



37  
29  
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO

FACULTAD DE QUÍMICA

DESARROLLO DE UN ADHESIVO A PARTIR  
DE HULE NATURAL Y RESINAS  
SINTÉTICAS

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
INGENIERO QUÍMICO

P R E S E N T A :

GAMALIEL FIGUEROA MOTA



MEXICO, D. F.

1996

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**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.

JURADO ASIGNADO SEGUN EL TEMA

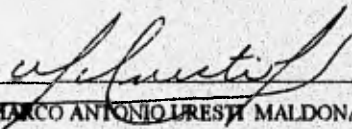
PRESIDENTE: PROF. PALACIOS ALQUISIRA JOAQUIN.  
VOCAL.: PROF. MALANCO COVARRUBIAS FERNANDO.  
SECRETARIO: PROF. URESTI MALDONADO MARCO ANTONIO.  
1<sup>ER</sup> SUPLENTE: PROF. PADILLA RAMÍREZ AMANDO JOSÉ.  
2<sup>º</sup> SUPLENTE: PROF. FLORES PÉREZ BLAS.

SITIO DONDE SE DESARROLLÓ EL TEMA:

FACULTAD DE QUÍMICA. EDIFICIO E  
DEPARTAMENTO DE POLÍMEROS  
LABORATORIO 213  
MÉXICO, D.F.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO.

ASESOR DEL TEMA:

  
M. EN C. MARCO ANTONIO URESTI MALDONADO.

SUPERVISORA TÉCNICA:

  
Q. ERNESTINA CERVERA FLORES.

SUSTENTANTE:

  
GAMALIEL FIGUEROA MOTA.

*AGRADECIMIENTOS*

*De antemano se agradece a toda aquella persona que haya cooperado en este trabajo especialmente a:*

DEPARTAMENTO DE POLIMEROS:

M. en C. URESTI MALDONADO MARCO ANTONIO por su asesoramiento y redacción en este trabajo.

DR. MALANCO COVARRUBIAS FERNANDO por su asesoramiento y redacción de este trabajo.

DR. PALACIOS ALQUISIRA JOAQUIN por su asesoramiento y redacción de este trabajo.

INSTITUTO DE INVESTIGACION DE MATERIALES:

I.Q. ALFREDO MACIEL CERDA por su valiosa cooperación en las pruebas mecánicas.

I.Q. FILIBERTO RIVERA TORRES por su valiosa cooperación en la medición de ángulos de contacto así como la bibliografía a utilizar en este trabajo.

Q. ERNESTINA CERVERA FLORES por su ayuda y enseñanza en interpretar espectros infrarrojos al igual que analisis cuantitativos.

Q. FLORES PEREZ BLAS por permitirme trabajar en su laboratorio en desecado de adhesivos.

DR. ADRIAN BENITEZ M. por prestamo de laboratorio y balanza para las pruebas peel.

AL DEPARTAMENTO DE ESPECTROFOTOMETRIA INFRARROJA

A LA Q.F.B. GRACIELA CHAVEZ BELTRAN

A LA Q. MARISELA GUTIERREZ FRANCO

QUIENES SIEMPRE PROPORCIONARON SU AYUDA MORAL Y EN ESPECTROS  
INFRARROJOS, PROPORCIONANDO SIEMPRE LA MEJOR AYUDA Y DISPOSICIÓN  
EN TODO TRABAJO RELACIONADO CON ESTA TESIS, ASI COMO  
INTERPRETACION Y ANALISIS DE TODOS LOS ESPECTROS INFRARROJOS, POR  
QUE SIEMPRE ESTUVIERON EN LA MEJOR DISPOSICION DE AYUDARME SIN  
PONER TRAMITES BUROCRATICOS, GRACIAS POR TODO.

DEDICATORIA:

A MIS PADRES:

I. Q. JOAQUIN FIGUEROA NAVA

QUIRINA MOTA SOLANO

Por su valiosa ayuda moral y economica en este trabajo, teniendo en mira ver los frutos de sus esfuerzos y ayudarme en tener una educación y formación profesional como INGENIERO QUIMICO.

A MI FAMILIA : Joaquin, Jorge, Janeth, por su ayuda moral en este trabajo y a Javier por su apoyo incondicional.

A MIS AMIGOS: Alejandro (Cuaco), Guillermo, Angel, Rodolfo, Rosalba, Olivia, Cesar, Licha, Claudia, Salvador, Gabriel (Chino), Bonker, Kay, Berenice, Monica, Alejandrina, Tabo, Lenka, Fam. Zamudio, Fam Corona, quienes estuvieron conmigo en la tesis y en la carrera.

A LA FACULTAD DE QUIMICA: Por darme la oportunidad de estudiar en sus instalaciones.

## 1 .- INTRODUCCION:

Ante la necesidad de contar con nuevos materiales para la Industria, se realizó este trabajo para estudiar el desarrollo de adhesivos de contacto, derivados de hule natural; se utilizó hule natural tipo HM-20, el cual es un hule muy resilente, con alta resistencia a la tensión, presenta buena resistencia al rasgado y a la abrasión. Tolera cambios de temperatura, es de fácil manejo, se mezcla bien con otros hules naturales y sintéticos y se solubiliza en disolventes orgánicos.

Para este tipo de adhesivos se seleccionaron resinas sintéticas -resinas fenolicas y breas sinteticas -: ya que en las revisiones que se efectuaron en la bibliografía se encontro que en la gran mayoría de las formulaciones se utilizaba este tipo de resinas. Debido a la demanda que existe en el mercado nacional, se utilizaron resinas fenolicas y de brea hidrogenada, proporcionadas por la compañía: RESINAS SINTETICAS DE MEXICO SA DE CV.

La necesidad en el mercado ha hecho necesario formular adhesivos de calidad , de fácil aplicación y manejo por lo cual en este trabajo se formularon adhesivos a partir de hule natural, resinas sintéticas y disolventes orgánicos. Este tipo de adhesivos se somete a una evaporación para lograr la adherencia final.

La primera fase de esta tesis fué encontrar las condiciones óptimas de mezclado de los distintos componentes . determinar el porcentaje de cada uno, al igual que las condiciones para el mezclado. Se elaboraron 6 formulaciones, para estudiar

claramente los resultados de cada composición, y del tipo y tiempo de mezclado. En una segunda fase se evaluaron los adhesivos obtenidos mediante pruebas de tensión y de ángulo de contacto, comparandose con los resultados obtenidos sobre un adhesivo comercial (Adhesivo R7).

#### OBJETIVOS EXPERIMENTALES:

- Formular adhesivos de resinas fenolicas y de brea hidrogenada, con diferentes proporciones de cada uno.
- Comparar la compatibilidad entre los materiales (hule, resinas, vulcanizantes, disolventes).
- Determinar las condiciones de mezclado.
- Determinar las propiedades de la mejor formulación así como su relación entre las propiedades mecánicas.



## INDICE

CAPITULO 1.....	7
1.1 .- ANTECEDENTES.....	7
1.1.1 .- CONCEPTO DE ADHESIVO.....	7
1.1.1 .- TRATAMIENTO SUPERFICIAL.....	9
1.2 .- CLASIFICACION.....	10
1.2.1 .- CLASIFICACION QUIMICA.....	10
1.2.2 .- CLASIFICACION POR FORMA DE APLICACION.....	18
1.2.3 .- CLASIFICACION POR TIPO.....	19
1.2.3.1 .- ADHESIVOS TERMOPLASTICOS .....	11
1.2.3.2 .- ADHESIVOS TERMOFUSIBLES.....	12
1.2.3.3 .- ADHESIVOS TERMOFIJOS.....	13
1.2.3.4 .- ADHESIVOS O CEMENTOS DE CONTACTO.....	15
1.2.3.5 .- ADHESIVOS SENSIBLES A LA PRESION.....	16
1.2.3.6 .- ADHESIVOS HUMEDECIBLES.....	16
1.3 .- COMPOSICION.....	16
1.4 .- USO DE LOS ADHESIVOS.....	21
CAPITULO 2 .- MARCO TEORICO.....	26
2 .- ADHESION.....	27
2.1 .- EL PROCESO DE ADHESION.....	27
2.3 .- TEORIAS DE ADHESION.....	30
2.3.1 .- TEORIA ELECTROSTATICA.....	30
2.3.2 .- TEORIA DE LA DIFUSION.....	29
2.3.3 .- TEORIA DE LA ADSORCION.....	30
2.3.4 .- TEORIA DE LA ADHESION MECANICA.....	31
2.3.5 .- TEORIA DE LA DISPERSION.....	31
2.3.6 .- ANGULOS DE CONTACTO.....	33

2.4 .-	JUNTAS ADHESIVAS.....	36
2.5 .-	ENSAYO DE ADHESIVOS.....	37
2.6 .-	ESPECTROFOTOMETRIA INFRARROJA.....	39
2.7 .-	FORMULACIONES.....	40
2.7.1 .-	RESINA FENOLICA NOVOLACS.....	39
2.7.2 .-	BREA PARCIALMENTE HIDROGENADA.....	41
2.7.3 .-	HULE NATURAL.....	42
2.7.4 .-	PROPIEDADES DEL HULE NATURAL.....	45
2.7.5 .-	PROPIEDADES FISICAS.....	45
CAPITULO 3 .-	PARTE EXPERIMENTAL.....	48
3.1 .-	CONDICIONES DEL MEZCLADO.....	49
3.2 .-	PRUEBAS DE MEZCLADO.....	49
3.3 .-	FORMULACIONES.....	51
3.4 .-	ANGULOS DE CONTACTO.....	53
3.5 .-	PRUEBAS MECANICAS.....	53
CAPITULO 4 .-	ANALISIS DE RESULTADOS.....	55
4.1 .-	ANGULO DE CONTACTO EN EQUILIBRIO.....	56
4.2 .-	PRUEBAS MECANICAS.....	57
4.3 .-	CONCLUSIONES GENERALES.....	58
5 .-	BIBLIOGRAFIA.....	59
6 .-	APENDICE DE INFRARROJOS.....	66

0 GENERALIDADES

## 1 .- ANTECEDENTES

### 1.1 - CONCEPTO DE ADHESIVO:

Un adhesivo es una sustancia capaz de mantener dos materiales juntos por contacto superficial y que, una vez unidos, se requiere de cierto trabajo para separarlos.

Un material adhesivo debe ser líquido o un semisólido pegajoso, cuando menos por el tiempo suficiente para estar en contacto con una superficie y la moje, y forme una capa relativamente delgada que forme una unión capaz de transmitir tensión de un sustrato a otro.

En los últimos años los adhesivos han adquirido una gran importancia en toda la industria. Esta importancia se debe a las ventajas que presentan las uniones por adhesivos sobre las uniones mecánicas como son el clavado, remachado o soldado.

Algunas de estas ventajas son:

-Permite la unión de cualquier material sólido o uniones de materiales distintos -madera-plástico, metal-plástico, hueso y tejido, agujas metálicas-vidrio, etc.-.

-Se pueden unir estructuras en masa -maderas laminadas, secciones de puente, concreto, divisiones de carretera premoldeados-.

-Tolera materiales con coeficientes térmicos de expansión muy distintos -adhesión de marcos de edificios, de espejo retrovisor metálico a parabrisa-.

-Puede dar uniones impermeables a líquidos y gases -selladores en cables repetidores submarinos, tuberías plásticas de agua . drenaje-.

-Elimina la corrosión debida a sujetadores metálicos.

-Simplifica el ensamblado donde se requiere - papel lija en discos lijadores, masking tape, sensores médicos al tejido cutáneo-.

-Es posible obtener uniones ópticamente transparentes -vidrios de seguridad laminados, películas plásticas de filtro solar a ventanas, lentes de microscopios-.

-Proporciona transparencia a otras radiaciones electromagnéticas -cobertura de celdas solares , cobertura de antenas de radar, sostenes de películas de rayos X-.

-Produce uniones resistentes a bajas temperaturas -refugios árticos, paredes de contenedores criogénicos-.

-Ausencia de puntos de ruptura como los dan tornillos o remaches.

Pero también presentan ciertas limitaciones sobre las uniones mecánicas, como son:

-Muchas combinaciones requieren de equipo costoso.

-Los materiales de poca viscosidad comúnmente requieren de equipo de laminado de alta velocidad.

-La impermeabilidad se puede deteriorar con el tiempo y la temperatura.

-La humedad puede cambiar propiedades térmicas o eléctricas de los adhesivos al paso del tiempo.

-Los adhesivos pueden causar corrosión de metales adyacentes.

-Algunos adhesivos son más fuertes que los sustratos y su separación puede destruir las partes.

-La radiación puede causar calor interno, dando como resultado pérdida de adhesión.

-Los adhesivos orgánicos tienen limitada resistencia a la temperatura.

-Muchos adhesivos se vuelven quebradizos a bajas temperaturas.

-La mayoría de los adhesivos requieren un tratamiento de las superficies de los sustratos para su funcionamiento.

La última limitación que se mencionó fue el tratamiento de las superficies de los sustratos. Dada su importancia esto será tratado un poco más de detalle a continuación.

#### 1.1.1 .- TRATAMIENTO SUPERFICIAL:

Existen diferentes tipos de tratamientos, los cuales dependen del material a unir y de la resistencia que se desea obtener.

a.-Limpieza: Este es un tratamiento muy simple y debe hacerse con todos los sustratos a ser pegados. Consiste en eliminar grasas o aceites, polvos, humedad, etc., esto es obtener una mayor superficie de contacto y mayor fricción entre el adhesivo y el sustrato.

b.-Ataque físico de las capas superficiales. Consiste en la deformación de la superficie del sustrato mediante rayado, abrasión o cardado. Con esto se obtiene una mayor superficie de contacto y mayor fricción entre el adhesivo y el sustrato.

c.-Modificación de las capas superficiales. Este tratamiento se usa generalmente en las superficies de materiales a base de

polimeros y consiste en modificar la naturaleza quimica de la superficie . El tratamiento mas comun es una oxidacion superficial que nos da grupos polares, esto se puede conseguir por flameado, ataque con peróxidos, con gases activados, acidos o radiación.

d.-En algunos casos es necesario preparar las superficies con los llamados agentes primarios (primers) o reforzantes. Estos son necesarios cuando la superficie del sustrato no es compatible con el adhesivo. Lo que se obtiene entonces es, por ejemplo, adherencias por union quimica covalente.

## 1.2 .- CLASIFICACION:

Los adhesivos pueden ser clasificados por su modo de aplicacion, por su composicion quimica, de acuerdo a su origen, por la compatibilidad de varios adherentes, por sus propiedades fisicas o por su funcion .

### 1.2.1 .- CLASIFICACION QUIMICA:

De acuerdo a su composicion quimica los adhesivos se pueden clasificar en organicos e inorganicos.

### 1.2.2 .- CLASIFICACION POR FORMA DE APLICACION:

De acuerdo a su forma los adhesivos pueden clasificarse en:

- a) disoluciones -cuando usa agua o algun tipo de disolvente-.
- b) en emulsiones o dispersiones -donde pequenas gotas de un liquido están suspendidas en otro liquido -.
- c) en hojas o cintas prefabricadas -en donde un adhesivo sensible a la presion esta unido a una cinta de plastico . tela o papel-.
- d) en termofusibles -cuando se aplican en caliente y no

requieren de disolventes- el monómero.

### 1.2.3 .- CLASIFICACION POR TIPO:

A grandes rasgos se pueden clasificar en :

Termoplásticos

Termofusibles

Termofijos

De contacto

Sensibles a la presión y humedecibles.

Estos tipos son descritos a continuación:

#### 1.2.3.1 .- ADHESIVOS TERMOPLASTICOS:

Estos adhesivos pueden ser reblandecidos una y otra vez mediante calentamiento para desmontar o reacomodar los sustratos pegados , todo esto sin sufrir alteración química alguna. Estos adhesivos están formados por polímeros lineales, cuyas estructuras, al ser calentadas pasan al estado líquido. Hay un gran grupo de resinas que pueden ser consideradas como adhesivos termoplásticos, las principales son:

A.- RESINAS VINILICAS: Las resinas vinílicas forman el tipo más grande de adhesivos termoplásticos y son usados en forma de soluciones, dispersiones y sólidos. En estas resinas el curado del adhesivo se realiza por evaporación o absorción del disolvente, o bien por fusión del polímero. Las principales resinas vinílicas son:

-ACETATO DE VINILO: Obtenido a partir de la reacción del acetileno con el ácido acético, polimeriza y se usa en emulsiones o dispersiones en agua, aproximadamente al 55% de sólidos. Se usa para pegar productos de madera y papel tanto en



el hogar como en la industria.

-ESTIRENO: Es sintetizado a partir del etil benceno, al polimerizar forma el poliestireno, que es usado en dispersiones acuosas o disoluciones, para pegar telas de plástico a madera, yeso y concreto.

-ACRILATOS: Se forman a partir del ácido acrílico, un líquido orgánico que polimeriza fácilmente, y que esta desplazando a las demás resinas.

-CIANOACRILATOS: Sus monómeros polimerizan rápidamente formando fuertes uniones sobre casi cualquier sustrato.

B.- DERIVADOS DE LA CELULOSA: La celulosa, un carbohidrato que es el principal componente de la pared celular, es utilizado para fabricar adhesivos de diversos usos. Los más comunes son el acetato y nitrato de celulosa, que disueltos forman adhesivos de rápido secado para uso general. Son excelentes para pegar papel y madera, pero son malos adhesivos para pegar vidrio o metal.

C.- OTROS TERMOPLÁSTICOS: Los polímeros como poliuretanos, poliolefinas, poli-isopreno, polibutadieno, poliésteres y otros polímeros también tienen aplicaciones como adhesivos termoplásticos.

1.2.3.2.- ADHESIVOS TERMOFUSIBLES (HOT-MELTS): Debido a sus propiedades, los adhesivos termofusibles son considerados como un grupo aparte, aunque cumplen con todas las características de los adhesivos termoplásticos. Estos adhesivos no contienen disolventes ni dispersantes. Las resinas en las que se basan son aplicadas fundidas y al enfriarse forman uniones

rígidas y fuertes. Su principal uso es en empaque y laminación. Los polímeros más utilizados en esta clase de adhesivos son: poliamidas, polietileno, acetato de vinilo y otros tipos de resinas.

1.2.3.3 .- ADHESIVOS TERMOFIJOS: Los adhesivos termofijos están basados en resinas sintéticas que al curar reaccionan para formar un sólido de naturaleza química y física permanente . Son utilizados cuando se requiere una alta resistencia estructural. No se alteran al verse expuestos a altas temperaturas. Generalmente están compuestos de polímeros de cadenas entrecruzadas . Hay muchas resinas importantes en esta categoría, las principales son:

A.- RESINAS EPOXICAS: Las resinas epoxicas son de los adhesivos más versátiles que hay. Son usados como adhesivos de dos partes. En una se incluye el grupo epóxico y en la otra un catalizador que generalmente es una amina. Ambas partes son mezcladas justo antes de usarse y se obtiene un rápido endurecimiento . Pueden formularse para endurecer a temperatura ambiente en menos de una hora, o para curar a altas temperaturas, en cuyo caso podrían durar meses a temperatura ambiente antes de endurecer, pero curar rápidamente al ser calentadas, es posible formularlas para obtener uniones de extremada rigidez o ligeramente flexibles. Pueden pegar desde materiales porosos hasta no porosos con una excelente fuerza de adhesión . Como endurecen por reacción química, y no tienen disolventes, casi no modifican su volumen al endurecer, lo que les permite adaptarias a superficies que no embonen correctamente . Son excelentes

aislantes eléctricos, por lo que son adecuados para la Industria Electrónica y Aeroespacial. Suelen utilizarse en combinación con otros tipos de adhesivos, como los fenólicos.

B.- RESINAS UREA-FORMALDEHIDO: El polímero que se forma de la reacción de la urea con el formaldehído aún puede continuar entrecruzándose para formar una resina termofija, resistente a la humedad y el calor. Son usadas en la fabricación de triplay.

C.- MELAMINAS: El polímero formado por la reacción del formaldehído y las melaminas es utilizado en la industria del mueble, para la unión de recubrimientos a puertas y muebles.

D.- RESINAS FENOL-FORMALDEHIDO: Fueron de los primeros adhesivos sintéticos. Se utilizan como adhesivos estructurales, para laminados, uso doméstico, en la Industria Aeronáutica, en abrasivos y en combinación de otras formulaciones para obtener una resistencia adicional a la humedad, calor o para contribuir a darles rigidez y resistencia a la unión.

E.- ADHESIVOS RESORCINOL-FORMALDEHIDO: La doble activación de los dos grupos oxhidrilo en las tres posiciones libres del anillo bencénico, imparten una alta reactividad a estos adhesivos. Los adhesivos formados de la reacción del resorcinol con el formaldehído son capaces de curar sin aplicar calor, y bajo condiciones de acidez neutrales o ligeramente básicas, a diferencia de las resinas fenol-formaldehído que curan bajo condiciones ácidas. Esto los hace adecuadas para pegar piezas de madera demasiado grandes para introducirlas en un horno. Son muy resistentes al agua y a la intemperie, lo que las hace ideales para pegar madera para aplicaciones estructurales y marinas.

F.- RESINAS DE POLIESTER: Las resinas de poliéster son preparadas haciendo reaccionar a múltiples diácidos y glicoles. Son usadas para la union de fibras de vidrio, en la formación de láminas de equipaje, automóviles, botes,maquinaria,etc.

G.- ADHESIVOS DE POLIURETANO: Los polimeros de poliuretano se forman de la reacción de poli o di-isocianatos y polioles o compuestos con hidrogenos ácidos. Forman espumas y recubrimientos. Los elastómeros disueltos sirven como adhesivos. Aunque curan a temperatura ambiente, calentandolos se logra una mejor adhesión. Se usan ampliamente en la industria del empaque ya que pegan adecuadamente poliolefinas, celofan, nylon y poliéster. También se usan para pegar hules y espumas.

H.-RESINAS DE POLIIMIDAS : Las resinas de poliimidaz consisten en nucleos aromáticos unidos por imidas, que a su vez se forman por condensacion de diácidos o diaminas. Han resultado mostrar una gran resistencia al calor, a disolventes quimicos así como buenas propiedades mecánicas, pero son caras y difíciles de manejar. Es por esto que estos adhesivos están reemplazando a los epóxicos, fenólicos y poliésteres en aplicaciones donde se requiera una resistencia de calor extrema.

1.2.3.4 .- ADHESIVOS O CEMENTOS DE CONTACTO: Generalmente son formados por soluciones de neopreno. Son aplicados en ambas superficies a pegar y después de permitir la vaporización de los disolventes, las dos superficies se unen para dar una fuerte union con alta resistencia a fuerzas cortantes.

1.2.3.5 ADHESIVOS SENSIBLES A LA PRESION: Están basados en componentes elastoméricos sintéticos, de poca fuerza de pegado. Son usados en cintas adhesivas como "masking o diurex", así como en etiquetas y calcomanías autoadheribles.

1.2.3.6 .- ADHESIVOS HUMEDECIBLES: Este tipo de adhesivos son usados en los timbres y sobres, así como en diversas etiquetas. El adhesivo es aplicado como en una solución y se deja secar. Con la aplicación de agua se reactivan sus propiedades adhesivas.

### 1.3 .- COMPOSICION:

Los componentes de un adhesivo usualmente se determinan por la necesidad de satisfacer ciertas propiedades en el adhesivo o en la unión final.

El componente básico es la sustancia unificante que proporciona la fuerza cohesiva y adhesiva en la unión. Los otros constituyentes son los llamados aditivos y cumplen otras funciones en el adhesivo, de acuerdo con la necesidad del usuario.

En función de la temperatura, los polímeros existen en diferentes estados físicos. Si la secuencia del estado se enumera en función del aumento en la temperatura; primero se tiene sólido amorfo o con cierta cristalinidad a bajas temperaturas. A medida que se eleva la temperatura, el elemento elástico que predomina a esta temperatura se va perdiendo hasta llegar a una temperatura a la cual los elementos elásticos y viscosos son similares.

Si se sigue aumentando la temperatura, el elemento viscoso predomina sobre el elemento elástico y, eventualmente, el

material es un líquido, pero que aun conserva cierto grado de elasticidad. Si la temperatura sigue subiendo, se reduce la viscosidad hasta que la inestabilidad química destruye el polímero. Cabe aclarar que no todos estos estados se exhiben en un polímero, y que los polímeros entrecruzados tienen muy poca respuesta a la temperatura y se descomponen en lugar de fundirse.

La temperatura a la cual los polímeros lineales exhiben propiedades visco-elásticas, puede ser modificada considerablemente si se mezclan con los llamados plastificantes.

A.- PLASTIFICANTES: Se puede decir que son disolventes para los polímeros, que al incorporarse separan las cadenas, lo que facilita su ablandamiento. Estos pueden ser disolventes imperfectos pero su interacción y relación con el polímero es la misma que la de un disolvente, excepto que los plastificantes son sustancias con una muy baja presión de vapor, de manera que se evaporan muy lentamente o no se evaporan de la matriz polimérica.

En general los plastificantes sirven para mover la posición de los polímeros en las escalas temperatura/frecuencia, de cualquiera de las propiedades sensibles a esas variables.

Un plastificante también se puede utilizar para modificar la pegajosidad del polímero.

También se ha visto que ciertos materiales resinosos aumentan la pegajosidad, aunque la acción de éstos sobre el polímero no es la misma que la de los plastificantes. La acción es distinta, debido a que la temperatura de transición vítrea ( $T_g$ ) es más alta que la del polímero al cual le están impartiendo

la pegajosidad.

Esta pegajosidad depende de propiedades del material resinoso, tal como la baja tensión superficial y el bajo peso molecular de estos agentes imparte cierta fuerza cohesiva al adhesivo y previene la formación de finas películas del material en la superficie de unión, ocasionada por la difusión de éste, lo cual traería como consecuencia la formación de un límite débil en la unión. La baja tensión superficial disminuye, en general la tensión superficial del adhesivo, permitiendo así un mejor mojado a la superficie del sustrato.

#### B.- DILUYENTES:

Estos se emplean como un vehículo o disolvente para los otros componentes del adhesivo. También se usan para dar la viscosidad necesaria para obtener un adhesivo delgado y uniforme, que pueda dar una capa sobre la superficie a pegar. En ocasiones se pueden agregar resinas líquidas en lugar del diluyente para controlar la viscosidad. Los diluyentes, en algunas formulaciones específicas, también preparan la superficie donde va a actuar el adhesivo, favoreciendo la penetración de este.

#### C.- CATALIZADORES Y ENDURECEDORES:

Estos son los agentes curantes para los sistemas adhesivos. El efecto curante de los endurecedores es por combinación química con el material unificante del adhesivo, y están basados en una variedad de materiales que pueden ser monoméricos, poliméricos o compuestos mixtos.

El radio de unión entre el endurecedor y el material unificante determina las propiedades físicas del adhesivo y ,

usualmente, puede ser variado en un rango pequeño. Así, por ejemplo, las poliamidas se combinan con las resinas epóxicas para dar un adhesivo curado.

En los catalizadores no hay combinación química, es decir, permanecen sin modificación química al final de la reacción. Estos se usan como agentes curantes de resinas termofijas para reducir el tiempo de curado e incrementar el entrecruzamiento del polímero sintético. Estos pueden ser ácidos, bases, compuestos sulfurados, etc., de los cuales, a diferencia de los endurecedores, sólo se requieren pequeñas cantidades para obtener el efecto de curado pero al mismo tiempo presentan un problema; la cantidad de catalizador es crítica, y se pueden obtener uniones muy pobres si la resina está sobre o sub-catalizada.

#### D.- ACELERADORES, INHIBIDORES Y RETARDADORES:

Estas clases de sustancias controlan el tiempo de curado. Un acelerador es una sustancia que acelera el curado causado por un catalizador al combinarse con la sustancia unificante (un catalizador tiene el mismo efecto pero no pierde su identidad química durante el proceso). Un inhibidor detiene la reacción de curado completamente, mientras que un retardante sólo la disminuye y, por lo tanto, prolonga el tiempo de almacenaje y la vida del adhesivo.

#### E.- MATERIALES DE RELLENO (FILLERS):

Estos son materiales no-adhesivos que mejoran las propiedades de trabajo, permanencia, fuerza u otras cualidades de unión adhesivas. Los más comunes en los adhesivos son: polvo de



aserrín, sílica, alúmina, óxido de titanio, polvo de metales, arcilla de porcelana, así como de tierras (caolines), asbestos, fibra de vidrio, polvo de pizarra, etc. Algunos de estos también se usan para disminuir el costo del adhesivo. También alguno de los anteriores pueden actuar en la formulación como extendedores.

#### E .- EXTENDEDORES:

Estas son las sustancias que normalmente tienen propiedades adhesivas y se añaden como diluyentes para reducir la concentración de otros componentes adhesivos y que, por lo tanto, bajan el costo del adhesivo. Algunos extendedores comunes son las harinas, ligninas solubles, resinas sintéticas parcialmente curadas y pulverizadas.

#### G .- ADELGAZANTES:

Estos son generalmente líquidos volátiles que se añaden al adhesivo para modificar la consistencia de otras propiedades. También se usan para ayudar a la evaporación de los diluyentes.

#### H .- ESTABILIZADORES Y AGENTES HUMECTANTES:

Los estabilizadores se añaden al adhesivo para incrementar su resistencia a condiciones adversas, como son la luz, calor y radiación, aumentando así el tiempo de vida y pegado.

El mojado de la superficie a pegar por el adhesivo es vital en el proceso de adhesión, por lo que los agentes mojantes son de suma importancia en un adhesivo, si es que éste por sí solo no puede mojar la superficie. Los agentes humectantes son todos aquellos que tengan una tensión superficial menor que la del adhesivo, de manera que éste baje la tensión superficial del

adhesivo total. Estos agentes también deben ser compatibles con el adhesivo.

#### J.- ANTIOXIDANTES Y OXIDOS METALICOS:

Son ingredientes esenciales para dar resistencia al envejecimiento y estabilidad del adhesivo. Como la película del adhesivo se descompone a través del tiempo y las condiciones de operación, el antioxidante detiene el deterioro de la película y los óxidos metálicos actúan como receptores del cloruro de hidrógeno que se forma, evitando así el posible daño al sustrato con el que el adhesivo está en contacto.

Los óxidos metálicos ayudan en la vulcanización gradual del hule en un tiempo prolongado. Esto es difícil de lograr a la temperatura ambiente sin el empleo de un catalizador

#### 1.4 .- USO DE LOS ADHESIVOS:

Aunque difícilmente nos demos cuenta, las aplicaciones de los adhesivos caen en una gran variedad de campos, siendo muchos de ellos difíciles de imaginar. A continuación revisaremos los principales campos en los que se utilizan los adhesivos y las aplicaciones de los adhesivos en estos:

A.-INDUSTRIA AUTOMOTRIZ: Esta es la industria donde el uso de adhesivos tendrá un mayor desarrollo. En un futuro, los adhesivos podrían llegar a reemplazar completamente a la soldadura para la fabricación de automóviles, eliminando así la corrosión en la carrocería que era iniciada en las perforaciones de los remaches y pijas que sostenían a las molduras mecánicas, los recubrimientos de vinilo son pegados por el interior del techo,

los aislamientos contra el calor, sonido y vibración son pegados en todas partes de la carrocería, para fijar las alfombras, escudos y espejos, adhesivos de alta resistencia, se empiezan a usar en lugar de soldadura. Estas resinas terminan de curar cuando la pintura es horneada.

#### B .- INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION:

Esta es otra área donde se espera un crecimiento acelerado. Las principales aplicaciones son:

- 1.- Cuando se necesita repartir esfuerzos uniformemente en la unión de 2 superficies, como en los puentes.
- 2.- En la reparación de las fracturas ocasionadas por terremotos.
- 3.- En construcciones de madera, permiten una unión limpia, adecuada y sin bordes aun cuando las superficies no encajen perfectamente.
- 4.- Los adhesivos de neopreno pueden pegar madera húmeda aún a temperaturas bajo cero.
- 5.- Algunas resinas epoxicas pueden curar en presencia de agua facilitando la reparación de puentes y carreteras de concreto.
- 6.- Los " adhesivos de concreto" estan formados con resinas epóxica y arena.

#### C .- ELECTRONICA:

Hay adhesivos que pueden conducir la electricidad tan bien como los metales o aislar como Plásticos. Los componentes de los circuitos integrados son unidos con adhesivos conductores de electricidad, para evitar los daños que podría haber en los componentes sensibles al calor. Adhesivos similares, pero con menos conductividad son utilizados en hospitales y laboratorios para

pegar pisos de hule conductores y descargar la electricidad estática. Las tarjetas de memoria de computadoras usan adhesivos para unir aleaciones magnéticas a películas de nylon y éstas a su vez a películas de aluminio.

#### D.- EMPAQUETADO:

Las aplicaciones de esta área son:

1.- Los adhesivos de silicato de sodio se han usado durante muchos años en las cajas de cartón corrugado y otros productos de cartón.

2.- Los adhesivos sintéticos para cartón a prueba de agua son una aplicación en crecimiento, esto es por la creciente demanda de envases de cartón con recubrimientos metálicos y plásticos para alimentos secos, aceites, bebidas y productos del hogar.

3.- En diversas aplicaciones la dextrina y gomas de origen animal están siendo reemplazadas por adhesivos sintéticos, que ofrecen una mayor resistencia a la humedad y degradación biológica.

4.- Grandes volúmenes de adhesivos diversos son usados para unir "líneas de cartón" a botellas y tapas, etiquetas a botellas y frascos a todo tipo, pegados de vasos de papel, y para cerrar cajas de todo tipo de productos.

#### E.- UNIÓN DE PLÁSTICOS:

La baja resistencia de muchos plásticos hacen inconveniente el uso de uniones mecánicas. Esta, entre otras causas con lleva al uso de adhesivos en las áreas de :

1.- La unión de grandes estructuras de plásticos que no podrían ser fabricadas en una pieza.

- 2.- Unión de tuberías de bajo costo para casas habitación, líneas sanitarias, irrigación y plantas químicas.
- 3.- Sustitución de soldaduras en lugares donde las chispas o flamas sean inaceptables, como en los tanques de gas y los circuitos integrados.
- 4.- En la fabricación de muebles para unir recubrimientos plásticos a la madera, o partes plásticas entre sí.
- 5.- En la fabricación de zapatos y tenis, ya sean de plástico o piel.

#### E .- INDUSTRIA TEXTIL:

En la Industria Textil los adhesivos se usan en :

- 1.- Los recubrimientos inferiores, como hules de estireno-butadieno, en la mayor parte de las alfombras y tapetes.
- 2.- Unir las capas de " pelusa " que se ponen en zapatos, tapices, estuches y decoración.
- 3.- La unión sin costura de fibras textiles sintéticas y no entrelazadas, así como papel.
- 4.- Como complemento de las costuras para darle una mayor resistencia a estas en las botas, maletas, bolsas de dormir, correas, cortinas, pantallas, paraguas y pañales.

#### G .- USOS DOMESTICOS:

El principal uso doméstico de los adhesivos es para pegar artículos de muy distintos materiales que se rompan, fracturen o perforen. También tienen diversas aplicaciones en la oficina y la escuela. Dependiendo del uso específico para el que se requiera será el tipo de adhesivo utilizado. Los principales adhesivos para estos usos disponibles en el mercado son:

- 1.- Adhesivos en base a acetatos de vinilo (pegamentos blancos) que sirven principalmente para pegar madera, papel y tela.
- 2.- Adhesivos en base a cianoacrilatos, que por su alta velocidad de pegado y la gran variedad de sustratos en que pueden pegar, son usados en diversas reparaciones domésticas.
- 3.- Plastilinas epóxicas que al mezclarse endurecen lentamente, son usadas para taponar, sellar, parchar, resanar y hasta moldear piezas o parte de ellas.
- 4.- Adhesivos en base a metil-metacrilato, de alta viscosidad y elasticidad, pero baja resistencia a la tensión .
- 5.- Adhesivos en base de neopreno entre otros.

## 2.- MARCO TEORICO

## 2.- MARCO TEORICO

### 2.1 ADHESION:

La adhesión por su parte posee varios significados:

A.- En Fisicoquímica se llama adherencia a la fuerza de atracción entre dos superficies o fases. La fase puede estar constituida por partículas individuales, moléculas, gotitas o polvo, o bien por una película continua que puede ser un líquido o un sólido. La adherencia conduce a la absorción, si es sobre una superficie se trata de adsorción, si lo es dentro de una capa superficial se trata de absorción.

B.- En la tecnología de los adhesivos se llama adherencia únicamente a la interacción entre una superficie sólida y una segunda fase sólida o líquida. El proceso técnico que supone producir adherencia entre dos sólidos se llama unión adhesiva.

### 2.2 EL PROCESO DE ADHESION:

La adhesión puede definirse como la fuerza que mantiene unidas a las moléculas de distintos materiales mientras que la cohesión es la fuerza que atrae a las moléculas de un mismo material.

El requisito fundamental para la adhesión es un contacto íntimo entre átomos o moléculas. En una gota de agua, las moléculas de la superficie están sujetas a fuerzas que tiran de ellas hacia adentro, siendo ése el origen de la tensión superficial. Si se deposita una gota de agua en una superficie sólida, sin que esta última se humedezca, eso indicará que las



moléculas de agua tienen mayor atracción, unas por otras, que las que existe entre el agua y la superficie.

Por otra parte, si la atracción entre las moléculas de agua y las otras moléculas o los átomos, es mayor que la que tienen las moléculas de agua entre sí, el agua humedece la superficie y forma una delgada película sobre ella.

La función de un adhesivo consiste en humectar completamente dos superficies que deban adherirse, excluyendo el aire y los espacios vacíos que quedarían normalmente entre ellas. Si el adhesivo logra hacerlo, eso demostrará que las moléculas del adhesivo tienen una gran atracción por las moléculas (o átomos) del adherente. Con el fin de romper la unión, será necesario partir el sustrato o el adhesivo mismo. Si la película adhesiva es muy delgada, pero no tanto que no sea continua, lo probable es que se rompa el sustrato mismo, aunque sea de un material muy fuerte (ej un producto metálico). Por otra parte, si la película adhesiva es gruesa, es probable que la rotura se produzca en el adhesivo mismo.

Lo ideal es que los adhesivos puedan aplicarse en forma líquida, que sean capaces de humedecer extensamente las superficies que deban unirse, que tengan la mayor tensión superficial a fin de maximizar el trabajo de adhesión y que tengan capacidad para endurecerse (o sea desarrollar la alta resistencia a los esfuerzos de corte), después de su aplicación. Las superficies que deban recibir el adhesivo deben de estar limpias. Si hay residuos de polvo presentes, impedirán el humedecimiento de la superficie, o el adhesivo se unirá

directamente con ellos, y al ejercer un esfuerzo de carga , la frontera con los enlaces de granos de polvo y adhesivo constituirán el eslabón más débil de la cadena, produciéndose una falla.

Un problema básico, en la tecnología de adhesivos, es conseguir una buena adhesión sin perder cohesión, lo que es aún más difícil de conseguir cuando se trata de unir materiales muy diferentes, en cuyo caso, el adhesivo requiere una formulación más compleja.

Es interesante resaltar algunos aspectos de la adhesión que han sido observados experimentalmente:

A.- La proximidad de las moléculas es importante, siendo los materiales flexibles mejores adhesivos que los rígidos, ya que la flexibilidad permite que las moléculas se acerquen más.

B.- La existencia de dipolos y la formación de puentes de hidrógeno contribuye a mejorar la adhesión.

C.- Para mantener una buena adhesión, los parámetros de solubilidad del adhesivo y del sustrato deben ser similares.

D.- El espesor de la película del adhesivo influye en el poder de adhesión ( a menor espesor, mayor fuerza adhesiva y menor cohesión), y es mejor aplicar una serie de capas de poco espesor que una película aplicada en un solo paso por que, de este modo, cada película tiene la capacidad de desarrollar fuerzas de adhesión antes de formar parte de la masa final,

### 2.3 .- TEORIAS DE ADHESION:

#### 2.3.1 .- TEORIA ELECTROSTATICA:

Está basada en el fenómeno de contacto de electrificación que ocurre al estar en contacto dos dieléctricos o bien un metal

y un dieléctrico. Este fenómeno se mantiene bajo condiciones definidas en forma de una ruptura luminiscente cuando se separa el adhesivo del sustrato o adherente.

Esta teoría compara el sistema adhesivo-sustrato con un condensador, y la doble capa eléctrica producida por el contacto entre las dos fases es comparada con las placas del condensador, de tal forma que al separar el adhesivo del sustrato, lo cual equivale a separar las placas del condensador, se establece una diferencia de potencial cuya magnitud se incrementa con el aumento en la distancia de separación entre las dos superficies hasta un límite definido en el cual sucede la descarga (ruptura).

La doble capa eléctrica puede ser formada mediante los siguientes dos posibles mecanismos:

A.- Como resultado de la adsorción y orientación de grupos polares de las moléculas del adhesivo en la superficie del sustrato, de tal forma que la orientación de moléculas del adhesivo permita la formación del llamado potencial de adsorción el cual depende en esencia de la naturaleza y estructura de las moléculas en la capa de adsorción.

B.- Debido a la transición de electrones libres moviéndose a través de la fase sólida del sustrato. Este mecanismo, ha sido empleado con cierto éxito para explicar esencialmente la adhesión de polímeros sobre metales.

### 2.3.2 .- TEORIA DE LA DIFUSION:

Basada prácticamente en la consideración de la estructura y

flexibilidad de las cadenas poliméricas, así como en la facilidad de exhibir movimientos macrobrownianos.

Esta teoría se ha aplicado solamente a la adhesión entre polímeros, así como la autoadhesión (cohesión) entre ellos, y se reduce a considerar que la difusión de largas cadenas de moléculas o la de sus segmentos individuales dan como resultado una fuerte unión entre el sustrato y el adhesivo.

### 2.3.3 .- TEORIA DE LA ADSORCION:

Presenta el fenómeno de la adhesión como un proceso puramente interfacial en el que se mantiene la adsorción de segmentos de moléculas del adhesivo en la superficie del adherente, en donde la interacción de las fuerzas moleculares (fuerzas de van der Waals, de dispersión, de hidrógeno, de London, etc), son las responsables de la unión.

Por otra parte, la teoría de la adsorción considera, además, la influencia de la reología del adhesivo (del polímero), en el sentido de que las energías de activación asociadas con los procesos de unión, determinadas experimentalmente son del orden de 20 a 50 kcal, las cuales corresponden con las energías de activación de flujo de los polímeros fundidos, lo que sugiere que el proceso de mojado y el de unión son semejantes.

Segun lo mencionado anteriormente, podemos ver que la teoría de la adsorción permite explicar los fenómenos de la adhesión (trabajo de adhesión y mojado) tanto termodinámicamente como cinéticamente.

### 2.3.4 .- TEORIA DE LA ADHESION MECANICA:

Esta teoría de la acción adhesiva se basa en el postulado de

que la adhesión es debida a un enclavamiento mecánico de los componentes, este fenómeno, para mayor claridad, se describe como el de gancho y ojal.

Como teoría científica, ésta ha sido relegada por varios autores, que hacen la distinción entre una verdadera adhesión y un simple empotrado. Sin embargo, existen ejemplos de fenómenos de adhesión donde, para dar una explicación completa del fenómeno, es necesario invocar al comportamiento mecánico (teoría mecánica de la adhesión).

Tampoco se debe de confundir la situación donde, con un buen adhesivo y una unión bien diseñada, la resistencia bajo presión o carga es una simple función de la fuerza mecánica del adhesivo.

La perspectiva mecánica de la acción adhesiva se tipifica muy bien en el pegado de madera. La madera se limpia y se hacen asperezas de manera que el pegamento pueda penetrar en las irregularidades de la superficie y, por lo tanto, enclavarse al material. Otro enfoque mecánico más sofisticado es el tratamiento abrasivo de las superficies, anterior a la unión adhesiva, ya que aumenta el área de contacto y, por lo tanto, mayor posibilidad de enclavamiento.

En resumen se pueden decir que las uniones adhesivas poseen un componente mecánico importante que es esencial en la función de la unión, pero este tipo de componente no puede ser suficiente para explicar el mecanismo completo donde dos superficies se están uniendo.

#### 2.3.5 .- TEORIA DE LA DISPERSION :

Esta teoría establece que la explicación de la fuerza de

unión adhesiva son las fuerzas de dispersión de London. Estas fuerzas tienen su origen por el espacio desigual de los electrones alrededor de los núcleos, por lo que, para que existan estas fuerzas, los átomos deben estar muy cerca el uno del otro.

De acuerdo a esta teoría, dos materiales no deben de separarse si se han puesto en contacto. Pero esto no sucede en realidad, y se debe a:

.- Los dos materiales no han estado en contacto el uno con el otro debido a que existen en las superficies capas de grasa, polvo u óxido.

.-Que tampoco llegan a estar en contacto debido a que la superficie es desigual y, por lo tanto, el área de contacto efectiva es de mínima importancia.

De esto se deduce que un adhesivo debe estar en estado líquido y además debe mojar la superficie. El mojado de una superficie depende de la tensión superficial del líquido.

### 2.3.6 .- ANGULOS DE CONTACTO:

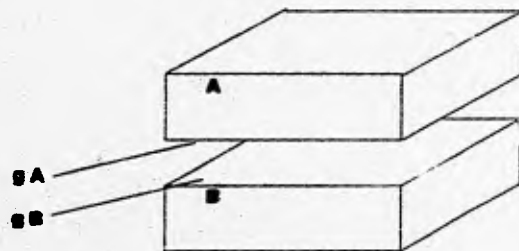
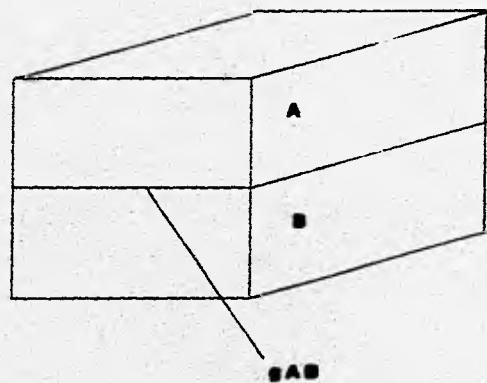
El trabajo de adhesión según la teoría de la adsorción.- El trabajo de adhesión máximo reversible por unidad de área ( $wadh$ ); entre dos materiales A y B está dada por la ecuación:

$$wadh = g_a + g_b - g_{ab} \quad (1)$$

donde  $g$  es la tensión superficial de A, de B y de la interfase AB respectivamente.

Físicamente,  $wadh$  es el trabajo requerido para crear las superficies A y B y destruir la interfase AB (fig 1).

Para el caso de un líquido L, en contacto con la superficie plana de un sólido S, el trabajo de adhesión puede expresarse



**TRABAJO DE ADHESIÓN**

**FIGURA 1**

como :

$$Wadh = g_s^0 + g_{lv}^0 - g_{sl} \quad (2)$$

donde  $g_s^0$  es la energía libre de superficie del sólido en el vacío,  $g_{lv}^0$  es la energía libre de superficie o tensión superficial del líquido saturado con su vapor y  $g_{sl}$  es la energía libre de la interfase sólido-líquido.

La evaluación de  $Wadh$  implica la determinación de  $g_s^0$ ,  $g_{lv}^0$  y  $g_{sl}$ , y solo existen métodos para determinar directamente la energía libre de superficie del líquido, siendo prácticamente imposible medir experimentalmente las dos restantes. Sin embargo, cuando el líquido no moja por completo al sólido (fig 2), es decir, que forma ángulos mayores de cero grados con la superficie plana del sólido, es posible sustituir la ecuación de YOUNG-DUPRE:

$$g_{sv}^0 = g_{sl} + g_{lv}^0 \cos\theta \quad (3)$$

en la ecuación (2), obteniéndose :

$$Wadh = g_s^0 - g_{sv}^0 + g_{lv}^0 (1 + \cos\theta) \quad (4)$$

donde  $g_{sv}^0$  es la energía libre de superficie del sólido en contacto con el vapor saturado del líquido, y el término  $g_s^0 - g_{sv}^0$  es una medida del decremento de la energía libre de superficie del sólido al ponerse en contacto con el vapor saturado del líquido, definiéndose como:

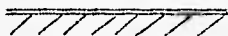
$$f_{sv}^0 = g_s^0 - g_{sv}^0 \quad (5)$$

Por otra parte, el trabajo de cohesión  $W_{coh}$  de un material A está dado por:

$$W_{coh} = 2g_A \quad (6)$$

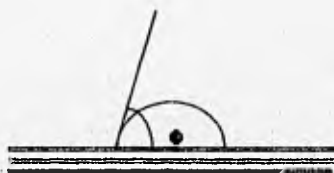
El cual corresponde al trabajo reversible necesario para separar





A)  $\phi = 0^\circ$

MOJADO COMPLETO



B)  $0^\circ < \phi < 180^\circ$

HUMECTACIÓN PARCIAL



C)  $\phi = 180^\circ$

NO HAY HUMECTACIÓN

FIGURA 2

en dos una columna de material A (fig 3).

De acuerdo a lo anterior, el trabajo de cohesión de un líquido se encuentra definido como:

$$W_{coh} = 2\gamma_{lv}^0 \quad (7)$$

Si se considera que por algún medio el líquido L, solidifica sobre el sólido S, de tal forma que se tenga un sistema en equilibrio de dos sólidos en contacto S1 y S, en presencia del vapor saturado del sólido S1, la ecuación de YOUNG-DUPRE para este sistema será :

$$\gamma_{sv1}^0 = \gamma_{ss1} + \gamma_{slv1}^0 \cos\theta \quad (8)$$

y el trabajo máximo de adhesión del sólido S1 sobre el sólido S se encontrará dada por :

$$W_{adh} = \gamma_s^0 + \gamma_{slv1}^0 - \gamma_{ss1} \quad (9)$$

Sustituyendo la ecuación (8) en la ecuación (9), se obtiene que :

$$W_{adh} = f_{sv1}^0 + \gamma_{slv1}^0 (1 + \cos\theta) \quad (10)$$

donde:

$$f_{sv1}^0 = \gamma_s^0 - \gamma_{sv1}^0 \quad (11)$$

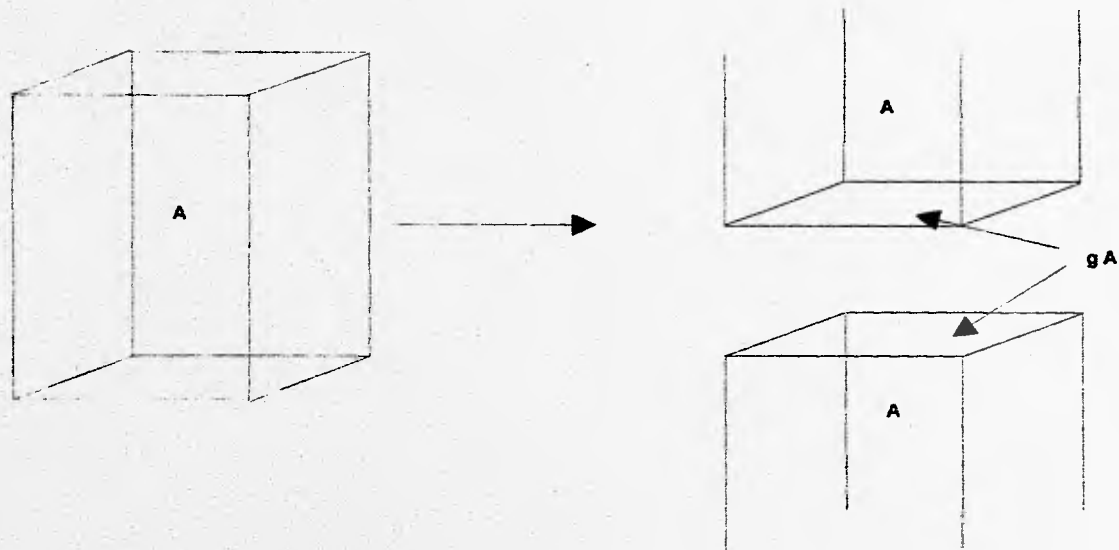
y representa físicamente la cantidad de vapor adsorbido por el sólido S. Sin embargo, para líquidos volátiles que en este caso utilizamos hidrocarburos (hexano, ciclohexano) la ecuación (10) queda:

$$W_{adh} = f_{sv1}^0 + \gamma_{slv1}^0 (1 + \cos\theta) \quad (12)$$

Análogamente el trabajo de cohesión del adhesivo solidificado estará dado por :

$$W_{coh} = 2\gamma_{slv1}^0 \quad (13)$$

A partir de estas dos últimas ecuaciones, se puede estimar la resistencia teórica entre el adhesivo y el adherente, si es



TRABAJO DE COHESIÓN

FIGURA 3

posible medir de alguna forma la energía libre de superficie del adhesivo solidificado. (fig 4).

#### 2.4 .- JUNTAS ADHESIVAS:

Como parte fundamental del diseño de estructuras o piezas ensambladas las juntas adhesivas resultan de vital importancia. Las cualidades que se exigen a un buen diseño de unión son las siguientes:

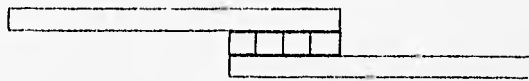
1.- Asegurar una distribución uniforme de los esfuerzos en toda el área de contacto.

2.- Reducir al mínimo las concentraciones de los esfuerzos sobre los extremos de la línea del adhesivo.

Los tipos básicos de diseño de uniones, mismos que se muestran esquemáticamente ( fig 5 ) son: Unión a solape simple, Unión a tope y Unión a bisel.

A .- UNION A SOLAPE SIMPLE: ( Solape: unión paralela entre dos sustratos ); la unión por solape tiene un amplio uso y existe una gran cantidad de estudios teóricos sobre el efecto del solape. En este tipo de unión se requiere de una alta resistencia a los esfuerzos de corte. En el ensayo de tensión de la unión por solape, la línea de adhesivo queda expuesta a esfuerzos cortantes como consecuencia de que el plano del esfuerzo es paralelo al de la interfase.

B .- UNION A TOPE : En las uniones a tope las piezas son sometidas a esfuerzos de tracción o compresión, y son sensibles a rotura por exfoliación a lo largo de la línea de unión. La resistencia de la unión a tope aumenta con el Área de la



**A) UNIÓN A SOLAPE SIMPLE**



**B) UNIÓN EN BISSEL**



**C) UNIÓN A TOPE**

**FIGURA 5**

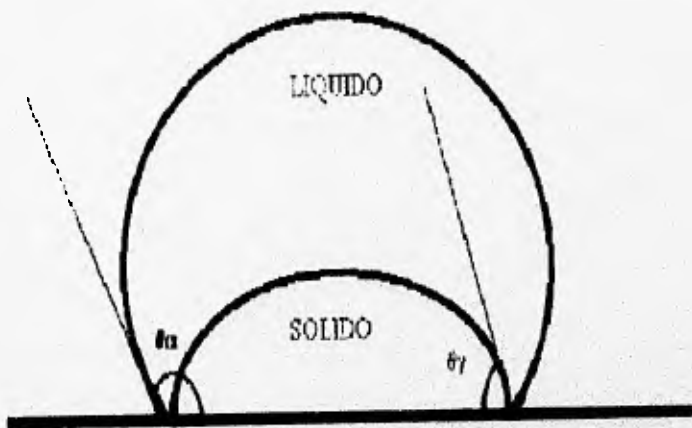


FIG.4 ANGULO DE CONTACTO DE UN ADHESIVO ELABORADO CON DISOLVENTE.

superficie útil de la interfase. Los esfuerzos que realizan las uniones a tope bajo tensión convencionales.

C.- UNION EN BISEL : La unión biselada posee algunas de las características de los otros dos prototipos.

El grosor óptimo de la capa de adhesivo es, en ciertos casos, decisivo para obtener la máxima resistencia de unión. El valor exacto depende de la forma de la unión del tipo de carga y de las propiedades reológicas del adhesivo.

## 2.5 ENSAYO DE ADHESIVOS:

En las últimas cuatro décadas, durante cuyo periodo los adhesivos estructurales han llegado a ser de uso corriente, se ha desarrollado un gran número de ensayos de resistencia de juntas adhesivas. Los ensayos destructivos realizados sobre juntas con adhesivos se puede dividir convenientemente en dos tipos:

A.- Aquellos a partir de los cuales se espera determinar el comportamiento de los adhesivos en servicio, por ejemplo, bajo una forma predeterminada de carga o de medio ambiente.

B.- Aquellos realizados con fines de control de calidad.

Con respecto a estos últimos, aunque se llevan a cabo diversos ensayos físicos y químicos, no se pueden correlacionar con los fenómenos de adherencia. Por lo tanto, de cada lote de adhesivos se deben preparar probetas para determinar sus características de comportamiento como tal.

Los ensayos comunes para los adhesivos son: TENSION, TENSION AL CORTE, TENSION DE DESPRENDIMIENTO ( PRUEBAS FEEL DE 90 Y 180 GRADOS). TENSION POR DESDOBLAMIENTO, RESISTENCIA AL IMPACTO Y FATIGA DINAMICA; ensayos en los cuales la junta es cargada a un

porcentaje de su típica carga de ruptura y los ciclos de debilitamiento registrados.

Los ensayos de tensión convencionales suministran esencialmente información sobre la fuerza de cohesión sobre el adhesivo, los ensayos de corte y desprendimiento suministran un método adecuado para conocer la resistencia del adhesivo a las cargas concentradas.

El ensayo de desprendimiento es imprescindible cuando al menos uno de los sustratos es flexible; los resultados dependen principalmente de las propiedades reológicas del adhesivo:

Además de los ensayos hechos sobre el adhesivo en las juntas o estructuras encoladas, se hacen un gran número de ensayos físicos y químicos con los adhesivos sin curar. Estos ensayos los llevan a cabo los fabricantes, y algunas veces también los usuarios, para asegurar una calidad uniforme en sus productos.

Muchos de estos ensayos son generalmente reconocidos y citados en las especificaciones patrón, mientras que otros son solamente usados por las firmas individuales con vistas a comprobar propiedades particulares que consideran de especial importancia para sus propios procesos. Algunos de estos ensayos pueden ser aplicados de una forma provechosa, prácticamente a todos los adhesivos, mientras que otros son específicos para un determinado tipo de adhesivo. Algunos ensayos de este tipo incluye las propiedades de :

- A.- Viscosidad
- B.- Resistencia a la gelatinización.
- C.- Tiempo de gelado.



D. - pH

E. - Estabilidad o tiempo de vida útil.

## 2.6 .- ESPECTROFOTOMETRIA INFRARROJA:

En la química moderna es muy importante la espectrofotometría en particular ( aunque no en forma exclusiva) en el Área orgánica. Es una herramienta de rutina para detectar grupos funcionales, identificar compuestos y analizar mezclas. Los instrumentos que registran espectros de infrarrojo se encuentran en modelos comerciales y son fáciles de manejar en forma rutinaria.

Al describir la estructura de una molécula en términos de longitudes y ángulos de enlace fijos, describimos una situación probabilística. Imaginemos el modelo de una molécula compleja, construido con esferas de madera conectadas entre sí por medio de resortes y suspendido de un alambre. Al darle un golpe a la molécula se convertirá en un objeto vibrante con todos sus átomos en movimiento, uno con respecto al otro, y probablemente con docenas de resortes alargándose, comprimiéndose y doblándose. Este movimiento, que al principio puede parecer muy complicado, se puede separar en una serie de modos vibratorios individuales cuyas frecuencias naturales dependen de la masa de las esferas de madera y de las características de los resortes. En una molécula verdadera ocurre vibraciones análogas: Los pares de átomos vibran uno con respecto al otro al mismo tiempo que los enlaces individuales se alargan y se acortan; grupos enteros oscilan con respecto a otros átomos o grupos, las estructuras en forma de

TABLA I

TABLA DE FRECUENCIAS DE GRUPOS EN EL INFRARROJO			
GRUPO		FRECUENCIA, $\text{cm}^{-1}$	LONGITUD DE ONDA, $\mu\text{m}$
OH	ALCOHOL	3580-3650	2.74-2.79
	ENLACE-H	3210-3550	2.82-3.12
NH	ACIDO	2500-2700	3.70-4.00
	AMINA	3300-3700	2.70-3.03
CH	ALCANO	2850-2960	3.37-3.50
	ALQUENO	3010-3095	3.23-3.32
	ALQUINO	3300	3.03
	AROMATICO	~3030	~3.30
$\text{C}\equiv\text{C}$	ALQUINO	2140-2260	4.42-4.75
$\text{C}=\text{C}$	ALQUENO	1620-1680	5.95-6.15
	AROMATICO	~1600	~6.25
$\text{C}=\text{O}$	ALDEHIDO	1720-1740	5.75-5.81
	CETONA	1675-1725	5.79-5.97
	ACIDO	1700-1725	5.79-5.87
	ESTER	1720-1750	5.71-5.86
$\text{C}\equiv\text{N}$	NITRILCO	2000-2300	4.35-5.00
$\text{NO}_2$	NITRO	1500-1650	6.06-6.67

anillo " respiran" (o sea se expanden y se contraen), etc. Ahora, si existe un dipolo eléctrico oscilante que esté asociado con un modo de vibración en particular, entonces ocurrirá una interacción con el vector eléctrico o radiación electromagnética de esa misma frecuencia, lo que llevará a la absorción de energía que se pone de manifiesto como una amplitud de vibración en aumento.

La mayoría de los grupos, como C-H, O-H, C=O, C=N, originan bandas de absorción en el infrarrojo que varían en forma muy ligera de una molécula a otra, dependiendo de los demás sustituyentes. En la tabla de la página anterior se presentan algunos de estos ejemplos. Además de estas frecuencias de grupo, que por lo general se pueden asignar en forma precisa, las moléculas complejas pueden presentar numerosas bandas de absorción cuyo origen exacto es difícil de determinar pero que son muy útiles para la identificación cualitativa. Muchas de estas bandas aparecen en la región del espectro llamada " de la huella digital " ( de 6.5 a 14  $\mu\text{m}$ ) (ver tabla).

## 2.7 .- FORMULACIONES:

Como ya se mencionó una formulación tipo se compone de :

- Hule natural.
- Resina fenólica.
- Brea hidrogenada.

### 2.7.1 .- RESINA FENOLICA NOVOLACS:

La primera etapa en la policondensación de resinas fenólicas es el ataque electrofílico de un compuesto carbonílico

(generalmente formaldehído) en la posición orto o para de la molécula de fenol (catalisis ácida ec.1), o un anión fenolato (catálisis básica o medio base ec.2).

Los fenoles hidroximetil sustituidos son más reactivos que el propio fenol, la hidroximetilación continúa. Los compuestos hidroximetílicos formados son inestables en medio ácido y se convierten rápidamente en compuestos ligados a compuestos metílenos (ec 3) esta reacción ocurre tanto en posición orto como en para. En medio básico el grupo hidroximetil es estable. A altas temperaturas sin embargo reaccionan con formación de metileno (ec 3). Para impedir una polialquilación por enlace cruzado en la cual podría presentar más dificultad, debe usarse menos de una mol de formaldehído por mol de fenol.

Las resinas Novolac se usan como resinas sintéticas no modificadas, su principal aplicación se basa en su capacidad para sufrir enlaces cruzados con hexametilén-tetramina, la reacción se da a 150°C de acuerdo a la ec.4 (figuras 6 y 7)

#### 2.7.2 .- BREA PARCIALMENTE HIDROGENADA:

El alquitrán de pino es un subproducto de la destilación de la madera de pino. Es una masa negra y viscosa que se usa mucho para techos. Algunas veces se le da el nombre de brea, pero la brea es el alquitrán del cual se ha retirado el aceite de alquitrán de pino y se conoce como brea de pino. La pez naval o pez para barcos eran nombres aplicados a la brea de pino específica para uso marino. Es de medio dura a sólida, de peso específico de 1.08 a 1.10, con un punto de fusión no menor de 64.44°C. completamente soluble en bencol y de un color negro

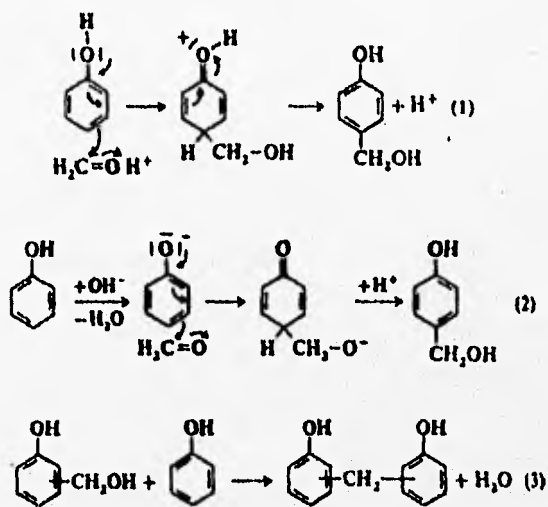


Figura 6

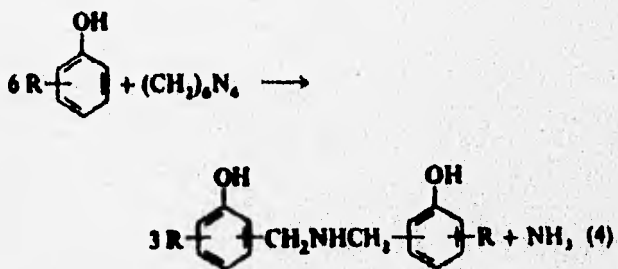


Figura 7

uniforme o pardo rojizo en capas delgadas

En el presente trabajo se utilizará una brea parcialmente hidrogenada, que es un producto de bajo color, resina termoplástica obtenida de la brea de goma parcialmente hidrogenada. El proceso de hidrogenación le da excelentes propiedades tales como: buena estabilidad de color y resistencia a la oxidación y envejecimiento. Se utiliza como materia prima para la fabricación de resinas sintéticas, resinatos metálicos y otros productos y se obtiene mejor calidad que utilizando breas de goma, tall-oil o madera. para mayor información ver el anexo.

### 2.7.3 .- HULE NATURAL :

Se han propuesto como materias primas para la obtención de hule el diente de león, el guayule, la varita dorada, la maclura y otras muchas plantas, pero ninguna ha probado ser tan buena como el árbol que produce látex, el Hevea Brasiliensis, originario de América del Sur, y la recolección de balata y chicle de otras especies de árboles. El hule natural se ha establecido en las plantaciones de Malasia, Indonesia, Liberia, y sus vecinos, debido probablemente a que no padecen las enfermedades causadas por insectos y monos que atacan al árbol en sus áreas nativas de América. Los árboles requieren aproximadamente siete años para llegar a producir frutos y después continúan produciendo durante cierto número de años. Durante la Segunda Guerra Mundial los rendimientos se incrementaron mediante la selección de mejores especies para llegar a producir aproximadamente 2400 kg/ha-año . Ahora se obtienen rendimientos de 3000 kg/ha-año de los tipos mejorados de

Arboles que se han sembrado. La recolección y el proceso del látex requiere considerable mano de obra y el cultivo es adaptable a las áreas densamente pobladas del Lejano Oriente y África, pero no ha resultado atractivo en este Hemisferio.

El látex se obtiene sangrando el árbol de manera que el líquido se acumule en pequeñas tazas, que deben vaciarse con frecuencia para evitar la podredumbre o la contaminación.

El látex se lleva a puntos de recolección en donde se cuele y se le añade una solución de amoníaco. El hule se separa mediante un proceso conocido como coagulación, que ocurre cuando diferentes ácidos o sales se añaden y el hule se separa del líquido como una masa blanca, parecida a la masa del pan, y luego se muele y se le da la forma de hojas para eliminar los contaminantes y permitir el secado. Un nuevo método es formar gránulos del látex coagulado cortando con cuchillas giratorias o con el esfuerzo cortante que se obtiene entre dos rodillos que giran a diferentes velocidades. Los gránulos se secan en secadores metálicos en horas, tiempo muy distinto a los días que requería el sistema de secado con aire o con humo de madera. Tanto las hojas como los gránulos se comprimen en pacas que pesan 33kgs. Se vende algo de hule natural como un látex concentrado después de la estabilización con amoníaco y centrifugación hasta una concentración de aproximadamente 60% de hule.

El hule tiene que suavizarse antes de que se pueda mezclar con los diferentes aditivos necesarios. Esto puede realizarse con un molino de dos rodillos que giran a diferentes velocidades, o en un mezclador en el cual un rotor de forma excéntrica empuja

el hule contra las paredes del mezclador. Después de suavizado, los materiales necesarios para formar los compuestos, como el negro de humo (carga), azufre o compuestos de azufre (para vulcanización), los aceleradores de vulcanización, antioxidantes, protectores y aceite se mezclan en las mismas mezcladoras o rodillos. Solo las fabricas más pequeñas utilizan las mezcladoras de rodillos. Las mezcladoras son muy grandes y solamente pueden manejar una pequeña cantidad de hule a la vez. Un mezclador comun puede ser de dos pisos de alto, y sólo maneja un lote de alrededor de 250 kgs.

Después de mezclado, al hule se le da forma del producto deseado mediante extrusión o volteo, y luego se vulcaniza. La vulcanización da lugar a un polimero termoestable de enlaces reticulares que no puede suavizarse o fundirse al volverlo a calentar hasta el punto original de fusión. Es importante controlar cuidadosamente el calor de vulcanización ( $140^{\circ}\text{C}$  o más), para obtener propiedades óptimas en el producto final. Como la vulcanización es una reacción química, su velocidad aumenta con la temperatura y se debe tener cuidado que no ocurra prematuramente.

El hule natural es cis-1,4-Poliisopreno que, cuando se estira, sufre la cristalización de sus moléculas para producir una forma excelente de reforzamiento. Es requisito estructural tanto del hule natural como del sintético tener moléculas largas en forma de hebra. La propiedad característica de extensibilidad reversible resulta del arreglo al azar de las cadenas largas de polimero enroscadas. Cuando se estiran las cadenas se



distorsionan pero, como un resorte vuelven al arreglo en el que estaban al terminar el esfuerzo.

#### 2.7.4 .- PROPIEDADES DEL HULE NATURAL:

El látex del hule natural consiste en partículas de hidrocarburos y sustancias extrañas en una fase acuosa cerosa. El contenido promedio de hule seco en el latex está comprendida entre el 30% y 45%, a continuación se proporciona una tabla:

	LATEX%	HULE SECO%
HIDROCARBUROS	36	93.7
PROTEINAS	1.4	2.2
CARBOHIDRATOS	1.6	0.4
GRASAS NEUTRAS	1.0	2.4
GLICOLIPIDOS + FOSFOLIPIDOS	0.6	1.0
CONSTITUYENTES INORGANICOS	0.5	0.2
OTROS	0.4	0.1
AGUA	58.5	-

#### 2.7.5 .- PROPIEDADES FISICAS:

El hule del latex de un sangrado fresco es casi completamente soluble ( más del 95%) en disolventes comunes como tolueno y tetrahidrofurano .

Tiene una estructura química de casi 100% de unidades .  
cis-1-4 poliisopreno.

La reacción de endurecimiento al almacenar se incrementa por condiciones de temperatura más alta y húmeda más baja. Esta reacción se considera que se debe a grupos anormales.

probablemente aldehidos, presentes en las moléculas de hule . Estos grupos reaccionan con los grupos amino, de los aminoácidos libres y proteínas para dar uniones químicas . La concentración de estos grupos es solamente alrededor de  $5 \times 10^{-6}$  moles por gramo de hule , equivalente solamente a 1 o 2 grupos por molécula. Estos grupos pueden ser desactivados y la acción de endurecimiento al almacenar puede ser inhibida al reaccionar hule con 0,5% de sal de hidroxilamina.

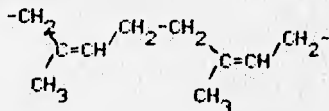
**CONTENIDO DE GEL:**

El hule natural fresco tiene un bajo contenido de gel, alrededor de 5-10% . AL almacenar, el contenido de gel se incrementa y puede enriquecerse hasta un 50% , o más en un largo periodo de almacenamiento. El incremento en contenido de gel involucra al endurecimiento debido al almacenamiento, pero puede tambien deberse parcialmente a las reacciones de radicales libres. El contenido de gel depende del disolvente usado, siendo mas bajo en buenos disolventes.

**MONÓMERO:**

ISOPRENO, LATEX DE HEVEA

UNIDAD POLIMERICA O COPOLIMERICA:



*CIS-1,4-POLIISOPRENO.*

**TIPO DE HULE"**

Natural NR, 5000 unidades de isopreno.

**CARACTERISTICAS DEL HULE NATURAL PARA ADHESIVOS"**

- DEBE SER LO MAS CLARO POSIBLE (EVITAR TODO TIPO DE

IMPUREZAS).

- HUMEDAD MAXIMA PERMITIDA 8%.
  - SE RECOMIENDA HULE LAMINADO PUESTO QUE LA CADENA ES LARGA Y EL HULE TAMBIEN EVITA HUMEDAD.
  - % DE CENIZAS MAXIMO 6.
  - DE PREFERENCIA ESTE TIPO DE HULE ES A PARTIR DE LOS ARBOLES CON EDADES PROMEDIOS DE 8 AÑOS A 20 AÑOS.
- PARA MAYOR INFORMACION DEL HULE UTILIZADO VER EL ANEXO.

### 3.- PARTE EXPERIMENTAL

### 3.- PARTE EXPERIMENTAL

#### 3.1 .- CONDICIONES DE MEZCLADO:

##### INTRODUCCION:

En esta primera parte de la fase experimental se establecen las condiciones del mezclado, para que el adhesivo contenga una homogenidad de todos sus ingredientes; las variables a controlar son:

Temperatura.

La velocidad de agitación del reactor o agitador (RPM).

Tiempo de mezclado.

Orden de adición de los componentes del adhesivo.

Se encontró en la literatura que la velocidad de agitación recomendada para este tipo de adhesivo es de 140-190 RPM.

Se sugiere un tipo de paleta cuadrada para que la mezcla de los componentes tenga un mejor mezclado .

Los componentes del adhesivo son:

HULE HM-20

RESINA FENOLICA VARCUM

BREA HIDROGENADA RESIN-H

OXIDO DE ZINC

AZUFRE

ANTIOXIDANTE

DISOLVENTE

#### 3.2 .- PRUEBAS DE MEZCLADO:

1.- Se mezcla el hule con la resina en 600 partes de tolueno, después de 6 horas se adicionan el oxido de zinc, el azufre

y se le agregan otras 500 partes de tolueno, después de 3 horas se incorpora el antioxidante y se homogeniza por 2 horas.

OBSERVACIONES:

El hule tardó mucho en disolverse en su totalidad, pero la resina se disolvió muy bien, de manera rápida, tanto la resina fenólica como la brea hidrogenada las cuales se integraron muy bien; en cuanto al óxido de zinc y el azufre no se mezclaron adecuadamente, aunque se les dejó homogenizando cinco horas más, al aplicar el adhesivo sobre una superficie se observó claramente que el óxido de zinc, azufre y algo de resina no quedaron bien homogenizados en la mezcla.

2.- Se mezcló el hule con el azufre por 5 horas, después se agregó el óxido de zinc combinando con las resinas por 3 horas, luego se agregó el antioxidante y se homogenizan por 2 horas.

OBSERVACIONES:

Se homogenizó bien con el azufre, después se agregó las resinas y el óxido de zinc, pero se nota que no se combina el óxido de zinc, siendo este compuesto el único que no se integra totalmente en la mezcla.

3.- Se mezcló el óxido de zinc, el antioxidante y el hule, después de 4 horas, se agrega la resina con el azufre por 3 horas.

OBSERVACIONES:

Hay buena integración del óxido de zinc y el azufre, pero la resina no se integró, se observan depósitos de resina en la parte baja del reactor.

4.- Se disuelve el hule con el óxido de zinc con todo el disolvente por 4 horas, se agregan la resina y el azufre y se deja mezclar otras 2 horas y por último el antioxidante y se deja mezclar por 2 horas.

OBSERVACIONES:

El óxido de zinc se incorpora perfectamente al igual que las resinas y el azufre, cuando se agregaron las resinas y el azufre no fueron necesarias las 2 horas solamente 1.5 hora y se obtuvo una mezcla homogénea.

Este procedimiento será utilizado para la obtención de las formulaciones propuestas.

3.3 .- FORMULACIONES

Entre los objetivos de la tesis está el estudiar qué resina se homogeniza y tiene mejor adherencia, por lo cual se proponen 6 formulaciones, utilizando (30,60,90)% de cada resina, se compararon en los adhesivos desarrollados un adhesivo comercial (adhesivo 7 ver espectro de infrarrojo en el apéndice).

Para saber cuáles formulaciones tienen propiedades superiores a las del adhesivo comercial.

También se busca saber qué resina tiene mejor adherencia y el porcentaje de la misma, a continuación se presenta en la tabla 2 las formulaciones a desarrollar.

## DIAGRAMA DE MEZCLADO

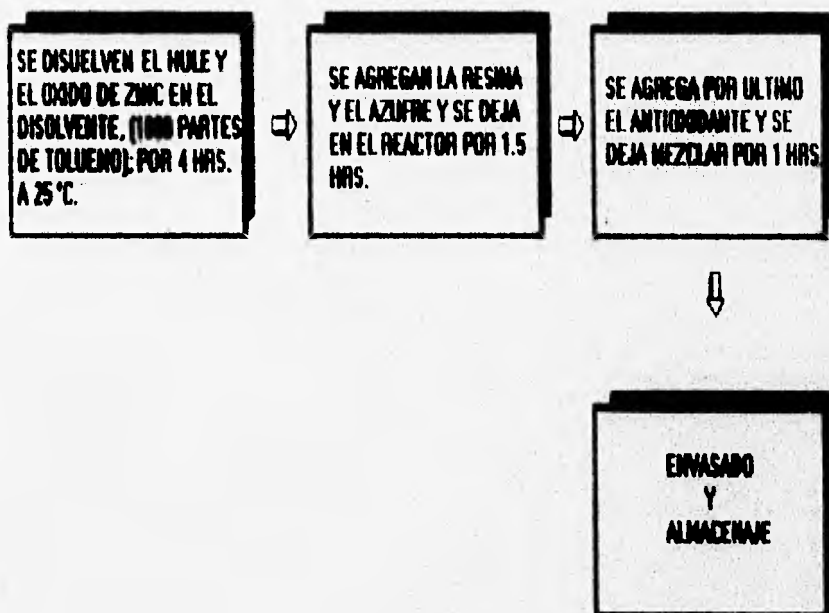


FIGURA 8. DIAGRAMA DE MEZCLADO



**TABLA 2 DE FORMULACIONES**

PRODUCTO	FORMULACION	FORMULACION	FORMULACION	FORMULACION	FORMULACION	FORMULACION
	(PARTES)	(PARTES)	(PARTES)	(PARTES)	(PARTES)	(PARTES)
	1	2	3	4	5	6
HULE	100	100	100	100	100	100
RESINA FENOLICA	0	0	0	30	60	90
UREA HIDROGENADA	30	60	90	0	0	0
OXIDO DE ZINC	15	15	15	15	15	15
AZUFRE	10	10	10	10	10	10
ANTIOXIDANTE	10	10	10	10	10	10
DISOLVENTE (TOLUENO)	1000	1000	1000	1000	1000	1000

\*1) ADHESIVO 7 ES UN ADHESIVO COMERCIAL EL CUAL SE EMPLEARA PARA COMPARARLO CON ESTAS FORMULACIONES.

### 3.4 .- ANGULOS DE CONTACTO:

En esta parte experimental se evaluará el ángulo de contacto en equilibrio para poder determinar si nuestro adhesivo es humectante, lo cual ocurre si la energía cohesiva es menor a la energía adhesiva.

#### MATERIALES:

- 5 Piezas de hule.
- Papel Aluminio.
- Estopa o algodón.
- 6 Jeringas de 5cm<sup>3</sup>.
- 5 Agujas de caballo.

El adhesivo está diseñado para pegar hule con hule ,por lo cual se utilizaron piezas de hule de 6cm. de largo por 2cm. de ancho, se proponen 5 piezas de hule por adhesivos, estas piezas se limpian con hexano y no tocarlas , despues de lavarlas se depositan en papel aluminio para evitar contaminación, la estopa o algodón a utilizar debe ser de fibra larga para evitar lo más posible la contaminación de fibras cortas.

.- 6 jeringas de 5cm<sup>3</sup>. con 6 agujas de caballo (debido a la viscosidad del adhesivo, estas agujas tienen que estar limadas de la punta para tener una aguja chata y no tener escurrimiento como se daría en una aguja normal).

Se recomienda hacer todas estas mediciones a la misma temperatura, es este caso a una temperatura de 25°C.

En caso de escurrimiento del adhesivo se sugiere limpiar con hexano o esperar al secado y desprenderlo.

#### PROCEDIMIENTO:

Se descarga un mililitro del adhesivo a 2cm. de la pieza de hule, se toma el ángulo de contacto inicial.

Se va midiendo el ángulo de contacto por 7 minutos, el secado se da en 9 minutos.

Para este tipo de pruebas se sugiere hacer un mínimo de 20 mediciones para tener un muestreo con medidas no reproducibles .

#### RESULTADOS:

En la tabla 3 se presentan los resultados obtenidos, teniendo en cuenta un error máximo de 0.5 grados que es el error que da el aparato en la medición en este caso utilizamos un aparato GONIOMETRA RAME-HART, MODELO: 100-00 115.

#### 3.5 .- PRUEBAS MECANICAS:

Para este tipo de adhesivos se hicieron las pruebas peel ( $180^{\circ}$  y  $360^{\circ}$ ). En este tipo de prueba es un sustrato se mantiene fijo y la fuerza de desprendimiento se da en función del ángulo como se muestra en las figuras 9 y 10.

#### MATERIALES:

1.- Se necesitan tiras de hule de 15cm. de largo por una pulgada de ancho y 2ml. de grueso, al igual que una jeringa de 5cm<sup>3</sup>, y una aguja de caballo, en este caso no deben de ser chatas.

2.- Lavarlas con hexano y no manipularlas para evitar contaminación al igual que el algodón o estopa que sea de fibra larga para evitar contaminación de fibra corta.

3.- Se define el área de contacto, en este caso se determina un área de una pulgada cuadrada.

4.- Se agregan 5grs. de adhesivo por cada junta, ya que son 2, será entonces un total de 1grs.

5.- Se dejan secar por un intervalo de 5 minutos y se unen las juntas y con un rodillo, se les pasa una presión para un buen contacto.

6.- En la prueba peel de  $180^{\circ}$  se lava el vidrio con hexano y se agrega 5grs. a la junta y al vidrio, definiendo un área de una pulgada cuadrada.

7.- Se da un secado de 24hrs. para la prueba final.

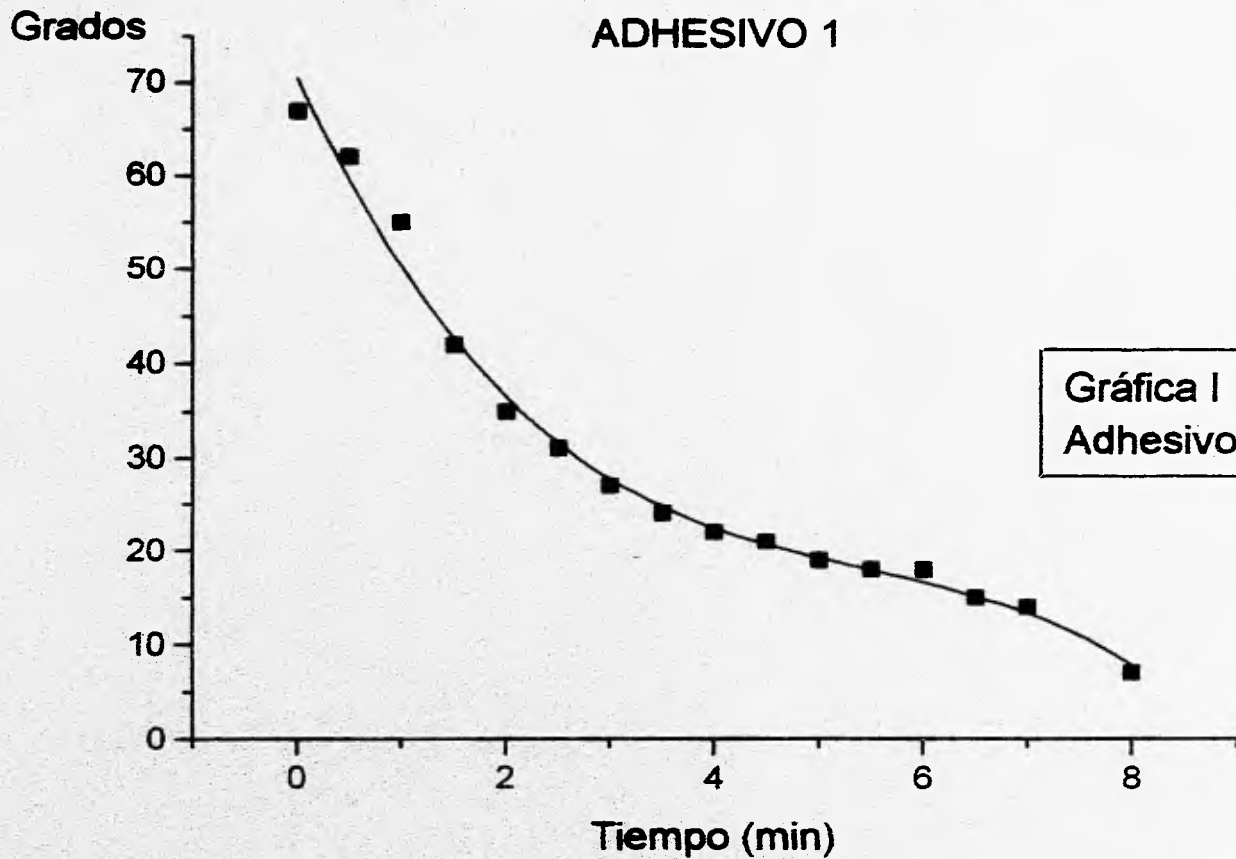
8.- En este tipo de pruebas se efectúa un mínimo de 5 pruebas lo cual son 5 juntas por prueba y por adhesivo.

A continuación se da una tabla con los resultados de cada prueba.

TABLA 3

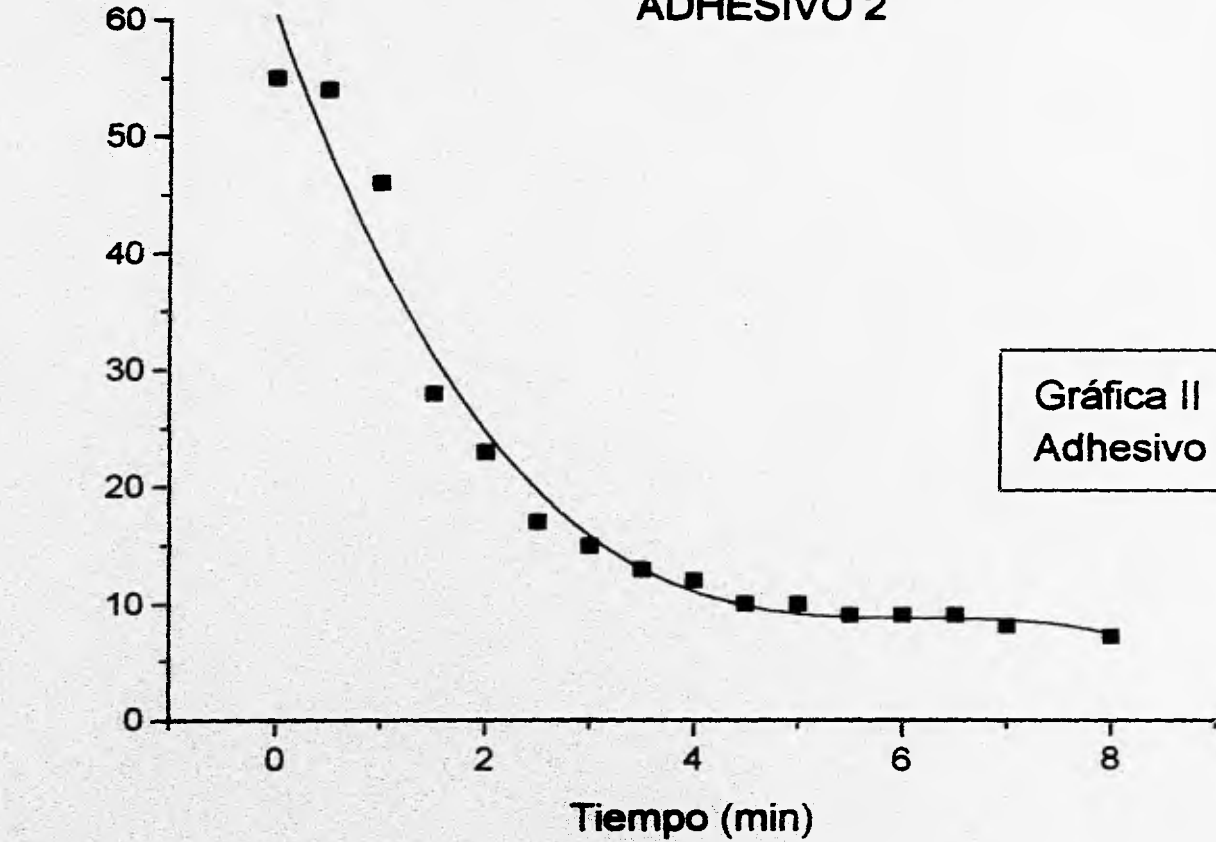
ÁNGULOS DE CONTACTO EN EQUILIBRIO							
TEMPERATURA 25°C							
TIEMPO	Adhesivo	Adhesivo	Adhesivo	Adhesivo	Adhesivo	Adhesivo	Adhesivo
MINUTOS	I	II	III	IV	V	VI	VII
0	67°	55°	63°	45°	53°	51°	70°
0,5	62°	54°	56°	44°	49°	43°	63°
1	55°	46°	46°	29°	37°	30°	57°
1,5	42°	28°	39°	20°	28°	28°	39°
2	35°	23°	23°	18°	21°	23°	37°
2,5	31°	17°	20°	12°	20°	19°	30°
3	27°	15°	16°	10°	18°	18°	25°
3,5	24°	13°	14°	9°	17°	17°	21°
4	22°	12°	13°	9°	16°	17°	18°
4,5	21°	10°	12°	8°	15°	16°	16°
5	19°	10°	12°	8°	13°	14°	14°
5,5	18°	9°	11°	7°	12°	14°	14°
6	18°	9°	11°	7°	11°	13°	13°
6,5	15°	9°	11°	7°	10°	12°	12°
7	14°	8°	10°	7°	9°	11°	11°
ÁNGULO							
FINAL	7°	7°	7°	7°	7°	8°	7°

# ANGULO DE CONTACTO EN EQUILIBRIO ADHESIVO 1



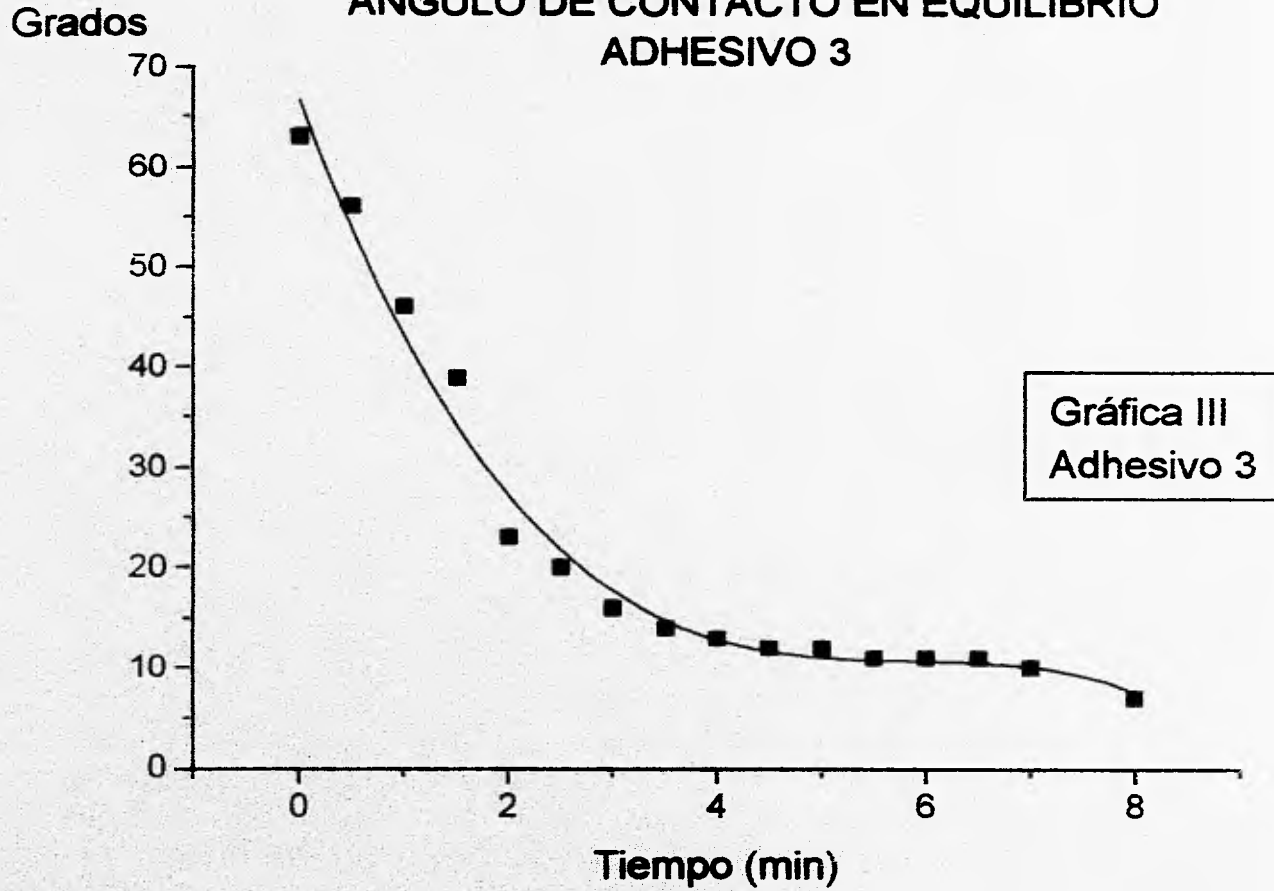
Gráfica I  
Adhesivo 1

**ANGULO DE CONTACTO EN EQUILIBRIO  
ADHESIVO 2**



Gráfica II  
Adhesivo 2

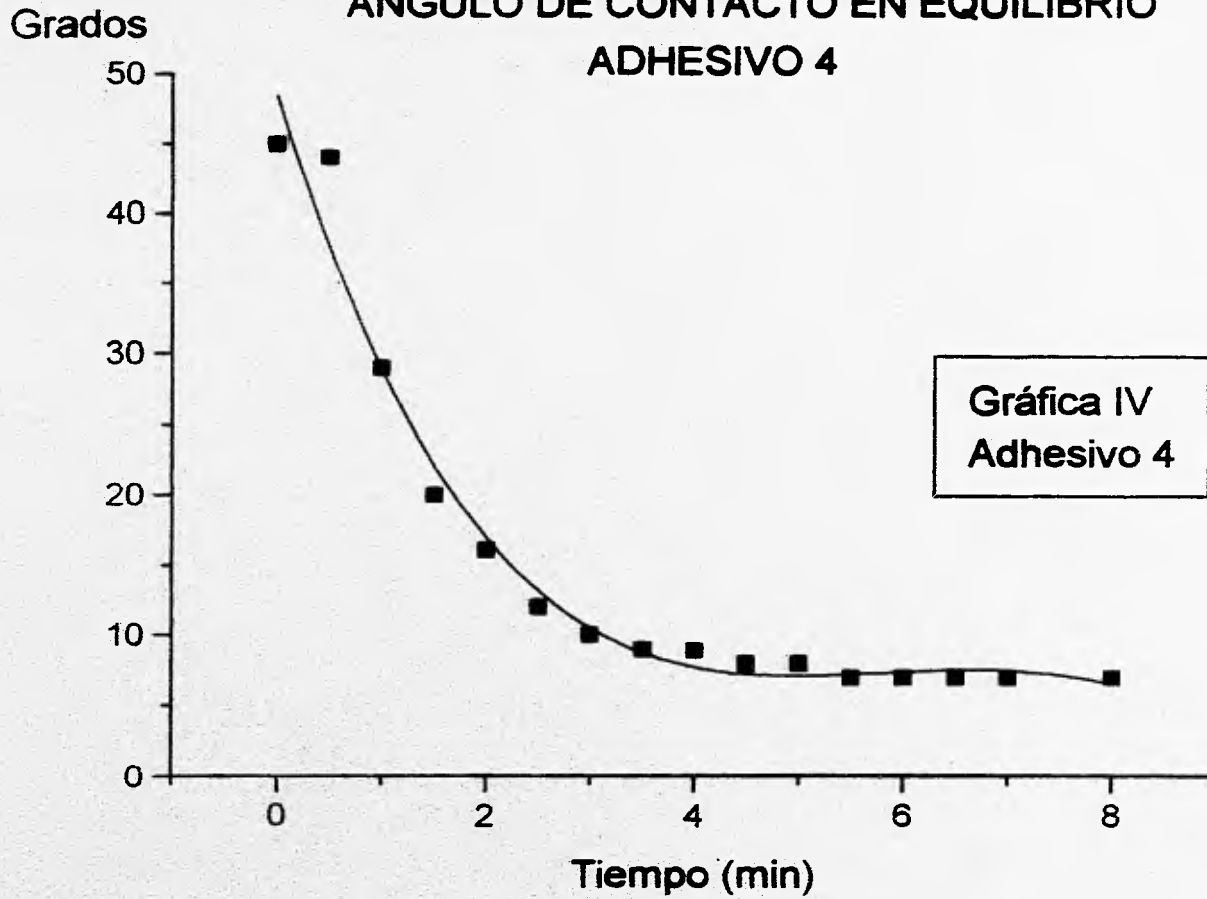
### ANGULO DE CONTACTO EN EQUILIBRIO ADHESIVO 3



Gráfica III  
Adhesivo 3



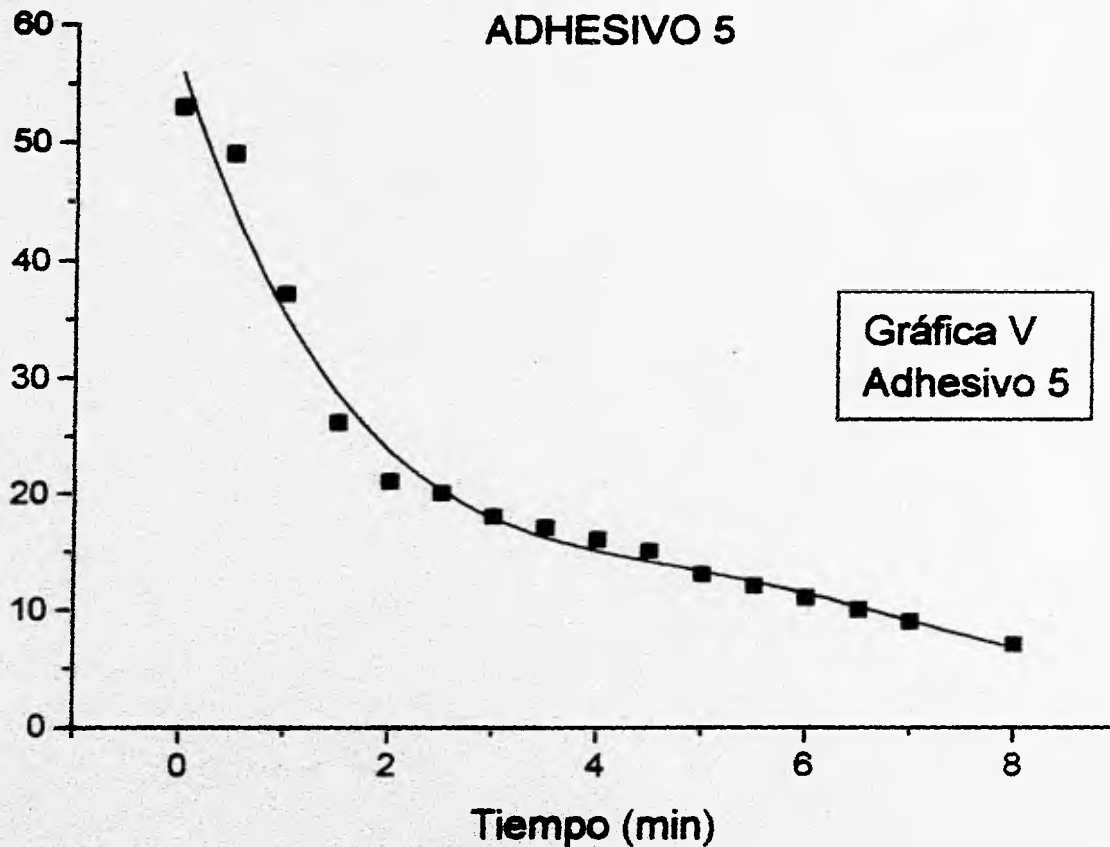
# ANGULO DE CONTACTO EN EQUILIBRIO ADHESIVO 4



Gráfica IV  
Adhesivo 4

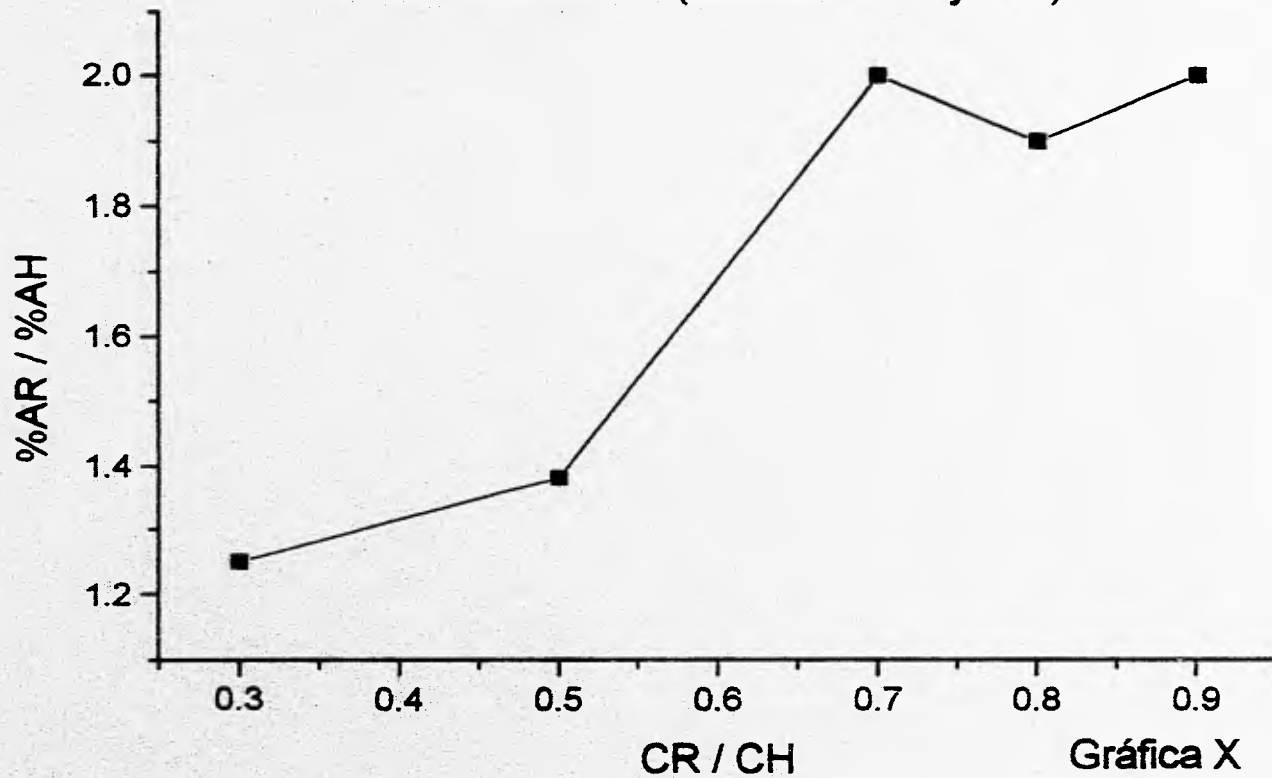
Grados

### ANGULO DE CONTACTO EN EQUILIBRIO ADHESIVO 5



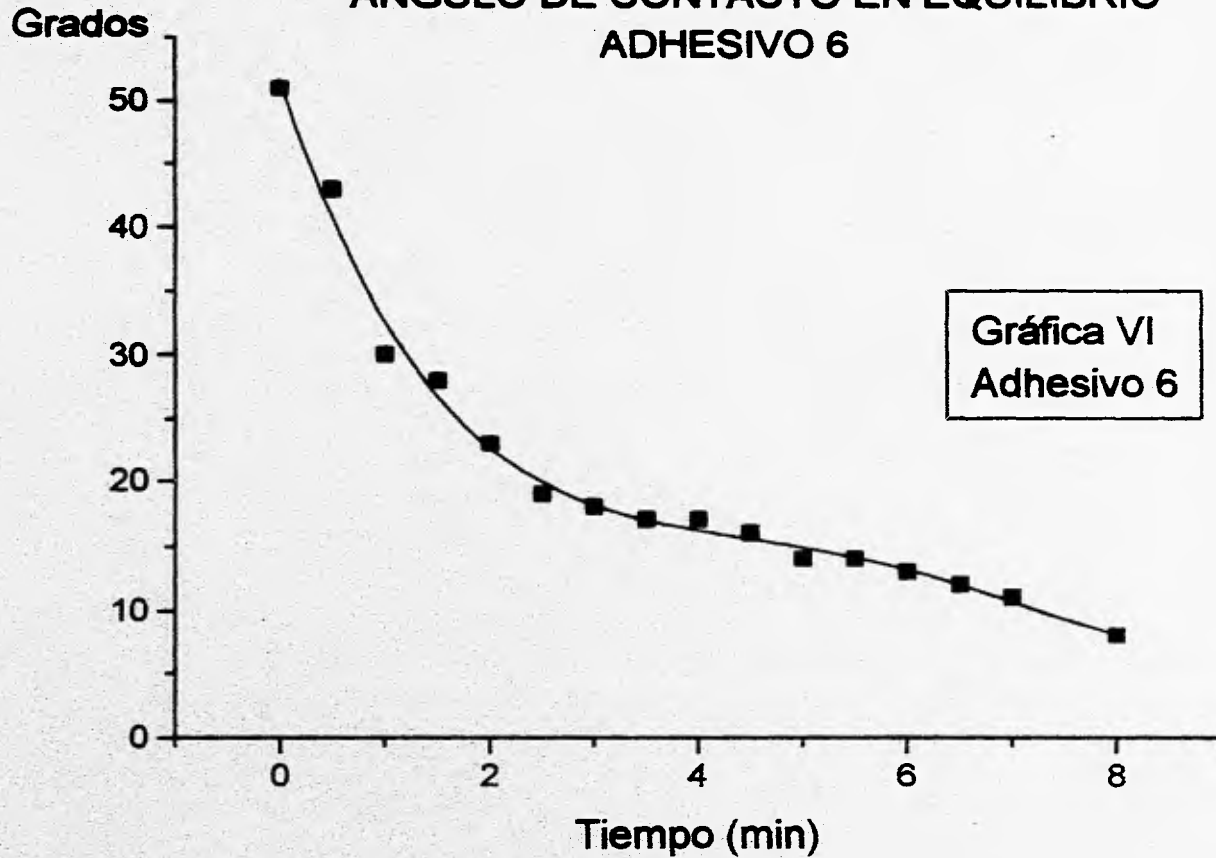
Gráfica V  
Adhesivo 5

**ADHESIVOS DE BREA**  
**% ABSORBANCIA (Bandas 2670 y 572)**



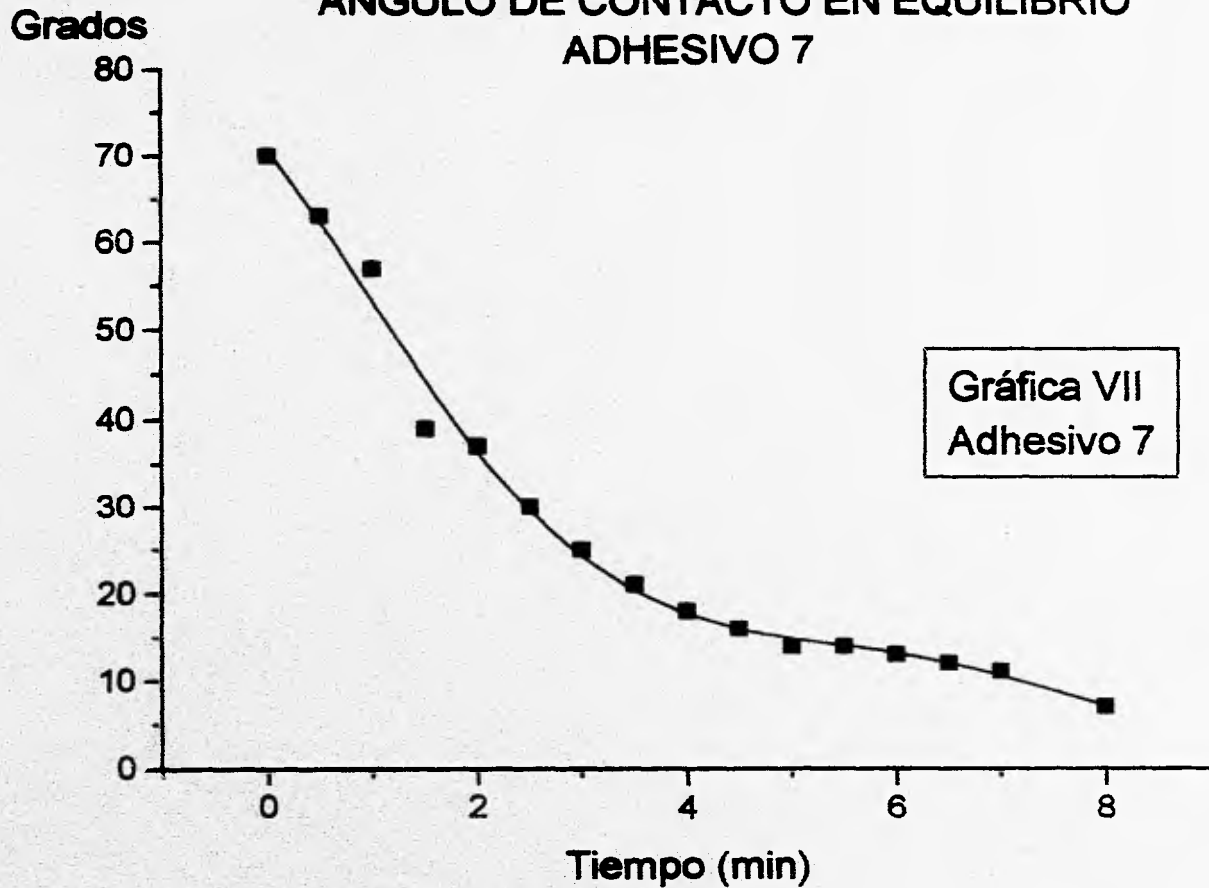
Gráfica X

# ANGULO DE CONTACTO EN EQUILIBRIO ADHESIVO 6

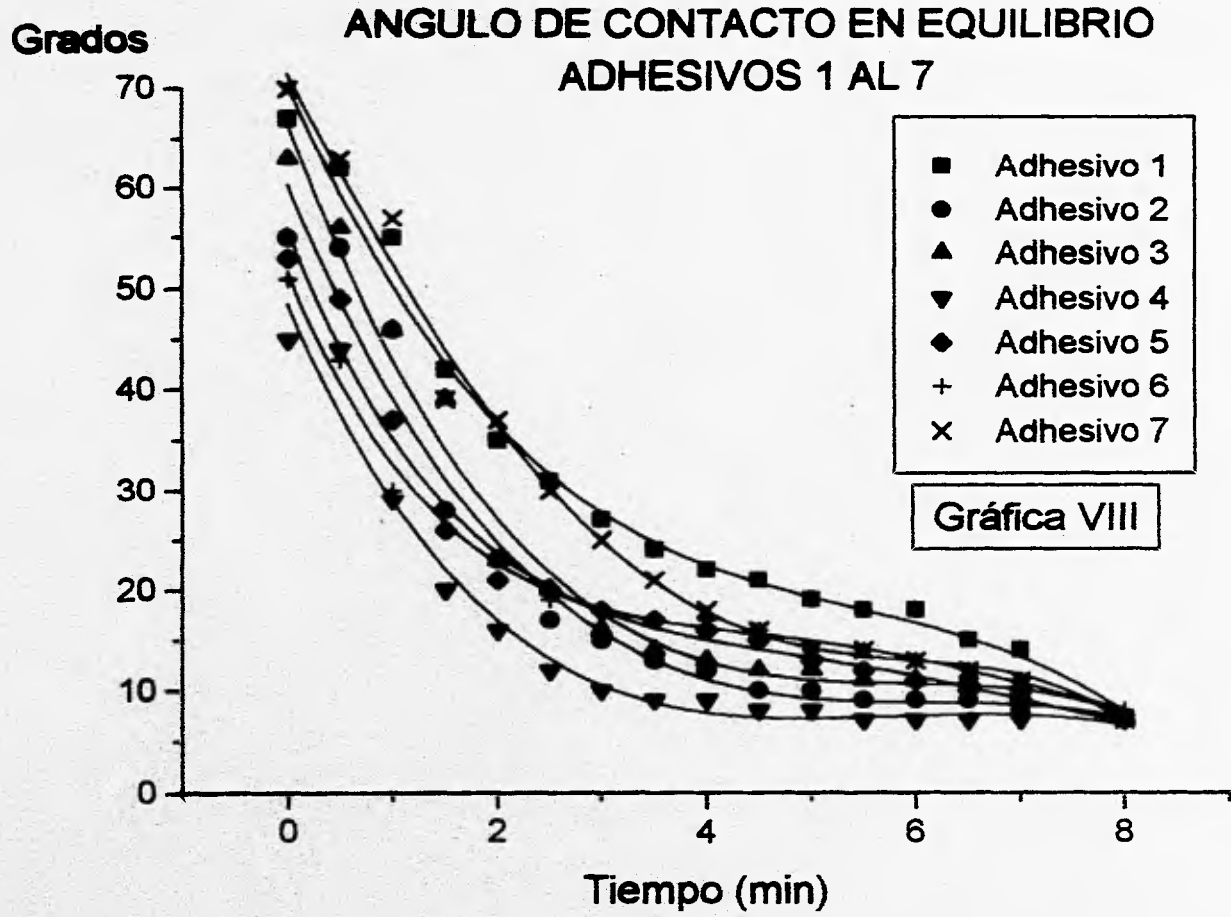


Gráfica VI  
Adhesivo 6

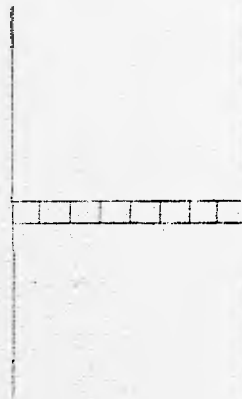
# ANGULO DE CONTACTO EN EQUILIBRIO ADHESIVO 7



Gráfica VII  
Adhesivo 7



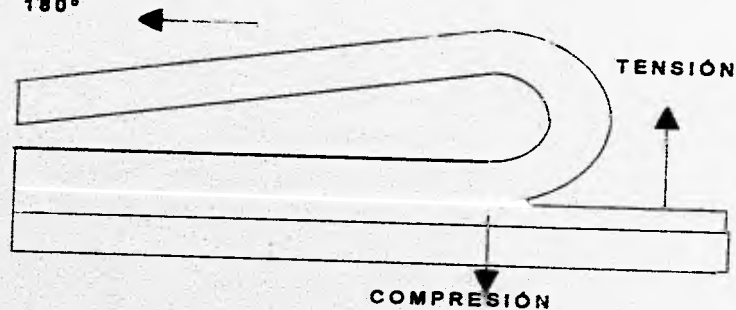
PRUEBA UNIÓN A TOPE								
	Adhesivo 1	Adhesivo 2	Adhesivo 3	Adhesivo 4	Adhesivo 5	Adhesivo 6	Adhesivo 7	
Probeta	Kg / plg <sup>2</sup>	Kg / plg <sup>2</sup>	Kg / plg <sup>2</sup>	Kg / plg <sup>2</sup>	Kg / plg <sup>2</sup>	Kg / plg <sup>2</sup>	Kg / plg <sup>2</sup>	Kg / plg <sup>2</sup>
1	2,75	2,7	3,2	2,9	3,05	3,3	2,25	
2	2	2,85	3	2,5	3,55	3,15	2,15	
3	2,8	3	3,1	2,8	3,3	3,6	1,9	
4	3	2,8	2,8	2,9	2,8	3,25	2,25	
5	2,8	2,8	3,2	3	2,85	3,8	2,16	
Máximo	3	3	3,2	3	3,55	3,8	2,25	
Mínimo	2	2,7	2,8	2,5	2,8	3,15	1,9	
Promedio	2,67	2,83	3,06	2,82	3,11	3,42	2,14	



PRUEBA  
UNIÓN  
A  
TOPE

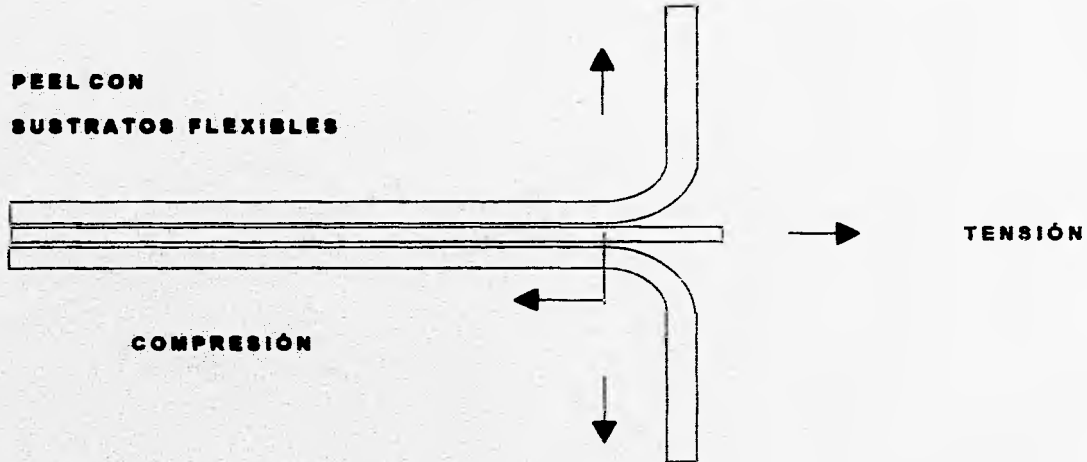
PRUEBA PEEL 180°							
Prueba	Adhesivo 1	Adhesivo 2	Adhesivo 3	Adhesivo 4	Adhesivo 5	Adhesivo 6	Adhesivo 7
	gr/plg <sup>2</sup>	gr/plg <sup>2</sup>	gr/plg <sup>2</sup>	gr/plg <sup>2</sup>	gr/plg <sup>2</sup>	gr/plg <sup>2</sup>	gr/plg <sup>2</sup>
1							
2	220	270	310	350	370	380	30
3	250	280	310	370	380	410	10
4	220	280	320	320	370	410	20
5	220	280	340	320	380	420	10
Máximo	370	280	380	380	380	420	20
Mínimo	370	280	340	370	380	420	30
Promedio	220	230	310	320	370	390	10
	256	270	322	344	380	410	80

PEEL 180°

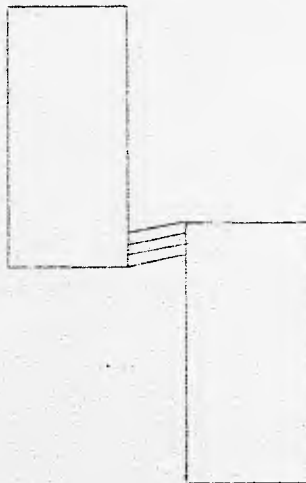




		FOLIA PEEL 300°						
		Adhesivo 1	Adhesivo 2	Adhesivo 3	Adhesivo 4	Adhesivo 5	Adhesivo 6	Adhesivo 7
Prueba		Kg/plg <sup>2</sup>	Kg/plg <sup>2</sup>	Kg/plg <sup>2</sup>	Kg/plg <sup>2</sup>	Kg/plg <sup>2</sup>	Kg/plg <sup>2</sup>	Kg/plg <sup>2</sup>
1		1	1,2	1,1	1,4	1,9	1,9	1,25
2		1,1	0,9	0,9	1,4	1,6	1,7	0,7
3		0,75	1	1,2	1,1	1,3	1,5	0,6
4		0,75	1	1	1,3	1,8	1,9	0,9
5		1	1	1,2	1,1	1,4	1,8	1
Máximo		1,1	1,2	1,2	1,4	1,9	1,9	1,25
Mínimo		0,75	0,9	0,9	1,1	1,3	1,7	0,6
Promedio		0,9	1,02	1,1	1,26	1,58	1,62	0,89



PROBETA	JUNTAS TRASLAPADAS						
	Adhesivo 1	Adhesivo 2	Adhesivo 3	Adhesivo 4	Adhesivo 5	Adhesivo 6	Adhesivo 7
	Kg / plg <sup>2</sup>	Kg / plg <sup>2</sup>	Kg / plg <sup>2</sup>	Kg / plg <sup>2</sup>	Kg / plg <sup>2</sup>	Kg / plg <sup>2</sup>	Kg / plg <sup>2</sup>
1	3,4	3,4	3,6	2,8	3,8	4,3	2,8
2	3,2	2,8	2,9	3,2	4,4	4,6	3,6
3	3,2	4	3,6	4,7	3,9	4,6	3,4
4	2,6	2,65	4,7	5,4	4,4	3,9	3
5	3,2	4	3,8	3	3,9	4,3	3
Máximo	3,4	4	4,7	5,4	4,4	4,6	3,6
Mínimo	2,6	2,8	2,9	2,8	3,8	3,9	2,8
Promedio	3,12	3,37	3,72	3,82	4,08	4,34	3,06



JUNTAS  
TRASLAPADAS

<b>PRUEBAS MECANICAS</b>				
<b>ADHESIVO</b>	<b>% DE PEGAJOSIDAD CON RESPECTO AL ADHESIVO 7</b>			
	<b>JUNTAS TRASLAPADAS</b>	<b>PEEL 180°</b>	<b>PEEL 360°</b>	<b>JUNTAS TOPE</b>
1	1.96	1322.22	1.12	24.76
2	10.13	1400.00	14.60	32.24
3	21.56	1688.88	23.59	42.99
4	24.83	1811.11	41.57	31.77
5	33.33	2011.11	75.28	45.32
6	41.83	2177.77	104.49	59.81
7	0.00	0.00	0.00	0.00

#### 4.1 .- ANÁLISIS DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES

#### 4 .- ANALISIS DE RESULTADOS.

##### 4.1 .- ANGULO DE CONTACTO EN EQUILIBRIO:

En las tablas anteriores se pueden observar claramente los siguientes resultados:

1.- El ángulo de contacto de mayor grado fue el del adhesivo 1 de  $67^{\circ}$  y del adhesivo 7 de  $70^{\circ}$  y el mínimo fue el del adhesivo 4 con  $45^{\circ}$ .

2.- De los resultados de ángulo de contacto inicial se pueden observar que los adhesivos con resina fenólica tienen menor ángulo de contacto que los de resina de brea hidrogenada.

3.- Cuando el ángulo de contacto tiene un valor de  $21^{\circ}$  se puede considerar que es humectable, el adhesivo 4 lo obtuvo a los 1.5 minutos, el adhesivo 5 a los 2 minutos, el adhesivo 2 a los 2.5 minutos, el adhesivo 3 a los 2.5 minutos, al igual que el adhesivo 6, el adhesivo 1 a los 4.5 minutos, el adhesivo 7 a los 3.5 minutos, por lo tanto se puede decir que el adhesivo con mayor humectación inicial es el adhesivo 4 y el de menor humectación el adhesivo 1, aunque los adhesivos 2 al 6 tienen una humectación más rápida que el adhesivo 7.

4.- El adhesivo con mayor humectación fue el adhesivo 4, aunque después de tres minutos los adhesivos de brea hidrogenada fueron más humectables que los de resina fenólica, en segundo más humectable fue el adhesivo 2, el tercero fue el adhesivo 3, el cuarto fue el adhesivo 5, en quinto teniendo una humectación muy similar al adhesivo 7 fue el adhesivo 6 y el último lugar fue el adhesivo 1.

5.- Cuando mezclamos una brea hidrogenada al 30% con

respecto al hule, se nota una pobre humectación, aunque los adhesivos 1,2,3,4,5,7 tuvieron un ángulo final de  $7^{\circ}$  y el adhesivo 6 de  $8^{\circ}$ , que la diferencia es mínima, si se maneja la resina de brea hidrogenada al 30% y 60% se obtienen humectaciones muy buenas, a mayor brea hidrogenada mejor humectación, y en la resina fenólica se observa que a mayor porcentaje de resina se tiene una menor humectación aunque el adhesivo 4 fue de mayor humectación.

6.- De los adhesivos 2 al 6 fueron igual o mayor humectables que el adhesivo 7 aunque el adhesivo 1 al final tuvo un ángulo de contacto de  $7^{\circ}$  al igual que el adhesivo 4.

7.- En todos los adhesivos el límite de nuestra gota o sea la frontera permaneció constante por lo cual tenemos una adhesión química y se puede concluir que los adhesivos 1 al 6 tienen una adhesión química, por lo tanto la energía cohesiva es mucho menor que la energía adhesiva.

#### 4.2 .- PRUEBAS MECANICAS

De los resultados (ver tabla al final de las pruebas mecánicas ) podremos afirmar las siguientes conclusiones:

PRUEBA JUNTAS TRASLAPADAS A 90% DE CONCENTRACION DE LA RESINA CON RESPECTO AL HULE LA BREA HIDROGENADA TIENE 21,56% Y LA FENOLICA 41,83% CON RESPECTO AL ADHESIVO 7.

PRUEBA PEEL  $360^{\circ}$  A 90% DE CONCENTRACION DE LA RESINA CON RESPECTO AL HULE, LA BREA HIDROGENADA TIENE 23,59% Y LA FENOLICA 104,49% CON RESPECTO AL ADHESIVO 7.

PRUEBA JUNTAS TOPE A 90% DE CONCENTRACION DE LA RESINA CON

RESPECTO AL HULE, LA BREA HIDROGENADA TIENE 1688% Y LA FENOLICA 2177.77% CON RESPECTO AL ADHESIVO 7.

.-Podemos apreciar claramente:

.-A mayor porcentaje de resina mayor pegajosidad.

.-Para este tipo de adhesivos al 30% de concentración se observa que la brea hidrogenada casi iguala al adhesivo 7, mientras la fenólica lo supera con un mínimo de 24%.

.-Tiene mayor pegajosidad una resina fenólica que una brea hidrogenada.

.-En prueba peel de 180<sup>o</sup> se nota claramente una gran adherencia, esta prueba se hizo en vidrio y se observa claramente que es mucho mayor la pegajosidad de los adhesivos elaborados en este trabajo.

#### 4.3 .- CONCLUSIONES GENERALES

Para formular adhesivos de contacto se debiera de disolver bien la carga con el hule, despues la resina con el azufre y por ultimo el antioxidante, esto nos permitira una homogenidad en la mezcla de los reactivos.

Se obtiene una mayor pegajosidad de una resina fenólica que de una brea hidrogenada.

Al aumentar el porcentaje de resina con respecto al hule en los dos tipos de resina se observa una mayor pegajosidad.

1977  
ESTAS TESIS NO DEBE  
SER DE LA BIBLIOTECA

**5 .- BIBLIOGRAFIA**



FICHAS BIBLIOGRAFICAS

- 1.- R.E. JOHNSON DETTRE, CONTACT ANGLE, WETTABILITY AND ADHESION , ED.F.M. FOWKES, NEW YORK 1986.
- 2.-KEN BOOTH, INDUSTRIAL PACKING ADHESIVES, BLACKIE AND SON, LTD NEW YORK 1990.
- 3.- ROBERT F. OHM.; THE VANDERBILT RUBBER HANDBOOK, R.T. VANDERBILT COMPANY, INC, LOS ANGELES 1992.
- 4.- I. FRANTE, ELASTOMERS AND RUBBER COMPOUNDING MATERIALS FROM ADHESIVES, ELSEVIER, NEW YORK 1990
- 5.- AMERICAN CHEMICAL SOCIETY, CHEMICAL ABSTRACTS, SYNTHETIC ELASTOMERS AND NATURAL RUBBER, VOL 105-114 , COLUMBUS OHIO 1986-1993.
- 6.-JOHN J. MCKETTA, ENCYCLOPEDIA OF CHEMICAL PROCESSING AND DESIGN, ED:MARCEL DEKKER INC., NEW YORK 1988
- 7.- WOLFGANG GERHARTZ, ENCYCLOPEDIA OF INDUSTRIAL CHEMISTRY (ULLMANN'S), ED: VCH, VOL: 3, PAG, 1323, FEDERAL REPUBLIC OF GERMANY 1986.
- 8.- R. HOWINK, G. SALOMON, ENCICLOPEDIA DE LA QUIMICA INDUSTRIAL, ED: URMO ,TOMO:3, BARCELONA ESPANA 1982.

**6. II APENDICE DE ESPECTROS DE INFRARROJO**



**Resinas Sintéticas sa de cv**

**ESPECIFICACIONES.**

FECHA : MARZO 16, 1995.  
PRODUCTO: RESIN H.  
LOTE : 1232.  
CLIENTE : PROSIM, S.A. DE C.V.

ANALISIS :	RESULTADOS :
INDICE DE ACIDEZ	152.8
PUNTO DE FUSION CAPILAR (oC)	54
PUNTO DE FUSION ANILLO-BOLA (oC)	69
COLOR GARDNER (50% TOLUOL)	5 (+)



RESIN H

=====

BREA PARCIALMENTE HIDROGENADA

COMPOSICION:

El RESIN H es un producto de bajo color, resina termoplástica obtenida de la brea de goma parcialmente hidrogenada. El proceso de hidrogenación le da -- excelentes propiedades tales como; buena estabilidad de color y resistencia a la oxidación y envejecimiento. Se utiliza como materia prima para la fa-- bricación de resinas sintéticas, resinatos metálicos y otros productos y se obtiene mejor calidad que utilizando breas de goma, tall-oil ó madera.

ESPECIFICACIONES:

PUNTO DE FUSION ( R & B ) ----- 68-75°C  
INDICE DE ACIDEZ ----- 152 MIN.  
VISCOSIDAD GARDNER A 25°C ( 60% EN GAS NAFTA ) ----- A-D  
COLOR GARDNER ( 50% EN GAS NAFTA ) ----- 6 MAX.

PROPIEDADES:

PUNTO DE FUSION ( R & B ) ----- 70  
INDICE DE ACIDEZ ----- 155  
VISCOSIDAD GARDNER A 25°C ( 60% EN GAS NAFTA ) ----- B  
COLOR GARDNER ( 50% EN GAS NAFTA ) ----- 5  
GRAVEDAD ESPECIFICA A 20°C ----- 1.05  
% CENIZAS ----- .009



COMPATIBILIDAD:

El RESIN H es compatible en proporción adecuada con alquidales, hules sintéticos y naturales, etilcelulosa, nitrocelulosa, ceras, polímeros plásticos, polímeros elastoméricos, pigmentos metálicos y otras materias primas.

SOLUBILIDAD:

Es soluble en acetonas, ésteres, hidrocarburos, aromáticos y alifáticos, alcoholes y solventes clorados. Insoluble en agua.

APLICACIONES:

El RESIN H es utilizado en la fabricación de resina sintética, resinosos metálicos, adhesivos, recubrimientos y en el proceso natural y sintético de hule reciclado.

PRESENTACION:

Se presenta sólido en tambores galvanizados.

ALMACENAMIENTO:

Si el material es almacenado cerca de lugares calientes, podría fundirse. Deberá observarse siempre la rotación de inventario consumiendo primero el material más viejo. El almacenamiento en bolsas abiertas no es recomendable ya que tiende a oxidarse gradualmente y esto podría causar oscurecimiento y efectos adversos en las propiedades del producto.

La información anterior es producto de nuestra experiencia y se proporciona

\*\*\*\*\*

## RESINA FENOLICA      VARCUM 875

### DESCRIPCION

La Varcum V-875 es una resina aquil fenólica sólida en trozos.

### CARACTERISTICAS PRINCIPALES

- Soluble en aceites
- Alta reactividad
- Buena compatibilidad con diferentes sistemas de hules
- Buena compatibilidad con diferentes sistemas de solventes
- Buena adhesión
- Excelente resistencia y reactividad al calor
- Buena resistencia a la decoloración
- Buena resistencia a la degradación por causas de intemperismo exposición a rayos U.V.)

### APLICACIONES SUGERIDAS

Resina usos generales para la formulación de adhesivos

Los adhesivos formulados con esta resina tienen excelente retención de sus enlaces a elevadas temperaturas.

### ESPECIFICACIONES

Tipo	Fenólica
B & R, °C	90 - 105
Materia extraña	No hay
Solubilidad 50% en Xilol	Buena/clara
Viscosidad Bardner-Holdt 60% en tolueno.	Registro
% Tolerancia en peso de eter de petróleo.	Registro
% Tolerancia en volumen de eter de petróleo.	Registro
Color Gardner 60% en tolueno.	Registro
Color	Amarillo claro

### METODOS DE ANALISIS

RQMPEA 0057
RQMPEA 0019
RQMPEA 0086
RQMPEA 0001
RQMPEA 0084
RQMPEA 0084
RQMPEA 0020

### PRESENTACION

Saco de 25 kilogramos.

### ALMACENAMIENTO

Almacenar el producto en lugares templados, de preferencia a 25°C para asegurar un tiempo de vida útil de por lo menos 6 meses

## 6 .- INFRARROJO

En el presente trabajo se utilizaron los espectros de infrarrojo para determinar los grupos funcionales tanto del adhesivo comercial en este caso el adhesivo 7 así como del hule y resinas utilizadas.

También resultó ser útil efectuar una determinación cuantitativa aproximada en la cual se utilizaron espectros de infrarrojo en absorbancia por lo cual el presente trabajo tiene espectros de infrarrojo en transmitancia y absorbancia.

A continuación se darán algunos de las principales bandas el hule, resina y el adhesivo comercial 7.

### BREA HIDROGENADA

BANDA (CM <sup>-1</sup> )	GRUPO FUNCIONAL
1460	-CH <sub>3</sub> , -CH <sub>2</sub> - (METILO Y METILENOS)
1384	-CH <sub>3</sub> (METILO)
710	-(CH) <sub>N</sub> N 2, 4
1694 Y 1276	-C-O-R (ESTER)    O

### RESINA FENOLICA

BANDA (CM <sup>-1</sup> )	GRUPO FUNCIONAL
2900-2958	-CH <sub>3</sub> , -CH <sub>2</sub> -, -CH <sup>I</sup> (METILO, METILENO, METINO).
1488	-CH <sub>3</sub> , -CH <sub>2</sub> - (METILO, METILENO).
1380	-CH <sub>3</sub> (METILO)

3048	$\text{C}_6\text{H}_5$ 0 $\text{C}=\text{C}^{\text{H}}$	(HIDROGENO AROMATICO O HIDROGENO DE OLEFINA)
1654	$\text{C}=\text{C}$	(OLEFINA)
1488-1612	$\text{C}=\text{C}$	(AROMATICO)
880	$\text{C}_6\text{H}_4$	(PARA SUSTITUCION)
3374	O-H	(FENOL)
1214	C-O-	( DEL FENOL )

HULE NATURAL HM-20

BANDA (CM <sup>-1</sup> )	GRUPO FUNCIONAL
3034	$\text{C}=\text{C}^{\text{H}}$ (HIDROGENO DE OLEFINA)
2857-2930	-CH <sub>3</sub> , -CH <sub>2</sub> - (METILO, METILENO).
1694	-C-O-R (ESTER)    O
1662	$\text{C}=\text{C}$ (OLEFINA).
1448	-CH <sub>3</sub> , -CH <sub>2</sub> - (METILO, METILENO).
1376	-CH <sub>3</sub> (METILO).
1276	-C-O-R (ESTER).    O
836	=C-CH <sub>2</sub> (METILENO TERMINAL).



GRUPOS FUNCIONALES DEL ADHESIVO COMERCIAL 7

ADHESIVO #7

BANDA	GRUPO FUNCIONAL
3034	$\text{>C=}\overset{\text{H}}{\text{<}}$ (HIDROGENO DE OLEFINA)
2854-29660	-CH <sub>3</sub> , -CH <sub>2</sub> - (METILOS, METILENOS)
1694	$\begin{array}{c} \text{-C-O-R (ESTER)} \\ \parallel \\ \text{O} \end{array}$
1662	$\text{>C=C<}$ (OLEFINA)
1376-1448	-CH <sub>3</sub> , -CH <sub>2</sub> - (METILOS, METILENOS)
1276	$\begin{array}{c} \text{-C-O-R (GRUPO ESTER)} \\ \parallel \\ \text{O} \end{array}$
836	$\text{>C=CH}_2$ (METILENO TERMINAL)

ANALISIS CUANTITATIVO APROXIMADO

Para este tipo de analisis se selecciona cierta banda de un grupo funcional estos espectros de infrarrojo se proporcionan en absorbancia.

En estos tipos de adhesivos se seleccionaron las bandas de el grupo principal del hule HM-20 (836). BREA HIDROGENADA (1694), RESINA FENOLICA (3374); se hace un minimo de 5 muestras cambiando la concentracion y graficando:

X = CONCENTRACION DE LA RESINA  
CONCENTRACION DEL HULE HM-20

Y = % ABSORBANCIA DE LA RESINA  
% ABSORBANCIA DEL HULE HM-20

Se grafica X vs Y y se revisa para interpretar la gráfica los espectros infrarrojos se dan a continuación.

**NOMENCLATURA:**

CR/CH= CONCENTRACION DE LA RESINA / CONCENTRACION DEL HULE.

%AR/%AH= % DE ABSORBANCIA DE LA RESINA / % DE ABSORBANCIA DEL HULE.

ADHESIVOS DE BREA

CLAVE	% DE RESINA	%ABSORBANCIA DE LA BREA	%ABSORBANCIA DEL HULE	CR/CH	%AR/%AH
		BANDA: 1694	BANDA: 836		
FA3	30%	0.49	0.30	0.3	1.63
FA5	50%	0.77	0.47	0.5	1.63
FA7	70%	0.05	0.24	0.7	0.208
FA8	80%	0.79	0.50	0.8	1.58
FA9	90%	0.07	0.26	0.9	0.26

ANALISIS DE LA GRAFICA DE ADHESIVOS DE BREA

LA CURVA NO FUE ASCENDENTE POR LO TANTO NO PODEMOS DETERMINAR UN ANALISIS. SE SUGIERE UTILIZAR OTRAS BANDAS PARA PODER VER SI ES POSIBLE UN ANALISIS CUALITATIVO APROXIMADO.

SE TOMAN LAS SIGUIENTES BANDAS DE LOS GRUPOS FUNCIONALES:

HULE NATURAL HM-20 : 527. BREA HIDROGENADA: 2670

CLAVE	% DE RESINA	%ABSORBANCIA DE LA BREA	%ABSORBANCIA DEL HULE	CR/CH	%AR/%AH
		BANDA: 2670	BANDA: 572		
FA3	30%	0.12	0.12	0.30	1.25
FA5	50%	0.29	0.21	0.50	1.38
FA7	70%	0.14	0.07	0.70	2
FA8	80%	0.38	0.20	0.80	1.9
FA9	90%	0.18	0.09	0.90	2

ANALISIS: ESTA CURVA SE APROXIMA MUCHO A LO QUE NOS REFERIAMOS A MAYOR RESINA LA BANDA 2670 DE LA RESINA ES MAYOR Y LA RECTA ES ASCENDENTE CON PENDIENTE POSITIVA, POR LO CUAL CONCLUIMOS QUE SE PODRIA HACER EN EL CASO DE LA RESINA BREA HIDROGENADA UN ANALISIS CUALITATIVO APROXIMADO (VER ESPECTROS INFRARROJO ).

#### ANALISIS DEL ADHESIVO DE RESINA FENOLICA

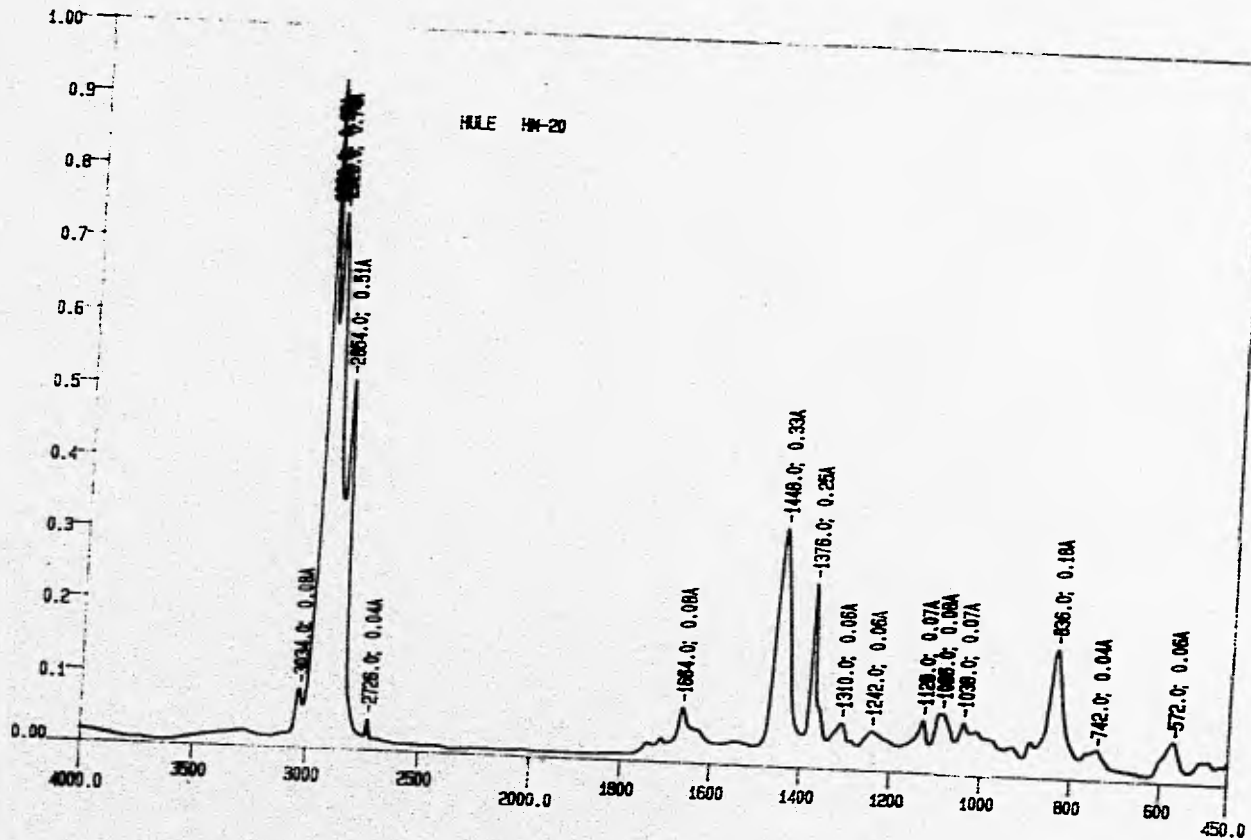
SE UTILIZAN LAS SIGUIENTES BANDAS DE LOS GRUPOS FUNCIONALES:

HULE NATURAL HM-20: 836 RESINA FENOLICA: 3374(VER ESPECTRO INFRARROJO )

CLAVE	% DE RESINA	%ABSORBANCIA DE LA RESINA BANDA:3374	%ABSORBANCIA DEL HULE BANDA:836	CR/CH	%R/%H
-------	-------------	--------------------------------------	---------------------------------	-------	-------

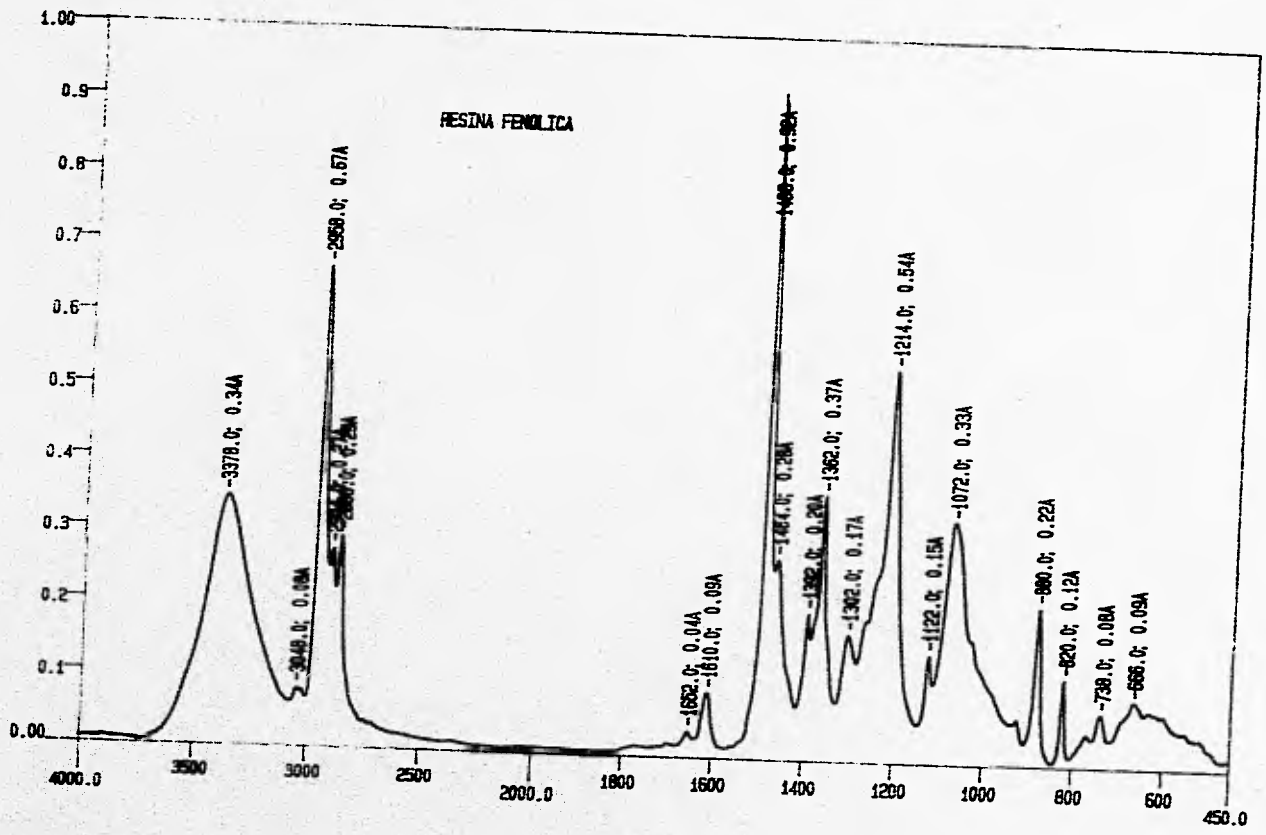
FA11	10	0.16	0.41	0.1	0.39
FA12	20	0.36	0.44	0.2	0.81
FA13	30	0.62	0.58	0.3	1.06
FA14	40	0.77	0.64	0.4	1.20
FA15	50	0.71	0.42	0.5	1.69

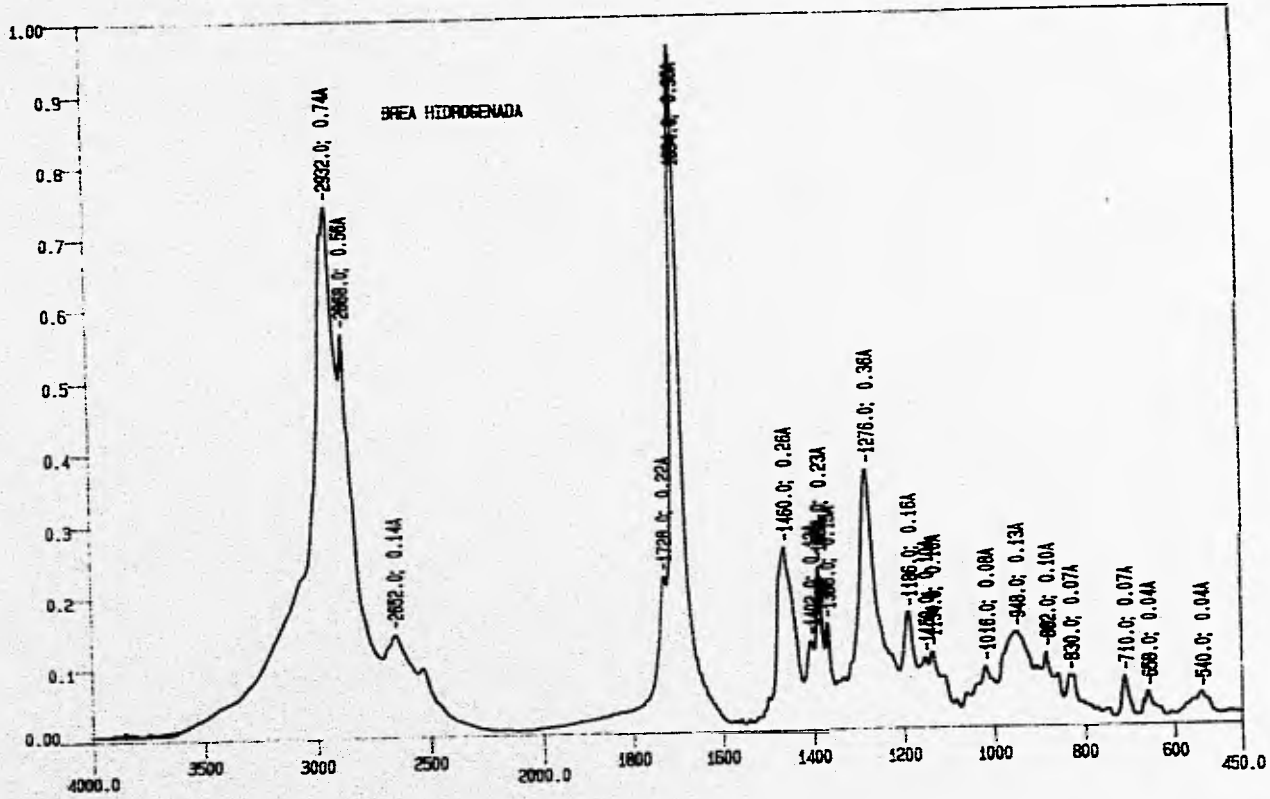
ANALISIS: EL ANALISIS CUALITATIVO APROXIMADO EN ESTE TIPO DE ADHESIVO DE RESINA FENOLICA NOS MUESTRA CLARAMENTE QUE A MAYOR RESINA FENOLICA MAYOR SERA SU ABSORBANCIA CON RESPECTO AL HULE, AL IGUAL QUE LA RECTA ES ASCENDENTE CON PENDIENTE POSITIVA , EN EL CASO DE RESINA FENOLICA ESTE TIPO DE METODO ES MAS PRECISO.



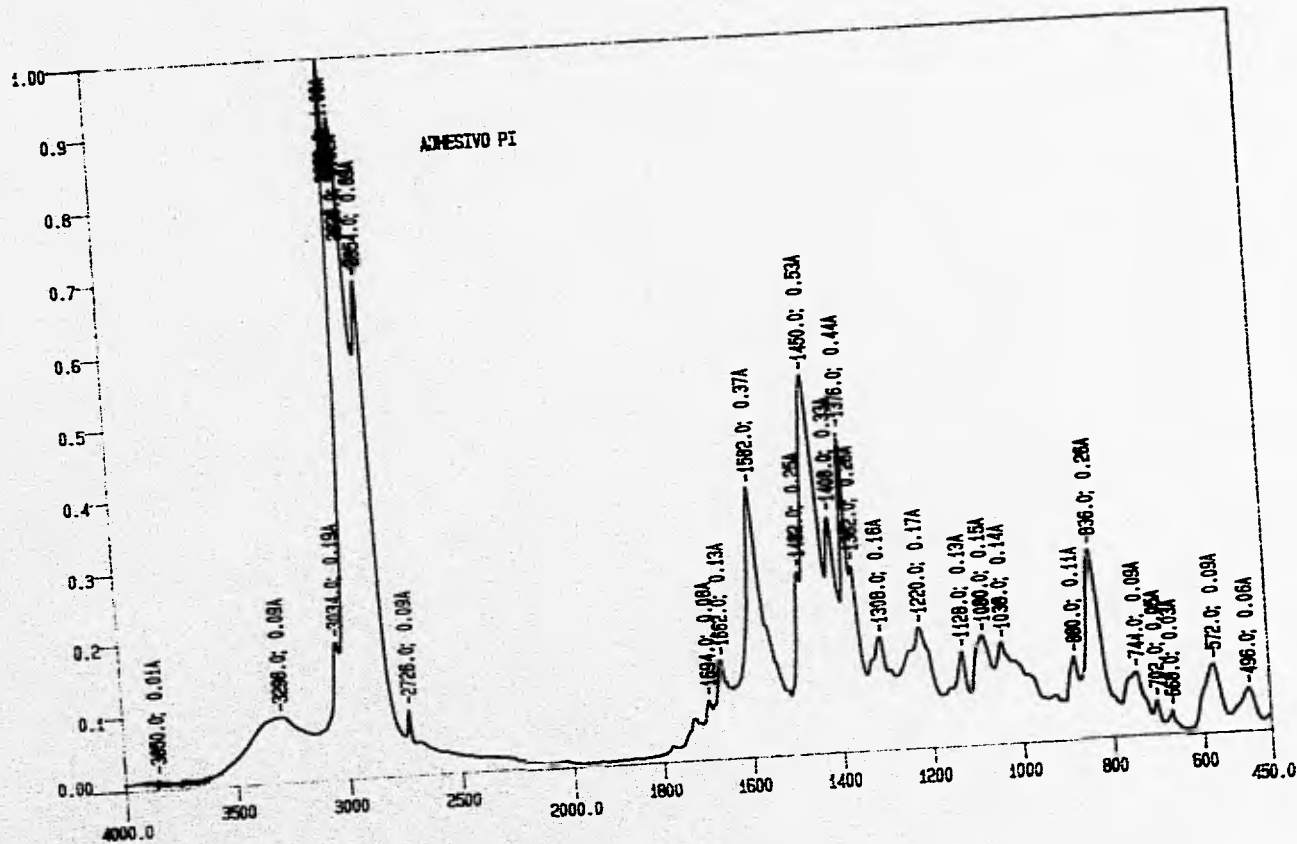
CM-1

A

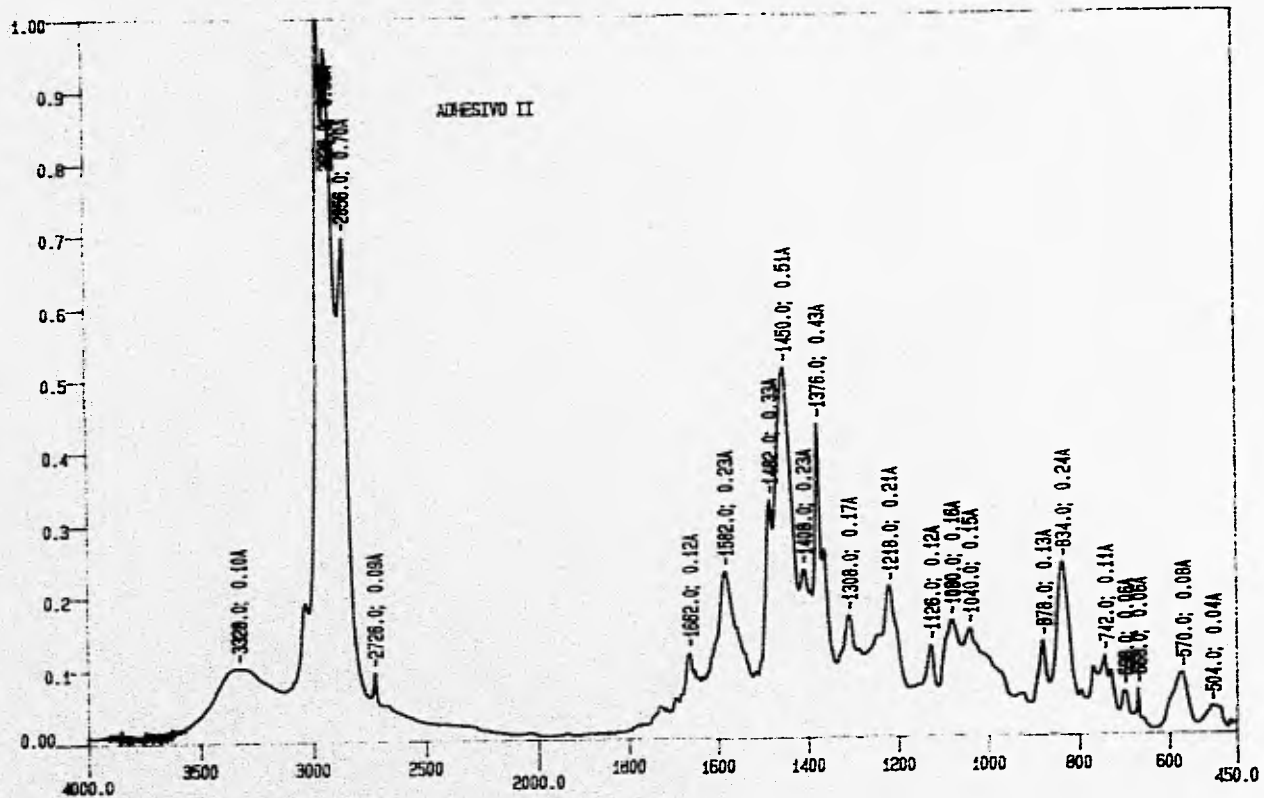




OK-1

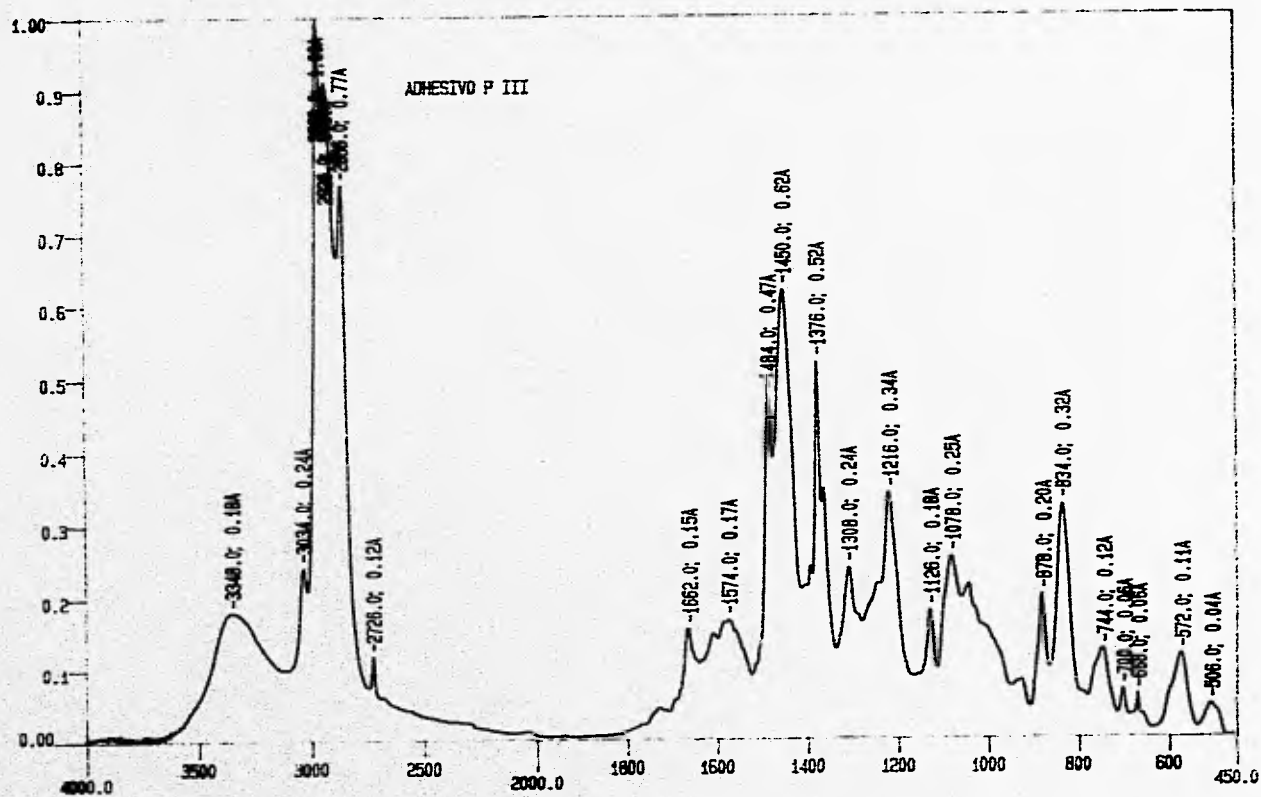


CM-1

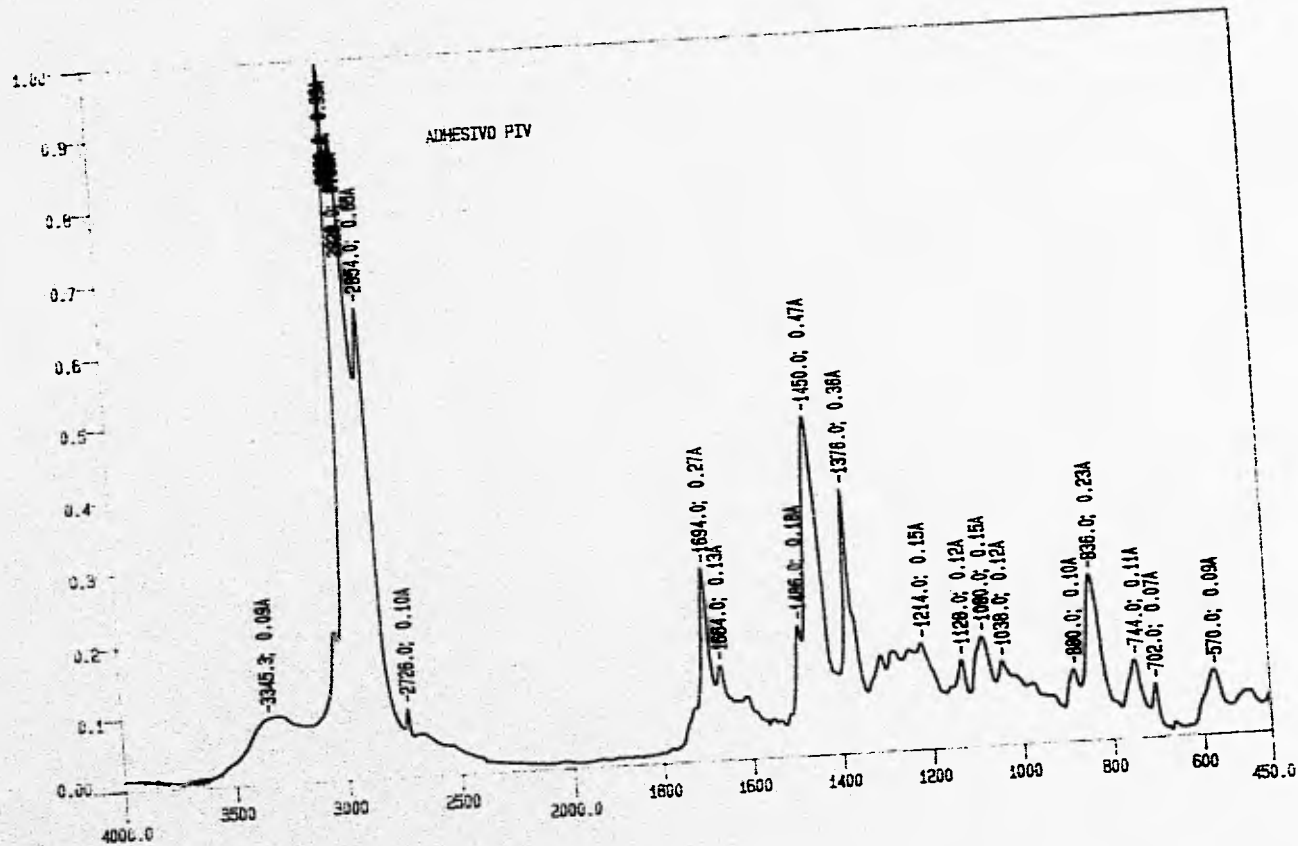


CP-1

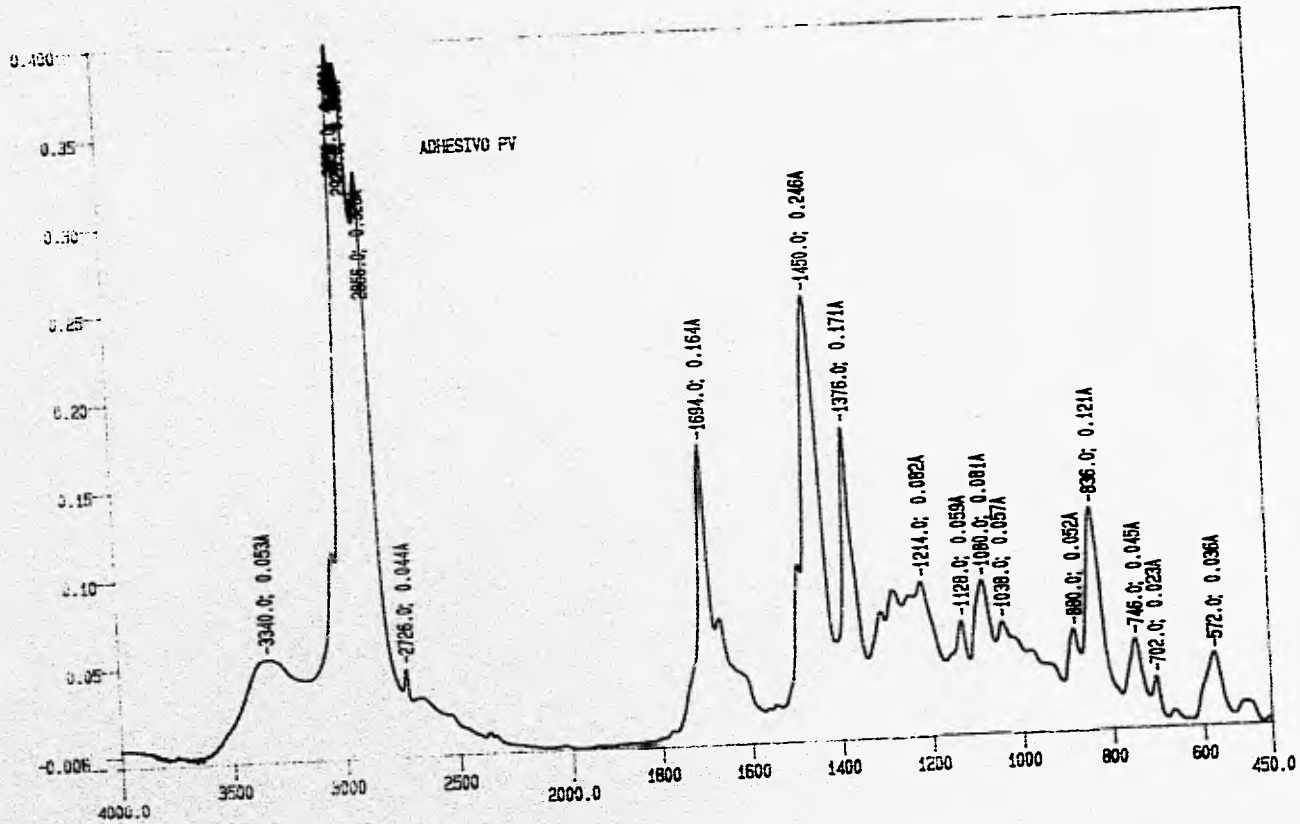


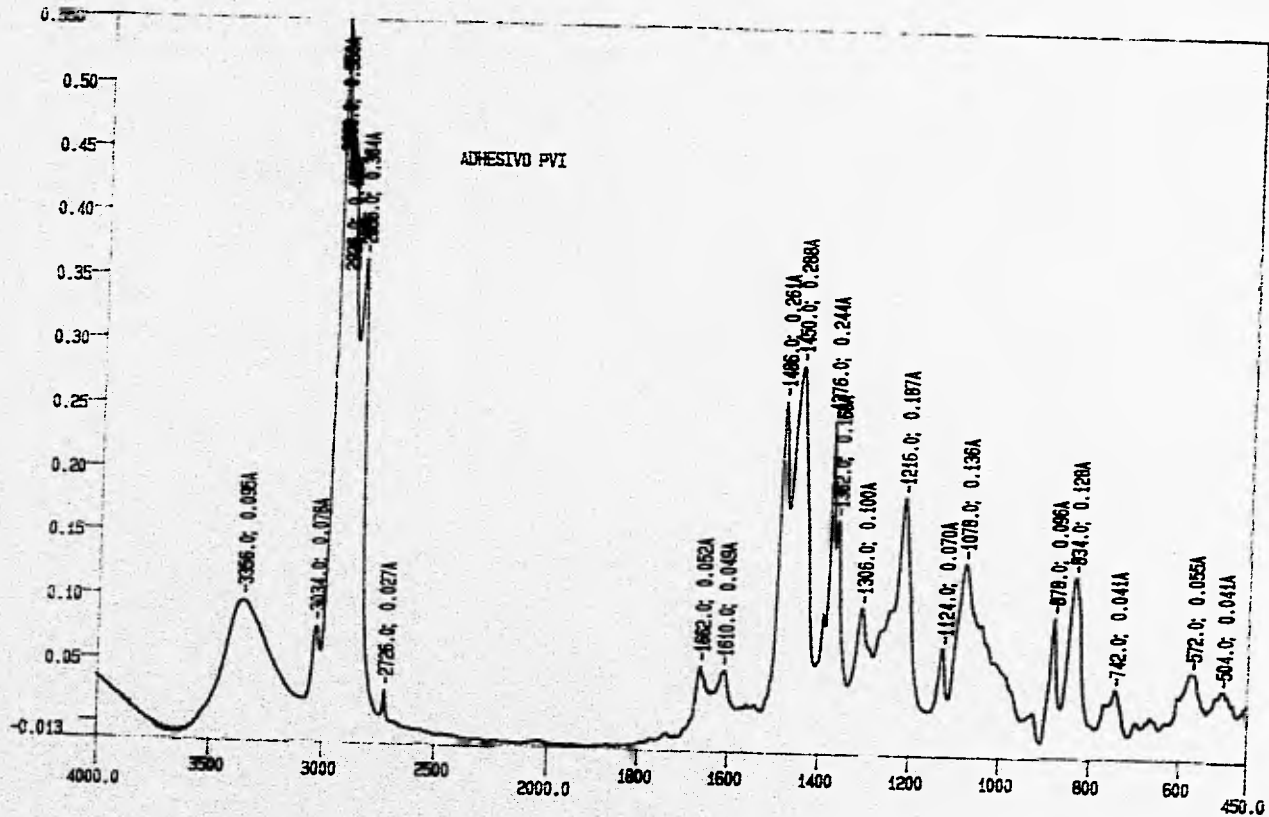


CM-1

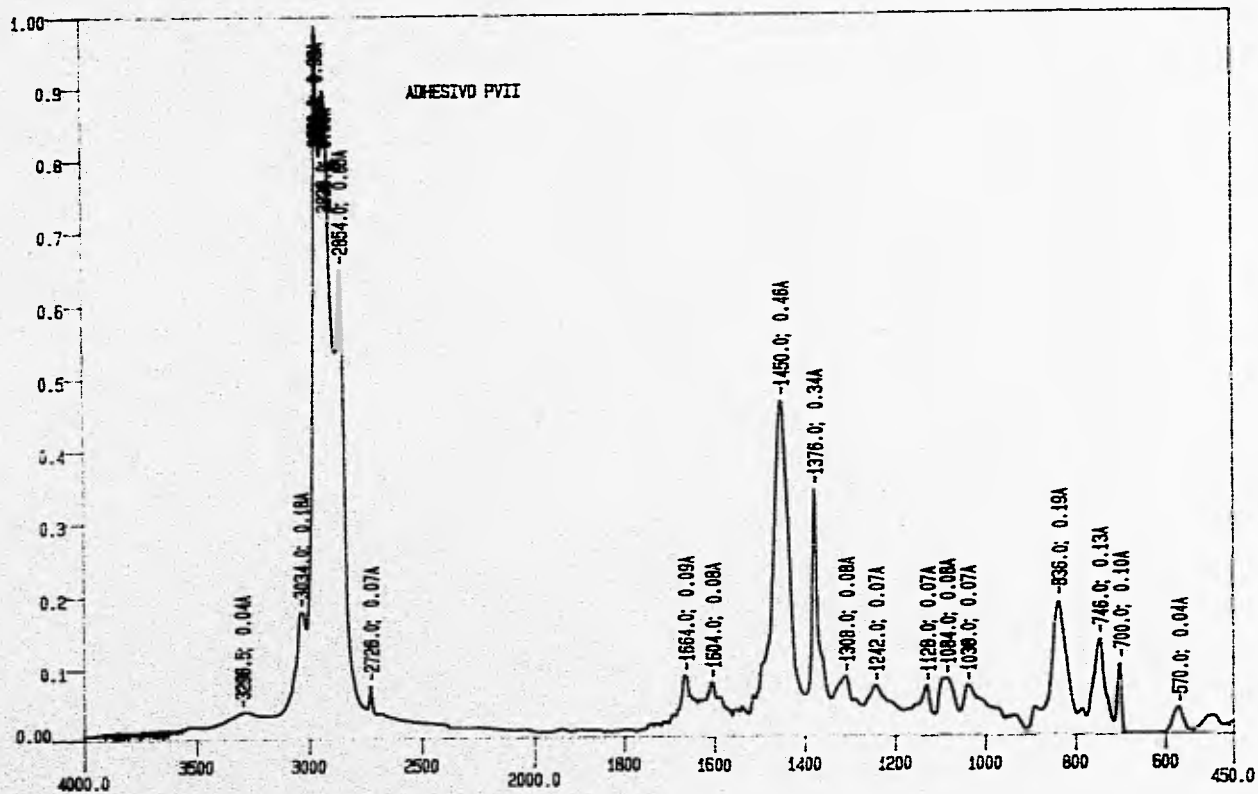


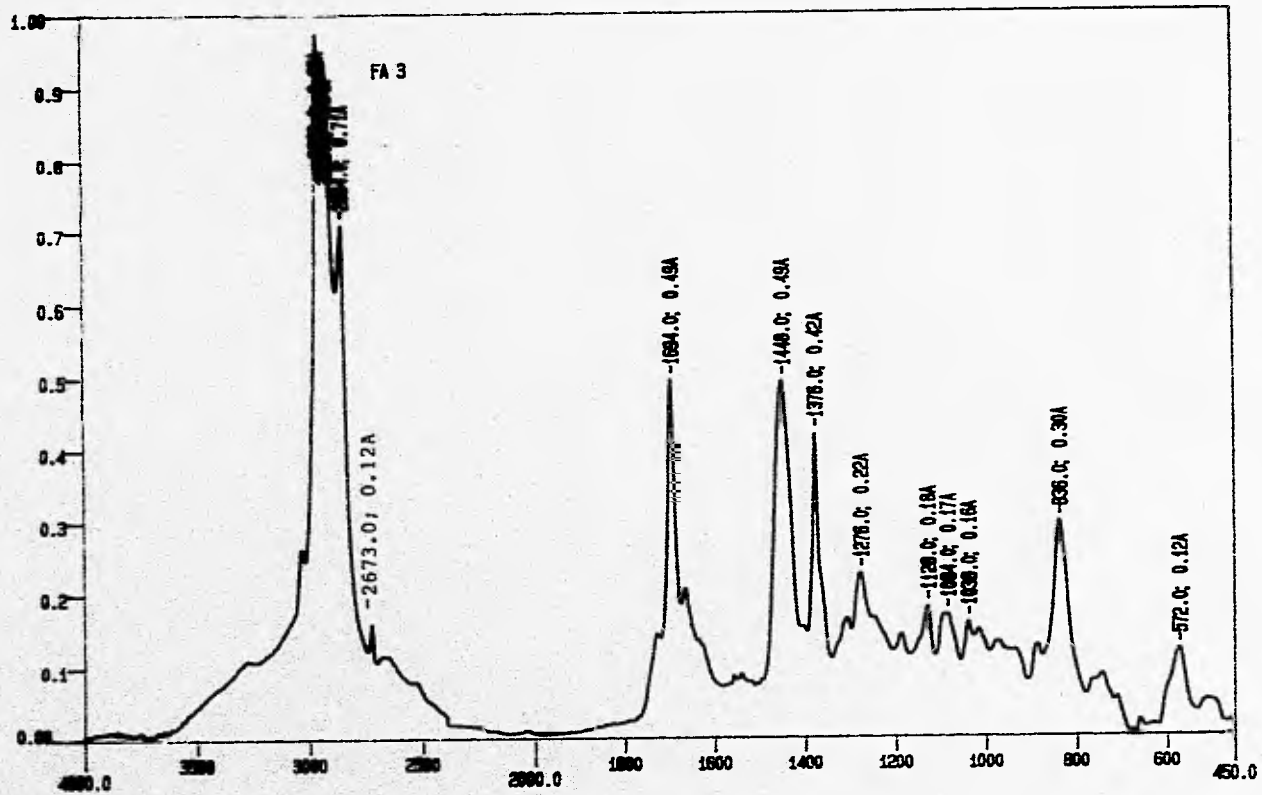
CA-1





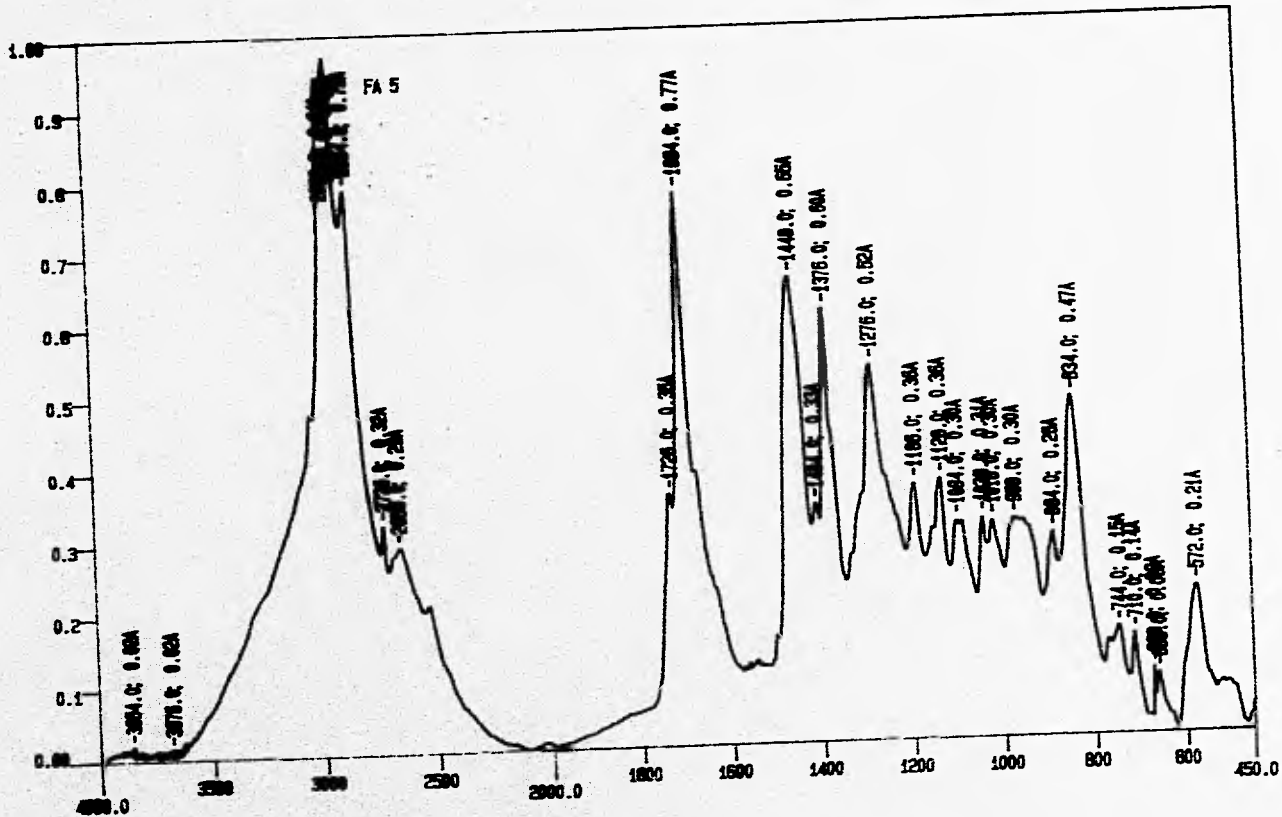
DR-1





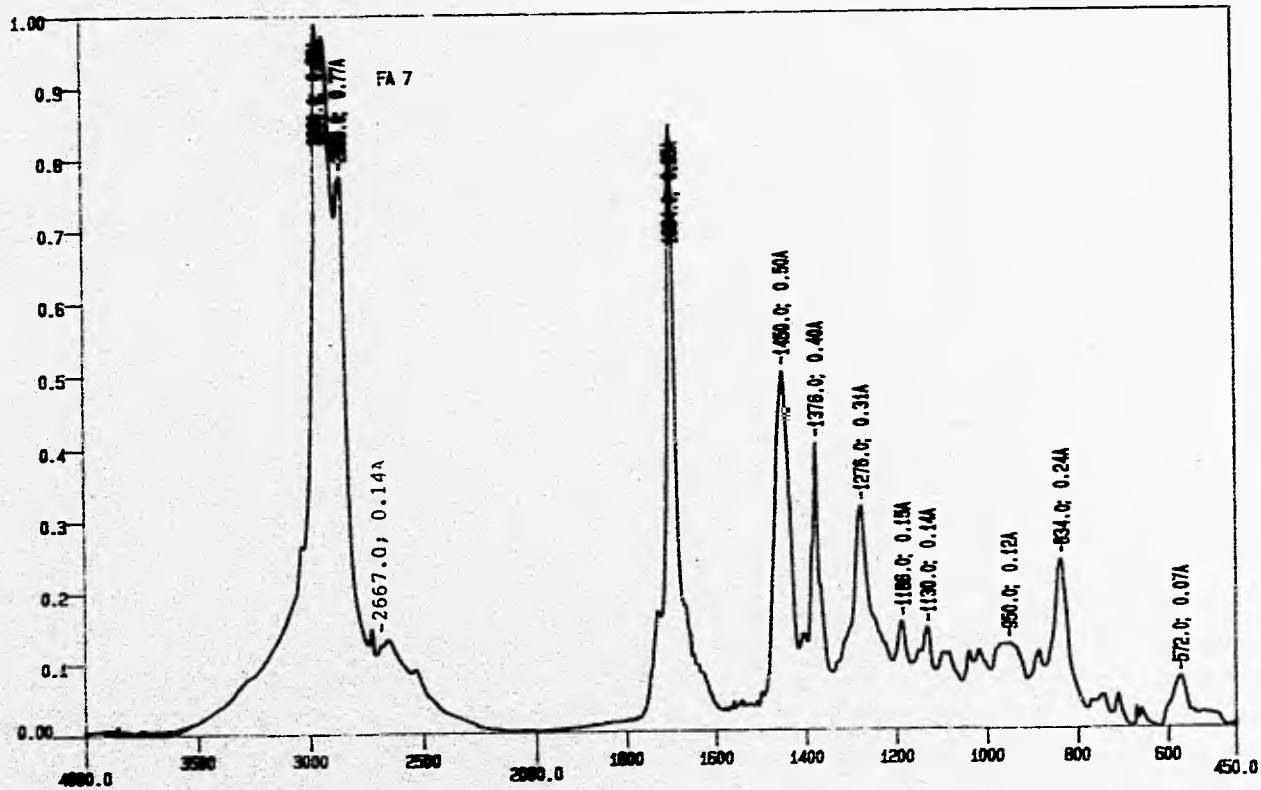
CH-1

A



CH-1

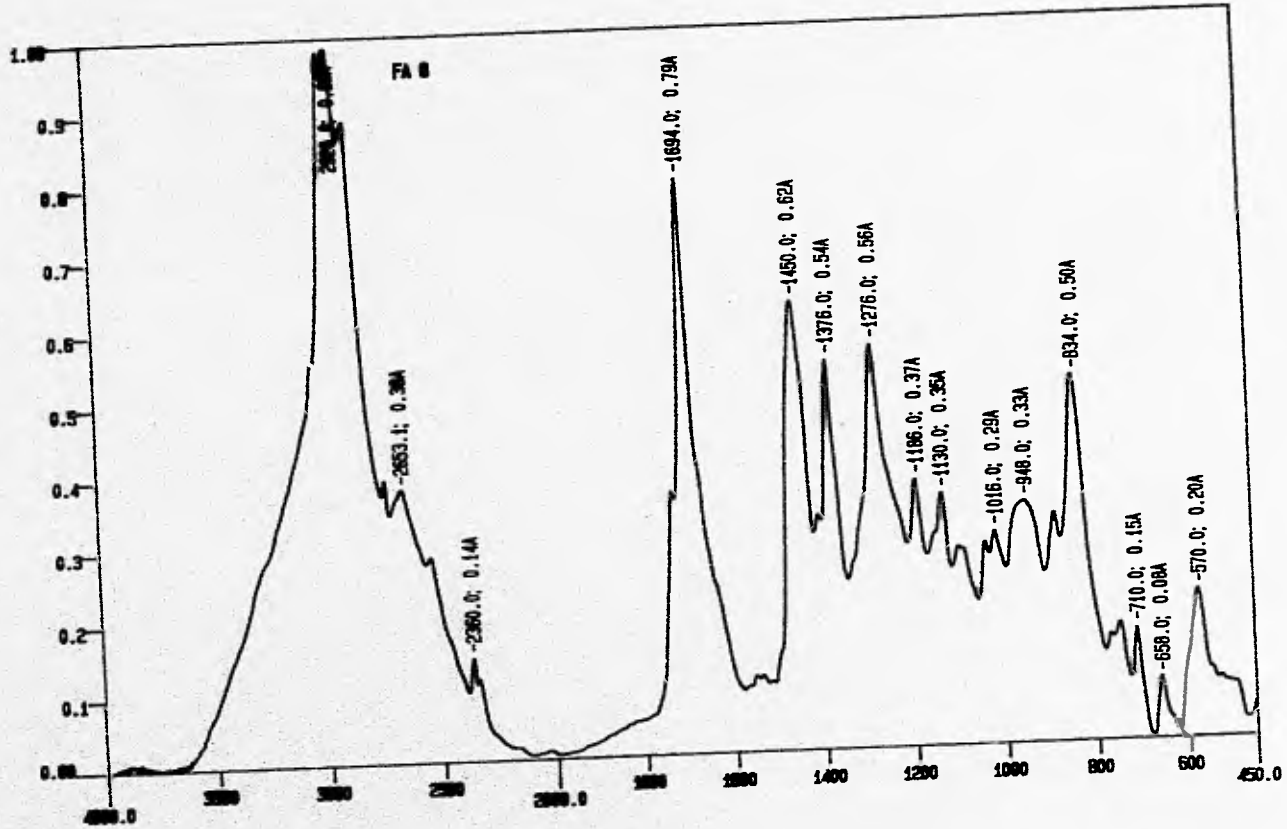
A



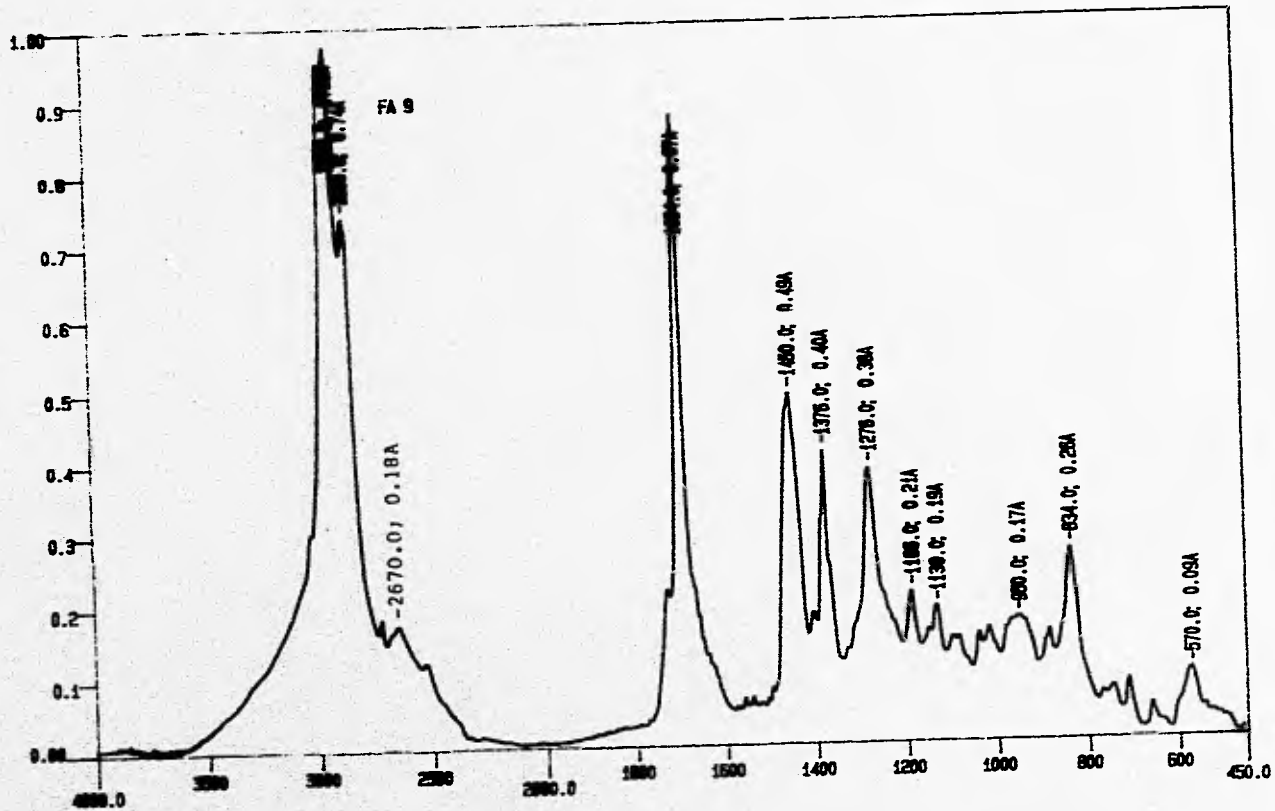
DI-1



A

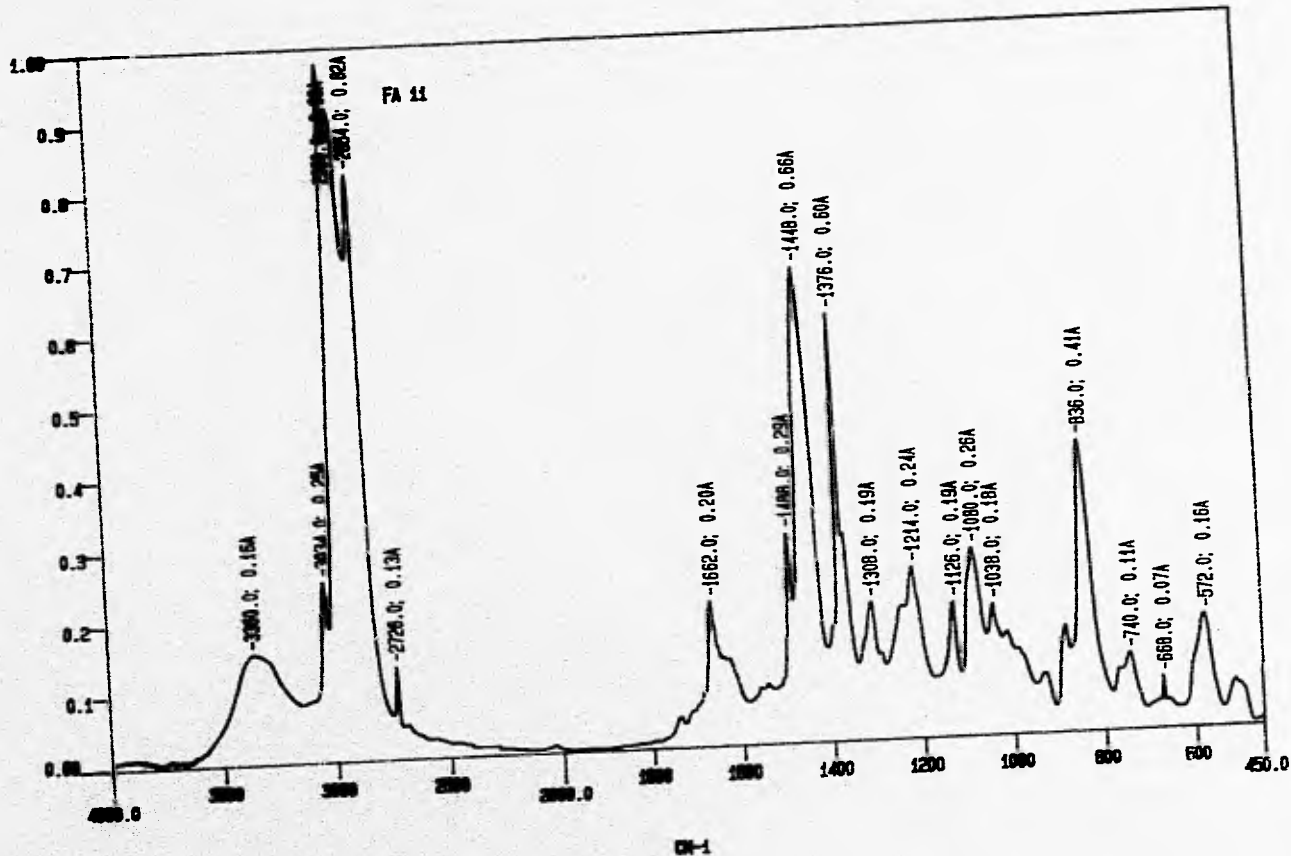


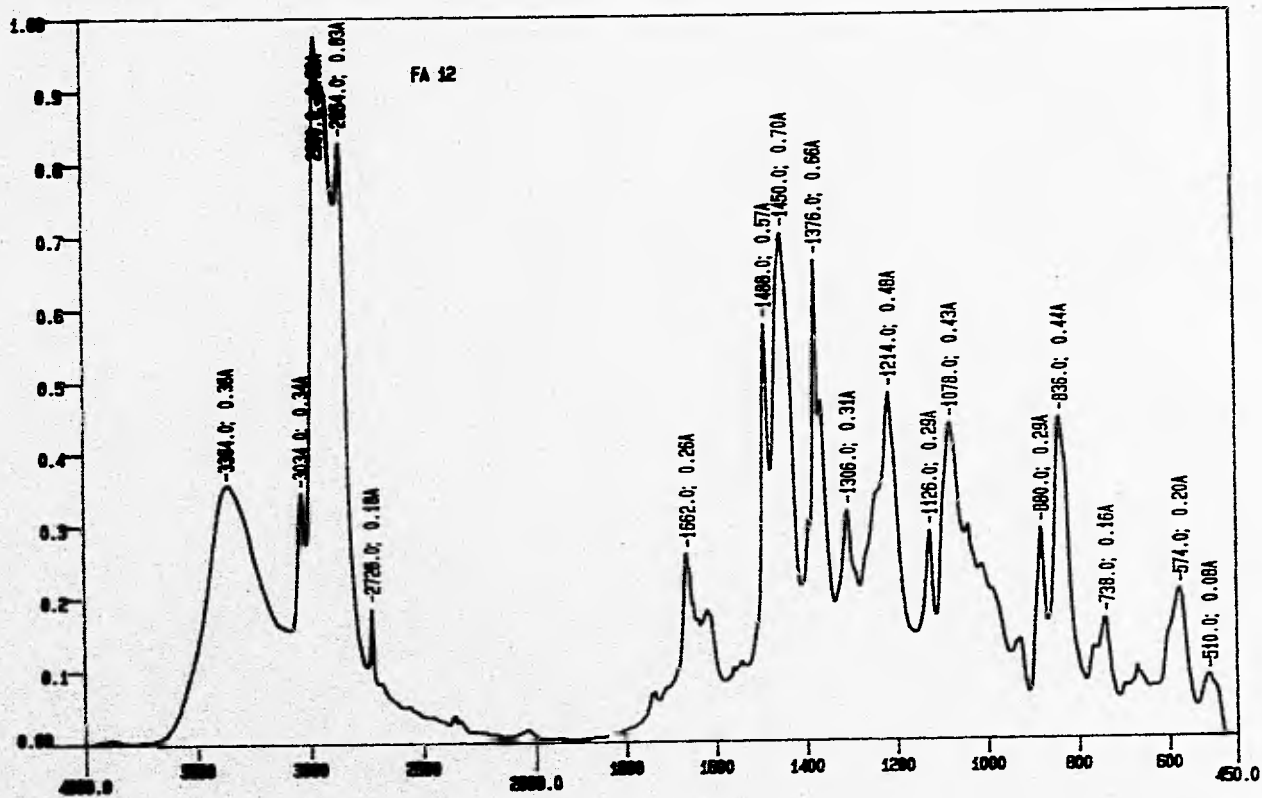
0-1

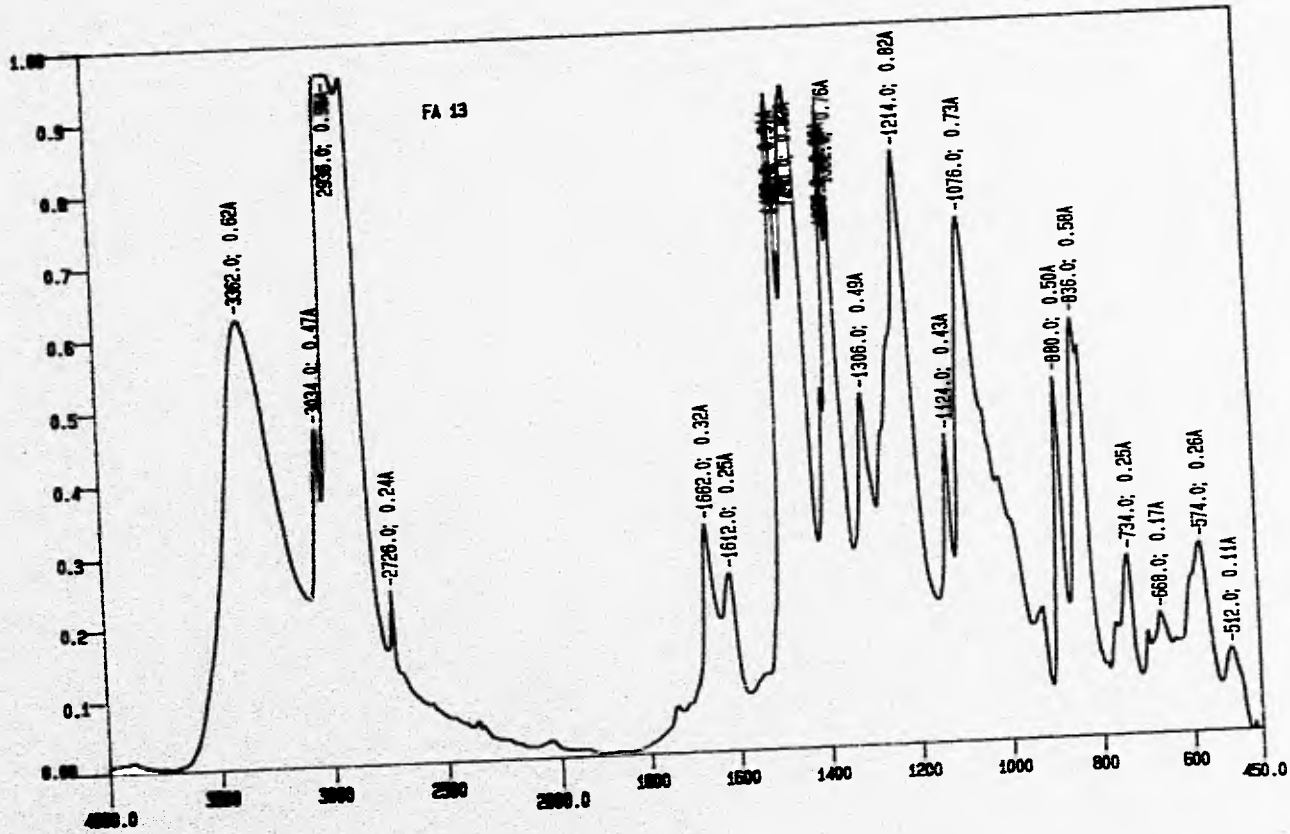


CM-1

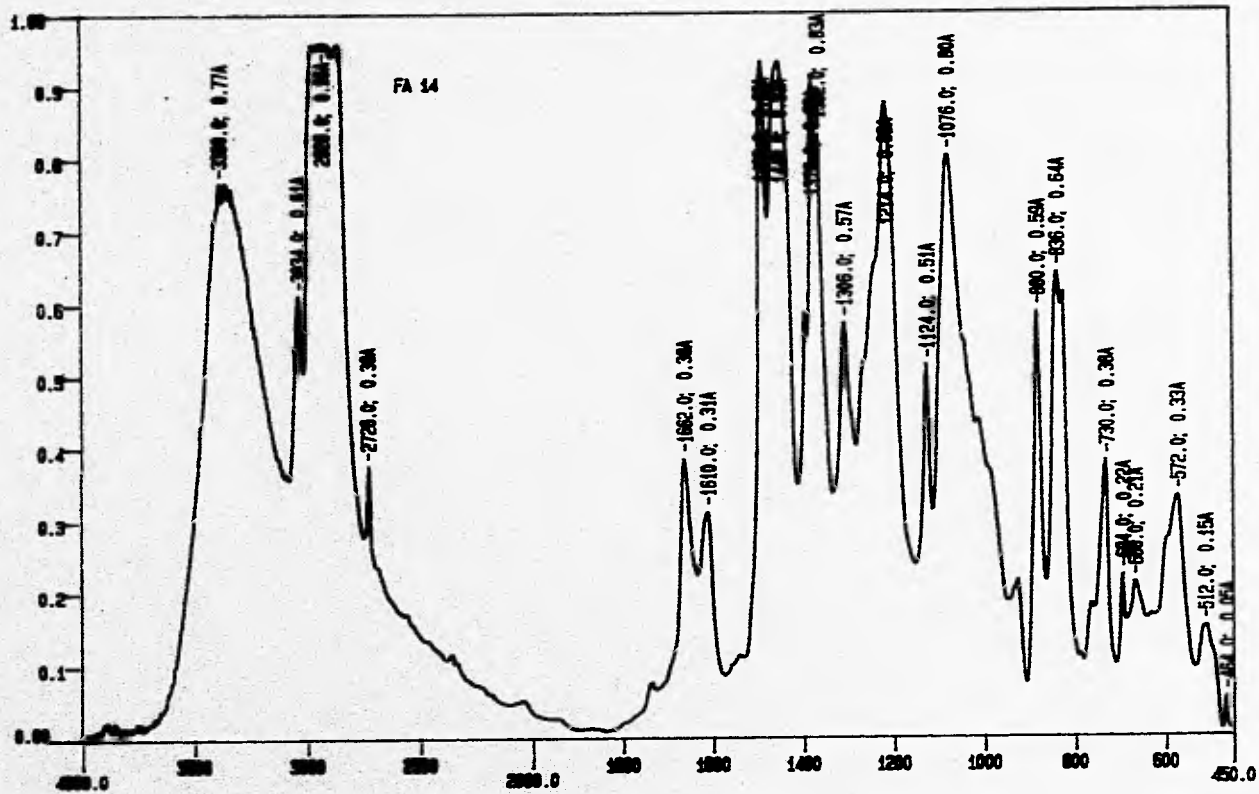
A



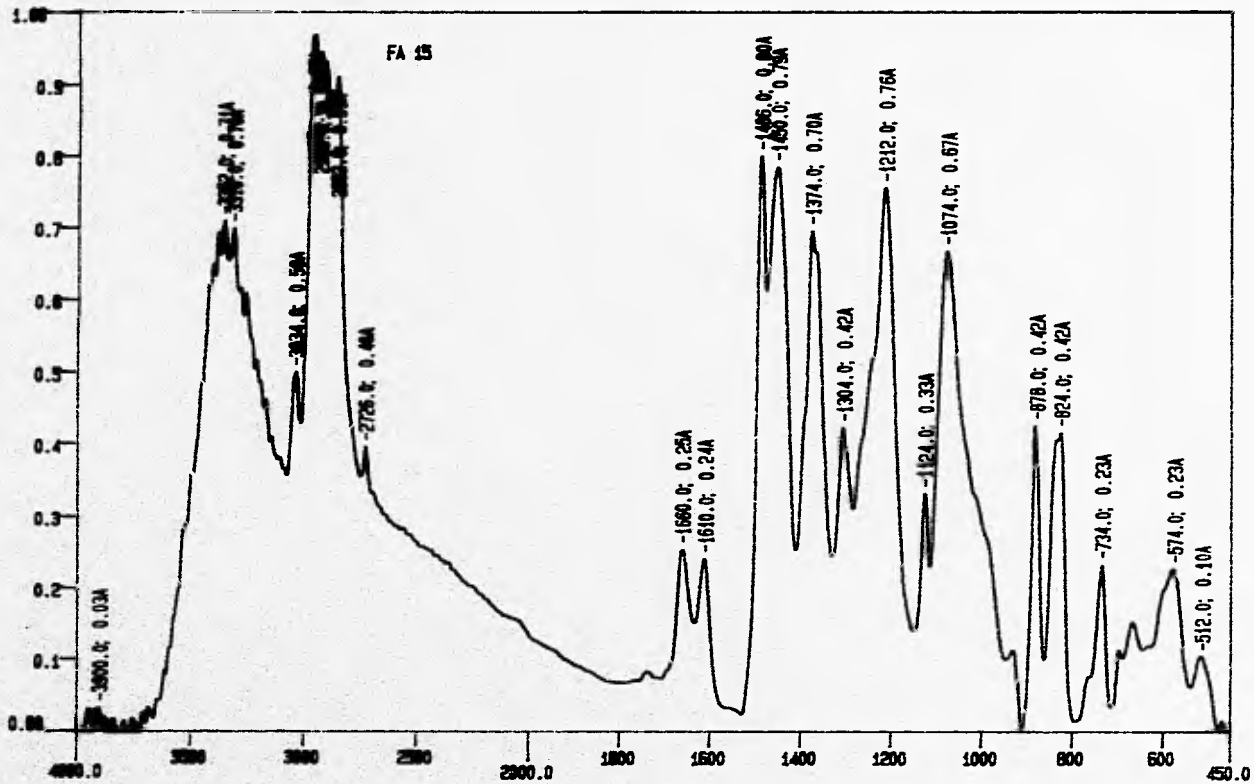




Q1

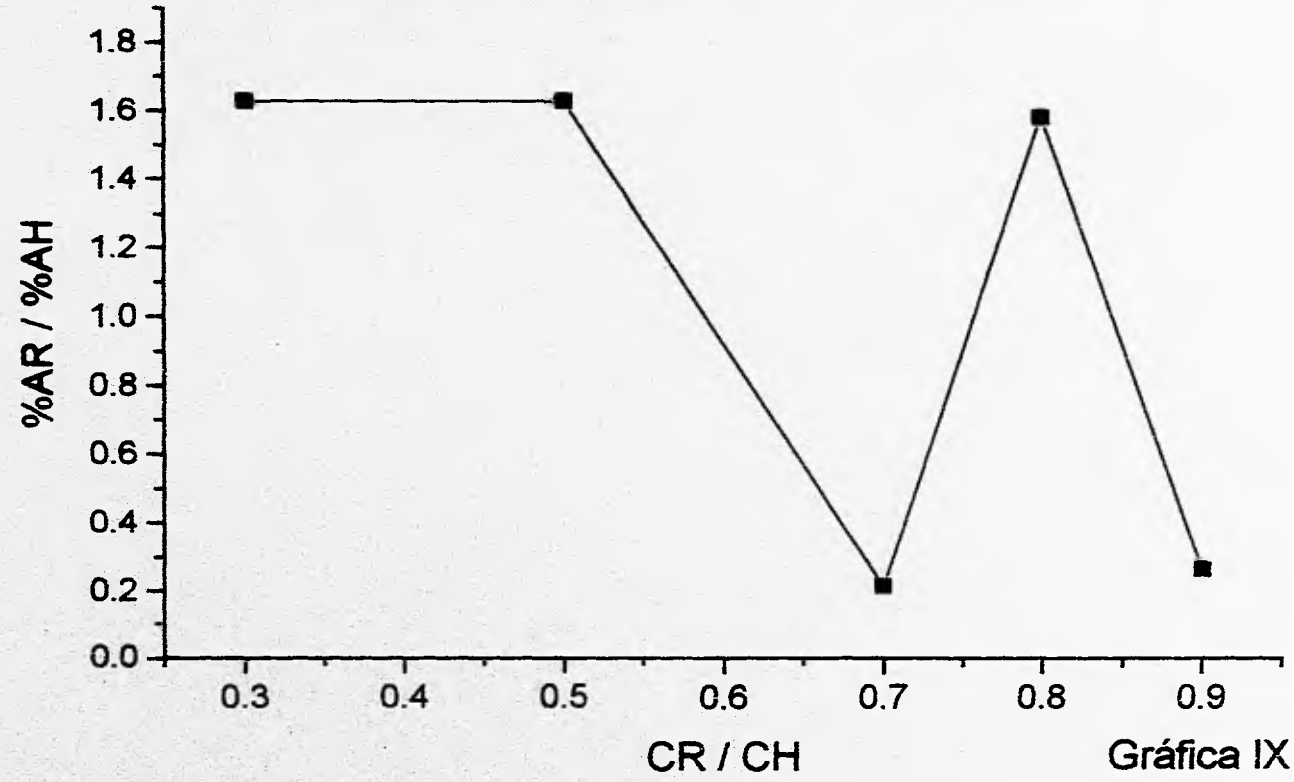


1



# ADHESIVOS DE BREA

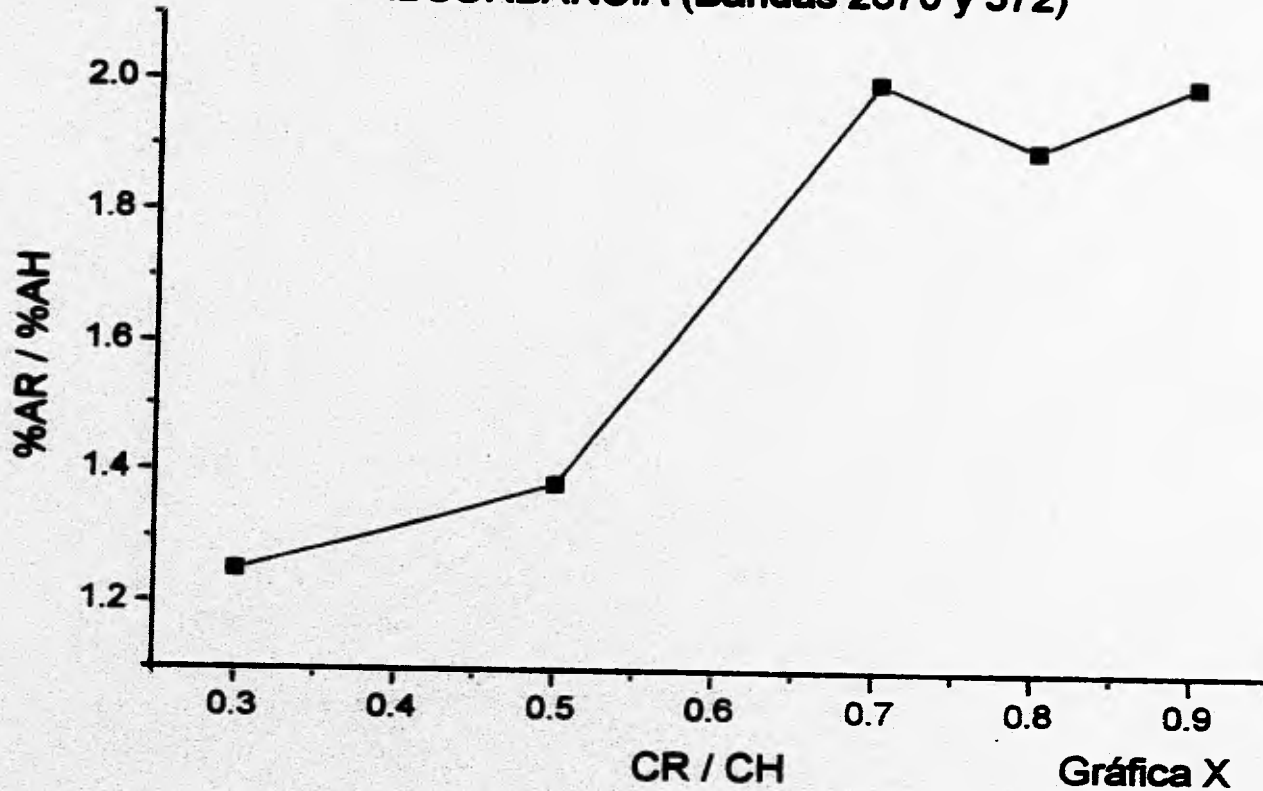
% ABSORBANCIA (Bandas 1694 y 836)



Gráfica IX



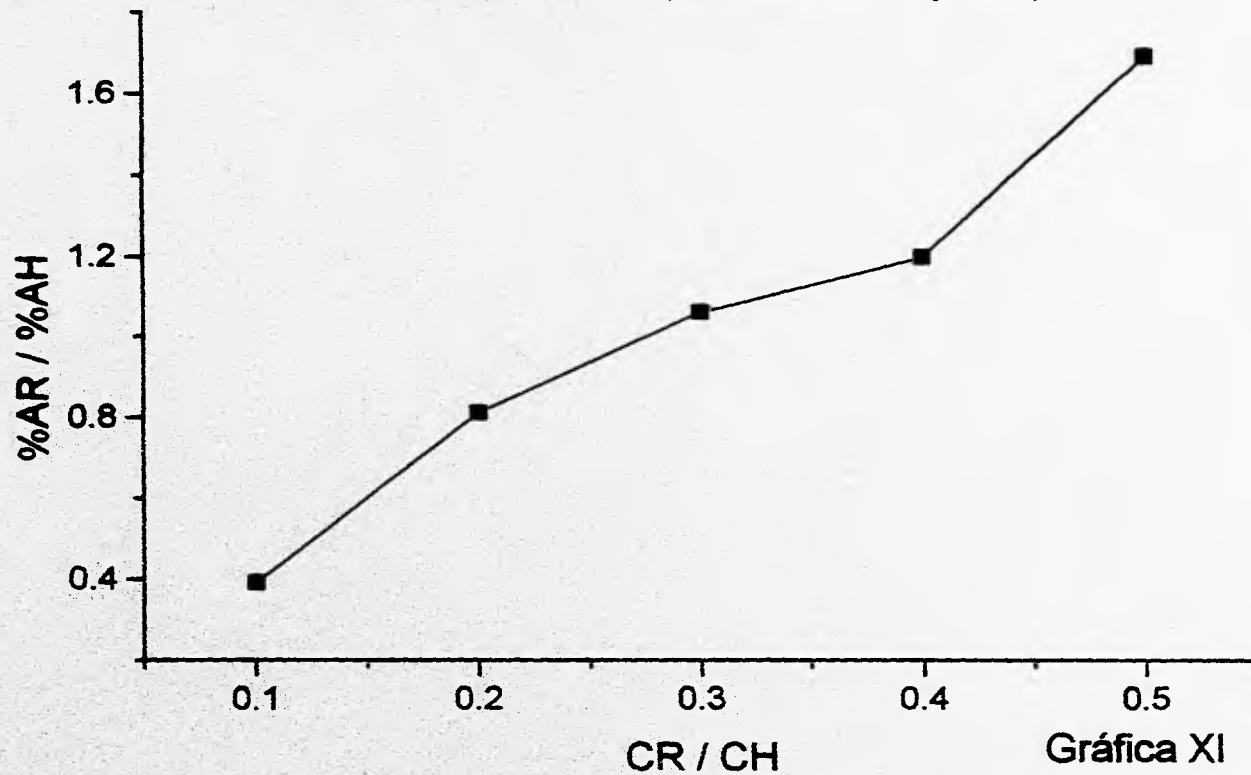
**ADHESIVOS DE BREA**  
**% ABSORBANCIA (Bandas 2670 y 572)**



Gráfica X

## ADHESIVOS FENOLICOS

% ABSORBANCIA (Bandas 3374 y 836)



Gráfica XI