



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

Obtención de Adhesivos a Partir de Aguarrás y Acido Nítrico Fumante

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO QUIMICO
PRESENTA
Ernesto Martiniano Ibarra Núñez
MEXICO, D. F. 1978



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 esta 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.

CLAS TESIS 1978

ABO M.T. 239

FECHA _____

PRBC _____

• 239



A MIS PADRES,

COMO RECOMPENSA A SUS ESFUERZOS.

A MI TIA RAQUEL,

POR SU CARIÑO DE MADRE HACIA NOSOTROS.

A MI ESPOSA,

CON AMOR Y ETERNO CARIÑO POR SU COMPRESION.

A MIS HIJOS:

MARCO ANTONIO

CLAUDIA EDITH

DALIA ALMARA,

COMO UN PEQUEÑO OBSEQUIO EN SU INFANCIA.

A MIS HERMANOS,

POR EL CARIÑO QUE SIEMPRE NOS HA UNIDO.

A MIS MAESTROS,

CON GRATITUD, POR LOS CONOCIMIENTOS ADQUIRIDOS.

A MIS AMIGOS,
POR LA AMISTAD QUE PERDURA.

A ANTONIO RAMIREZ C.,
ISSAC TRONCOSO.,
POR SU VALIOSA COOPERACION.

PRESIDENTE	PROF. JULIO TERAN ZAVALETA.
VOCAL	PROF. ANTONIO REYES CHUMACERO.
SECRETARIO	PROF. FERNANDO ITURBE HERMANN.
1er. SUPLENTE	PROF. ROLANDO A. BARRON RUIZ.
2o. SUPLENTE	PROF. MARGARITA GONZALEZ TERAN.

Sitio donde se desarrollo el tema:

Laboratorio de Plásticos y Silicones.

Facultad de Química.

U. N. A. M.

SUSTENTANTE

ERNESTO MARTINIANO IBARRA NUÑEZ.

ASESOR

Q. JULIO TERAN ZAVALETA.

I N T R O D U C C I O N .

Son muchos los factores que han contribuido al crecimiento de la industria de los adhesivos, no se avisa el final para los nuevos materiales, nuevas formulaciones y nuevos usos - en donde se podrán, en el futuro, aplicar los adhesivos.

No hay un adhesivo ideal que pueda resolver todos los problemas de ligaduras; tal producto nunca podrá ser inventado. Los adhesivos son un campo complejo de rápido crecimiento, que ofrece un reto y una recompensa a todos aquellos que están comprometidos en el avance de la tecnología de los adhesivos.

Si se pretendiera hacer un análisis estadístico de la industria de los adhesivos, no se encontrarían datos precisos. - Los adhesivos y sus materias primas son producidos por diferentes tipos de negocios -- almidón, empacadoras de carne, procesadoras de vegetales, hule -- y por la industria química. las formulaciones se elaboran para satisfacer una necesidad o necesidades especiales. Por lo tanto no hay uniformidad en ningún producto ni un final de los usos existentes.

Tomando en cuenta que la mayoría de las materias primas para adhesivos se importan y resultan a costos elevados, es por eso que, tomando como base el aguarrás o esencia de trementina e investigaciones hechas sobre su posible polimerización, se procedió a la realización de estudios con ácido nítrico fumante para la obtención de adhesivos cuyo costo no fuera tan -

elevado (ya que, un adhesivo que contenga agua o solvente pue de requerir tal cantidad de tiempo de secado y el equipo necesario para dicho secado, que lo convierte en mucho más caro - que un adhesivo de fundido en caliente), su producción no fue ra tan compleja y tuviera múltiples aplicaciones tanto en la - industria como en el hogar y la oficina, por lo tanto las mate rias primas utilizadas ya no serían de importación y ésto se - traduce en una economía y un beneficio para el país, creandose nuevas fuentes de trabajo.

¿ A Conde nos llevarán las nuevas técnicas científicas ?
¿ Que nos reserva el futuro ? Hemos de reconocer que existen - poderosas fuerzas que empujan a los adhesivos a campos más im portantes del mercado. Los adhesivos conducen por si mismos ha cia la prefabricación y automatización. Estas fuerzas trabajan en conjunto para colocar la industria de los adhesivos en un - firme plano científico. Se está haciendo evidente que la formu lación y aplicación está dejando de ser un arte para convertir se en una ciencia. Uno de los desarrollos más significativos - de los últimos años ha sido la investigación sobre la formula ción de los adhesivos mediante el uso de computadores que, ade cuadamente programados, están desempeñando excelente papel en muchos campos y se está acercando rápidamente la época en que los computadores serán utilizados con éxito dentro de la indus tria de los adhesivos.

La conclusión es que un futuro extremadamente brillante está esperando a la industria de los adhesivos. Las fuerzas -

económicas están acelerando la demanda de adhesivos. La técnica está avanzando en todos los frentes. La bibliografía al respecto va en aumento. Las universidades y escuelas superiores - están estudiando cursos de diferentes grados de la química de los adhesivos.

En éste caso específico, la obtención de adhesivos a partir de aguarrás y ácido nítrico fumante, de todas las investigaciones llevadas a cabo, solo es posible obtener adhesivos de tipo primario o sea aquellos adhesivos sensitivos a la presión, ya que el adhesivo no llega a una completa polimerización, por lo tanto, no se puede usar como un adhesivo para uniones permanentes, sino solo para aquellos usos que proporcionan éste tipo de adhesivos tales como: retenido o empaquetado, enmascarado, sellado, protegido, reforzado, empalmado, estarcido, identificado, empacado y aislante. Todo esto gracias a que las cintas adhesivas sensitivas a la presión tienen facilidad de aplicación, seguridad y diseños que ahorran tiempo y trabajo.

GENERALIDADES .

Existen diferentes métodos de clasificar a los adhesivos, considerando que los adhesivos son esencialmente polímeros, se pueden enunciar de la siguiente forma:

TERMOFIJOS.- Las resinas termofijas son sustancias orgánicas sintéticas que pueden ser transformadas, por medio de una reacción química, a un sólido insoluble, permanentemente duro y prácticamente infusible. Estas resinas son polímeros en trecruzados que reaccionan por polimerización para formar sólidos generalmente rígidos y de gran resistencia. Las resinas termofijas generalmente poseen un alto módulo de elasticidad, no favorecen la combustión y resisten la acción de la mayoría de los reactivos químicos. Los sistemas termofijos no funden por calor, pero sí se deterioran o descomponen a altas temperaturas.

TERMOPLASTICOS.- Las resinas termoplásticas, a diferencia de las termofijas, son solubles y fusibles. Son frecuentemente usadas en la adhesión de metales y plásticos y generalmente se adhieren bien a ambos. Sin embargo no se prestan, como adhesivos, para soportar altas cargas especialmente si van a estar sujetas a temperaturas cercanas a su punto de fusión. Las resinas termoplásticas son algunas veces mezcladas con resinas termofijas para formulaciones específicas.

ELASTOMERICOS.- Las resinas elastoméricas se utilizan am

pliamente para modificar los sistemas termoplásticos y termofijos. Como ejemplo se tiene la adición de hule sintético a las resinas fenólicas para combinar la extensibilidad y la buena adhesión con la alta resistencia mecánica y adhesión específica respectivamente. Las resinas elastoméricas caen en dos categorías, naturales y sintéticas. Un verdadero elastómero es generalmente definido como un material que se estira de 3 a 5 veces su tamaño natural sin pérdida inherente de sus propiedades elásticas.

Cuando se emplea como agente modificador para otras resinas, generalmente trasmite flexibilidad; también son usadas con frecuencia, ligeramente modificadas, para selladores; cuando se utilizan sin ningún aditivo, les falta resistencia para aplicaciones estructurales. (1)

Otra forma de clasificar a los adhesivos es de acuerdo al estado que presenta en el momento de su aplicación, así se tienen:

LIQUIDOS A TEMPERATURA AMBIENTE.

- a).- La unión de los sustratos debe efectuarse cuando aún se encuentra gran parte del solvente presente.
- b).- El solvente, generalmente agua, debe evaporarse a través de uno de los sustratos. Estos productos se usan como adhesivos solamente durante el proceso de eliminación del solvente. Su pegajosidad inicial es prácticamente nula, incrementandose rápidamente al realizarse la evaporación y alcanzando el máximo con una eliminación de aproximada-

mente 80 a 90% de solvente. Cuando se termina la evaporación del solvente cesará la pegajosidad y generalmente no es posible volver a activar la película seca final.

Una característica de éstos adhesivos es su gran economía, no solo en costo, sino que también ellos pueden aplicarse con equipo simple y por lo tanto económico; la característica más importante que presentan los adhesivos de éste grupo es su alto contenido de sólidos y la viscosidad más baja posible.

LIQUIDOS A ALTA TEMPERATURA.

La adherencia de éste grupo de adhesivos es muy parecida a la del grupo anterior, es decir, nula al principio o sea en estado líquido alcanzando el máximo cerca del punto de fusión y prácticamente cesando cuando se solidifica. Sus características son:

- a).- Su aplicación requiere maquinaria simple y económica, ya que el secado o evaporación del solvente no es necesario.
- b).- Contribuyen a la impermeabilidad del producto final la cual por supuesto, varía en proporción directa al espesor de la película de adhesivo aplicada.
- c).- Estos adhesivos transmiten al producto final una resistencia al agua. Hay poca flexibilidad y baja resistencia al calor. Esta última característica restringe ampliamente el uso de éstos adhesivos.

SENSITIVOS A LA PRESION.

Estos adhesivos no requieren de solventes para su aplicación ya que son pegajosos. La cualidad más sobresaliente obte-

nida con el uso de éstos adhesivos es la gran flexibilidad que imparten al producto final. Los otros adhesivos no producen un efecto similar. Este tipo de adhesivos lo describiremos más ampliamente ya que es la parte medular de este trabajo.

CASI SECOS, ACTIVADOS POR CALOR Y PRESION.

Este tipo de adhesivos son los llamados de sellado en caliente. Estos son los más caros y su uso adecuado requiere de maquinaria costosa y especializada. Los productos finales que se obtienen, tienen propiedades excelentes en relación con otros adhesivos y resistencia al agua y a las sustancias químicas.

SECADO DE LOS ADHESIVOS.

No en todos los tipos de adhesivos es necesario eliminar todo el solvente. En los adhesivos de tipo de curado es donde se requiere eliminar el solvente. En un secador, las temperaturas de operación deben ajustarse para que las características de las películas de los adhesivos usados sean las apropiadas.

Las temperaturas de un secador están gobernadas principalmente por el espesor de la película, el solvente, volumen de aire y adhesivos.

CURADO DE ADHESIVOS.

El curado, es simplemente la polimerización de los prepolímeros de que consta el adhesivo haciendo uso de los grupos activos correspondientes.

Cuando el adhesivo a curarse, requiere primero de una etapa de secado, es aquí donde se inicia aunque en una canti-

dad despreciable la etapa del curado, el curado final se alcanza cuando el producto final es aplicado al soporte y en un tiempo variable, dependiendo del tipo de adhesivo, la eficacia del secado, la naturaleza del soporte, etc.

Se puede decir que el curado del adhesivo es el proceso de polimerización del adhesivo. Existen varios tipos de polimerización, la aditiva y la condensante. (2)

Al proceso por medio del cual, moléculas de una o más sustancias se unen entre sí para formar cadenas macromoleculares dando origen a nuevas entidades químicas, se le llama polimerización.

Polimerización Aditiva.- Es aquella en la que el eslabón monómero mínimo es atómicamente idéntico a la molécula del reactivo original, variando solo la posición de ciertos enlaces y sin haber liberación de subproductos.

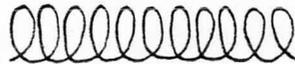
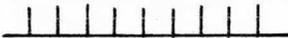
Polimerización Condensante.- La unidad monómera difiere atómicamente de las moléculas iniciales, habiendo además liberación de subproductos inorgánicos de composición sencilla (agua, NaCl, etc.).

Dentro de la polimerización aditiva existen los siguientes subtipos:

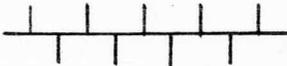
Isoadición.- Es el eslabonamiento de moléculas de un mismo compuesto. En este caso las unidades monómeras se unen entre sí dando cadenas largas cuyas valencias inicial y final están ocupadas por restos de catalizador que interviene en el proceso o por impurezas en la materia prima original. La uni--

dad monómera es simétrica, pero cuando el reactivo tiene un radical que por su posición haga asimétrica a la unidad monómera se podrán obtener polímeros en el espacio que por su configuración podrán ser de 3 tipos:

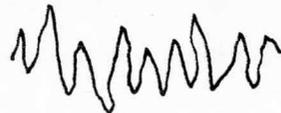
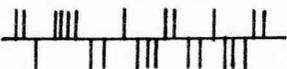
a).- Isotácticos.- En estos, el radical que proporciona una - asimétrica en la molécula se encuentra alineado en un mismo lado de la macromolécula. Este fenómeno produce un enroscamiento periódico en la misma, produciendo una espiral en la macromolécula y dando lugar por esto a una flexibilidad característica de la misma. Se representa así:



b).- Sindiotácticos.- Aquí el radical que proporciona una asimétrica a la molécula se encuentra alternando en la cadena, fenómeno que produce rigidez en la macromolécula, la cual se representa como:



c).- Atáctico.- Aquí la configuración en el espacio es caótica, o sea, no hay periodicidad en la situación del radical - que produce asimétrica en la molécula, causando una flexibilidad variable a las macromoléculas, se representa como:



Interadición.- Tiene lugar cuando se encadenan moléculas

de 2 o más compuestos, sin haber eliminación de subproductos.

Heteroadición.- Aquí uno de los reactivos no polimeriza consigo mismo, pero el otro si, e induce al primero a unirsele; no hay formación de subproductos.

Ortoadición.- Cuando ninguno de los 2 reactivos tienen capacidad para recombinarse consigo mismos, no habiendo eliminación de subproductos.

Dentro de la polimerización condensante existen los siguientes subtipos:

Isocondensación.- Es la autopolimerización de las moléculas de un mismo reactivo, habiendo subproductos en la reacción.

Intercondensación.- Tiene lugar cuando se encadenan moléculas de 2 o más compuestos, habiendo eliminación de subproductos.

Heterocondensación.- Uno de los dos reactivos no polimeriza consigo mismo, pero el otro si e induce al primero a unirsele, hay subproducto.

Ortocondensación.- Ninguna de las sustancias reaccionantes se recombina consigo misma, hay liberación de subproductos de composición orgánica sencilla.

Así entonces, ya eliminado el solvente, los grupos funcionales se vuelven muy activos, iniciando el proceso de curado, el cual nos brinda una fuerza de adhesión inicial alta, uniones finales correctas y reproducibles, dando en general un buen producto final.

L A U N I O N A D H E S I V A .

Solo se pueden obtener ligamentos adhesivos fuertes y permanentes si existe un número favorable de factores. Aún en las aplicaciones industriales en donde no se requiere que las ligaduras adhesivas lleguen a los últimos extremos de fuerza y confiabilidad, es muy conveniente saber el grado de comportamiento que pueden obtener. Con estos conocimientos, puede ser posible reducir costos haciendo las juntas más reducidas, mediante procesos menos costosos o por medio de reducir el porcentaje de especímenes que se tengan que destruir en las pruebas de control de calidad.

PRINCIPIOS GENERALES.

Se puede usar una gran variedad de materiales como adhesivos, sin embargo, en general, los sistemas adhesivos tienen estas cosas en común:

a).- En el momento en que va a llevarse a cabo la unión entre el adhesivo y los sólidos (sustratos), es necesario que el adhesivo esté en contacto físico con el sustrato en todos sus puntos, el adhesivo puede ser líquido o un adhesivo sólido que fácilmente pueda ser deformado. Esto es necesario ya que por medio del flujo o la deformación es como el adhesivo se debe amoldar, por si mismo, íntimamente a la aspereza de los sólidos, y prácticamente todas las superficies se presentan como ásperas a un objeto tan pequeño como es una molécula de adhesi

vo.

b).- Durante el proceso de fraguado del adhesivo, ya sea por curado, enfriado, secado o de cualquier otra manera, el adhesivo se vuelve más duro y fuerte durante el tiempo en que la liga se está formando o muy poco tiempo después (excepto con las cintas sensitivas a la presión). Esto debe ser cierto en todos los casos en que se obtengan juntas de alta resistencia.

c).- El adhesivo debe compartir cierta atracción mutua con las áreas de las superficies sólidas.

d).- El adhesivo debe tener la fuerza y la dureza de resistir la falla en la línea de encolado dentro de las condiciones a las que la junta esté sujeta en el servicio.

e).- Conforme los adhesivos se curen, enfrien, sequen o eliminan solventes, envejeczan, etc., éstos no deben encogerse in debidamente, haciendo que se establezcan tensiones excesivas internas en la junta; es más, el volumen de adhesivo en la unión debe ser el suficiente como para llenar la junta.

f).- Los adhesivos deben ser convenientemente resistentes a la corrosión o contra hinchazones o aumentos de volumen causados por líquidos o gases del medio ambiente. Deberán proteger a las superficies del sólido en donde se van a aplicar o si no, las superficies deberán ser resistentes, por sí mismas, contra estos ataques.

g).- Para lograr una ligadura fuerte es necesario que, en el momento en que el adhesivo se aplique a la superficie del

sólido, estas superficies estén limpias de polvo, óxidos, líbres de cualquier otro material que debilite el ligamento como aceites y sales.

h).- Deben tener un medio de escape los materiales entrampados en los intersticios de las superficies, tales como aire, - humedad, solventes, o de otros gases o materiales volátiles.

i).- El diseño de la unión debe ser el apropiado para sopor tar la magnitud y todos los tipos de carga en los que esté sujeta en su servicio.

EXTENDIDO.

Siempre y cuando el sustrato o soporte al cual se va a - aplicar el adhesivo esté libre de contaminación, verdaderamente liso y plano y que el adhesivo, en el momento de la aplicación, tenga una viscosidad muy baja, se puede poner una gota - del adhesivo en el sustrato y, en corto tiempo, las orillas de la gota formarán un ángulo de equilibrio Θ con la superficie - del sólido. Este ángulo estará en equilibrio cuando las fuer-- zas de la superficie en las orillas de la gota estén balanceadas. Estas fuerzas de la superficie, medidas en dinas/cm², son idénticas numérica y dimensionalmente a las energías libres de las mismas superficies, expresadas en ergios/cm². Si las gotas se extienden en una película delgada que no se puede medir, el ángulo de contacto es cero; en realidad el adhesivo se ha ex-- tendido muy bien no dejando duda alguna de que el adhesivo ha mojado bien al sólido y que está en íntimo contacto con él. - Por otro lado, si la gota no se extiende sobre la superficie -

muy lisa y pulida o aún retrocede causando que el ángulo de contacto Θ sea muy alto, da la indicación que el adhesivo tiene muy poca afinidad con el sustrato. La siguiente ecuación nos permite definir más específicamente esta falla:

$$\cos \Theta = \frac{\gamma_{sv} - \gamma_{sl}}{\gamma_{lv}} = \frac{A}{\gamma_{lv}} \dots\dots\dots (1)$$

Cuando A, la tensión de adhesión = $\gamma_{sv} - \gamma_{sl}$

En otras palabras, el coseno del ángulo de contacto Θ en equilibrio es igual a la tensión de la superficie del sustrato γ_{sv} menos la tensión interfacial entre el adhesivo y el sustrato γ_{sl} dividida por la tensión de la superficie del adhesivo γ_{lv} (fig. 1); se favorece el extendido del adhesivo y el ángulo de contacto es bajo cuando:

a) El sustrato está libre de contaminación y posee una respetable superficie apta para el adhesivo (alto γ_{sv}).

b) El adhesivo tenga una verdadera afinidad por el sustrato (bajo γ_{sl}).

c) La tensión de la superficie del adhesivo γ_{lv} es baja. (3)

Cuando un adhesivo falla al expandirse sobre una superficie muy lisa para alcanzar un ángulo de contacto bajo, el problema puede estar en la superficie del sustrato por encontrarse oleosa o empolvada, o que el adhesivo no tiene afinidad por ella, también puede ser que el adhesivo tenga alta tensión de superficie, o esté muy viscoso para que pueda fluir rápidamente.

Cuando la tensión de adhesión, A, ecuación 1, excede la tensión de superficie del adhesivo, γ_{lv} , el valor del coseno Θ

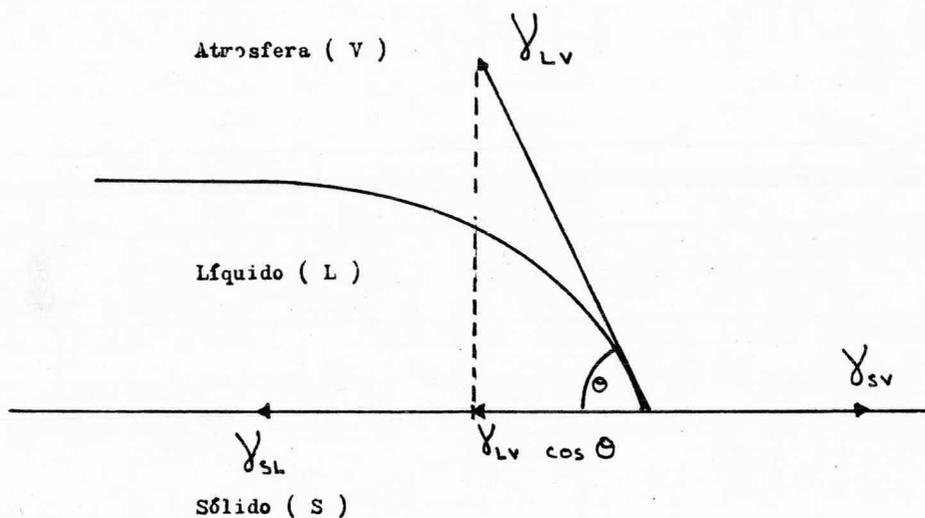


Fig. 1.- Equilibrio de las fuerzas alrededor del ángulo de contacto.

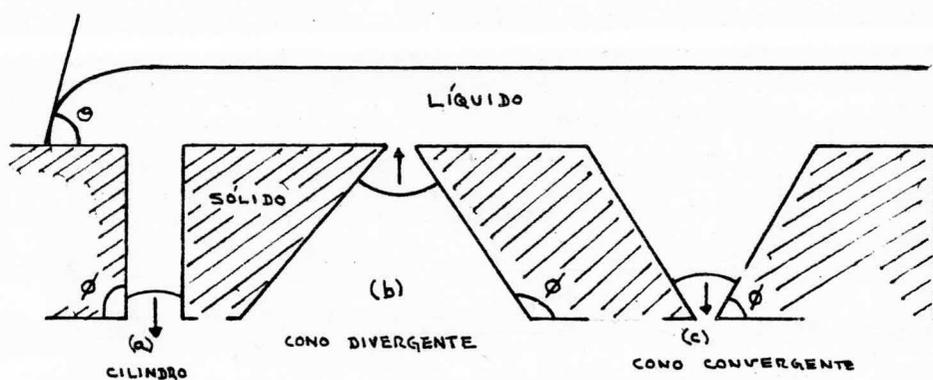


fig. 2.- Efecto de la forma del poro sobre la presión capilar.
Las flechas indican la dirección por la cual el líquido quiere fluir.

es mayor que la unidad. A este valor, que no tiene ningún significado geométrico, se le llama "K" y quiere decir que la superficie verdaderamente está ávida del líquido.

Los solventes orgánicos y los polímeros tienen tensiones de superficie más bajas que los del agua. Comparados con el agua, generalmente son más altas sus tensiones interfaciales con las superficies hidrofílicas; sin embargo, el efecto total de sustituir a los solventes orgánicos por el agua en las superficies hidrofílicas, es el de aumentar el $\cos \theta$ o "K". Por ejemplo, un asfalto tiene una tensión de superficie de 26 ergios/cm² y una tensión interfacial al agua de 30 ergios/cm² por lo que su "K" sobre una superficie hidrofílica es de alrededor de 1.7 En general, el agua se extenderá sobre una superficie hidrofílica, si ésta está libre de cualquier contaminación hidrofóbica (aceitosa). Si la superficie es por si misma hidrofóbica, una gota de agua que se ponga en ella tendrá un ángulo de contacto alto el cual no es muy sensitivo a la contaminación; en este caso, un solvente orgánico de hidrocarburo puro tal como el benceno o el hexano son mejores materiales de prueba.

ASPEREZA.

Se ha discutido la expansión de los líquidos o adhesivos sobre una superficie verdaderamente lisa y pulida. Pero, en la práctica, otros sustratos que no sean vidrio pulido o superficies de metal de aspecto de espejos, etc., son, en lo general, apreciablemente ásperos, con picos y valles, o poros o capila-

ridades. Es más, algunas veces se usan baños de ácidos, cho- - rros de arena o vapor o abrasión mecánica para remover la con- - taminación y darle aspereza a la superficie con el objeto de - aumentar el área de unión y el amarre mecánico con el adhesivo.

Cuando se agrega una gota de adhesivo a una superficie - áspera, no se extiende tan fácilmente como en un sustrato liso desde el momento que no puede sacar todo el aire que hay entre las asperezas; por lo que en realidad hace puentes sobre bol- - sas de aire. En este caso la superficie del adhesivo descansa parcialmente en el aire; se puede calcular la cantidad de aire contenido por medio de la siguiente ecuación de Cassie:

$$\cos \Theta_a = \nabla_1 \cos \Theta_s - \nabla_2 \dots\dots\dots (2)$$

en donde Θ_a es el ángulo de contacto sobre la superficie "áspe- - ra".

Θ_s es el ángulo de contacto del líquido en una super- - ficie verdaderamente lisa del mismo material.

∇_1 es la fracción de la superficie del sustrato que - es aire.

∇_2 es la fracción de la superficie del sustrato que - es sólida.

$\nabla_1 + \nabla_2$ es aproximadamente igual a uno.

Depende de numerosos factores el saber cuanto aire queda - rá atrapado debajo de una gota puesta en una superficie áspera. Si el líquido, tiene una fuerte afinidad para el sustrato, tie- - ne una viscosidad baja, y si los valles y capilaridades se van estrechando conforme se hacen más profundos, entonces no habrá

una apreciable cantidad de aire atrapado. Por el contrario, gotas que sean humectantes pobres y no sean muy flúidas y frágiles rápidamente podrán atrapar apreciables cantidades de aire cualesquiera que sea la superficie.

Si el sustrato es poroso o lleno de capilaridades abiertas en donde el líquido pueda mojar, entonces el líquido puede sacar el aire de la interfase y él mismo seguir lo suficientemente lejos para poder lograr un buen "amarre". El peligro en este caso no es propiamente el aire entrampado, sino el de escasez en la junta debido a que pueda haber un exceso de fluido a través de las capilaridades dejando la zona del ligamento en condiciones de escasez.

POROSIDAD.

Tal como se ha mencionado previamente, cuando el sustrato tiene capilaridades abiertas o pasajes que son mojados por el adhesivo, entonces el adhesivo tratará de fluir a través de ellos. La presión que causa este flujo en el caso de capilaridades cilíndricas es igual a $2 A/r$, en donde A es la tensión de adhesión tal como se define en la ecuación 1, y r es el radio de la capilaridad. Para los sistemas adhesivos que tienen más éxito, probablemente A es mayor que 10 ergios/cm^2 , si r fuera de una micra (40 millonésima de una pulgada), la presión capilar sería de $200,000 \text{ dinas/cm}^2$ o alrededor de 3 psi. Si el poro estuviera cerrado en el fondo y originalmente contuviera gas o aire a 1 atm. de presión (14.7 psi), la imposición de una presión adicional de 3 psi, comprimiría al gas alrededor -

de un 20% y el adhesivo penetraría alrededor de un 20% de la profundidad del poro.

Para las capilaridades cilíndricas abiertas, de acuerdo con la ley de Poiseuille, la profundidad de la penetración d es como sigue:

$$d = \sqrt{\frac{A \cdot r \cdot t}{2 \cdot \eta}}$$

en donde t es el tiempo de flujo en segundos y η es la viscosidad del adhesivo líquido en poises. Usando los valores para A y r dados anteriormente, y tomando t como 10 min. y η como 30 poises, d sería de 1 mm.

De Bruyne (4), establece que cuando el ángulo de contacto del líquido, Θ , más el ángulo de deslizamiento, ϕ , o ángulo de declive de la pared del poro en picaduras cónicas, sumados dan menos de 180 grados, tenderá a ocurrir cierta penetración en la picadura. Si la suma es mayor a 180 grados, la presión del líquido será negativa, y no penetrará en la picadura (a menos que sea forzada por una presión exterior).

Las relaciones anteriores están indicadas en la figura 2 en donde Θ en cada caso es de 60 grados y ϕ es de 90 grados para una capilaridad cilíndrica, 135 grados para un cono divergente y 45 grados para el cono convergente. Las flechas señalan los casos en que el líquido intentará penetrar a la capilaridad y al cono convergente, en donde Θ más ϕ son de 150 grados y 105 grados respectivamente, pero no lo hará en el cono divergente, en el cual la suma es de 195 grados.

Podemos concluir que la profundidad de penetración de un

adhesivo en un poro, y la cantidad de aire atrapado dependerá - no solamente de su forma sino también de la tensión de adhesión, viscosidad o consistencia del adhesivo, tamaño del poro y tiempo de fraguado. El control de estas variables deberá proveer un control sobre el aire entrampado y del entrelazado mecánico del adhesivo y sus sustratos.

DIFUSION.

Los procesos de difusión son de considerable importancia en las uniones adhesivas. A continuación se describen algunas - situaciones en donde éstos pueden operar:

1) Cuando un adhesivo se endurece por la eliminación de agua o de otro solvente, el secado se puede acelerar si las moléculas del solvente pueden difundirse dentro del sustrato. La madera, el papel, el cuero, el hule duro y algunas veces otros polímeros (dependiendo del solvente), son ejemplos de sustratos que pueden tomar pequeñas cantidades de moléculas líquidas con relativa rapidez. Esto puede ocurrir aún cuando el sustrato no sea mojado por el solvente, por ejemplo, cuando la tensión de adhesión entre ellos es negativa; cuando es éste el caso, la toma - no puede ser debida a la porosidad o al flujo del líquido, antes bien a la difusión molecular.

A pesar de que el secado por difusión es útil y se práctica extensamente, puede causar dificultades si el sustrato es degradado por el solvente. Cuando las uniones adhesivas fallan en el sustrato cerca del adhesivo, vale la pena investigar si el - adhesivo contiene un solvente u otro líquido que penetre, di -

suelva o de alguna manera ataque al sustrato.

2) Cuando el aire está atrapado en una interfase adhesiva, y se cura al adhesivo con presión y calor, el aire tiende a disolverse en el adhesivo, y por lo tanto aumenta el área real de la unión. En lo general, se requiere tanto la presión como el calor; el calor tiende a expandir al aire en burbujas más que a disolverlo. Los mismos efectos se pueden observar en algunos casos en donde se aplica el adhesivo sobre agua o un solvente de base de tapaporo que no esté completamente seco.

3) Una ligadura fuerte entre dos polímeros que han sido calentados o a los que se les ha aplicado solvente y que están mezclados o también, la unión entre un adhesivo y un "primer" (recubrimiento que se aplica a una superficie antes de la aplicación de un adhesivo, para mejorar el comportamiento de una unión), sin duda alguna se crea básicamente por la difusión de las moléculas en ambas direcciones y por lo tanto limpiando hacia afuera la interfase. La acción de un solvente en una unión de termoplásticos tiene tres partes: a) suaviza las superficies de los polímeros de tal manera que pueden acoplarse íntimamente; b) aumenta la movilidad de las moléculas migratorias del polímero y c) probablemente aumenta la capacidad del otro polímero para absorber las moléculas migratorias.

Algunas veces la unión es fuerte cuando es recién hecha, pero se debilita después de envejecer unos días o semanas. Aparentemente el solvente ha suavizado con éxito y tornado pegajosas las superficies, pero no ha habido una adecuada difusión de

las moléculas del polímero. Al envejecer, el solvente se desparra hacia afuera de la unión, y los polímeros en su interfase se contraen y se separan el uno del otro.

4) Algunos adhesivos, antes de estar curados, absorben agua de la atmósfera y entonces, en el curado no desarrollan la totalidad de su fuerza; contrariamente, cuando menos un adhesivo, - el Easman Nº. 910, presumiblemente debe absorber trazas del - agua de la superficie del sólido en donde es aplicado con el objeto de poder fraguar fuerte.

PROPIEDADES DE LOS ADHESIVOS .

Hay un número de factores generales que requieren ser considerados en la evaluación de un adhesivo. Estos factores co-responden al comportamiento de un adhesivo desde el momento - que éste ha sido hecho, hasta el momento de la unión final o - sea aplicarlo para el fin con el cual se ha diseñado. Comúnmente, se les refiere como a sus propiedades de trabajo e incluyen características tales como viscosidad, tiempo de almacenamiento, vida de trabajo, recubrimiento, bloqueo, pegajosidad, penetra--ción y velocidad de cura o velocidad del desarrollo de fuerza. Su importancia se vuelve aparente cuando se trata de obtener el mismo adhesivo, entre partida y partida, con respecto a sus propiedades físicas y aplicación.

VISCOSIDAD.

Los materiales adhesivos no son simples fluidos. Consis--ten en general, de polímeros, usualmente en solventes, y con - frecuencia mezclados con polvos de diversas propiedades físicas y químicas. Por lo tanto, no es sorprendente que los materiales adhesivos no exhiban el flujo newtoniano, y la caracterización de las propiedades reológicas requieren más de una medición. - Obviamente, excepto en circunstancias especiales, este procedi--miento es costoso y requiere de tiempo cuando están involucra--dos muchos materiales adhesivos. En lugar de esto, se usan pa--trones que son flexibles en su operación y adaptables a una am-

plia variedad de mediciones.

La viscosidad es una de las características más importantes de los adhesivos usados en la industria de éste tipo. Es conveniente que el adhesivo tenga viscosidad baja para que moje mejor al soporte, siempre y cuando éste sea compatible con el adhesivo, pero también conviene que tenga un alto contenido de sólidos con objeto de que el secado sea más eficiente y sencillo; sin embargo, el problema aquí es que al incrementar la cantidad de sólidos, aumenta la viscosidad, por lo que en cada operación se deben balancear éstas variables para obtener el óptimo.

Hay que considerar que si el adhesivo diluido se expone mucho tiempo a la intemperie, producirá pequeños puntos o zonas muertas ligeramente duras, debido a que se polimerizaron las partes activas del adhesivo en esos puntos por la evaporación ambiental del solvente. Por lo anterior y aunque podría considerarse a la viscosidad como una medida directa del contenido de sólidos en un adhesivo, no conviene tratar de adivinar el contenido real de sólidos del adhesivo por medio de simples medidas de viscosidad, además recuerdese que la viscosidad varía en forma inversa con la temperatura en general, por lo que cuando se quiere determinar el contenido de sólidos de un adhesivo se debe recurrir a las formulaciones del mismo es decir, a los métodos estequiométricos. La viscosidad de un adhesivo también depende del solvente usado. (5)

Para dicho fin se pueden utilizar los métodos descritos -

en los códigos A.S.T.M., tales como ASTM D-553, ASTM D-1084. (6)

TIEMPO DE ALMACENAMIENTO.

Cuando un adhesivo es guardado por un tiempo considerablemente grande en condiciones extremas de temperatura, pueden ocurrir cambios físicos y químicos. El tiempo de almacenamiento de un adhesivo es el tiempo durante el cual un adhesivo puede ser almacenado, preferiblemente sobre condiciones controladas, y permanece adecuado para su uso. El método ASTM D-1337 provee de los medios para determinar el tiempo de almacenamiento de un adhesivo. Esto se realiza al requerir las mediciones ya sea de la viscosidad de un adhesivo o su fuerza de unión, o ambas, antes y después del almacenamiento a temperaturas especificadas y en diversos períodos de tiempo. Tanto el adhesivo como todos sus componentes, si hay alguno, se almacenan en sus recipientes originales y sin abrir.

Algunos adhesivos, aparentemente, pueden ser dañados por la exposición a bajas temperaturas, pero podemos restaurarlos para dar un servicio satisfactorio con un ligero calentamiento y agitando. Por ejemplo, algunos adhesivos a base de solvente se separan a temperaturas de 30° a 40°F, pero se pueden reconstruir con una agitación a la temperatura ambiente. Los efectos indeseables de una baja temperatura no se limitan únicamente a adhesivos a base de agua. A pesar de que, aparentemente, no sea dañado un adhesivo al congelarse y derretirse una vez, puede ser afectado si se repite el ciclo.

TIEMPO DE TRABAJO.

El tiempo de trabajo de un adhesivo es el lapso que transcurre entre el momento en que un adhesivo está listo para su uso, y aquel en donde el adhesivo ya no se puede usar. El método ASTM D-1338 cubre dos procedimientos aplicables a todos los adhesivos que tienen un tiempo de trabajo relativamente corto. El propósito de éste método es determinar si el tiempo de trabajo está dentro del mínimo especificado, que se requiere para un adhesivo al determinar el cambio en su viscosidad o su fuerza de unión, o ambos. El método es aplicable a los adhesivos en estado líquido o en pasta, a adhesivos que requieren que se les agregue un catalizador, endurecedor, carga, solvente, etc., o la combinación de dos o más de estos materiales justo antes de su uso, al igual que para los adhesivos en polvo o en escamas, que se disuelven en agua u otro solvente y que se usan como adhesivos líquidos o pastas.

RECUBRIMIENTO.

Es la propiedad de un adhesivo que determina la extensión en la que puede ser extendido uniformemente en una área que va a ser unida con una unidad de peso o volumen de adhesivo. El método ASTM D-898, describe el procedimiento para determinar la cantidad de adhesivo sólido aplicado en una operación de extensión o recubrimiento. El método ASTM D-899, describe el procedimiento para determinar la cantidad de un adhesivo líquido aplicado en una operación de extensión o recubrimiento.

La cantidad de adhesivo en peso, resultado de la exten-

sión o recubrimiento de una superficie, se expresa en gramos - por mil centímetros cuadrados del área de la superficie que va a ser unida y es el peso bruto del adhesivo libre del solvente en la superficie, ya sea del resultado de una sola aplicación, de dos (al ser extendido en las dos superficies de contacto), o aplicaciones múltiples de adhesivos.

BLOQUEO.

Es la adhesión indeseable entre dos capas de materiales - similares o disímbolos tal como ocurre con una moderada presión o durante el almacenamiento. En algunos casos, el adhesivo es - aplicado en una o ambas superficies que van a ser unidas y guardadas hasta que estén listas para usarlas o ensamblarlas. Es - esencial que las superficies recubiertas no se unan o bloquen - durante el almacenamiento, aún si están sujetas a una ligera - presión de contacto o a variaciones mínimas de humedad y temperatura. Los adhesivos se bloquean en diversos grados, desde ningún bloqueo hasta una completa unión. Invariablemente ocurrirá un deterioro en el adhesivo cuando se hace un intento de separar dos miembros que han estado completamente unidos.

Como algunos requerimientos son más estrictos que otros, se definen dos grados de bloqueo. El primer grado de bloqueo es una adherencia entre superficies que se están probando a tal extensión que cuando se levanta el espécimen de arriba, el especimen de abajo se colgará en el otro, pero puede ser separado sin ninguna evidencia de daño en ninguna de las dos superficies. El segundo grado de bloqueo es una adherencia entre dos superfi- -

cies a tal grado que, cuando se separan las dos superficies que se están probando, se encontrará dañada una u otra de las superficies. A los dos tipos se les llama como, un bloqueo cohesivo y adhesivo, siendo el primero un bloqueo entre dos caras similares potencialmente adhesivas y el último, como un bloqueo de una cara potencialmente adhesiva y una superficie de prueba estándar.

El método ASTM D-1146 tiene como mira la determinación del punto de bloqueo de un recubrimiento con un material potencialmente adhesivo, por ejemplo, aquellos materiales en un estado sustancialmente no adhesivo que puede ser activado hacia un estado adhesivo por medio de la aplicación de calor o solventes. Como algunos materiales potencialmente adhesivos son tanto termoplásticos como higroscópicos, este método provee de los medios para estimar ambos bloqueos, el termoplástico y el higroscópico.

PEGAJOSIDAD.

Característica de un adhesivo que causa que una superficie recubierta con un adhesivo se adhiera a otra al contacto. Un adhesivo que tenga esta característica en alto grado se dice que tiene una pegajosidad rápida o una pegajosidad agresiva; es más, es una de las más importantes propiedades para determinar la conveniencia de un adhesivo para aplicaciones particulares. Asociada a la pegajosidad está la pegajosidad seca y la velocidad de pegajosidad, la primera es la propiedad de ciertos adhesivos de adherirse al contacto consigo mismos, en el estado de la evaporación de sus componentes volátiles a pesar de que pare

ce que están secos al tocarlos, y la segunda es el período de tiempo en el cual un adhesivo permanece en la condición de pegajosidad seca después de haberlo aplicado al sustrato, bajo condiciones específicas de temperatura y humedad. La medida del valor de pegajosidad puede variar con el tiempo, temperatura y espesor de la película.

PENETRACION.

El requerimiento indispensable para un adhesivo es el "mojar" o hacer un íntimo contacto con las dos superficies que se van a unir. Un adhesivo que penetra mucho más adentro de la superficie del material que se va a recubrir no contribuye en nada a la unión de los dos materiales y se desperdicia. Cuando ocurre una excesiva penetración del adhesivo en el sustrato, se aumenta el costo del adhesivo; además, puede dar por resultado una "línea de goma" o capa de adhesivo insuficiente y se puede obtener un producto mojado o empapado que puede llevar a una distorsión, velocidades de producción reducidas y dilaciones en el procesado.

Claxton (7), ha inventado una prueba interesante de penetración que está en proceso de ser adoptada por la A.S.T.M. Usualmente se hacen comparaciones con adhesivos que contengan diferentes antipenetrantes o de cualquier par de adhesivos que ya han sido evaluados.

VELOCIDAD DE CURA.

Muchos adhesivos requieren un curado ya sea por una aplicación de calor o mediante un catalizador, o ambas cosas, con o

sin presión en períodos de tiempo especificados. Como es deseable conocer la variación en la fuerza de unión con la velocidad de cura, el método ASTM D-1144 provee de medios para determinar la velocidad del desarrollo de la fuerza de las uniones adhesivas cuando están curadas en intervalos de tiempo de 2/5, 3/5, 4/5 y 1 1/5 del tiempo prescrito por los fabricantes de adhesivos. Los especímenes usados para la determinación de las propiedades de fuerza de las uniones adhesivas pueden ser tanto especímenes tensiles (método ASTM D-897), o el espécimen traslapado de deslizamiento (método ASTM D-1002).

DURABILIDAD.

No se conoce que exista ninguna prueba ni serie de pruebas que predigan con exactitud la vida de servicio de una unión adhesiva. Sin embargo, hay un número de pruebas que pueden usarse para medir los efectos de varias influencias destructivas o deteriorantes, y por lo tanto ayudan a acertar cual adhesivo funcionará mejor sobre condiciones variadas. Los efectos producidos por la oxidación, el agua, la luz solar, moho y cambios de temperatura son factores que pueden ser medidos dando así indicaciones definidas de que un adhesivo será satisfactorio para períodos específicos sobre condiciones controladas.

Los factores químicos pueden afectar la durabilidad de una unión adhesiva de dos maneras, por ejemplo, a) agentes químicos externos pueden afectar las propiedades del adhesivo o del adherente y b) la reactividad química del mismo adhesivo puede afectar al adherente. El método ASTM D-896 describe cier-

tos reactivos estándar en donde los especímenes de las pruebas de esfuerzo son empapados durante siete días a la temperatura ambiente. Los reactivos que se encuentran más comúnmente son: - agua, agua de mar, aceite, gasolina y fluido hidráulico.

El método ASTM D-904 provee de los medios para determinar los efectos de la luz natural o artificial sobre la permanencia de los ensambles de adhesivo; mientras que el método ASTM D-822 provee de los medios para una operación uniforme en una cámara de intemperismo acelerado en la que expone a los especímenes a pasos intermitentes de luz y rociadas de agua.

El método ASTM D-1286 está encaminado para evaluar el efecto de la contaminación del moho sobre la durabilidad de las preparaciones de adhesivos, determinar el cambio de viscosidad de los adhesivos y la comparación de la fuerza de unión del contaminado con el espécimen sin contaminar, cuando son probados en condiciones definidas.

El método ASTM D-1174 está encaminado para la evaluación del efecto de la contaminación bacteriana sobre la durabilidad de las preparaciones adhesivas y uniones tal como se determinaron para la contaminación de mohos que se acaba de describir.

ADHESIVOS SENSITIVOS

A LA PRESION .

Este tipo de adhesivos se puede definir como aquellos que se adhieren tenazmente con solo la aplicación de una ligera presión con los dedos. Las cintas con estos adhesivos han ganado una amplia aceptación debido a su facilidad de aplicación y a su habilidad de poder retirarse limpiamente de las superficies en donde han sido aplicados. Ellos, por necesidad, producen una unión de más bajo orden de magnitud que los adhesivos que son activados con solvente y los que son activados con calor.

Las cintas sensitivas a la presión a base de hule fueron inventadas por el Dr. Horace Day, en 1845. Durante muchos años se usaron solo como material quirúrgico.

Los adhesivos sensitivos a la presión están compuestos de un elastómero de tipo ahulado combinado con una resina líquida o sólida como componente de la pegajosidad. Se puede usar una mezcla de resinas para proveer de un balance de las propiedades que no puede ser obtenido con ninguna de las dos resinas de arriba. Frecuentemente se agregan cargas para cambiar las propiedades reológicas del adhesivo y para cambiar el color. Se usan antioxidantes para estabilizar al adhesivo en contra de la oxidación y el calor y de una ligera degradación.

TIPOS DE SOPORTE.

Por lo general, se requiere que el adhesivo muestre una rápida adhesión y al mismo tiempo desprenderse limpiamente de los sustratos. Una cinta sensitiva a la presión típica consiste de la masa adhesiva, un recubrimiento de "agarre" y un recubrimiento de liberación. El recubrimiento de "agarre" se usa entre el adhesivo y el soporte para asegurar una buena adhesión entre los dos. El recubrimiento de liberación se aplica del lado del soporte que esta lejos de la masa adhesiva, su función es la de facilitar el desenrollado y prevenir la deslaminación durante el desenrollado. La deslaminación ocurre cuando la masa adhesiva se pega más tenazmente al soporte en el que está enrollada, que al soporte en donde está aplicada. En algunos casos, se usa en lugar de un recubrimiento de liberación, una hoja removible de liberación o ambos.

En los soportes también se puede usar un agente de curado para vulcanizar el recubrimiento de "agarre" al soporte o a la masa. El soporte puede ser papel crepé, hoja metálica, tela, celofán, acetato de celulosa, película plástica o un variado número de materiales flexibles y delgados para conformarse rápidamente a las superficies sobre las cuales van a ser aplicadas. El soporte también puede ser reforzado con vidrio u otras fibras.

Los soportes de tela se pueden usar sin otro tratamiento, o pueden ser aprestados con almidón o algún otro ligante para ayudar a unir a las fibras. La tela se puede recubrir con nitro

celulosa, cloruro de polivinilo, polietileno u otros formadores de película en la parte de atrás de la tela para mejorar la apariencia, características de devanado y reducir la transmisión del vapor de la humedad.

Los soportes de papel usados con los adhesivos sensitivos a la presión son casi universalmente impregnados con alguna clase de material ahulado o vulcanizado para mejorar la dureza interna (fuerza de pliego o resistencia al deslaminado), del soporte. Sin la resistencia del pliego, los soportes de papel se romperían cuando se desenrollan y el adhesivo estaría en un sandwich entre dos capas de papel convirtiéndose así en inútil. El primer papel impregnado consistía en una cola plastificada con glicerina. Esto ha sido totalmente reemplazado por papeles saturados basados en soluciones de hule a base de solvente y látices de hule sintético. (8)

Un adhesivo sensitivo a la presión es una composición de alta viscosidad que puede ser tixotrópico en su naturaleza y tener algunas características líquidas (9). El adhesivo se debe formar a una presión baja para obtener un humectado inmediato cuando se aplica una cinta; es más, debe tener el suficiente flujo de tal manera que retenga la posición de desgomado después de quitar la presión. Es necesaria también una apreciable cantidad de resina de pegajosidad para formar una buena pegajosidad en el adhesivo; se ha demostrado que la pegajosidad crece muy rápidamente con la cantidad agregada de resina hasta que alcanza un máximo. Después de este punto la pegajosidad disminuye

muy rápidamente. La cantidad máxima de resina que se debe usar depende del tipo de resina escogida y posiblemente de la solubilidad de la resina.

El comportamiento de un adhesivo sensitivo a la presión depende de tres factores principales:

- 1.- Habilidad de Humectado o Pegado Rápido.- Esta propiedad es la habilidad del adhesivo de mojar inmediatamente la superficie en donde es aplicado con una ligera presión del dedo. Los adhesivos suaves proveen de una mejor habilidad de humectado pero una fuerza cohesiva más pobre; sin embargo, se mejora la habilidad de humectado aumentando el espesor del adhesivo usado. Como rápidamente se ve, es necesario un adecuado balance entre la habilidad de humectado y cohesión para alcanzar un buen comportamiento, por ejemplo, el papel para moscas, que tiene una excelente habilidad de humectado, no es un adhesivo sensitivo a la presión satisfactorio debido a su pobre fuerza cohesiva.
- 2.- Fuerza Cohesiva.- Un adhesivo sensitivo a la presión altamente cohesivo es deseable para el mejor comportamiento o características de retención después de su aplicación. La cohesividad debe ser mayor que la adhesividad para prevenir el rompimiento del adhesivo al remover la cinta de otro objeto. De una manera similar, en todas las aplicaciones de deslizamiento, la fuerza interna del adhesivo parece ser el factor determinante en el comportamiento de una cinta. Una estructura parcial de gel en el adhesivo parece ser benefi-

ca para muchos usos particularmente en las aplicaciones de enmascarado en donde son requeridas la resistencia al deslizamiento y una remoción limpia a las temperaturas del cocimiento. Para alcanzar un buen flujo y una habilidad de humectado y seguir reteniendo una alta fuerza cohesiva, es necesaria una cuidadosa elección en los componentes y de las condiciones del procesado.

3.- Adhesión.- Es la habilidad del adhesivo de pegarse a otra superficie. Se han diseñado muchos métodos para medir esta propiedad, pero la prueba más comúnmente aceptada es la prueba de descamación, ésta consiste en determinar la fuerza necesaria para despegar una cinta adhesiva, a un ángulo de 180° , de una pared de acero inoxidable a una velocidad de jalado de 30.5 cm./min.

El trabajo necesario para romper la cinta varia considerablemente con la velocidad en la cual es estirada, indicando, por lo tanto, que el valor medible no es el verdadero trabajo interfacial de la adhesión, que debe ser independiente de la velocidad de estirado, sino que más bien es una función compleja de varios factores. (10)

La adhesión aumenta con el incremento del peso del adhesivo. Todo indica que el trabajo de rotura es mucho más dependiente de la masa del adhesivo que de la superficie adhesiva. - Esto nos sugiere que la mayor parte del trabajo para despegar una cinta se gasta en deformar el adhesivo y en doblar el soporte de la cinta.

El comportamiento adecuado de un adhesivo sensitivo a la presión requiere de un balance apropiado de estos tres factores principales.

METODOS DE PRUEBA.

El gran número de tipos de cintas, y la gran variación en los requisitos de uso y de características de funcionamiento, - han dado lugar a una gran variedad de ensayos de evaluación. - Las técnicas varían de un laboratorio a otro, y existen pocos - medios normalizados reconocidos. El Pressure Sensitive Tape - Council (PSTC) (11), se esfuerza en poner orden a esta si- - tuación, bastante caótica, y ha recopilado un glosario de térmi- - nos usados en la industria de las cintas sensibles a la presión, - junto con los métodos de ensayo recomendados de la manera si- - guiente:

Adherencia de la película . . . . .	.método PSTC- 1
Adherencia de deslizamiento (cortante). . . . .	.método PSTC- 2
Adherencia de desenrollamiento. . . . .	.método PSTC- 3
Resistencia a la tracción . . . . .	.método PSTC- 4
Espesor (calibre ) . . . . .	.método PSTC- 5
Elongación. . . . .	.método PSTC- 6
Transmisión de vapor de agua. . . . .	.método PSTC- 7
Penetración de agua . . . . .	.método PSTC- 8
Resistencia a la alta temperatura y a la humedad .método PSTC- 9	
Resistencia a la alta humedad a la temperatura ambiente. . . . .	.método PSTC-10
Pegado rápido . . . . .	.método PSTC-11

Ensayo de coloración para acabado método PSTC-12
Comportamiento a temperatura fría método PSTC-13

APLICACION DE LOS ADHESIVOS A LOS SOPORTES.

Los materiales sensitivos a la presión pueden ser aplicados a los soportes de una de las tres maneras siguientes:

1.- Una solución de una masa adhesiva, no tan diferente como un cemento solvente, puede ser: rociada (por medio de aspersión), aplicada con cuchilla fija o recubierta por medio de rodillos en un soporte adecuadamente preparado de hasta 2 metros de ancho. Entonces se evapora el solvente y el soporte se ranura a los anchos deseados y se enrolla en corazones de papel o de plástico.

2.- Este método de aplicación, que es el más utilizado industrialmente, involucra un calandreado. Tal como se ve en la figura 3, la masa caliente se alimenta dentro de una "calandria sobrepuesta" entre la parte superior del rodillo y el de enmedio o rodillo de transferencia, ambos son calentados. El soporte es alimentado entre el rodillo de transferencia y el rodillo de abajo, el que es enfriado. La masa puede o no haber sido previamente mezclada en otros dos rodillos de molino o en un mezclador Banbury. (8)

3.- Este método de recubrir con látex, no es tan popular debido a que, la pegajosidad de las recubiertas aplicadas de látex es considerablemente menor que la de los sistemas de aplicación con solventes o en calandria.

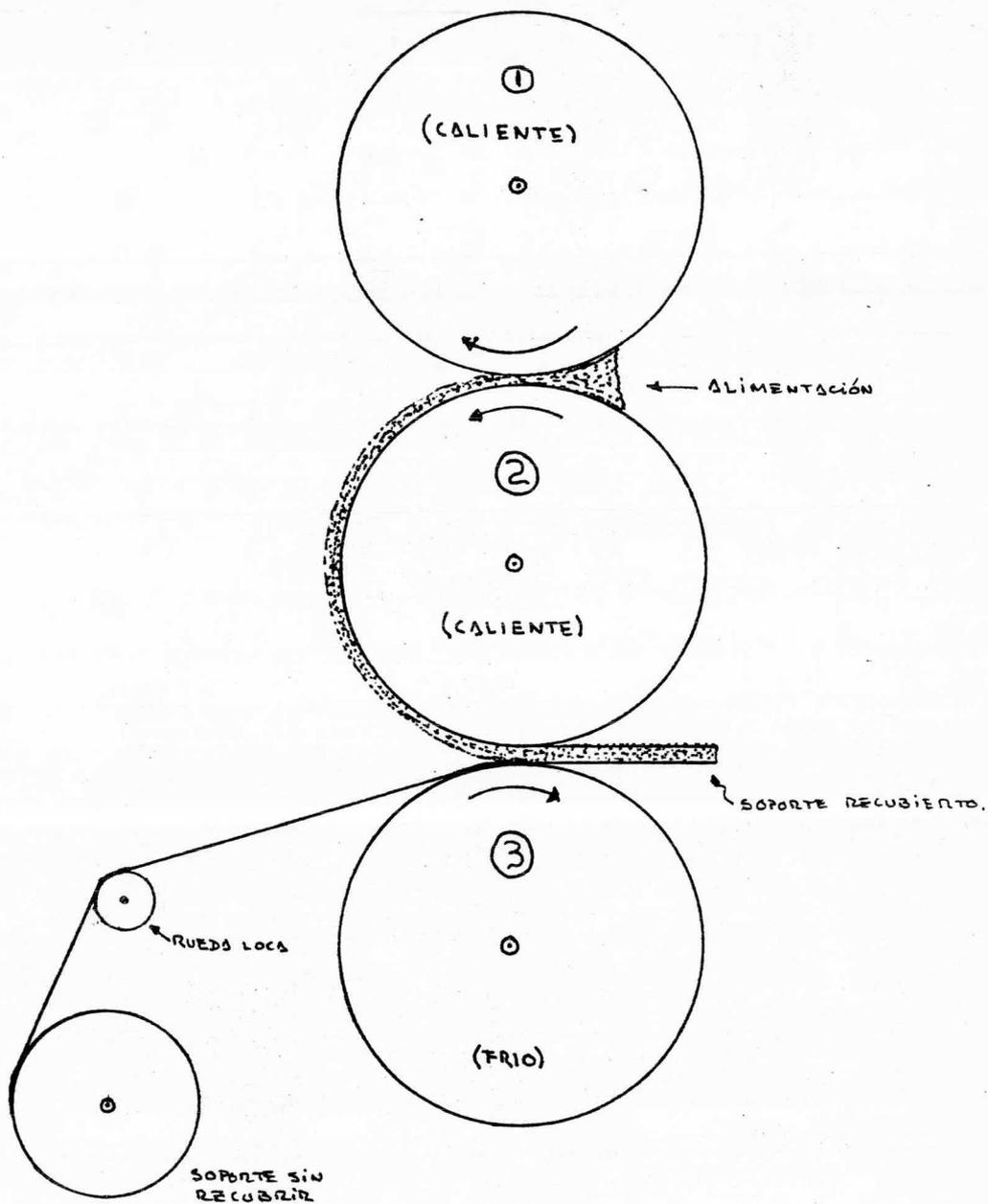


Fig. 3.- Calandria sobrepuesta. Los rodillos 1 y 2 operan usualmente a diferentes velocidades, los rodillos 2 y 3, a la misma velocidad.

DESARROLLO EXPERIMENTAL.

Las materias primas que se utilizaron para el desarrollo de esta tesis son el aguarrás y el ácido nítrico fumante.

El aguarrás tiene un sin número de fuentes entre las cuales se encuentran:

Aguarrás Comercial.- éste es la esencia de trementina, la cual tiene como componentes principales los alfa y beta pinenos.

Las fuentes de las cuales se obtuvo el aguarrás fueron, - el aguarrás de la fábrica de pinturas Sherwin Williams y el comercial de tlapalería, obteniéndose mejores resultados con el primero, ya que es de mejor calidad. Se hace notar que existe una diferencia entre la esencia de trementina, la trementina y el aceite de pino.

La esencia de trementina, es el aceite etéreo que se obtiene por la destilación de la trementina con vapor de agua. La trementina, es la resina que fluye de las incisiones hechas en la corteza de alguna clase de coníferas. El aceite de pino, es el que se obtiene por la destilación en seco de la trementina. La trementina proviene de los pinos en general.

Aguarrás de Petroleo.- el aguarrás obtenido del petroleo contiene el 95% de alfa pineno.

COMPOSICION DE AGUARRAS SEGUN LAS FUENTES.

El aguarrás es una mezcla de alfa y beta pinenos, el porcentaje de cada uno de ellos depende de la fuente de donde pro-

venga.

40% de alfa y 60% de beta, cuando proviene del pino.

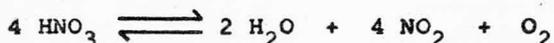
60% de alfa y 40% de beta, cuando proviene de la pirólisis seca de la madera.

El aguarrás se disuelve de 5 a 12 partes en alcohol del 90, en éter, sulfuro de carbono, gasolina. (12)

Entre sus propiedades está la de fijar el oxígeno del aire, dando así facilidades para su fijación en otras sustancias.

El ácido nítrico puro, HNO_3 , es un líquido incoloro, fumante, que es, estrictamente hablando, nitrato de hidrógeno. Al ser diluido con agua se desprende bastante calor, lo cual demuestra que se produce ionización. (13)

Las soluciones de ácido nítrico con más de 67% de éste cuerpo (es decir, el ácido nítrico comúnmente conocido por "concentrado"), son siempre de color amarillo, lo cual se debe al dióxido de nitrógeno en disolución, formado por disociación parcial del nitrato de hidrógeno.



El ácido nítrico actúa como un ácido típico en sus reacciones con óxidos metálicos, álcalis y carbonatos. En casi todas sus demás reacciones se comporta como un oxidante típico:

1.- El ácido nítrico concentrado inflama la trementina (aguarrás), la lana y hasta el aserrín. Por consiguiente se deben tomar precauciones especiales para su transporte.

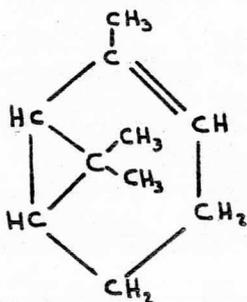
2.- El ácido nítrico concentrado y caliente oxida gradualmente el carbono a dióxido de carbono y el azufre a trióxido de -

azufre. El ácido, por su parte, se reduce a dióxido de nitrógeno.

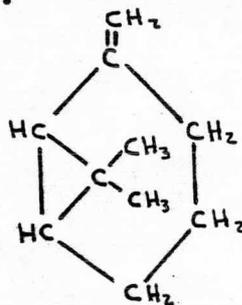
3.- El ácido nítrico oxida el clorhídrico a cloro y agua, reduciéndose él mismo a óxido nítrico (NO). Una mezcla de los dos ácidos citados constituye el "agua regia", notable por su propiedad de disolver el oro.

I.- METODOS EXPERIMENTALES.

Purificación del aguarrás por destilación.- El aguarrás comercial, para poder ser utilizado, fue primeramente destilado para evitar impurezas. La fracción utilizada fue obtenida entre los rangos de temperatura de 145°C hasta 149°C; el aguarrás de la Sherwin Williams, también se destiló y la fracción utilizada fue la obtenida en los mismos rangos de temperatura que el aguarrás comercial, ya que es en este rango en el que destilan los alfa y beta pinenos. Químicamente, la esencia de trementina es una mezcla de monoterpenos, (C₁₀ H₁₆).



α -PÍNENO.



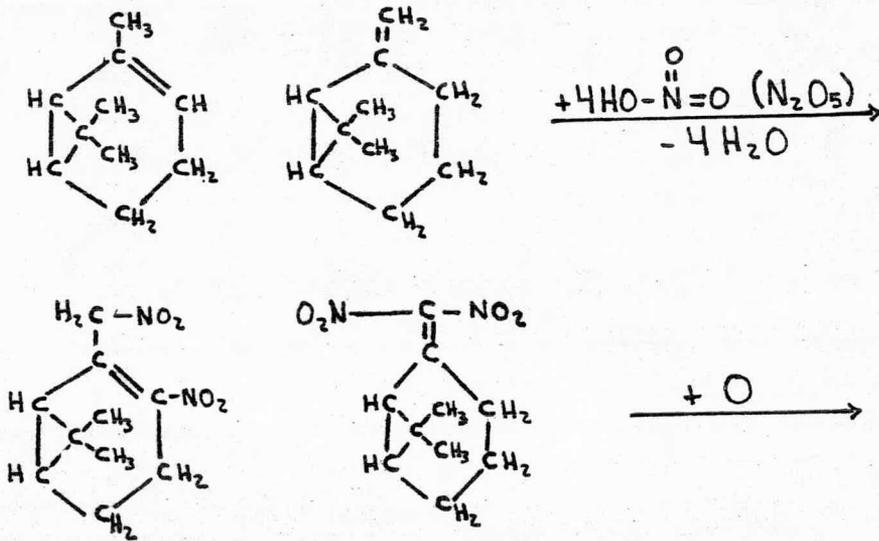
β -PÍNENO.

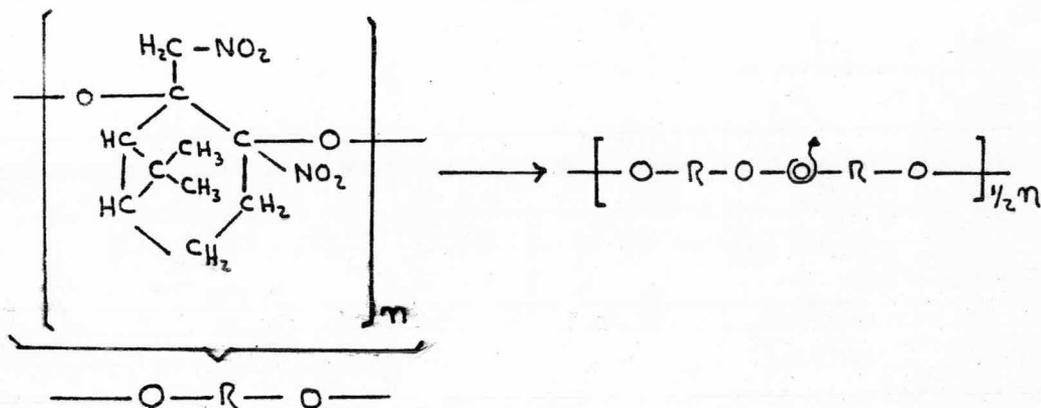
ESENCIA DE TREMENTINA O AGUARRÁS

Se realizaron varias pruebas con aguarrás comercial y con aguarrás Sherwin Williams, adicionandose a ambos ácido nítrico

fumante hasta que cesa la reacción, esto debe realizarse gota a gota ya que la reacción es bastante exotérmica. Tomando varias concentraciones de ácido nítrico fumante (desde 100% hasta 50%), se realizaron varias pruebas y se observó que de la que mejores resultados se obtienen es la del 85%, ya que no es tan rápida - la reacción y llevando a cabo una agitación constante, el ácido nítrico fumante alcanza a homogeneizarse con el aguarrás, lo - cual no ocurre con las concentraciones superiores donde la reac - ción es muy rápida y alcanza a quemarse parte del aguarrás; a - concentraciones inferiores es necesario aplicar mayor agitación para que se efectúe la reacción pero el inconveniente es que no alcanza a eliminarse toda el agua que resulta de la reacción y la que contiene el ácido. (tablas 1a y 1b)

La reacción que se realiza con ácido nítrico fumante es - la siguiente:





La resina que se obtiene de esta reacción es de color café oscuro para ambos tipos de aguarrás, donde se aprecia que existe una viscosidad muy alta en ambos casos.

La resina viscosa se deja a la temperatura ambiente y 24 horas después se encuentra espumada y con la misma viscosidad - aparentemente. Se llevan a cabo pruebas de adhesión con papel, madera, tela, vidrio, película plástica y metal. (tablas 2a,b)

II.- REACCIONES CON CATALIZADORES.

Se efectúan pruebas con catalizadores para ver la forma - en que reaccionan con la resina y probar si se puede obtener ma - yor adhesividad o si se encuentra otro tipo de adhesivo.

Se mezcla aguarrás Sherwin Williams (10 ml.) y aguarrás - comercial (10 ml.) con tricloruro de aluminio ($AlCl_3$) como ca - talizador (es necesario disolver el tricloruro de aluminio en - agua, ya que en el aguarrás no es soluble). En ambos casos se - forman dos fases y cuando se adiciona el ácido nítrico a dife--

TABLA 1-a.
AGUARRÁS SHERWIN WILLIAMS.

		CONCENTRACIÓN (%)	VOLUMEN (ml.)	OBSERVACIONES.
ACIDO NITRICO FUMANTE		100	2	Reacción espontánea y exotérmica, carboniza parte de aguarrás, se obtiene resina café rojiza oscura con propiedades adhesivas y con alta viscosidad.
		95	3	Reacción espontánea y exotérmica, carboniza parte de aguarrás, se obtiene resina café rojiza oscura con propiedades adhesivas y con alta viscosidad.
		90	5	Reacción exotérmica, requiere agitación para evitar carbonización del aguarrás se obtiene resina café rojiza con propiedades adhesivas y buena viscosidad.
		85	7	Reacción exotérmica, requiere más agitación para evitar carbonización del aguarrás, se obtiene resina café rojiza con propiedades adhesivas y buena viscosidad.
		80	8	Reacción exotérmica, requiere más agitación para evitar carbonización del aguarrás, se obtiene resina café rojiza con propiedades adhesivas, buena viscosidad, hay rastros de agua.
		75	10	Requiere de mayor agitación para iniciar la reacción, se obtiene resina rojiza con propiedades adhesivas, menor viscosidad, hay más agua.
		70	11	Requiere mucho mayor agitación para iniciar la reacción, se obtiene resina rojiza con menos propiedades adhesivas, menor viscosidad, hay una capa de agua.
		60	12	Requiere máxima agitación para iniciar la reacción, se obtiene solución viscosa anaranjada, sin propiedades adhesivas, hay capa de agua.
		50	14	NO HAY REACCION.

TABLA 1-b.
AGUARRÁS COMERCIAL.

		CONCENTRACIÓN (%)	VOLUMEN (ml.)	OBSERVACIONES.
ACIDO NITRICO FUMANTE		100	2	Reacción espontánea y exotérmica, carboniza parte de aguarrás, se obtiene resina café rojiza oscura con propiedades adhesivas y con alta viscosidad.
		95	3	Reacción espontánea y exotérmica, carboniza parte de aguarrás, se obtiene resina café rojiza oscura con propiedades adhesivas y con alta viscosidad.
		90	5	Reacción exotérmica, requiere agitación para evitar carbonización del aguarrás se obtiene resina café rojiza con propiedades adhesivas y buena viscosidad.
		85	7	Reacción exotérmica, requiere más agitación para evitar carbonización del aguarrás, se obtiene resina café rojiza con propiedades adhesivas y buena viscosidad.
		80	8	Reacción exotérmica, requiere más agitación para evitar carbonización del aguarrás, se obtiene resina café rojiza con propiedades adhesivas, buena viscosidad, hay rastros de agua.
		75	10	Requiere de mayor agitación para iniciar la reacción, se obtiene resina rojiza con propiedades adhesivas, menor viscosidad, hay más agua.
		70	11	Requiere mucho mayor agitación para iniciar la reacción, se obtiene resina rojiza con menos propiedades adhesivas, menor viscosidad, hay una capa de agua.
		60	12	Requiere máxima agitación para iniciar la reacción, se obtiene solución viscosa anaranjada, sin propiedades adhesivas, hay capa de agua.
		50	14	NO HAY REACCION.

TABLA 2-a.
PRUEBAS DE ADHESIÓN.

• AGUARRAS SHERWIN W. Y ACIDO NITRICO A DIFERENTES CONCENTRACIONES.

MATERIAL	CONCENTRACION DE ACIDO NITRICO FUMANTE (%)				
	90	85	80	75	70
PAPEL.	POSITIVA	POSITIVA	POSITIVA	POSITIVA	NEGATIVA
MADERA.	POSITIVA	POSITIVA	POSITIVA	POSITIVA	NEGATIVA
TELA.	POSITIVA	POSITIVA	POSITIVA	POSITIVA	NEGATIVA
VIDRIO.	POSITIVA	POSITIVA	POSITIVA	POSITIVA	NEGATIVA
PELICULA PLASTICA.	NEGATIVA	NEGATIVA	NEGATIVA	NEGATIVA	NEGATIVA
METAL.	POSITIVA	POSITIVA	POSITIVA	POSITIVA	NEGATIVA

TABLA 2-b.
PRUEBAS DE ADHESIÓN.

• AGUARRAS COMERCIAL Y ACIDO NITRICO A DIFERENTES CONCENTRACIONES.

MATERIAL	CONCENTRACION DE ACIDO NITRICO FUMANTE (%)				
	90	85	80	75	70
PAPEL.	POSITIVA	POSITIVA	POSITIVA	POSITIVA	NEGATIVA
MADERA.	POSITIVA	POSITIVA	POSITIVA	POSITIVA	NEGATIVA
TELA.	POSITIVA	POSITIVA	POSITIVA	POSITIVA	NEGATIVA
VIDRIO.	POSITIVA	POSITIVA	POSITIVA	POSITIVA	NEGATIVA
PELICULA PLASTICA.	NEGATIVA	NEGATIVA	NEGATIVA	NEGATIVA	NEGATIVA
METAL.	POSITIVA	POSITIVA	POSITIVA	POSITIVA	NEGATIVA

NOTA.- No se llevan a cabo pruebas con concentraciones al 100% y 95% por que no es manejable la resina..

rentes concentraciones, se agita constantemente para que se inicie la reacción, ésta es exotérmica. Se obtiene una solución muy viscosa de color café oscuro para ambos tipos de aguarrás. Con dicha solución se realizan pruebas de adhesión con papel, madera, tela, vidrio, película plástica y metal. Ninguna de las pruebas dan resultados positivos. (tablas 3a, b)

Las mismas cantidades de aguarrás en ambos tipos se mezclan ahora con trifluoruro de boro (BF_3) como catalizador. En éste caso la reacción es exotérmica y espontánea, después se agrega el ácido nítrico a diferentes concentraciones en cada una de las pruebas gota a gota ya que la reacción que se produce es bastante exotérmica; se obtiene un producto viscoso de color oscuro. Se hacen pruebas de adhesión con papel, madera, tela, vidrio, película plástica y metal. Ninguna de las pruebas da resultados positivos. (tablas 3c, d)

III.- PROCESO DE VULCANIZACION.

El tipo de vulcanización es el llamado "en frío". Este sistema de vulcanización fue introducido por Parkes en 1846 y se aplicó entre otras cosas a la preparación de objetos de goma formados por placas o a los que se preparaban de soluciones de caucho en las que no se había mezclado azufre.

Este tipo de vulcanización se aplica con un reactivo formado por cloro y azufre, éstos reaccionan exotérmicamente dando origen a un líquido de color rojo, de olor sumamente desagradable.



Dicloruro de Azufre.

TABLA 3-a.
 PRUEBAS DE ADHESIÓN.

AGUARRAS SHERWIN W. CON CATALIZADOR DE TRICLORURO DE ALUMINIO (2 gr.)
 Y ACIDO NITRICO A DIFERENTES CONCENTRACIONES (7 ml.)

MATERIAL	CONCENTRACION DE ACIDO NITRICO FUMANTE (%)				
	90	85	80	75	70
PAPEL.	NEGATIVA	NEGATIVA	NEGATIVA	NEGATIVA	NEGATIVA
MADERA.	NEGATIVA	NEGATIVA	NEGATIVA	NEGATIVA	NEGATIVA
TELA.	NEGATIVA	NEGATIVA	NEGATIVA	NEGATIVA	NEGATIVA
VIDRIO.	NEGATIVA	NEGATIVA	NEGATIVA	NEGATIVA	NEGATIVA
PELICULA PLASTICA.	NEGATIVA	NEGATIVA	NEGATIVA	NEGATIVA	NEGATIVA
METAL.	NEGATIVA	NEGATIVA	NEGATIVA	NEGATIVA	NEGATIVA

TABLA 3-b.
 PRUEBAS DE ADHESIÓN.

AGUARRAS COMERCIAL CON CATALIZADOR DE TRICLORURO DE ALUMINIO (2 gr.)
 Y ACIDO NITRICO A DIFERENTES CONCENTRACIONES (7 ml.)

MATERIAL	CONCENTRACION DE ACIDO NITRICO FUMANTE (%)				
	90	85	80	75	70
PAPEL.	NEGATIVA	NEGATIVA	NEGATIVA	NEGATIVA	NEGATIVA
MADERA.	NEGATIVA	NEGATIVA	NEGATIVA	NEGATIVA	NEGATIVA
TELA.	NEGATIVA	NEGATIVA	NEGATIVA	NEGATIVA	NEGATIVA
VIDRIO.	NEGATIVA	NEGATIVA	NEGATIVA	NEGATIVA	NEGATIVA
PELICULA PLASTICA.	NEGATIVA	NEGATIVA	NEGATIVA	NEGATIVA	NEGATIVA
METAL.	NEGATIVA	NEGATIVA	NEGATIVA	NEGATIVA	NEGATIVA

TABLA 3-c
PRUEBAS DE ADHESIÓN.

AGUARRAS SBERWIN W. CON CATALIZADOR DE TRIFLUORURO DE BORO (2 ml.)
Y ACIDO NITRICO A DIFERENTES CONCENTRACIONES (7 ml.)

MATERIAL	CONCENTRACION DE ACIDO NITRICO FUMANTE (%)				
	90	85	80	75	70
PAPEL.	NEGATIVA	NEGATIVA	NEGATIVA	NEGATIVA	NEGATIVA
MADERA.	NEGATIVA	NEGATIVA	NEGATIVA	NEGATIVA	NEGATIVA
TELA.	NEGATIVA	NEGATIVA	NEGATIVA	NEGATIVA	NEGATIVA
VIDRIO.	NEGATIVA	NEGATIVA	NEGATIVA	NEGATIVA	NEGATIVA
PELICULA PLASTICA.	NEGATIVA	NEGATIVA	NEGATIVA	NEGATIVA	NEGATIVA
METAL.	NEGATIVA	NEGATIVA	NEGATIVA	NEGATIVA	NEGATIVA

TABLA 3-d.
PRUEBAS DE ADHESIÓN.

AGUARRAS COMERCIAL CON TRIFLUORURO DE BORO COMO CATALIZADOR (2 ml.)
Y ACIDO NITRICO A DIFERENTES CONCENTRACIONES (7 ml.)

MATERIAL	CONCENTRACION DE ACIDO NITRICO FUMANTE (%)				
	90	85	80	75	70
PAPEL.	NEGATIVA	NEGATIVA	NEGATIVA	NEGATIVA	NEGATIVA
MADERA.	NEGATIVA	NEGATIVA	NEGATIVA	NEGATIVA	NEGATIVA
TELA.	NEGATIVA	NEGATIVA	NEGATIVA	NEGATIVA	NEGATIVA
VIDRIO.	NEGATIVA	NEGATIVA	NEGATIVA	NEGATIVA	NEGATIVA
PELICULA PLASTICA.	NEGATIVA	NEGATIVA	NEGATIVA	NEGATIVA	NEGATIVA
METAL.	NEGATIVA	NEGATIVA	NEGATIVA	NEGATIVA	NEGATIVA

Preparación.- en una torre empacada con azufre, se hizo pasar una corriente de cloro el cual reaccionó espontánea y exotérmicamente con el azufre dando origen al reactivo antes mencionado.

Aplicación.- se mezcla aguarrás Sherwin Williams (10 ml.) y aguarrás comercial (10 ml.), con ácido nítrico al 85% (7 ml.), el reactivo vulcanizante se agrega cuando se inicia la reacción de la mezcla. Al momento de la reacción existe desprendimiento de cloro, por lo que es necesario que se tengan precauciones y buena ventilación.

El producto que se obtiene de esta experimentación es un líquido viscoso de color beige con muy buenas propiedades adhesivas. Se hace notar que el adhesivo obtenido nunca llega a una polimerización completa, el estado que conserva es de un adhesivo de tipo primario o sea sensitivo a la presión.

Al momento de la reacción, que es exotérmica, existe gran desprendimiento de vapores café rojizo. La reacción se realiza bajo control de temperatura. (tabla 4a)

A los mismos reactivos que se utilizaron para obtener la solución viscosa anterior se le va a añadir tricloruro de aluminio como catalizador y resulta una reacción exotérmica y espontánea, se forma una solución viscosa, existe gran desprendimiento de vapores café rojizos, la solución tiende a secarse endureciéndose sin llegar a ello tomando un color café rojizo. No se aprecian propiedades adhesivas. (tabla 4b)

Se debe hacer notar que al agregar el reactivo de dicloru

TABLA 4 a .

PRUEBA 1.

1-a.	Reactivos.	Volumen.	Observaciones.
	Aguarrás Sherwin W.	10 ml.	Solución viscosa de color beige con buenas propiedades adhesivas.
	Acido Nítrico (85%)	7 ml.	
	Dicloruro de Azufre.	5 ml.	
1-b.	Reactivos.	Volumen.	Observaciones.
	Aguarrás Comercial.	10 ml.	Solución viscosa de color beige con buenas propiedades adhesivas.
	Acido Nítrico (85%)	7 ml.	
	Dicloruro de Azufre.	5 ml.	

TABLA 4 b .

PRUEBA 2.

2-a.	Reactivos.	Volumen.	Observaciones.
	Aguarrás Sherwin W.	10 ml.	Se forma una pasta café rejiza sin propiedades adhesivas.
	Acido Nítrico (85%)	7 ml.	
	Dicloruro de Azufre.	5 ml.	
	Tricloruro de Aluminio.	2 gr.	
2-b.	Reactivos.	Volumen.	Observaciones.
	Aguarrás Comercial.	10 ml.	Se forma una pasta café rejiza sin propiedades adhesivas.
	Acido Nítrico (85%)	7 ml.	
	Dicloruro de Azufre.	5 ml.	
	Tricloruro de Aluminio.	2 gr.	

ro de azufre, debe hacerse gota a gota y con agitación constante bajo control de temperatura entre 70°C y 75°C para que no llegue a quemarse, al momento de reaccionar completamente, el aguarrás con el ácido nítrico.

IV.- SELECCION DEL SOPORTE.

Para las pruebas adhesivas hubo necesidad de seleccionar un tipo de soporte al cual se iba a aplicar el adhesivo. Los soportes para cintas deben ser siempre delgados y flexibles para conformarse rápidamente a las superficies sobre las cuales van a ser aplicados.

Se realizaron pruebas sobre telas (manta y cabeza de indio, por ser más resistentes que otras), papel crepé, películas plásticas, hojas metálicas (estaño y aluminio).

En el caso de las telas, se hicieron pruebas con soportes con y sin tratamiento de aprestado para ayudar a ligar juntas - las fibras. El aprestado consistió en una capa de nitrocelulosa por la parte posterior de la tela, este apresto sirve para mejorar la apariencia, características de devanado y reducir la transmisión del vapor de la humedad. Se obtienen buenos resultados con ambos soportes.

Al realizar las pruebas con el papel crepé sucede que, al tratar de despegarlo se desgarra o sea no tiene la suficiente resistencia al devanado, es por eso que no se aceptó.

Con las películas plásticas al igual que con los laminados ocurre que, al aplicar el adhesivo al soporte, éste tiende a concentrarse en diferentes puntos y por lo tanto no hay un re

cubrimiento uniforme sobre la superficie del soporte.

Ya seleccionado el tipo de soporte a usar, se procedió a la realización de pruebas simples de adhesión.

1.- Se aplica el adhesivo sobre un par de soportes de tela (manta), uno con apresto de nitrocelulosa y otro sin apresto. Las dos formas aceptan bien el adhesivo. El soporte se fija sobre un cristal y se trata de despegar observando que existe cierta resistencia al tratar de despegarlo. Después de 24 horas se observa que el soporte que tiene apresto exhibe mejor presentación y fuerza adhesiva que el que no tiene apresto. El adhesivo es de tipo sensitivo a la presión y con buenos resultados.

2.- Se aplica el adhesivo sobre otro par de soportes (cabeza de indio), uno con apresto y otro sin él, ésta tela tiene el tejido más cerrado. La tela acepta bien el adhesivo. Se procede de la misma manera que la prueba anterior. Las pruebas dan buenos resultados.

V.- PRUEBA DE SOLVENTES.

En éste caso se requiere de un solvente que no afecte sus propiedades adhesivas y que sea de facil manejo al momento de aplicarse sobre el soporte y cuyo secado no requiera de un equipo complicado y costoso o sea que su presión de vapor sea baja. Para éste proposito se tomarón diez tipos diferentes de solventes que inicialmente se trataron con el adhesivo a una concentración del 100% (tabla 5), y posteriormente se mezclaron variando la concentración entre ellos (tabla 6). Los solventes que se utilizaron fueron: acetona, éter etílico, thinner, nafta,

tolueno, benceno, nitrobenceno, alcohol isopropílico, metanol y tetrahidrofurano.

El thinner es una mezcla de solventes los cuales son principalmente hidrocarburos aromáticos (benceno, tolueno, xileno y otros), hidrocarburos alifáticos (metano, hexano, heptano y otros). De todos estos solventes, el tolueno es el que se encuentra en mayor proporción.

La nafta es el producto de la destilación del alquitrán - de hulla, formado principalmente por xilenos y homólogos superiores. Se divide en nafta pesada, solvente, etc.; las diferencias consisten en sus densidades y en sus puntos de ebullición. También se denomina nafta a uno de los productos de la destilación fraccionada del petróleo y que está formada principalmente por heptanos y octanos, empleandose también como solvente.

De todos estos solventes, los que mejores resultados dieron en cuanto a solubilidad fueron: el tetrahidrofurano, el éter etílico, la acetona y el thinner; en cuanto a tiempo de secado: éter etílico, acetona, tetrahidrofurano y thinner; los que menos afectaron las fuerzas cohesivas, adhesivas y adhesivo cohesivas: tetrahidrofurano, éter etílico, acetona y thinner.

De todos ellos, el que menos afecta sus propiedades adhesivas, cuyo tiempo de secado no es el mejor pero está entre los primeros, y es de los mejores en cuanto a solubilidad, es el tetrahidrofurano.

VI.- TRATAMIENTO DEL ADHESIVO CON CARGAS.

Ya que el adhesivo que se obtiene presenta un color beige,

se tratará de blanquearlo y de oscurecerlo para poder darle otro tipo de aplicaciones.

1.- Método de blanqueo.- en éste método se utilizaron: Carbonato de Calcio, Oxido de Zinc, Bióxido de Titanio. Los resultados obtenidos fueron:

Carbonato de Calcio.- solo reduce un poco el color beige, no llega a blanquear; da al adhesivo dureza reduciendole sus propiedades adhesivas.

Oxido de Zinc.- reduce muy poco el color beige, no llega a blanquear; el adhesivo adquiere dureza reduciendo sus propiedades adhesivas.

Bióxido de Titanio.- el adhesivo adquiere un color blanco, no afecta en nada las propiedades del adhesivo.

También se trato de blanquearlo por superposición óptica con algún tipo de color azul, para lo cual se utilizan diferentes tipos de azul que fueran solubles en solventes orgánicos, dando por resultado:

Con azul victoria, el adhesivo se torna azul verdoso.

Con azul brillante, el adhesivo se vuelve azul verdoso.

Con azul erio antraceno, el adhesivo adquiere un color azul.

Donde se ven solo resultados negativos a los fines propuestos.

2.- Método de oscurecimiento.- para éste método solo se utilizó como carga Negro de Humo. Los resultados con esta carga fueron excelentes, ya que solo se necesita muy poca carga para oscurecer el adhesivo. La proporción utilizada es de 10 de adhe

sivo por una de carga. Se aprecia también que existe un incremento en el poder adhesivo.

VII.- IRRADIACION.

Las irradiaciones realizadas al adhesivo se llevaron a cabo en el Centro de Estudios Nucleares de la U. N. A. M. en el Gammabeam 650.

	Dosis.	Tiempo.	Tipo de Radiación.
1)	19.92 Mrad	6 horas.	γ Co ⁶⁰
2)	21.00 Mrad	6 horas.	γ Co ⁶⁰

La muestra irradiada adquirió un color café oscuro. Al aplicarse sobre el soporte (tela), su viscosidad sigue siendo alta pero se aprecia que su poder adhesivo disminuye al grado de volverse totalmente nulo; existe un grado de pegajosidad pero sin fuerza adhesiva.

VIII.- METODOS DE PRUEBAS REALIZADAS AL ADHESIVO.

1.- Pruebas de Retención.- Se usan las pruebas de retención para evaluar las características de comportamiento de una cinta. Se han desarrollado muchas variaciones de la prueba de retención las que dependen de las aplicaciones particulares. En general, consisten en aplicar un peso al final de una tira de cinta agarrada a una superficie dada y medir el tiempo que necesita el peso para remover la cinta de dicha superficie. Versiones variadas de la prueba de retención son como sigue, de acuerdo al código ASTM D-1000. (6)

Retención a 0°.- Una cinta de 2.5 cm. de ancho es agarrada a una superficie limpia de una barra cromada de acero en una

dirección perpendicular al largo de la barra. Se prensa la cinta pasando un rodillo cubierto de hule lentamente sobre ella - dos veces. Se monta la barra en una posición horizontal y se hace girar a una posición en donde la cinta haga un ángulo de 0° con una línea vertical. Se amarra un peso a la cinta y se mide el tiempo de la falla. Un peso de 1,000 gr. es el más comúnmente usado.

La falla en la prueba de 0° casi siempre está causada por la separación dentro del adhesivo, por lo tanto, esta prueba mide principalmente la fuerza cohesiva. (figura 4)

Retención a 90° .- La muestra de prueba se agarra a la barra de acero cromado y se monta como se describe anteriormente, excepto que la superficie de la cinta se gira a un ángulo de 90° de una línea vertical. Se pone un peso en la punta libre y se mide el tiempo en que se separa la cinta. En este caso se usa normalmente un peso de 400 gr., esta prueba mide principalmente las propiedades adhesivas de la cinta. (figura 5)

Retención a 20° .- El espécimen de prueba y el aparato se preparan como se describió previamente excepto que la superficie de la cinta se gira a 20° en relación a la línea vertical. Se amarra un peso de 800 gr., y se mide el tiempo de la falla. Esta prueba mide una combinación de propiedades adhesivas y cohesivas. (figura 6)

Las pruebas de retención que se aplicaron al adhesivo al natural, o sea sin carga y sin solvente, para evaluar la fuerza cohesiva, la fuerza adhesiva y la combinación de las fuerzas -

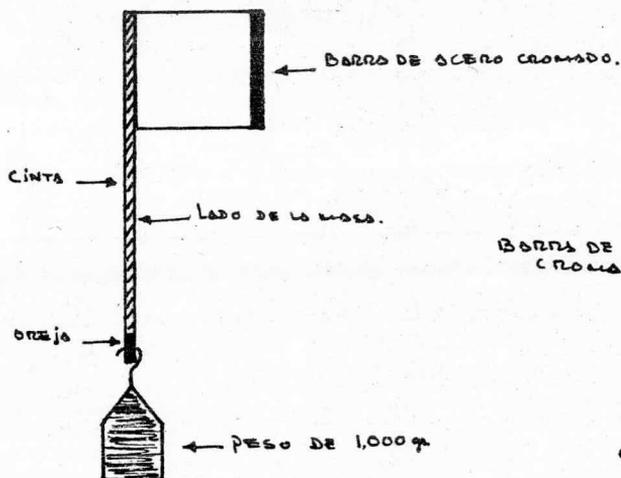


fig. 4.- MIDE FUERZA COHESIVA.

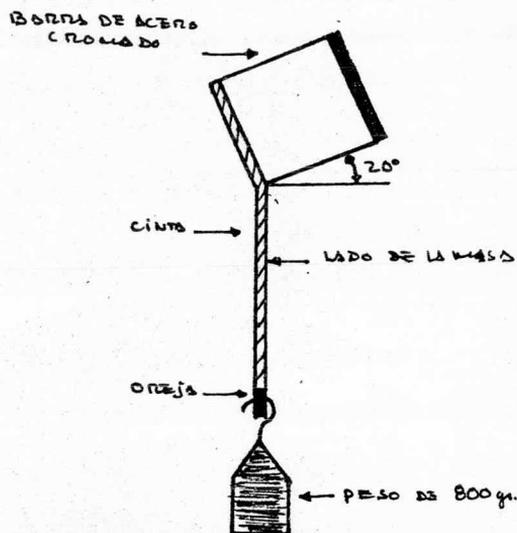


fig. 6.- MIDE COMBINACIÓN DE FUERZAS COHESIVAS-ADHESIVAS.

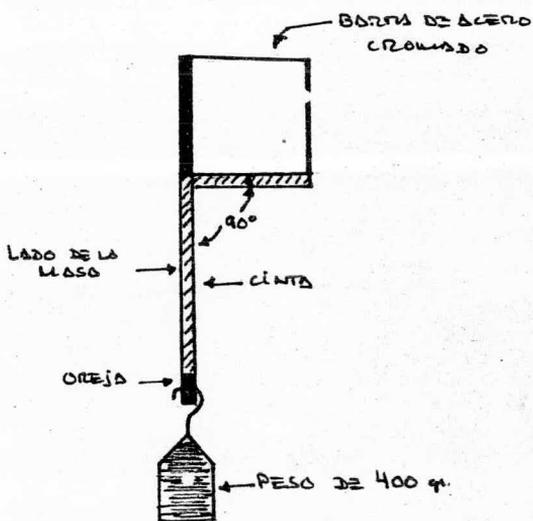


fig. 5.- MIDE FUERZA ADHESIVA.

cohesiva y adhesiva dieron como resultado:

Retención a 0°.- Se obtuvieron 210 segundos.

Retención a 90°.- Se obtuvieron 70 segundos.

Retención a 20°.- Se obtuvieron 42 segundos.

Las pruebas para adhesivos con solvente y con mezcla de solventes se determinaran tomando como base el tiempo que se obtuvo para el adhesivo solo. (tablas 5 y 6)

Para estos casos, el adhesivo mezclado con solvente al 100% que presenta mayor fuerza cohesiva es el tetrahidrofurano, éter etílico, acetona y thinner.

En el caso de fuerza adhesiva son: tetrahidrofurano, éter etílico, acetona y thinner.

Para la combinación de fuerzas adhesivo cohesivas son: tetrahidrofurano, éter etílico de igual manera, le sigue la acetona y luego el thinner.

Para el caso de mezclas de solventes aplicados al adhesivo, se tiene que para la fuerza cohesiva los mejores fueron: éter etílico-tetrahidrofurano, thinner-tetrahidrofurano, acetona-tetrahidrofurano, éter etílico-thinner, acetona-éter etílico.

En el caso de fuerza adhesiva: éter etílico-tetrahidrofurano, thinner-tetrahidrofurano, tolueno-tetrahidrofurano, benceno-tetrahidrofurano y éter etílico-thinner.

En el caso de combinación de fuerzas adhesivo cohesivas se tiene: éter etílico-tetrahidrofurano, acetona-tetrahidrofurano, éter etílico-thinner, éter etílico-tolueno, thinner-tetrahidrofurano, tolueno-tetrahidrofurano.

INDICACIONES PARA LA TABLA 5.

El volumen de adhesivo que se utiliza es de 2 ml. para todos los solventes.

* El número determina que tan viscoso está el adhesivo y como se podría aplicar al soporte:

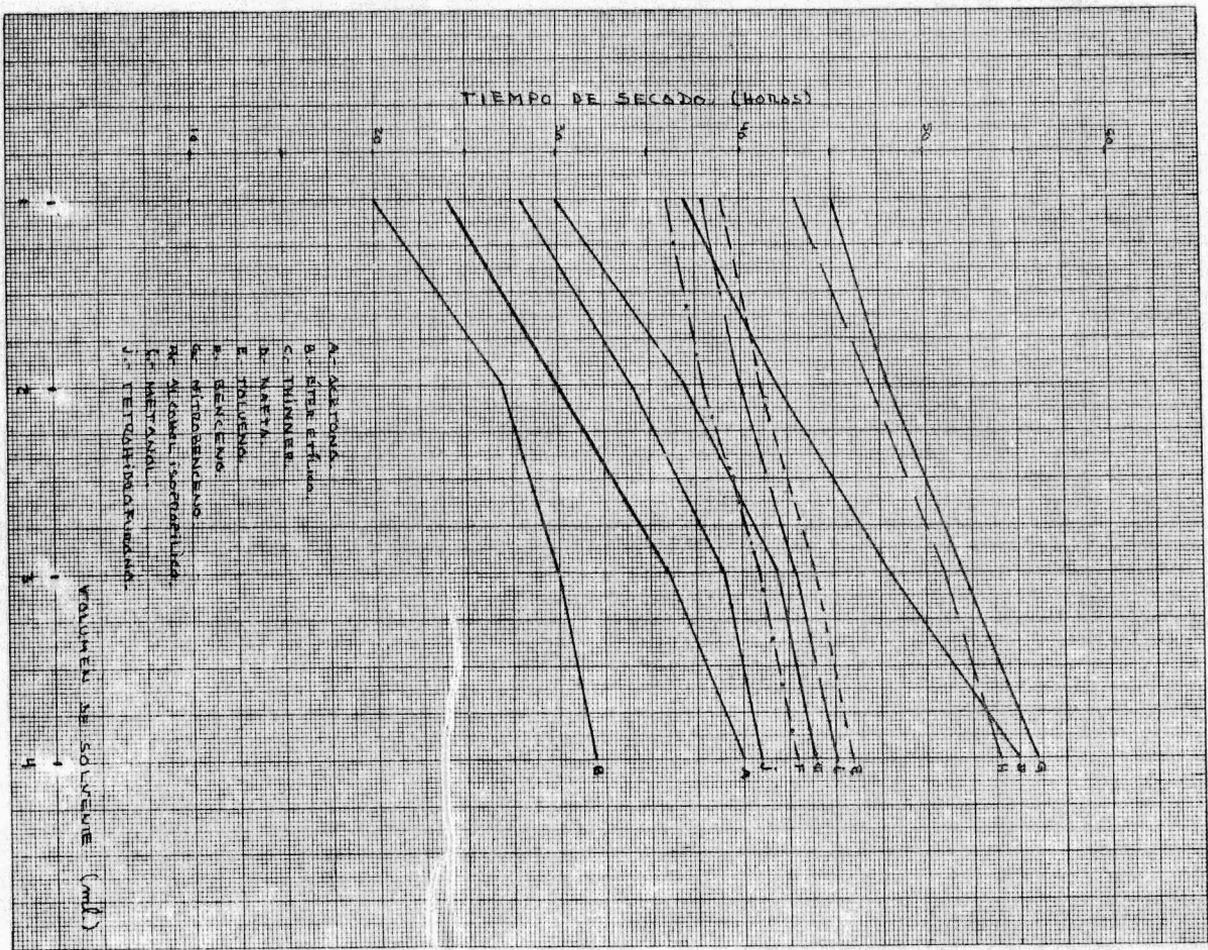
- 1.- Baja viscosidad, puede aplicarse por aspersión.
- 2.- Regular viscosidad, puede aplicarse con rodillos.
- 3.- Alta viscosidad, puede aplicarse con rodillos o con cuchilla fija

** El tiempo de secado se tomó después de haber aplicado el adhesivo al soporte y a la temperatura ambiente sin la aplicación de equipo de secado.

*** El número indica el valor en % de fuerza cohesiva, fuerza adhesiva y la combinación de fuerzas adhesivo-cohesiva en relación al adhesivo sin solvente, -tomando éste como 100%. Esta prueba se realizó según el método ASTM D-1000.

TABLA 5

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
VOLUMEN DE SOLVENTE (ml)	SOLVENTE	SOLU- BILIDAD	VISCO- SIDAD (*)	TIEMPO DE SECADO (HRS) (**)	FUERZA COHESIVA (***)	FUERZA ADHESIVA (***)	FUERZA ADHESIVA COHESIVA (***)
1	ACETONA.	REGULAR	2	24	85.71	85.71	85.71
2	✓	BUENA	1	30	✓	✓	✓
3	✓	✓	1	36	✓	✓	✓
4	✓	✓	1	40	80.95	78.57	76.19
1	ETER ETILICO.	REGULAR	2	20	90.95	90.00	90.47
2	✓	BUENA	1	27	✓	✓	✓
3	✓	✓	1	30	✓	✓	✓
4	✓	✓	1	32	89.52	85.71	✓
1	THINNER.	REGULAR	2	30	84.76	84.28	83.33
2	✓	BUENA	1	37	✓	✓	✓
3	✓	✓	1	42	✓	✓	✓
4	✓	✓	1	44	83.80	82.85	80.95
1	NAFTA.	MALA	3	37	67.61	67.14	66.66
2	✓	✓	3	42	✓	✓	✓
3	✓	REGULAR	2	48	✓	✓	✓
4	✓	✓	2	55	63.33	62.85	61.90
1	TOLUENS.	MALA	3	39	84.28	84.28	83.33
2	✓	REGULAR	2	41	✓	✓	✓
3	✓	✓	2	44	✓	✓	✓
4	✓	✓	2	46	80.95	80.00	80.95
1	BENCENO.	MALA	3	36	82.38	81.42	80.95
2	✓	REGULAR	2	38	✓	✓	✓
3	✓	✓	2	41	✓	✓	✓
4	✓	✓	2	43	80.00	80.00	78.57
1	NITROBENCENO	MALA	3	43	66.19	65.71	64.28
2	✓	REGULAR	2	48	✓	✓	✓
3	✓	✓	2	52	✓	✓	✓
4	✓	✓	2	56	60.47	60.00	59.52
1	ALCOHOL ISOPROPILICO.	MALA	3	43	61.42	61.42	59.52
2	✓	✓	3	47	✓	✓	✓
3	✓	✓	3	51	✓	✓	✓
4	✓	✓	3	54	57.14	57.14	57.14
1	METANOL.	MALA	3	38	41.90	41.42	40.47
2	✓	✓	3	40	✓	✓	✓
3	✓	✓	3	43	✓	✓	✓
4	✓	✓	3	45	36.19	35.71	35.71
1	TETRAHIDROFURANO	REGULAR	2	28	92.38	91.42	90.47
2	✓	BUENA	1	34	✓	✓	✓
3	✓	✓	1	39	✓	✓	✓
4	✓	✓	1	41	91.42	✓	✓



INDICACIONES PARA LA TABLA 6.

El volumen de adhesivo que se utiliza es de 2 ml. y el volumen de la mezcla de solventes que se utiliza es de 3 ml.

En solubilidad, la letra indica que grado de solubilidad presenta la mezcla de solventes con respecto al adhesivo:

B = buena solubilidad.

R = regular solubilidad.

M = mala solubilidad.

En viscosidad, el número determina que tan viscoso está el adhesivo y como se podría aplicar al soporte:

- 1.- Baja viscosidad, puede aplicarse por aspersión.
- 2.- Regular viscosidad, puede aplicarse con rodillos.
- 3.- Alta viscosidad, puede aplicarse con rodillos o con cuchilla fija.

El tiempo de secado se tomó después de haber aplicado el adhesivo al soporte y a la temperatura ambiente sin la aplicación de equipo de secado.

En los casos de fuerza cohesiva, fuerza adhesiva y la combinación de fuerzas adhesivo-cohesiva, el número indica el valor en % de dichas fuerzas con relación al adhesivo sin solvente, - tomando éste como 100%. Esta prueba se realizó según el método ASTM D-1000.

TABLA 6

MERCLA DE SOLVENTES	ACETONA - TOLUENO									
CONCENTRACION DE VOLUMEN (%)	10-90	20-80	30-70	40-60	50-50	60-40	70-30	80-20	90-10	
SOLUBILIDAD	M	M	M	R	R	R	R	R	R	B
VISCOSIDAD	3	3	3	2	2	2	2	2	2	1
TIEMPO DE SECADO (HRS.)	42	40	38	37	35	34	32	31	30	
FUERZA COHESIVA (%)	32.28	32.28	32.28	32.85	32.85	32.85	33.33	33.33	33.33	33.33
FUERZA ADHESIVA (%)	51.42	51.42	51.42	54.28	54.28	54.28	57.14	57.14	57.14	57.14
FUERZA ADHESIVO-COHESIVO (%)	40.47	40.47	40.47	40.47	40.47	40.47	42.85	42.85	42.85	42.85

MERCLA DE SOLVENTES	ACETONA - BENCIENO									
CONCENTRACION DE VOLUMEN (%)	10-90	20-80	30-70	40-60	50-50	60-40	70-30	80-20	90-10	
SOLUBILIDAD	R	R	R	R	R	R	R	R	R	B
VISCOSIDAD	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1
TIEMPO DE SECADO (HRS.)	48	45	43	40	38	35	33	32	31	
FUERZA COHESIVA (%)	31.90	31.90	31.90	32.38	32.38	32.38	33.33	33.33	33.33	33.33
FUERZA ADHESIVA (%)	51.42	51.42	51.42	54.28	54.28	54.28	57.14	57.14	57.14	57.14
FUERZA ADHESIVO-COHESIVO (%)	40.47	40.47	40.47	40.47	40.47	40.47	42.85	42.85	42.85	42.85

MERCLA DE SOLVENTES	ACETONA - NITROBENCENO									
CONCENTRACION DE VOLUMEN (%)	10-90	20-80	30-70	40-60	50-50	60-40	70-30	80-20	90-10	
SOLUBILIDAD	M	M	R	R	R	R	R	B	B	
VISCOSIDAD	3	3	2	2	2	2	2	1	1	
TIEMPO DE SECADO (HRS.)	52	50	47	44	41	38	35	34	31	
FUERZA COHESIVA (%)	28.09	28.09	28.09	28.57	28.57	28.57	30.00	30.00	30.00	30.00
FUERZA ADHESIVA (%)	45.71	45.71	45.71	48.57	48.57	48.57	50.00	50.00	50.00	50.00
FUERZA ADHESIVO-COHESIVO (%)	35.71	35.71	35.71	35.71	48.57	48.57	38.09	38.09	38.09	38.09

TABLA 6

MERCLA DE SOLVENTES	ACETONA - ALCOHOL POLIPROPILICO								
CONCENTRACION DE VOLUMEN (%)	10-90	20-80	30-70	40-60	50-50	60-40	70-30	80-20	90-10
SOLUBILIDAD	M	M	M	M	R	R	R	R	B
VISCOSIDAD	3	3	3	3	2	2	2	2	1
TIEMPO DE SECADO (HRS.)	49	47	46	44	42	41	39	36	33
FUERZA COHESIVA (%)	27.61	27.61	27.61	28.09	28.09	28.09	29.04	29.04	29.04
FUERZA ADHESIVA (%)	44.28	44.28	44.28	47.71	47.71	47.71	48.57	48.57	48.57
FUERZA ADHESIVO-COHESIVO (%)	35.33	35.33	33.33	35.71	35.71	35.71	35.71	35.71	35.71

MERCLA DE SOLVENTES	ACETONA - METANOL								
CONCENTRACION DE VOLUMEN (%)	10-90	20-80	30-70	40-60	50-50	60-40	70-30	80-20	90-10
SOLUBILIDAD	M	M	M	M	M	M	R	R	R
VISCOSIDAD	3	3	3	3	3	3	2	2	2
TIEMPO DE SECADO (HRS.)	45	44	42	41	39	38	37	35	34
FUERZA COHESIVA (%)	23.33	23.33	23.33	24.78	24.78	24.78	25.23	25.23	25.23
FUERZA ADHESIVA (%)	37.14	37.14	37.14	40.00	40.00	40.00	42.85	42.85	42.85
FUERZA ADHESIVO-COHESIVO (%)	28.57	28.57	28.57	30.95	30.95	30.95	30.95	30.95	30.95

MERCLA DE SOLVENTES	ACETONA - TETRAHIDROFUANO								
CONCENTRACION DE VOLUMEN (%)	10-90	20-80	30-70	40-60	50-50	60-40	70-30	80-20	90-10
SOLUBILIDAD	B	B	B	R	R	R	R	R	B
VISCOSIDAD	1	1	1	2	2	2	2	2	1
TIEMPO DE SECADO (HRS.)	28	28	27	27	26	26	25	25	24
FUERZA COHESIVA (%)	34.28	34.28	34.28	34.76	34.76	34.76	35.23	35.23	35.23
FUERZA ADHESIVA (%)	55.71	55.71	55.71	57.14	57.14	57.14	58.57	58.57	58.57
FUERZA ADHESIVO-COHESIVO (%)	42.85	42.85	42.85	42.85	42.85	42.85	45.23	45.23	45.23

TABLA 6

MERCLA DE SOLVENTES	TOLUENO - BENZENO									
CONCENTRACION DE VOLUMEN. (%)	10-90	20-80	30-70	40-60	50-50	60-40	70-30	80-20	90-10	
SOLUBILIDAD	B	B	B	B	B	R	R	R	M	
VISCOSIDAD	1	1	1	1	1	2	2	2	3	
TIEMPO DE SECADO (HRS)	53	54	56	59	60	61	63	64	66	
FUERZA COHESIVA (%)	31.90	31.90	31.90	32.38	32.38	32.38	33.33	33.33	33.33	
FUERZA ADHESIVA (%)	52.85	52.85	52.85	52.85	52.85	52.85	54.28	54.28	54.28	
FUERZA ADHESIVA-COHESIVA (%)	38.09	38.09	38.09	40.47	40.47	40.47	40.47	40.47	40.47	

MERCLA DE SOLVENTES	TOLUENO - NITROBENZENO									
CONCENTRACION DE VOLUMEN. (%)	10-90	20-80	30-70	40-60	50-50	60-40	70-30	80-20	90-10	
SOLUBILIDAD	M	M	M	M	M	M	M	R	R	
VISCOSIDAD	3	3	3	3	3	3	3	2	2	
TIEMPO DE SECADO (HRS)	55	53	51	50	48	46	43	41	39	
FUERZA COHESIVA (%)	28.09	28.09	28.09	29.04	29.04	29.04	30.00	30.00	30.00	
FUERZA ADHESIVA (%)	45.71	45.71	45.71	43.14	43.14	43.14	50.00	50.00	50.00	
FUERZA ADHESIVA-COHESIVA (%)	33.33	33.33	33.33	35.71	35.71	35.71	35.71	35.71	35.71	

MERCLA DE SOLVENTES	TOLUENO - ALCOHOL ISOPROPILICO									
CONCENTRACION DE VOLUMEN. (%)	10-90	20-80	30-70	40-60	50-50	60-40	70-30	80-20	90-10	
SOLUBILIDAD	M	M	M	M	M	M	M	R	R	
VISCOSIDAD	3	3	3	3	3	3	3	2	2	
TIEMPO DE SECADO (HRS)	53	52	51	49	48	46	44	43	42	
FUERZA COHESIVA (%)	27.61	27.61	27.61	28.09	28.09	28.09	29.04	29.04	29.04	
FUERZA ADHESIVA (%)	45.71	45.71	45.71	45.71	45.71	45.71	48.57	48.57	48.57	
FUERZA ADHESIVA-COHESIVA (%)	33.33	33.33	33.33	33.33	33.33	33.33	35.71	35.71	35.71	

TABLA 6

MEZCLA DE SOLVENTES		TOLUENO - METANOL								
CONCENTRACION DE VOLUMEN. (%)		10-90	20-80	30-70	40-60	50-50	60-40	70-30	80-20	90-10
SOLUBILIDAD		M	M	M	M	M	M	M	M	M
VISCOSIDAD		3	3	3	3	3	3	3	3	3
TIEMPO DE SECADO (HRS)		45	43	41	39	37	36	35	34	32
FUERZA COHESIVA (%)		23.33	23.33	23.33	24.28	24.28	24.28	25.23	25.23	25.23
FUERZA ADHESIVA (%)		38.57	38.57	38.57	40.00	40.00	40.00	41.42	41.42	41.42
FUERZA ADHESIVO-COHESIVO (%)		28.57	28.57	28.57	28.57	28.57	28.57	30.95	30.95	30.95

MEZCLA DE SOLVENTES		TOLUENO - TETRAHIDRAFURANO								
CONCENTRACION DE VOLUMEN. (%)		10-90	20-80	30-70	40-60	50-50	60-40	70-30	80-20	90-10
SOLUBILIDAD		B	B	R	R	R	R	R	B	B
VISCOSIDAD		1	1	2	2	2	2	2	1	1
TIEMPO DE SECADO (HRS)		38	39	40	42	43	45	46	48	49
FUERZA COHESIVA (%)		34.28	34.28	34.28	34.28	34.28	34.28	35.23	35.23	35.23
FUERZA ADHESIVA (%)		57.14	57.14	57.14	57.14	57.14	57.14	58.57	58.57	58.57
FUERZA ADHESIVO-COHESIVO (%)		42.85	42.85	42.85	42.85	42.85	42.85	42.85	42.85	42.85

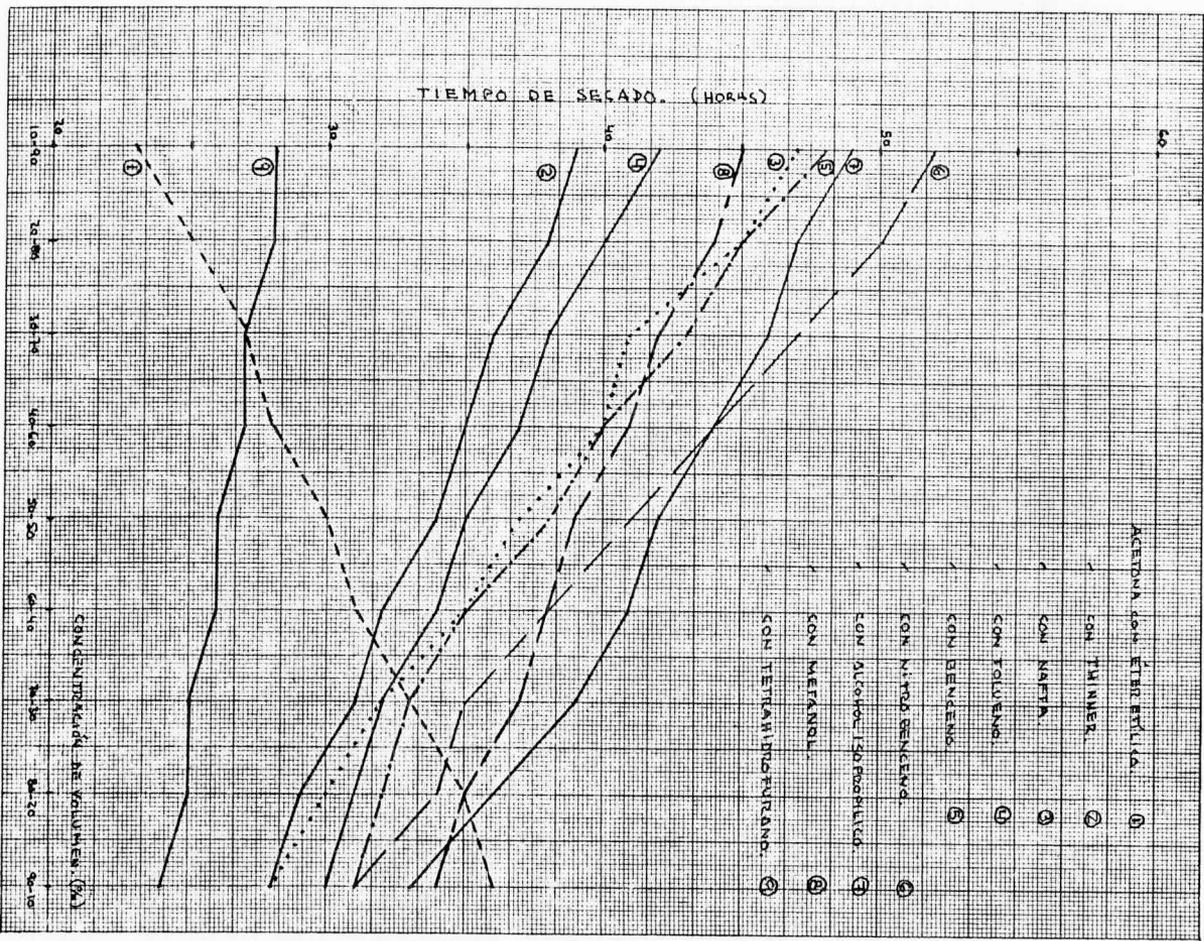
MEZCLA DE SOLVENTES		BENCENO - NITROBENCENO								
CONCENTRACION DE VOLUMEN. (%)		10-90	20-80	30-70	40-60	50-50	60-40	70-30	80-20	90-10
SOLUBILIDAD		M	M	M	M	M	M	M	M	M
VISCOSIDAD		3	3	3	3	3	3	3	3	3
TIEMPO DE SECADO (HRS)		55	54	53	51	49	48	46	44	42
FUERZA COHESIVA (%)		28.04	28.04	28.04	28.57	28.57	28.57	29.52	29.52	29.52
FUERZA ADHESIVA (%)		45.71	45.71	45.71	47.14	47.14	47.14	48.57	48.57	48.57
FUERZA ADHESIVO-COHESIVO (%)		33.33	33.33	33.33	33.33	33.33	33.33	35.71	35.71	35.71

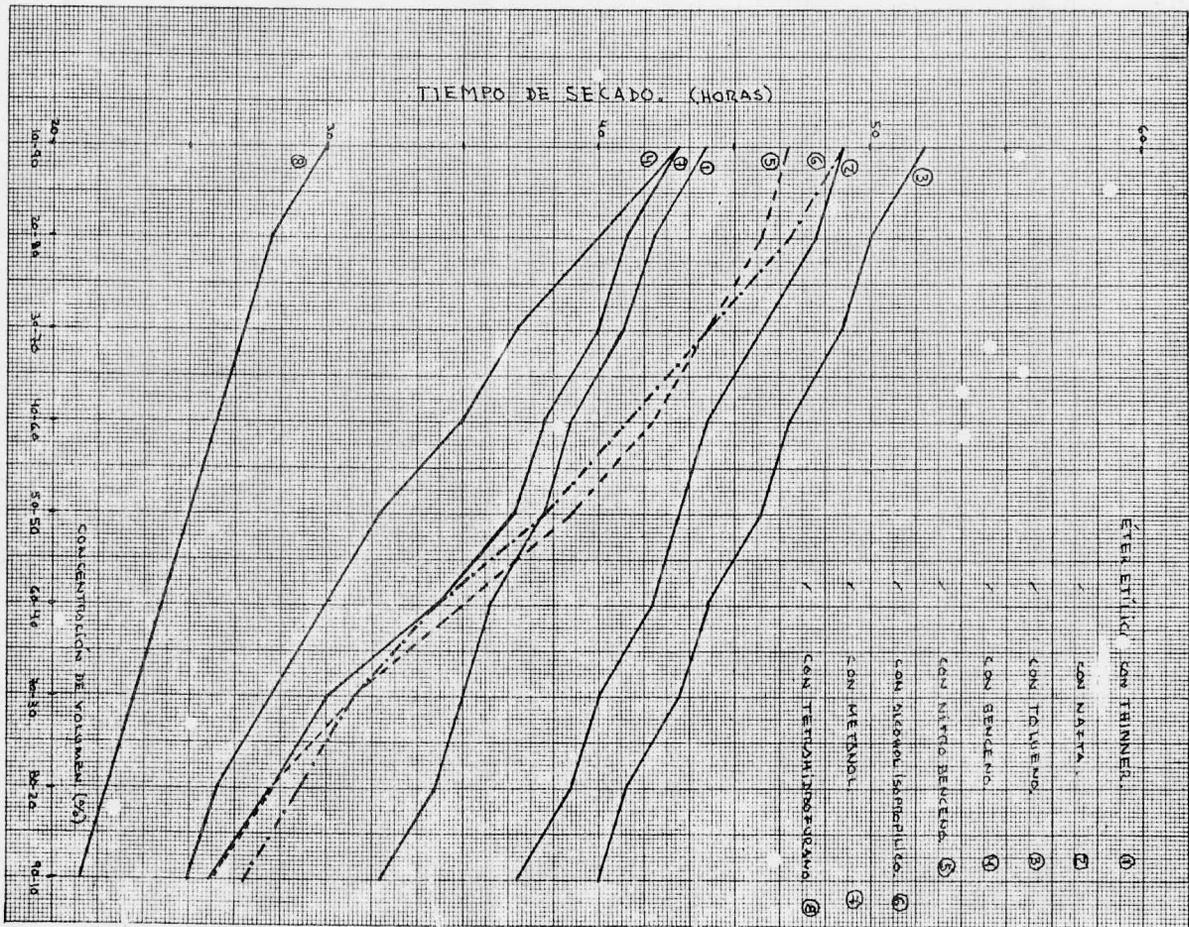
TABLA 6

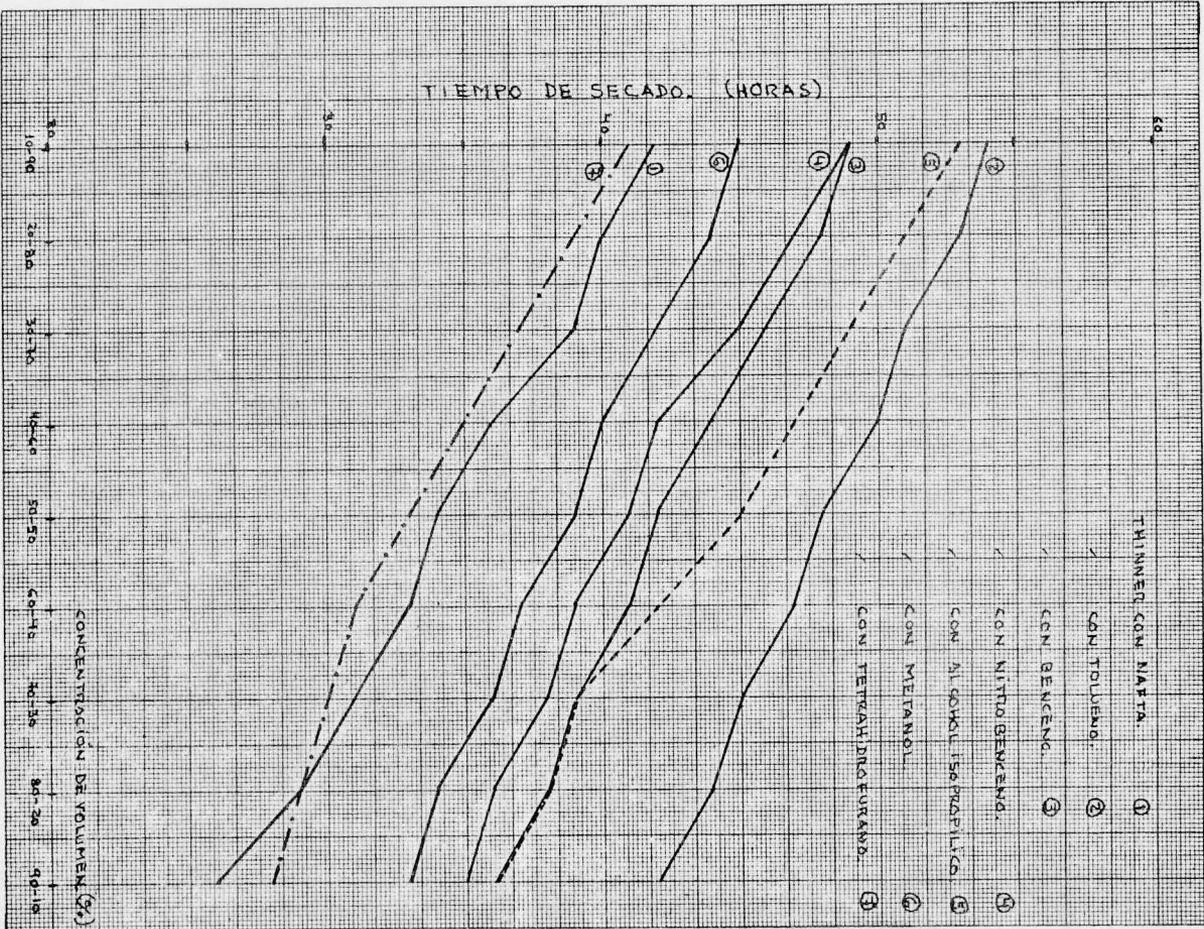
MEZCLA DE SOLVENTES	BENCENO - ALCOHOL PROPIlico									
CONCENTRACION DE VOLUMEN. (%)	10-90	20-80	30-70	40-60	50-50	60-40	70-30	80-20	90-10	
SOLUBILIDAD	M	M	M	M	M	M	M	M	M	
VISCOSIDAD	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
TIEMPO DE SECADO (HRS.)	53	51	49	47	45	43	40	38	36	
FUERZA COHESIVA (%)	27.14	27.14	27.14	27.61	27.61	27.61	28.57	28.57	28.57	
FUERZA ADHESIVA (%)	45.71	45.71	45.71	45.71	45.71	45.71	47.14	47.14	47.14	
FUERZA ADHESIVA-COHESIVA (%)	33.33	33.33	33.33	33.33	33.33	33.33	33.14	33.14	33.14	

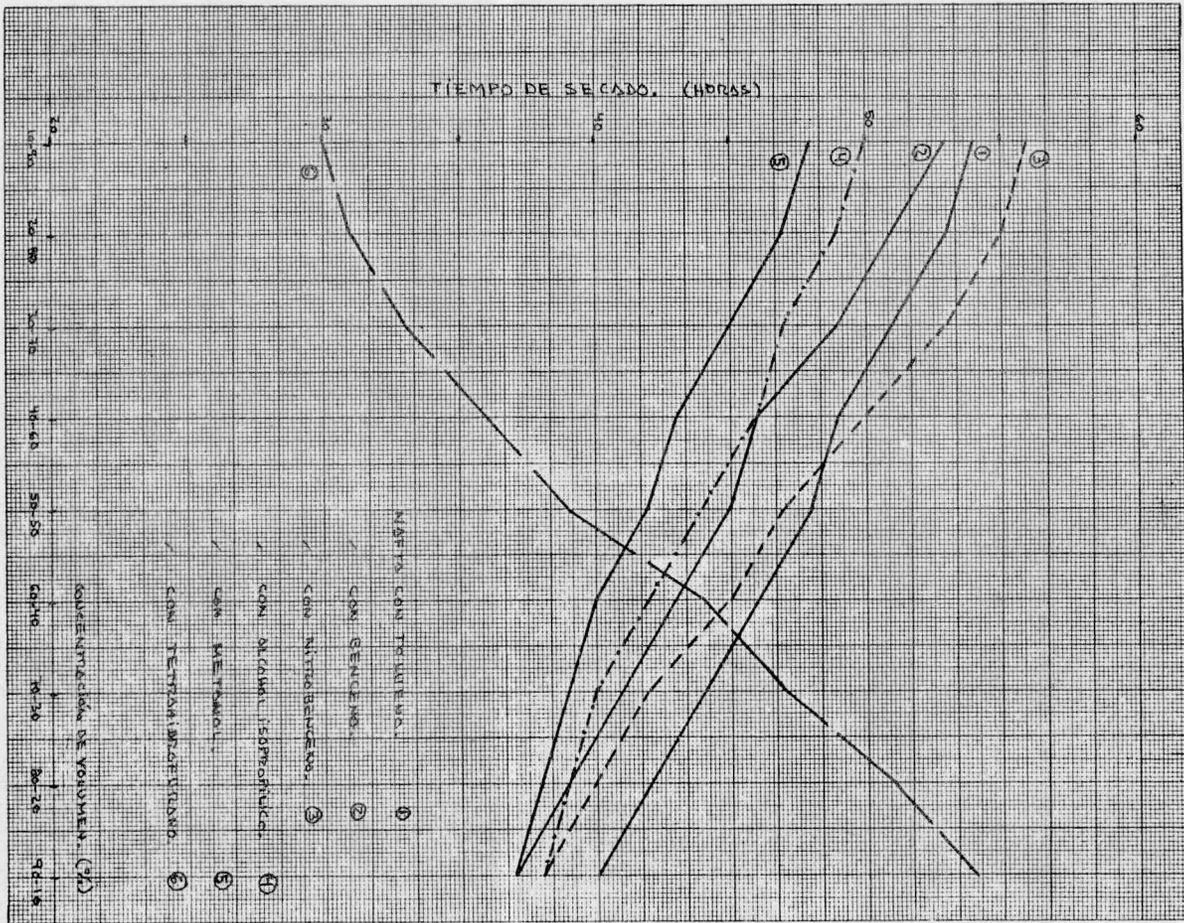
MEZCLA DE SOLVENTES	BENCENO - METANOL									
CONCENTRACION DE VOLUMEN. (%)	10-90	20-80	30-70	40-60	50-50	60-40	70-30	80-20	90-10	
SOLUBILIDAD	M	M	M	M	M	M	M	M	M	
VISCOSIDAD	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
TIEMPO DE SECADO (HRS.)	46	45	44	42	41	40	38	36	35	
FUERZA COHESIVA (%)	22.85	22.85	22.85	23.80	23.80	23.80	24.76	24.76	24.76	
FUERZA ADHESIVA (%)	38.57	38.57	38.57	38.57	38.57	38.57	40.00	40.00	40.00	
FUERZA ADHESIVA-COHESIVA (%)	28.57	28.57	28.57	28.57	28.57	28.57	28.57	28.57	28.57	

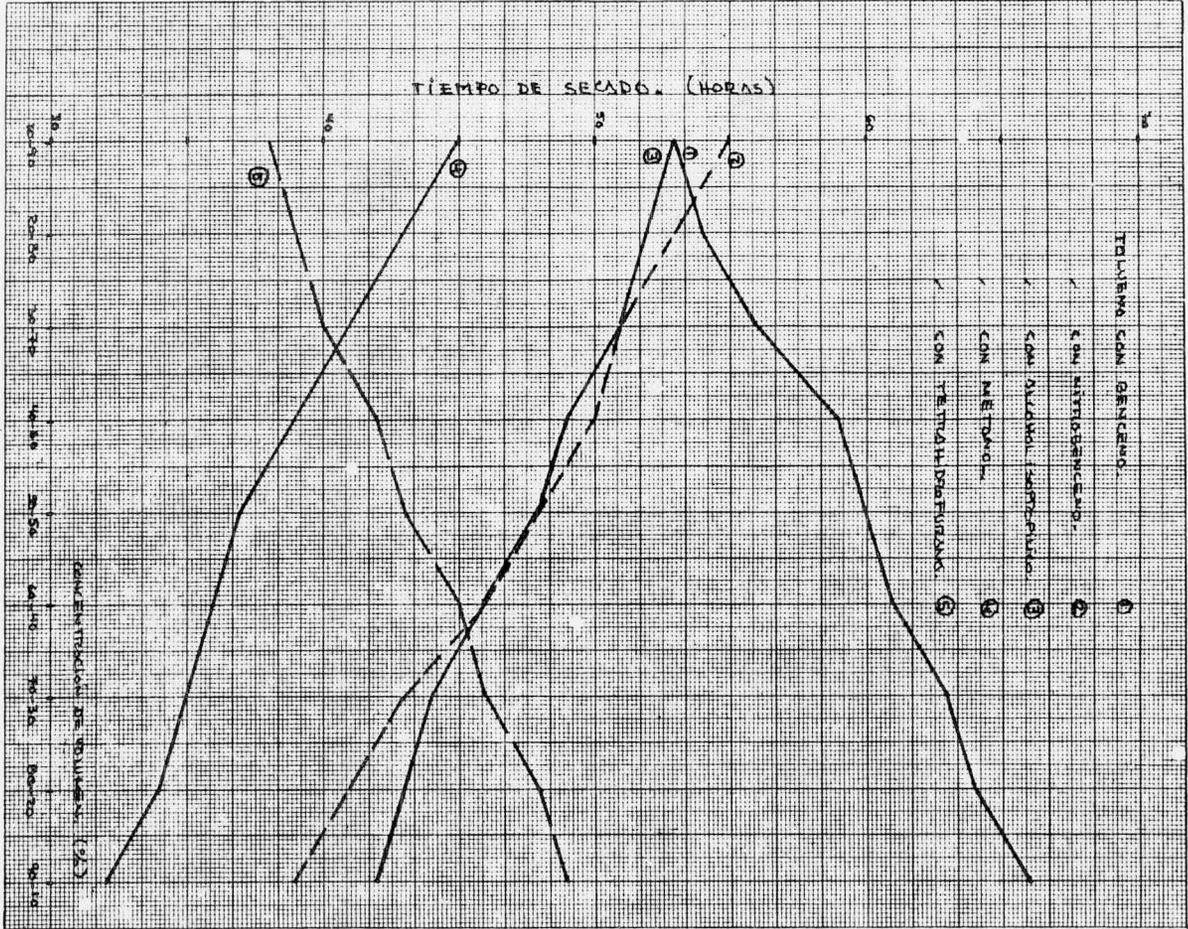
MEZCLA DE SOLVENTES	BENCENO - TETRAHIDROFUANO									
CONCENTRACION DE VOLUMEN. (%)	10-90	20-80	30-70	40-60	50-50	60-40	70-30	80-20	90-10	
SOLUBILIDAD	R	R	R	R	R	B	B	B	B	
VISCOSIDAD	2	2	2	2	2	1	1	1	1	
TIEMPO DE SECADO (HRS.)	32	33	34	36	39	40	41	42	43	
FUERZA COHESIVA (%)	34.28	34.28	34.28	34.28	34.28	34.28	34.76	34.76	34.76	
FUERZA ADHESIVA (%)	57.14	57.14	57.14	57.14	57.14	57.14	57.14	57.14	57.14	
FUERZA ADHESIVA-COHESIVA (%)	40.47	40.47	40.47	40.47	40.47	40.47	42.85	42.85	42.85	

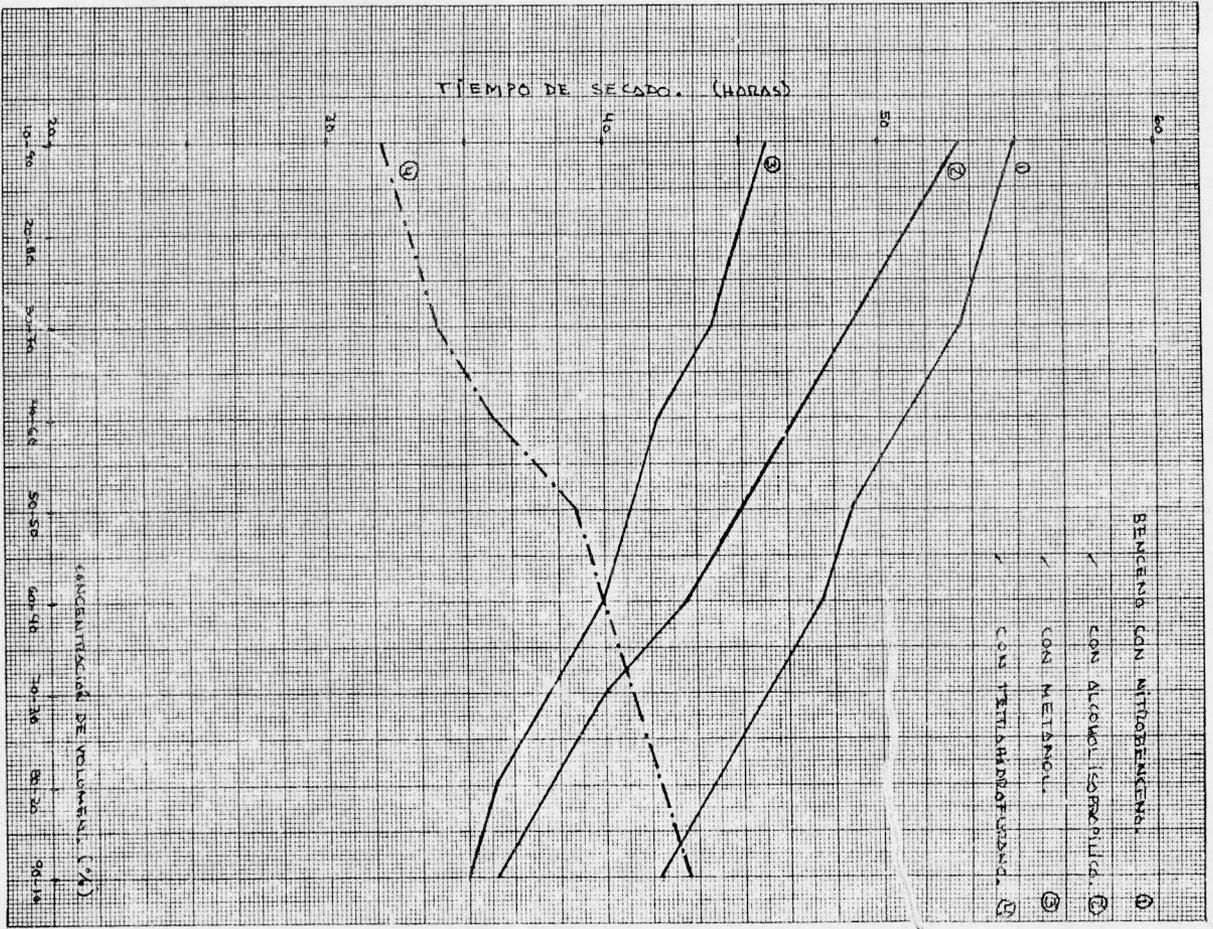


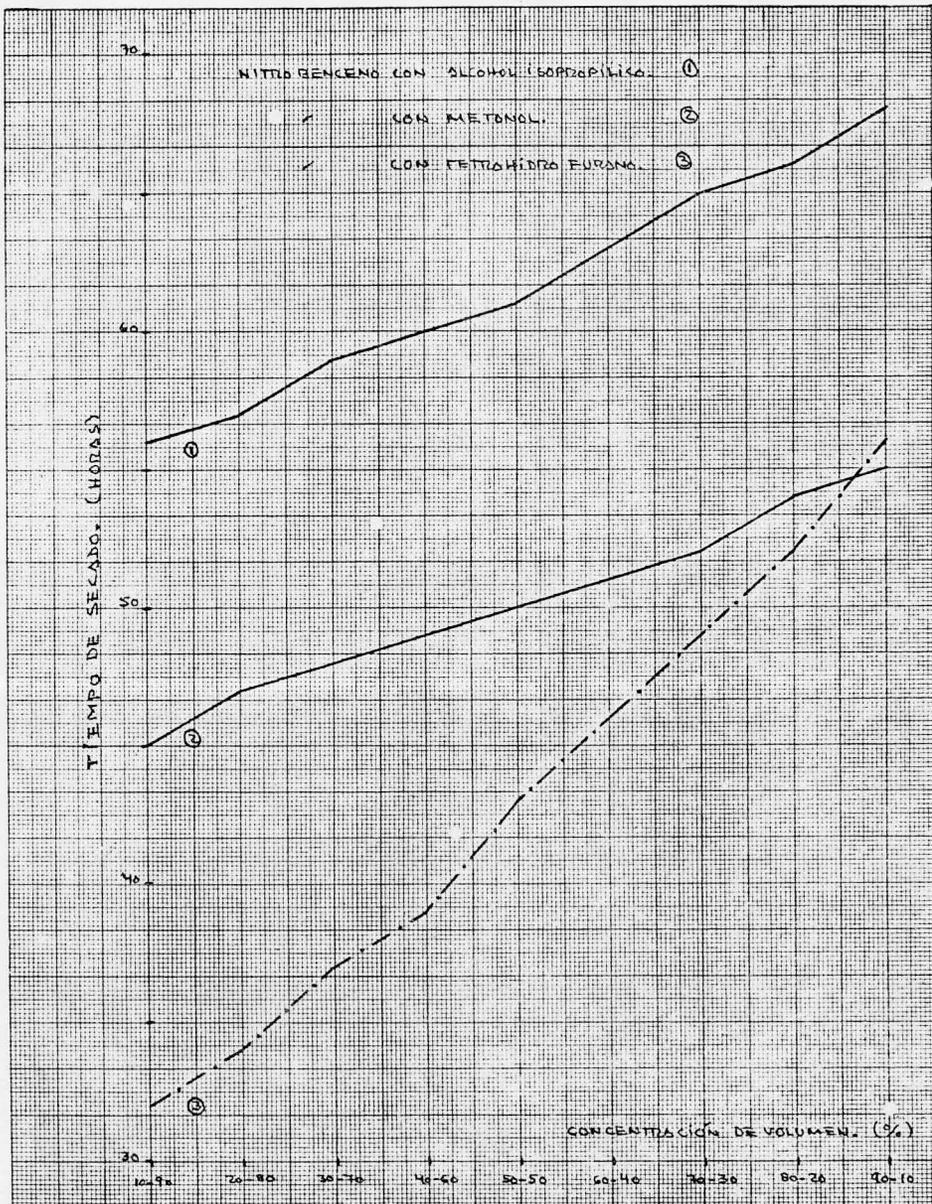


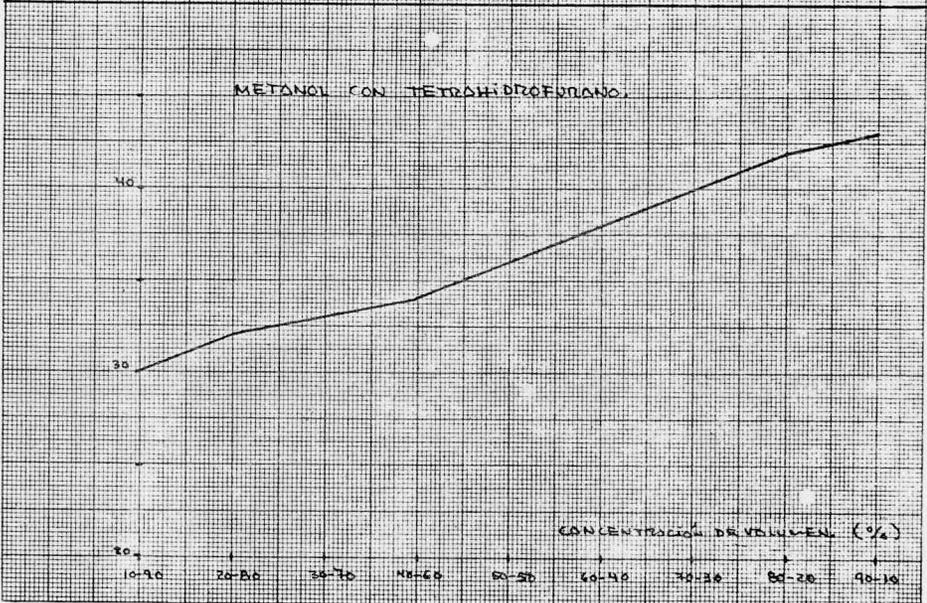
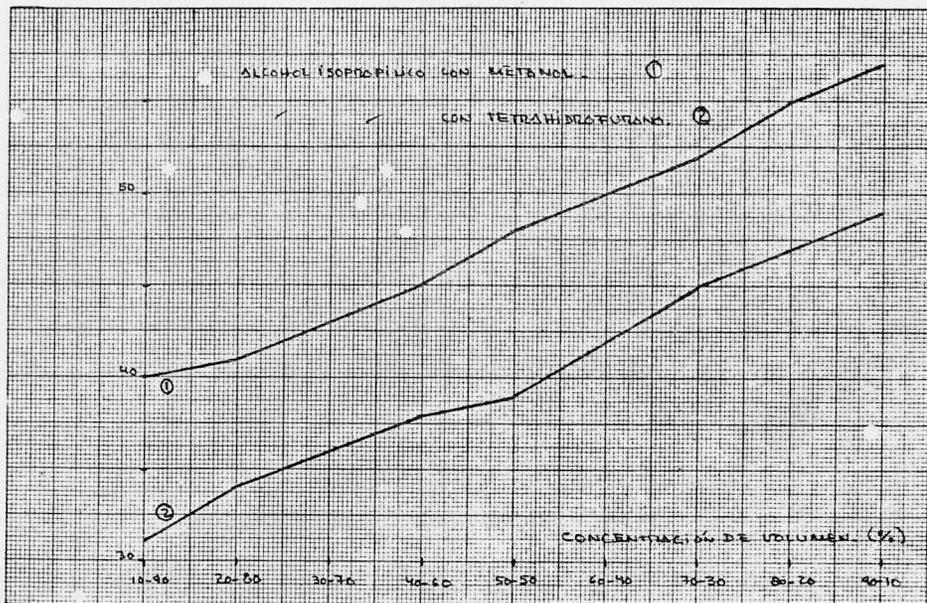












2.- Pruebas de Intemperismo.- Para llevar a cabo esta prueba se preparan, en diferentes soportes de tela (manta y cabeza de indio), los siguientes adhesivos:

- a) Adhesivo al natural.
- b) Adhesivo que fue sometido a irradiación.
- c) Adhesivo con carga de negro de humo
- d) Adhesivo con carga de Bióxido de Titanio.

Todos estos soportes se colocan adheridos a un cristal y se someten a las siguientes pruebas de intemperismo con el fin de llevarlos a un envejecimiento rápido:

a) En una estufa a 50°C , con un recipiente con agua, para que exista un ambiente de humedad. (tabla 7a.)

b) En una estufa a 50°C , para que exista solo un ambiente caliente. (tabla 7b.)

c) En una cámara de luz ultravioleta a temperatura ambiente. (tabla 7c.)

d) En un recipiente con agua se deposita el cristal, éste se lleva a cabo a temperatura ambiente. (tabla 7 d.)

e) Se expone el cristal a la luz solar directa, procurando evitar el contacto con el agua. (tabla 7e.)

f) En una estufa a 50°C , en un recipiente con agua se deposita el cristal, procurando que siempre esté cubierto por el agua. (tabla 7f.)

De las observaciones hechas, el adhesivo que mejor resistencia opone a las pruebas de intemperismo es el que se trato con carga de negro de humo, ya que los demás presentaron varia-

Tabla 7-a.

PRUEBA: a 50°C con ambiente humedo.

ADHESIVO	SOPORTE	TIEMPO DE PRUEBA	TIEMPO DE ENVEJECIMIENTO	OBSERVACIONES.
NATURAL.	MANTA.	60 DÍAS.	75 SEMANAS	El adhesivo se oscurece, existe pérdida paulatina de la fuerza adhesiva, el adhesivo tiende a reblandecerse, a los 40 días los soportes tienden a despegarse por su propio peso al invertir el cristal, a los 50 días ya no se sostienen.
	CABEZA DE INDIO.	60 DÍAS.	75 SEMANAS	
IRRA-DIADO.	MANTA.	60 DÍAS.	37.5 SEMANAS	El adhesivo se oscurece más de lo que está, se aprecia muy poca fuerza adhesiva que se pierde al pasar los días, el adhesivo se reblandece, a los 17 días el soporte tiende a despegarse por su propio peso al invertir el cristal, a los 25 ya no se sostiene.
	CABEZA DE INDIO.	60 DÍAS.	37.5 SEMANAS	
CON CARGA DE NEGRO DE HUMO.	MANTA.	60 DÍAS.	90 SEMANAS	No se aprecia considerable pérdida de fuerza adhesiva, el adhesivo se reblandece muy poco, los soportes permanecen adheridos al cristal durante los 60 días de prueba.
	CABEZA DE INDIO.	60 DÍAS.	90 SEMANAS	
CON CARGA DE BIÓXIDO DE TITANIO	MANTA.	60 DÍAS.	52.5 SEMANAS	El adhesivo tiende a adquirir un color amarillo al cabo de 25 días, existe pérdida paulatina de fuerza adhesiva, el adhesivo tiende a reblandecerse, a los 28 días el soporte tiende a despegarse por su propio peso al invertir el cristal, a los 35 días ya no se sostienen.
	CABEZA DE INDIO.	60 DÍAS.	52.5 SEMANAS	

Tabla 7-b.

PRUEBA: a 50°C.

ADHESIVO	SOPORTE	TIEMPO DE PRUEBA	TIEMPO DE ENVEJECIMIENTO	OBSERVACIONES.
NATURAL.	MANTA.	60 DÍAS.	78 SEMANAS	El adhesivo adquiere un color café, éste tiende a reblandecerse, existe pérdida de fuerza adhesiva, a los 43 días los soportes tienden a despegarse por su propio peso al invertir el cristal, a los 52 días ya no se sostienen.
	CABEZA DE INDIÓ.	60 DÍAS.	78 SEMANAS	
IRRA-DIADO.	MANTA.	60 DÍAS.	27 SEMANAS	El adhesivo se oscurece todavía más, éste tiende a reblandecerse, existe pérdida de fuerza adhesiva, a los 15 días los soportes tienden a despegarse por su propio peso al invertir el cristal, a los 18 días ya no se sostienen.
	CABEZA DE INDIÓ.	60 DÍAS.	27 SEMANAS	
CON CARGA DE NEGRO DE HUMO.	MANTA.	60 DÍAS.	90 SEMANAS	No se aprecia una pérdida considerable de fuerza adhesiva, el adhesivo se reblandece muy poco, los soportes permanecen adheridos al cristal al cabo de los 60 días de prueba.
	CABEZA DE INDIÓ.	60 DÍAS.	90 SEMANAS	
CON CARGA DE BIÓXIDO DE TITANIO	MANTA.	60 DÍAS.	63 SEMANAS	El adhesivo adquiere un color amarillento, éste tiende a reblandecerse, existe pérdida de fuerza adhesiva, a los 33 días los soportes tienden a despegarse por su propio peso al invertir el cristal, a los 42 días ya no se sostienen.
	CABEZA DE INDIÓ.	60 DÍAS.	63 SEMANAS	

TABLA 7-c.

PRUEBA: En cámara de luz ultravioleta a temperatura ambiente.

ADHESIVO	SOPORTE	TIEMPO DE PRUEBA	TIEMPO DE ENVEJECIMIENTO	OBSERVACIONES.
NATURAL.	MANTA	60 DÍAS.	60 SEMANAS	El adhesivo adquiere un color amarillo óxido, se endurece, conserva la fuerza adhesiva, los soportes permanecen adheridos al cristal durante los 60 días de prueba.
	CABEZA DE INDIO.	60 DÍAS.	60 SEMANAS	
IRRA-DIADO.	MANTA	60 DÍAS.	60 SEMANAS	El adhesivo adquiere un color más oscuro, se aprecia menor fuerza adhesiva que en los otros soportes, se endurece, los soportes continúan adheridos al cristal durante los 60 días de prueba.
	CABEZA DE INDIO.	60 DÍAS.	60 SEMANAS	
CON CARGA DE NEGRO DE HUMO.	MANTA	60 DÍAS.	60 SEMANAS	El adhesivo se endurece, no hay pérdida apreciable de fuerza adhesiva, los soportes permanecen adheridos al cristal durante los 60 días de prueba.
	CABEZA DE INDIO.	60 DÍAS.	60 SEMANAS	
CON CARGA DE BIÓXIDO DE TITANIO	MANTA	60 DÍAS	60 SEMANAS	El adhesivo adquiere un color amarillo óxido superficialmente, se endurece el adhesivo, existe fuerza adhesiva, los soportes permanecen adheridos al cristal durante los 60 días de prueba.
	CABEZA DE INDIO.	60 DÍAS	60 SEMANAS	

Tabla 7-d.

PRUEBA: Sumergido en agua a temperatura ambiente.

ADHESIVO	SOPORTE	TIEMPO DE PRUEBA	TIEMPO DE ENVEJECIMIENTO	OBSERVACIONES.
NATURAL.	MANTA.	60 DÍAS.	90 SEMANAS	El adhesivo adquiere un color blanco, existe pérdida de fuerza adhesiva, las puntas de los soportes tienden a levantarse, los soportes permanecen adheridos al cristal durante los 60 días de prueba.
	CABEZA DE INDIÓ.	60 DÍAS.	90 SEMANAS	
IRRADADO.	MANTA.	60 DÍAS.	90 SEMANAS	El adhesivo adquiere un color amarillento, se vuelve viscoso, las puntas de los soportes tienden a levantarse, los soportes permanecen adheridos al cristal durante los 60 días de prueba, se advierte pérdida de fuerza adhesiva.
	CABEZA DE INDIÓ.	60 DÍAS.	90 SEMANAS	
CON CARGA DE NEGRO DE HUMO.	MANTA.	60 DÍAS.	90 SEMANAS	No hay cambio en el color, no se aprecia otro cambio en el adhesivo, las puntas de los soportes tienden a levantarse, estos permanecen adheridos al cristal durante los 60 días de prueba.
	CABEZA DE INDIÓ.	60 DÍAS.	90 SEMANAS	
CON CARGA DE BÍOXIDO DE TITANIO	MANTA.	60 DÍAS.	90 SEMANAS	No hay cambio en el color, existe pérdida de fuerza adhesiva, las puntas de los soportes tienden a levantarse, estos permanecen adheridos al cristal durante los 60 días de prueba.
	CABEZA DE INDIÓ.	60 DÍAS.	90 SEMANAS	

Tabla 7-e.

PRUEBA: A la luz solar directa, evitando el contacto con el agua.

ADHESIVO	SOPORTE	TIEMPO DE PRUEBA	TIEMPO DE ENVEJECIMIENTO	OBSERVACIONES.
NATURAL.	MANTA.	60 DÍAS.	90 SEMANAS	El adhesivo adquiere un color amarillento, se endurece, se conserva la fuerza adhesiva, se aprecia deterioro en los soportes, estos permanecen adheridos al cristal durante los 60 días de prueba.
	CABEZA DE INDIO.	60 DÍAS.	90 SEMANAS	
IRRA-DIADO.	MANTA.	60 DÍAS.	90 SEMANAS	El adhesivo se torna más oscuro, se endurece un poco menos que los otros soportes, existe fuerza adhesiva, - los soportes se han deteriorado, estos permanecen adheridos al cristal durante los 60 días de prueba.
	CABEZA DE INDIO.	60 DÍAS.	90 SEMANAS	
CON CARGA DE NEGRO DE HUMO.	MANTA.	60 DÍAS.	90 SEMANAS	El adhesivo pierde un poco de color, se endurece, se conserva la fuerza adhesiva, existe deterioro en los - soportes, estos permanecen adheridos al cristal durante los 60 días de prueba.
	CABEZA DE INDIO.	60 DÍAS.	90 SEMANAS	
CON CARGA DE BIÓXIDO DE TITANIO	MANTA.	60 DÍAS.	90 SEMANAS	El adhesivo adquiere un color amarillo óxido, se endurece, se conserva la fuerza adhesiva, los soportes se han deteriorado, estos permanecen - adheridos al cristal durante los 60 días de prueba.
	CABEZA DE INDIO.	60 DÍAS.	90 SEMANAS	

Tabla 7-f.

PRUEBA: Sumergido en agua a 50°C.

ADHESIVO	SOPORTE	TIEMPO DE PRUEBA	TIEMPO DE ENVEJECIMIENTO	OBSERVACIONES.
NATURAL.	MANTA	60 DÍAS.	34 SEMANAS	El adhesivo se vuelve viscoso, hay pérdida de fuerza adhesiva, las puntas de los soportes tienden a levantarse, a los 13 días estos tienden a despegarse por su propio peso al invertir el cristal, a los 17 días ya no se sostienen.
	CABEZA DE INDIÓ.	60 DÍAS.	34 SEMANAS	
IRRA- DIADO.	MANTA	60 DÍAS.	16 SEMANAS	El adhesivo se torna viscoso, se - aprecia pérdida de fuerza adhesiva, las puntas de los soportes tienden a levantarse, a los 5 días tienden a - despegarse por su propio peso al invertir el cristal, a los 8 días ya - no se sostienen.
	CABEZA DE INDIÓ.	60 DÍAS.	16 SEMANAS	
CON CARGA DE NEGRO DE HUMO.	MANTA	60 DÍAS.	52 SEMANAS	No se aprecia cambio en el adhesivo, se pierde poca fuerza adhesiva, las puntas de los soportes tienden a levantarse un poco menos que en las - otras muestras, a los 22 días los soportes tienden a despegarse por su - propio peso al invertir el cristal, a los 26 días ya no se sostienen.
	CABEZA DE INDIÓ.	60 DÍAS.	52 SEMANAS	
CON CARGA DE BIÓXIDO DE TITANIO	MANTA	60 DÍAS	26 SEMANAS	Existe pérdida de fuerza adhesiva, - el adhesivo se vuelve viscoso, las - puntas de los soportes tienden a levantarse, a los 10 días estos tienden a despegarse por su propio peso al - invertir el cristal, a los 13 días - ya no se sostienen.
	CABEZA DE INDIÓ.	60 DÍAS	26 SEMANAS	

ciones y éste no, le sigue el adhesivo al natural y posteriormente el que contiene carga de bióxido de titanio.

En todas las muestras se aprecia que el soporte de cabeza de indio retiene mejor al adhesivo, mojándose muy poco por la parte limpia del soporte, cosa que no sucede con la manta.

En las pruebas de luz ultravioleta y a la luz solar directa, es donde se observa que hay menor pérdida de fuerza adhesiva.

3.- Prueba de Recubrimiento.- Este método de prueba es un procedimiento para determinar la cantidad de adhesivo sólido aplicado por aspersión o por recubrimiento sobre una superficie. Para que esta prueba sea efectiva, el adhesivo debe estar libre de solvente al ser empleado. Los resultados obtenidos son:

$$S = \frac{W_2 - W_1}{N \times A}$$

Donde:

S = peso del adhesivo aplicado.

= gr/1000 cm² de área de superficie de unión.

W₁ = peso del soporte antes de aplicado el adhesivo.

W₂ = peso del soporte inmediatamente después de aplicado el adhesivo. (W₁ y W₂ se miden en gramos.)

A = área del soporte. A se determina en cm².

N = número de aplicaciones de adhesivo.

Para éste caso:

$$W_1 = 0.2006 \text{ gr.}$$

$$W_2 = 0.5808 \text{ gr.} \quad N = 1.$$

$$A = 0.01935 \text{ cm}^2.$$

$$S = \frac{0.5808 - 0.2006}{1 \times 0.01935} = 19.6485 \text{ gr/1000 cm}^2 \text{ de área de superficie de unión.}$$

4.- Contenido de Sólidos.- Se determina colocando en un pesa filtros previamente pesado la muestra de adhesivo, se tapa y se determina el peso del adhesivo. Después se destapa y se le aplica calor a 70°C durante 15 minutos, entonces se enfría la muestra en un desecador y se pesa.

Los cálculos son:

Adhesivo libre de solvente = 1.6486 gr.

Muestra de adhesivo = 2.3421 gr.

$$\text{Contenido de Sólidos} = \frac{\text{Peso del adhesivo libre de solvente.}}{\text{Peso de la muestra.}}$$

$$\text{Contenido de Sólidos \%} = \frac{1.6486 \text{ gr.}}{2.3421 \text{ gr.}} \times 100$$

$$\text{Contenido de Sólidos} = 70.38\%$$

5.- Contenido de Cenizas.- Se determina colocando la muestra de adhesivo en un crisol (previamente pesado) y se determina su peso. Después se aplica calor hasta que la muestra convertida ya en cenizas alcance un peso constante; después se enfría en un desecador y se determina el peso.

Los cálculos son:

$$\% \text{ de contenido de cenizas} = \frac{A - B}{A} \times 100$$

donde: A = peso de la muestra original. A = 6.822 gr.

B = peso de las cenizas. B = 6.540 gr.

$$\% \text{ de contenido de cenizas} = \frac{6.822 - 6.540}{6.822} \times 100$$

Contenido de cenizas = 4.1336%

6.- Tensión de Ruptura Dieléctrica.- Es la tensión eléctrica a la que una capa de cinta adhesiva aislante se perfora.

El método de prueba utilizado para este fin, ASTM D149, - esta encaminado para usarlo como control y prueba de aceptación. Puede ser usado como evaluación parcial de materiales para usos y fines específicos y como un medio de observación del deterioro que sufran los materiales debido a causas específicas. Esta prueba se realizo en la fábrica de cintas aislantes Industrias Tuck de México S. A., en donde el voltaje se midio en un voltímetro conectado a el secundario de un transformador potencial - independiente, con los siguientes resultados:

Espesor de la cinta aislante.	Tensión de ruptura dieléctrica.
1) 0.5 mm.	9,000 volts/cm.
2) 1.0 mm.	7,000 volts/cm.

a una frecuencia de 60 ciclos por segundo. La capacidad inductiva específica, a 25°C, fue de 2.3 .

7.- Rendimiento.- Se determina de la siguiente manera:

Aguarrás	6.5 gr.	24.9 gr. -----	100%
Acido Nítrico Fumante	9.8 gr.	19.36gr. -----	X
Dicloruro de Azufre	<u>8.6 gr.</u>	X = 77.75%	
	24.9 gr.		
Peso del adhesivo	19.36 gr.	RENDIMIENTO = 77.75%	

CONCLUSIONES .

Mientras que la adherencia de la película fue uno de los primeros criterios usados para juzgar la adherencia de la cinta sensible a la presión, debe reconocerse que los valores de adhesión de la película dependen de la rigidez y el espesor del soporte de la cinta, así como de las propiedades reológicas del adhesivo. Por lo tanto, una evaluación cuidadosa de un adhesivo implica ensayos especiales para cada una de las propiedades mencionadas a lo largo de éste trabajo.

Otros ensayos dependen principalmente de las propiedades del soporte. A veces, la textura de la superficie del soporte, como en las cintas de tela o las cintas de protección, afectarán la pegadura rápida y la adhesión de la película, debido a que el adhesivo se adapta al contorno del soporte.

La adherencia relativamente baja indica un bajo contacto con la superficie, y también que el adhesivo no fluye alrededor de sus fibras o sea no hay un humectado eficiente.

De acuerdo con los solventes que mejor comportamiento presentan con el adhesivo y tomando en cuenta el factor economía, es preferible que se use como solvente, en un sistema de aplicación por aspersion, el thinner ya que se encuentra entre los cuatro primeros solventes que mejor comportamiento presentan y es el más económico de entre ellos.

El adhesivo con carga de negro de humo, que es el que pre

senta una mayor adhesividad y resistencia al intemperismo, se podría aplicar como aislante por las características que presenta.

El adhesivo que se obtiene unicamente con aguarrás y ácido nítrico fumante al 100%, no es recomendable que se use debido a su alta viscosidad, es preferible usar ácido nítrico al 85% y que se lleve a cabo la vulcanización ya que se obtiene un mayor rendimiento y es de más facil manejo para su aplicación.

Hay que considerar que si el adhesivo diluido se presenta por mucho tiempo a la intemperie, se producirán pequeños puntos o zonas muertas, ligeramente duras, debido a que se polimerizaron las partes activas del adhesivo en esos puntos por la evaporación ambiental del solvente.

Las aplicaciones que se pueden recomendar a este tipo de adhesivo son la cinta aislante, cinta quirúrgica (adhesivo con carga de bióxido de Titanio), como enmascarante, cinta selladora, protectora, reforzante, para identificado, empaclado, retenido y otras.

La investigación llevada a cabo en este trabajo, puede llegarse a mejorar utilizando técnicas nuevas o incluso encontrar otras variantes. En el aspecto social ello podría implicar la posibilidad de crear nuevas fuentes de trabajo. En el aspecto técnico, se hace uso de dos materias primas producidas en el país. En el aspecto científico la inquietud de enfatizar el espíritu de la investigación y la adquisición de la verdad.

B I B L I O G R A F I A .

- 1.- C. V. Cagle, ADHESIVE BONDING, TECHNIQUES AND APPLICATIONS.
Mc Graw Hill. New York, 1968.
- 2.- Julio Terán Z., APUNTES DE PLASTICOS Y SILICONES I Y II.
Facultad de Química, U. N. A. M. 1974.
- 3.- Adam, N. K., PHYSICS AND CHEMISTRY OF SURFACES.
Londres, Oxford University Press, 1941.
- 4.- De Bruyne, N. A., THE EXTENT OF CONTACT BETWEEN GLUE AND
ADHEREND.
Aero Research Technical Notes, Bull. No. 168 (Dic. 1956).
- 5.- J. Shields, HANDBOOK OF ADHESIVES.
Butterworths, Londres. 1970.
- 6.- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS. Vols. 16 y 29 1964.
- 7.- Claxton, A. W., THE FUNCTIONAL BEHAVIOR OF CLAYS IN ADHESIVES.
Tappi, 40, 180 A 1957 (junio).
- 8.- Irving Skeist, HANDBOOK OF ADHESIVES.
Reinhold Pub. Corp., New York, 1962.
- 9.- Brighth, W. M., ADHESION AND ADHESIVES, FUNDAMENTALS AND
PRACTICE.
John Wiley & Sons, Inc., New York, 1954.
- 10.- Scholberg, H. M., ADHESION AND ADHESIVE FUNDAMENTALS AND
PRACTICE.
John Wiley & Sons, Inc., New York, 1954.
- 11.- TEST METHODS FOR PRESSURE SENSITIVE TAPES, PRESSURE SENSITI-
VE TAPE COUNCIL. Glenview, Illinois, E. E. U. U.
- 12.- Ullmann Fritz, ENCICLOPEDIA DE QUIMICA INDUSTRIAL.
Volumen XV Ed. Gustavo Gile S. A.
- 13.- Horace G. Deming, QUIMICA GENERAL.
Ed. U. T. E. H. A., 1957.

I N D I C E.

Introducción.	3
Generalidades.	6

CAPITULO I.

La Unión Adhesiva.	13
Principios Generales.	13
Extendido.	15
Aspereza.	17
Porosidad.	19
Difusión.	21
Propiedades de los Adhesivos.	24
Viscosidad.	24
Tiempo de Almacenamiento.	26
Tiempo de Trabajo.	27
Recubrimiento.	27
Bloqueo.	28
Pegajosidad.	29
Penetración.	30
Durabilidad.	31
Adhesivos Sensitivos a la Presión.	33
Tipos de Soporte.	34
Métodos de Prueba.	38
Aplicación de los adhesivos a los soportes.	39

CAPITULO II.

Desarrollo Experimental.	40
Métodos Experimentales.	42
Reacciones con Catalizadores.	44
Proceso de Vulcanización.	45
Selección del Soporte.	47
Prueba de Solventes.	48
Tratamiento del Adhesivo con Cargas.	49
Irradiación.	51
Métodos de Pruebas Realizadas al Adhesivo.	51
Conclusiones.	58
Bibliografía.	60