técnica necesaria para obtener la formulación deseada de algún - producto.

**C A P I T U L O   V I I I .**  
**R E S U L T A D O S .**

## 8.1. ANALISIS DE RESULTADOS.

Analizando los valores obtenidos, en las propiedades de los adhesivos reportados en el capítulo anterior, se puede decir que se obtuvieron las características deseadas en las formulaciones adhesivas, sin embargo se presentaron algunas excepciones, como son las formulaciones D-7 y D-8 que generaron una película adhesiva de baja resistencia, con base en la prueba de resistencia. No obstante, dichos adhesivos presentaron un buen funcionamiento en las pruebas de pegado con hule espuma a si misma, a tela y a laminados plásticos, substratos en los cuales la película adhesiva tuvo una resistencia superior a la del adherente de hule espuma, esto determinado cualitativamente y despues de 24 horas de - efectuada la unión. También una excepción fué el desarrollo D-8 en lo que respecta a la viscosidad seleccionada, sin embargo no se modificó por presentar una mayor facilidad para el espreado.

Para la resistencia adhesiva se observa que los valores más altos se obtienen en las soluciones con mayor contenido de neopreno AD-20 y de resina reactiva al calor. Por estos motivos, los pegamentos con mayor contenido de no volátiles, como son los desarrollos D-4, D-5, D-9 y D-10 son los que presentan las mayores resistencias adhesivas.

La viscosidad de los adhesivos se ve influida por el contenido de sólidos, como lo ratifican los valores entre las formulaciones D-6, D-7 y D-8 comparándolas con los demás desarrollos, - por el tipo de neopreno y el sistema solvente utilizado. Así, por ejemplo, comparando la formulación D-2 con la D-10, éstas - presentan un valor de viscosidad muy cercano a pesar de que el contenido de sólidos varia en un 2 %, y esto se debe al tipo de neopreno empleado, ya que el WHV-A proporciona adhesivos más viscosos. Por otro lado, comparando las formulaciones D-3 y D-5, -

el sistema solvente juega un papel importante en la viscosidad , esto es, en D-3 se esperaba una viscosidad mayor por contener en mayor proporción al neopreno WHV-A, sin embargo ésto se vio modificado por el sistema solvente, el cual tiene una mayor cantidad de solventes no reales ( hexano, acetona ), provocando así un abatimiento en la viscosidad. Otros aspectos que pueden observarse respecto a esta propiedad, es que a pesar de que las formulaciones desarrolladas con AD-20 debieran presentar viscosidades menores a las desarrolladas con WHV-A, sucede que los valores son muy semejantes. Por ejemplo, D-10 comparada con D-1 y D-2 , la primera tiene una mayor viscosidad lo cual se puede explicar mediante la figura , en donde el sistema solvente D-10 está localizado en una región más cercana a los solventes reales, los cuales provocan que las soluciones tengan una mayor viscosidad.

En cuanto al tiempo de secado, esta propiedad se ve influida en primer lugar por el sistema solvente, como puede verificarse en los sistemas D-6, D-7 y D-8, los cuales contienen un mayor porcentaje de solventes muy volátiles ( hexano, heptano y acetona ), así también, el tipo de neopreno influye en esta propiedad ya que a medida que aumenta el contenido de AD-20 en las formulaciones, como lo demuestran las formulas adhesivas D-3, D-4 y D-5, el tiempo de secado disminuye.

Otro punto importante que resalta en las formulaciones, es el costo, como puede observarse en los adhesivos, a un mismo nivel de sólidos, que contienen mayor cantidad de WHV-A son los que generan costos de materia prima menores, lo que comprueba lo expuesto en la selección de neoprenos en donde se indica que el neopreno WHV-A produce adhesivos más económicos, comparado con el neopreno AD-20.

Finalmente de acuerdo a las recomendaciones que se dan para el uso específico de los adhesivos, se tiene que varias formulaciones pueden adherir los mismos sustratos, sin embargo con base en las características de resistencia, tiempo de secado y el

costo, se puede seleccionar la más apropiada en cuanto a los requerimientos del usuario final. Por lo cual, se puede afirmar que los pegamentos generados cumplen con un rango de propiedades facilitando la selección para usos específicos.

Es necesario aclarar que el análisis realizado a los resultados concuerda con el marco teórico establecido y que no obstante el haber considerado en forma independiente los efectos de cada uno de los componentes, ( neocreno, resina y solvente ), sobre las propiedades del adhesivo y no como efectos compartidos en la mezcla, se obtuvieron las características deseadas de resistencia, viscosidad y estabilidad, lo cual permite establecer que la base técnica, así como el procedimiento seguido proporcionaron los resultados deseados.



## 8.2. CONTRASTACION DE RESULTADOS.

La confiabilidad de los resultados generalmente se finca en un análisis de repetibilidad de estos, en este caso en particular dicha confianza se establece por medio de la contrastación con los datos reportados por la bibliografía. Específicamente se toma como referencia la resistencia de la película adhesiva, por ser la propiedad que está íntimamente relacionada al tipo de neopreno y resina empleada en la formulación adhesiva.

La información referente a la resistencia de la película adhesiva para el neopreno AD-20 se encuentra en el "HANDBOOK OF ADHESIVES" de Irving Skeist, en donde la formulación empleada fue la siguiente:

COMPONENTE	PARTES EN PESO
Neopreno	100
Antioxidante	2
Oxidos metálicos	7
Resina	44
Solvente	610

Los valores de la resistencia de la película adhesiva en una prueba peel a temperatura ambiente se dan a continuación:

ENVEJECIMIENTO	RESISTENCIA (Kgf/cm) 25 C
1 hora	0.18
2 horas	0.36
4 horas	0.71
6 horas	1.43
24 horas	5.71

Para el neopreno tipo WHV-A se reportan los valores de resistencia adhesiva en el boletín técnico "NEOPRENE WHV-A IN SOLUTION ADHESIVES" de la compañía Du PONT, para la formulación:

COMPONENTE	PARTES POR PESO
Neopreno	100
Antioxidante	2
Oxidos metálicos	13
Resina	40
Solvente	620

Los valores de la resistencia adhesiva en la prueba peel a 25 y 80°C son los siguientes:

ENVEJECIMIENTO	RESISTENCIA ( Kgf/cm )	
	25 C	80 C
1 día	7.14	0.71
7 días	6.78	4.28

Contrastando estos valores reportados en la bibliografía - con los obtenidos en las formulaciones se puede comprobar que - los resultados, en cuanto a la resistencia adhesiva, proporcionados por las formulaciones aquí presentadas son confiables, además de estar dentro del rango normal para este tipo de pegamentos, exceptuando las formulaciones D-7 y D-8 las cuales son para un uso final especial.

CAPITULO IX .  
CONCLUSIONES .

En forma general, la información recopilada en los primeros cuatro capítulos cumple con el propósito de proporcionar un panorama de lo que son los adhesivos y su situación en la industria, específicamente, en la industria mexicana. El contenido a este respecto establece la evolución de los adhesivos empleados por el hombre, desde tiempos muy remotos hasta la era moderna, así como las clasificaciones de que son objeto y la relación que guardan el adhesivo y el adherente en el mecanismo de la adhesión lo cual conlleva a un mayor entendimiento sobre las propiedades físico-químicas que gobiernan la unión de dos superficies.

Los datos sobre las industrias que emplean adhesivos dan una visión más amplia del campo de uso de los pegamentos, así como el tipo de mezclas adhesivas más empleadas en determinadas industrias. Por otro lado, el análisis sobre los volúmenes de producción y consumo de los distintos adhesivos producidos en México establecen la situación y papel que juegan estos productos en nuestro país, concluyéndose que uno de los más importantes es el fabricado a base de policloropreno, cuyo mayor consumo lo realizan la industria del calzado y la industria automotriz. Esto respalda y justifica la elección de desarrollar un tema sobre este tipo de adhesivos.

Respecto a esto último se concluye que la información técnica recopilada sobre el tema de los policloroprenos conformó la base para la selección de las materias primas, así como también fué un apoyo para la formulación de los adhesivos a base de policloropreno. Por lo tanto, al agrupar la información técnica necesaria se logró delinear el procedimiento apropiado para obtener en el laboratorio las mezclas adhesivas deseadas, cumpliendo el objetivo principal que era formular adhesivos a base de policloropreno que cubrieran los requerimientos de la industria del calzado y automotriz. Es importante que se tenga presente que en los casos en donde no exista la información técnica suficiente como para conformar un procedimiento de formulación, se hace

necesario y es recomendable emplear el diseño experimental para delimitar el área de experimentación y de esta forma obtener un ahorro en el tiempo de formulación.

En resumen el trabajo concluido cumple con los objetivos generales, proporcionando una visión más amplia y completa, de la evolución de los adhesivos, su definición, la clasificación de las propiedades involucradas en el mecanismo de la adhesión y la forma en que estas propiedades pueden ser evaluadas mediante pruebas estándar. Otro objetivo general que se cumplió fue el mostrar un panorama de los adhesivos en la industria y tipo de adhesivos que se emplean, así como la posición de estas sustancias en la industria mexicana con base en datos de producción y consumo.

Los propósitos particulares también se lograron al recopilar información técnica directa de expertos en la materia, lo que permitió establecer la base para obtener los resultados positivos esperados en cuanto a la formulación de los adhesivos a base de policloropreno. Además, el conjunto de adhesivos desarrollados cumplen con los usos y requerimientos específicos de la industria del calzado y de la industria automotriz.

No obstante, el haber estructurado un trabajo que da a conocer los aspectos más importantes en el área del desarrollo de adhesivos a base de policloropreno, así como los factores que influyen en las propiedades de estas mezclas, es necesario mencionar que el campo de estos pegamentos es aún más extenso, ya que pueden ser utilizados en otro tipo de industrias en donde se requieren características diferentes a las formulaciones obtenidas. También los neoprenos pueden ser combinados con otro tipo de elastómeros como el estireno-butadieno, acrilonitrilo-butadieno, hule natural, etc. o bien pueden emplearse otras resinas diferentes a las aquí empleadas con el fin de generar adhesivos con características particulares de resistencia, afinidad a más sustratos o para otra gran variedad de usos. Estos aspectos

permiten el recomendar el desarrollo de investigaciones sobre los efectos en las mezclas adhesivas al combinar los neoprenos con otro tipo de elastómeros y resinas, así como el realizar pruebas con el fin de obtener una adhesión a una gama más amplia de sustratos.

Por otro lado, la creciente preocupación por cuidar el medio ambiente, así como evitar los peligros de fuego, explosión y toxicidad asociados con los productos a base de solventes, abre un campo de estudio sobre los adhesivos formulados a base de latex de neopreno, los cuales tienen una técnica propia para su producción y presentan características exclusivas, propiciando de esta forma una área de investigación sobre su formulación y utilización.

Esta información técnica recopilada proporciona la pauta para que las personas interesadas en este campo se formen una idea del panorama de estos productos a nivel industrial, así como también obtenga los conocimientos básicos y encuentre un procedimiento, no solamente, para la formulación de adhesivos a base de neopreno sino que también pueda modificar a sus deseos un adhesivo ya formulado, teniendo siempre presente que este tipo de adhesivos y sus materias primas, así como los requerimientos de uso, están en constante desarrollo por lo cual un formulador tiene que procurar estar siempre actualizado al respecto.

BIBLIOGRAFIA .

BIBLIOGRAFIA

REVISTAS

- 1.- Kelly D.J., and McDonald J.W.  
SOLUTION COMPATIBILITY OF NEOPRENE WITH ELASTOMERS AND RESINS.  
Du PONT Company - Elastomer Chemical Department, May 1978  
pp. 4 - 8
- 2.- McDonald J.W., and Keown R.W.  
FACTOR AFFECTING PHASING IN NEOPRENO SOLUTION ADHESIVES.  
Du PONT Company - Elastomer Chemical Department, May 1978  
pp. 3 - 6.
- 3.- Dr. Dollhausen M., and Jung Dieter.  
ADHESIVOS A BASE DE BAYPREN - FORMULACION.  
BAYER DE MEXICO, S.A., División Productos Químicos,  
Mayo 1982, pp.1 - 18
- 4.- Dr. Dollhausen Manfred.  
ADHESIVOS MODERNOS PARA SUELAS DE CALZADO, CARACTERISTICAS Y METODOS DE PRUEBA.  
BAYER DE MEXICO, S.A., División productos Químicos,  
Mayo 1982, pp. 3 - 12.
- 5.- Garret R. R., and Lawrence R. L.  
FACTORS AFFECTING PHASING OF NEOPRENE SOLVENTS ADHESIVES.  
ADHESIVE AGE, Oct. 1966, pp. 1 - 6.
- 6.- ANONIMO.  
ADHESIVOS DE NEOPRENO A BASE DE DISOLVENTES.  
Du PONT Company - Elastomer Chemical Department, May 1978  
pp. 3 - 16



7.- ANONIMO.

ELECTROSTATIC CHARGE BUILDUP WHEN HANDLING  
NEOPRENE.

Du PONT Company - Elastomer Chemical Department, May 1978  
pp. 5 - 7.

8.- ANONIMO.

FACTORES QUE AFECTAN LA VISCOSIDAD EN  
SOLUCION EN SISTEMAS NEOPRENO/SOLVENTE.

Du PONT Company - Elastomer Chemical Department, May 1978  
pp. 3 - 11.

9.- ANONIMO.

NEOPRENE WHV - A IN SOLUTION ADHESIVES.

Du PONT Company - Elastomer Chemical Department, May 1978  
pp. 5 - 7.

10.-ANONIMO.

SOLVENT SYSTEMS FOR NEOPRENE.

Du PONT Company- Elastomer Chemical Department, May 1978  
pp. 3 - 6.

11.-ANONIMO.

TOXICITY AND SAFE HANDLING GUIDELINES FOR  
Du PONT NEOPRENE SOLID POLIMERS.

Du PONT Company - Elastomer Chemical Department, May 1978  
pp. 1 - 2.

12.-ANONIMO.

ADHESIVOS A BASE DE BAYPREN - TIEMPO ABIERTO.

BAYER DE MEXICO, S.A., División Productos Químicos, 1975  
pp. 2.

13.-ANONIMO.

ADHESIVES BASED ON BAYPREN - HOW SOLVENTS  
AFFECT THE SETTING.

BAYER DE MEXICO, S.A., División Productos Químicos, 1969  
pp.2 - 6.

14.- ANONIMO.

RAW MATERIALS FOR ADHESIVES.

BAYER DE MEXICO, S.A., División Productos Químicos,  
Junio 1980, pp. 2.

15.- ANONIMO.

ELASTOMER AND ADHESIVES ENGINEERING  
RESIN SELECTOR.

SCHENECTADY CHEMICAL INC., 1988, pp. 1 - 5.

16.- ANONIMO.

PHYSICAL PROPERTIES OF COMMON ORGANIC SOLVENTS.  
THE SOLVENTS AND CHEMICAL COMPANIES, 1976.

17.- ANONIMO.

SOLVENT SELECTOR CHART.  
EASTMAN CHEMICAL PRODUCTS, Sept. 1986

LIBROS

1.- Irving Skeist.

HANDBOOK OF ADHESIVES.

VAN NOSTRAND REINHOLD COMPANY, 2 Edición, 1977  
p.p. 4 - 11, 16 - 32, 92 - 102, 343 - 361, 403 - 410.

2.- Howink R., and Salomon G.

ADHESION AND ADHESIVES

NEW YORK, ELSEVIER, 2 Edición, 1967

3.- Kirk E. Raymond, and Othmer F. Donald.

ENCYCLOPEDIA OF CHEMICAL TECHNOLOGY.

THE INTERSCIENCE ENCYCLOPEDIA INC., NEW YORK, 1953  
Vol. I, pp. 191 - 205, Vol. XI, pp. 852 - 856.

4.- Asociación Nacional de la Industria Química.

ANUARIO DE LA INDUSTRIA QUIMICA.

ANIQ., 1987.

**ANEXOS .**

ANEXO 1  
PROCEDIMIENTO PARA DETERMINAR  
VISCOSIDAD.

- 1.- Se coloca la muestra del pegamento en un frasco de vidrio de 500 ml de capacidad, ajustándose la temperatura a 25°C
- 2.- Seleccionar el número del vástago y las rpm. adecuados para determinar la viscosidad. Con estas variables fijas se toma el factor del viscosímetro Brookfield RVF de las tablas de este aparato.
- 3.- Fijar el vástago en el viscosímetro e introducir en el seno del adhesivo hasta la marca, en forma de canal, que tiene el vástago.
- 4.- Calibrar el viscosímetro a cero.
- 5.- **Presionar** el frenillo de la aguja lectora y encender el viscosímetro, dejando que la aguja recorra en tres posiciones la escala para permitir que se equilibren las fuerzas de rozamiento.
- 6.- Soltar el frenillo y tomar la lectura, después de que la aguja permanezca estable.
- 7.- El valor de la viscosidad se determina multiplicando la lectura por el factor del viscosímetro. Las unidades son en cp.

ANEXO 2

PROCEDIMIENTO PARA DETERMINAR  
PORCENTAJE DE SÓLIDOS.

- 1.- Pesar tres charolas en una balanza de precisión.
- 2.- Colocar un poco de material en cada una de las charolas - y volver a pesar.
- 3.- Introducir las charolas de aluminio a la estufa, dejándolas durante una hora a una temperatura de 125°C.
- 4.- Transcurrido este período se secan las charolas y se dejan enfriar a la temperatura ambiente y se determinan los no volátiles de la siguiente forma:

$$\% \text{ NO VOLATILES} = ( P_3 - P_1 ) / ( P_2 - P_1 )$$

DONDE:

$P_1$  = PESO DE LA CHAROLA

$P_2$  = PESO DE LA CHAROLA CON LA MUESTRA HÚMEDA.

$P_3$  = PESO DE LA CHAROLA CON LA MUESTRA SECA.

ANEXO 3

PROCEDIMIENTO PARA DETERMINAR  
RESISTENCIA ADHESIVA.

- 1.- Preparar dos especímenes de vinilo con las siguientes medidas; largo= 12 Plg. , ancho= 2 Plg.
- 2.- Aplicar el adhesivo con una espátula o brocha, en los especímenes, a lo largo de 9 pulgadas, tratando de dejar una película uniforme.
- 3.- Dejar secar la película durante 15 minutos, a temperatura ambiente, y después unir a traslape los dos especímenes de prueba.
- 4.- Prensar durante 15 minutos y dejarlos envejecer durante 9 días.
- 5.- Transcurrido el tiempo de envejecimiento se realiza la prueba de resistencia, aplicando una fuerza a 180 grados en relación al plano de la película adhesiva. La fuerza se mide con un dinamómetro manual.
- 6.- La resistencia adhesiva se reporta en  $Kg_f/cm$ , lo cual indica la fuerza necesaria para desprender un centímetro de la unión adhesiva.

NOTA: Este procedimiento es el mismo que se sigue para determinar cualitativamente la unión en substratos específicos.

ANEXO 4  
PROCEDIMIENTO PARA DETERMINAR  
TIEMPO ABIERTO.

- 1.- Recortar tiras de material ( cuero, piel, hule, vinilo , - etc. ) de tamaños iguales.
- 2.- Aplicar una película uniforme, del adhesivo a prueba, en varias tiras de material seleccionado. y dejarlas en reposo.
- 3.- En determinados, intervalos de tiempo, unir manualmente, ejerciendo una ligera presión cada vez, dos tiras semejantes.
- 4.- Comprobar también manualmente, si se ha producido una unión, en caso contrario ello quiere decir que ya ha transcurrido el tiempo abierto.
- 5.- Realizar nuevamente el procedimiento, uniendo las tiras en el intervalo de tiempo en donde se efectúa la última unión del punto 4. Realizando el punto 3 a intervalos de tiempo más cortas con el fin de determinar más correctamente el tiempo abierto.

NOTA: Este procedimiento de ensayo no toma en cuenta las diferencias de material, temperatura ambiente y humedad relativa, como tampoco las diferencias de presión y tiempo de apretado, que pueden influir en estas determinaciones.

Si se desea un procedimiento que tome en cuenta estos factores remitirse al boletín:

"ADHESIVOS DE CONTACTO A BASE DE BAYPREN, TIEMPO ABIERTO " .