



# Manual Técnico PEGADO

MR



**PLASTIGLAS DE MEXICO, S.A. DE C.V.**

## ÍNDICE

<b>Aspectos generales sobre adhesión</b>	4
- Fuerzas de adherencia	
- Tensión y energía superficial	
- Preparación de las superficies	
- Tratamientos de las superficies	
- Adhesivos	
<b>Adhesivos para acrílico</b>	13
- Tipos de adhesivo	
- Selección del solvente	
- Selección del cemento-solvente	
- Selección de un adhesivo polimerizable	
<b>Productos de servicio Plastiglas</b>	18
- Adhesivos AD-CRYL	
- Almacenaje de los adhesivos	
- Primeros auxilios	
<b>Equipo para el proceso de adhesión o pegado</b>	21
<b>Técnicas de adhesión o pegado</b>	22
- Capilaridad	
- Inmersión o remojo	
- Adhesivo polimerizable	
<b>Tipos de unión</b>	25
- Diseño de juntas o uniones	
- Tipos de unión	
<b>Otras técnicas de unión o sujeción</b>	30
- Unión por elementos mecánicos	
- Unión por ultrasonido	
- Unión por soldadura	
<b>Casos especiales</b>	39
- Pigmentación en acrílicos	
- Embebidos en acrílico	
<b>Maquinado de piezas pegadas</b>	42
- Preparación y limpieza	
- Acabado final	

<b>Ejercicios prácticos de pegado</b>	49
- Portalápices	
- Memoholder	
- Papelera	
- Portaretratos con fotografía embebida	
- Cubo de acrílico o capelo	
- Esquinero protector de muros	
<b>Guía de problemas y soluciones</b>	63
<b>Apéndice</b>	65
- Acondicionamiento de lámina acrílica	
- Glosario de términos	

## Aspectos generales sobre adhesión

La adherencia se basa en dos tipos de fuerzas-enlaces las de Van Der Waals y uniones químicas.

Las fuerzas de Van Der Waals son la base de la adherencia. Estas fuerzas de atracción actúan entre el adhesivo y el sustrato.

Los enlaces químicos producen el tipo de adherencia más resistente. Estas fuerzas se desarrollan cuando el sustrato tiene grupos químicos que reaccionan con el adhesivo.

El trabado mecánico tiene un papel en la adherencia; sin embargo, no suele ser el mecanismo primario.

Algunos grupos químicos destacan por su capacidad para formar enlaces de Van Der Waals. Estos grupos pueden mejorar la adherencia cuando están presentes en el adhesivo o en el sustrato. En la Tabla No.1 se incluyen estos grupos en orden descendente aproximado de propiedades de adherencia.

Los polímeros que tienen propiedades bajas de adherencia pueden mejorarse con la adición de un pequeño porcentaje de un ácido orgánico o de acrilonitrilo.

Ácido orgánico	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ -\text{C}-\text{OH} \end{array}$	Alta
Nitrito	$-\text{C}=\text{N}$	
Amida	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ -\text{N}-\text{C}- \end{array}$	Intermedia
Oxhidrilo	$-\text{OH}$	
Ester	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ -\text{O}-\text{C}- \end{array}$	
Acetato	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ -\text{O}-\text{C}-\text{CH}_3 \end{array}$	
Clorouro	$\begin{array}{c} \text{Cl} \\   \\ -\text{C}- \\   \\ \text{H} \end{array}$	Baja
Eter	$\begin{array}{c} \text{H} \\   \\ -\text{C}-\text{O}- \\   \\ \text{H} \end{array}$	
Etileno	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\   \quad   \\ -\text{C}-\text{C}- \\   \quad   \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array}$	

Tabla N° 1  
Grupos con atracciones De Van Der Waals

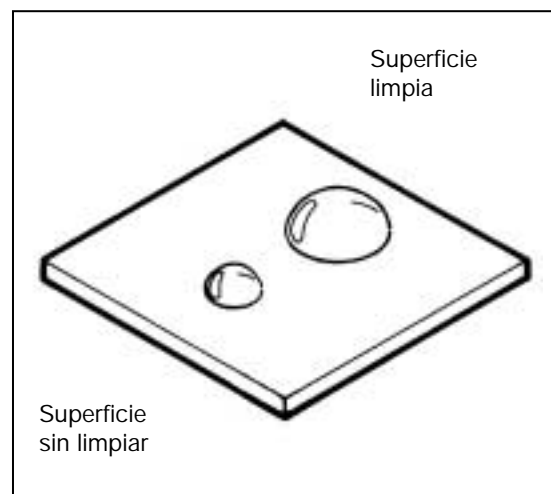
## Tensión y energía superficial

Todos los materiales, ya sean líquidos o sólidos, tienen fuerzas superficiales; a estas fuerzas se les llama "tensión superficial" en los líquidos y "energía superficial" en los sólidos. Una gota de cualquier líquido sobre una superficie plana, formará un montículo debido a la tensión superficial. El sólido, en cambio, tratará de extenderla hacia una forma plana. Si la energía superficial es mayor que la del líquido, la gota se extenderá (dibujo núm. 1).

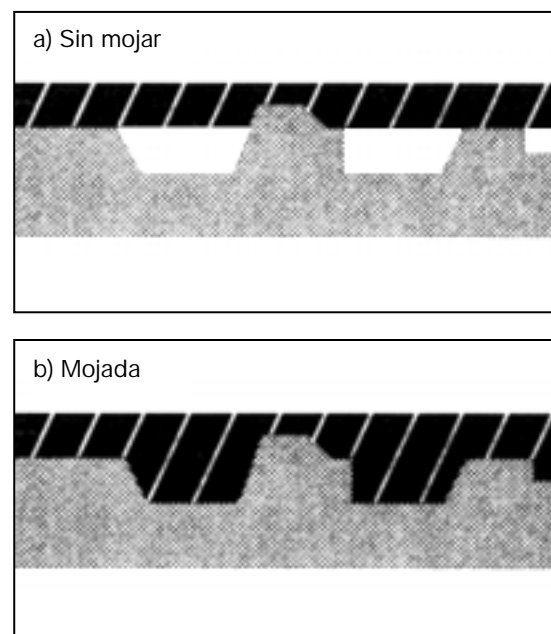
La tensión superficial regula la intimidad del contacto que puede lograrse con un adhesivo sobre una superficie sólida. Todas las superficies tienen un cierto grado de textura microscópica que debe recubrirse para lograr una buena adherencia, tal como lo muestra el dibujo núm. 2.

Este planteamiento pone en evidencia que el mojado puede lograrse, ya sea aumentando la energía superficial del sólido, o bien, la tensión superficial del líquido (dibujo núm. 3).

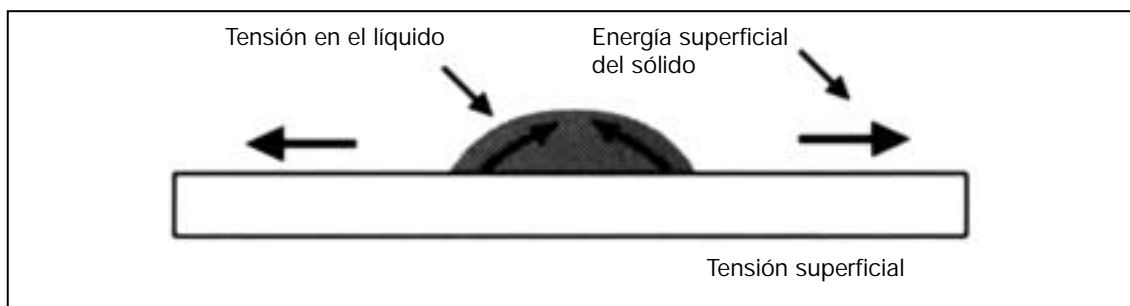
La energía superficial de los sólidos también puede expresarse como "tensión superficial crítica", esto es, la tensión superficial que se requiere en el líquido para que moje al sólido. Las tensiones superficiales críticas de los metales limpios y de los óxidos metálicos, son superiores a las del agua y de los materiales orgánicos. Los polímeros orgánicos sólidos tienen tensiones superficiales críticas inferiores a las del agua. El polietileno, los fluorocarbonos y los silicones tienen poca adherencia, debido a que sus tensiones superficiales críticas son menores que las de la mayor parte de los adhesivos. Por consiguiente, en estos materiales, ningún grado de limpieza con un solvente, ni la formación de rugosidades en la superficie, producirán buena adherencia.



Dibujo N° 1



Dibujo N° 2. Mojado de un sustrato sólido por un adhesivo fluido



Dibujo N° 3

## Preparación de las superficies

En general, las superficies a pegarse deberán estar limpias y secas; libres de cualquier adhesivo, películas o etiquetas y, particularmente, de sustancias que interfieran con el mojado como aceite, grasa, agentes desmoldantes o silicones. Para cualquier material, las superficies deberán estar limpias, secas, libres de grasa, aceite y productos corrosivos. Las superficies plásticas también deberán estar libres de agentes desmoldantes o antiestáticos. La resistencia óptima de la adherencia depende de la preparación de las superficies. La limpieza de una superficie aumenta la tensión superficial crítica y, por consiguiente, la adherencia.

### Preparación de la superficie en acrílico

Es conveniente que las superficies no se forcen al unir; es más fácil trabajar cuando están planas o rectas. Las áreas de la lámina que forman parte de la superficie original, no necesitan preparación adicional, así como un corte limpio hecho con sierra. Pero si el área a unir tiene imperfecciones, es necesario lijarla o darle algún otro acabado hasta dejarla plana, lisa y a escuadra. No se deben pulir los lados a unirse, pues se redondeará la superficie, disminuirá el área de contacto y se craqueará la unión.

Es recomendable siempre remover el papel protector del área que se va a unir. Es bueno proteger la superficie cercana al área de pegado con cinta adhesiva que no sea afectada por el solvente o adhesivo y presionarla bien para que éstos no se filtren debajo de ella. La cinta debe ser removida después que la unión haya sido realizada.

Usar solventes tales como cloruro de metileno, dicloruro de etileno, tricloroetileno, cloroformo, éter o acetona. Su distribuidor autorizado PLASTIGLAS tiene el adhesivo adecuado para cubrir sus necesidades.

## Tratamientos de las superficies

Para materiales específicos, las siguientes recomendaciones son de mucha utilidad.

### Metales

Primero, es necesario eliminar la grasa y el aceite con disolvente. Si no es suficiente, será necesario tratar la superficie con medios químicos o mecánicos, para eliminar óxidos, etc.

El método más adecuado es el tratamiento químico con mezcla crómica, que produce mejores resultados que la abrasión metálica. Los cromatos reaccionan con la superficie, proporcionando así, una protección contra la oxidación. Es importante que las superficies se peguen inmediatamente después de la limpieza. Los contaminantes que hay en el aire pueden reducir la adherencia a la mitad en menos de una hora.

A continuación se describe el procedimiento típico para el tratamiento de aluminio y acero inoxidable con mezcla crómica:

Se disuelve el dicromato de potasio en 500 ml de agua, después se agrega el ácido sulfúrico lentamente y se completa con agua.

Procedimiento:

- a) Limpiar las partes a base de vapor.
- b) Sumergir en la mezcla crómica a 65 °C de diez a quince minutos (baño maría en parrilla eléctrica).
- c) Lavar muy bien con agua.
- d) Secar a 65 °C.

PRODUCTO	PROPORCIÓN
Dicromato de Sodio o Potasio	28.5 gr.
Ácido sulfúrico	285 gr.
Agua destilada	Completar a un litro

Nota: El manejo de la mezcla crómica es riesgoso por ser altamente corrosiva, por lo que deberá realizarse con las medidas de seguridad requeridas: un cuarto bien ventilado, campanas de extracción, guantes de neopreno, mandil de neopreno, "goggles" o careta. Asimismo, las regulaciones en torno al material de desecho deberán estar sujetas a los reglamentos marcados por las autoridades.

### Madera

La superficie de la madera debe estar limpia y lisa, y el contenido de la humedad debe estar dentro del rango de servicio, para minimizar el desarrollo de esfuerzos por contracción o dilatación. Algunos tipos de madera, particularmente aquellas de tipo tropical o demasiado resinosas, deben tratarse con solventes o darles tratamiento superficial alcalino.

### Hule

El hule vulcanizado que va a ser pegado a superficies rígidas, primero debe terminar su ciclo de vulcanizado en la superficie. El siguiente método es el más común para el vulcanizado:

- El hule es sumergido en ácido sulfúrico al 9% , de cinco a diez minutos, en el caso de hule natural; o de diez a quince minutos, en el caso de hule sintético.

### Plásticos

Es absolutamente necesario que las superficies plásticas a pegar estén limpias y libres de humedad, aceite, agentes desmoldantes, antiestáticos o cualquier otro contaminante. Un tratamiento simple con detergentes o solventes (aquellos que no lo opaquen

o fisuren), generalmente proporcionarán una superficie limpia y lisa; pero con los plásticos, una limpieza perfecta no asegura un pegado óptimo.

Las superficies tan lisas de la mayoría de los plásticos pueden obstaculizar el pegado cuando se requiere una alta fuerza de adhesión.

Una superficie lisa presenta un área de contacto mínima y, de hecho, la fuerza de adhesión está en función de las dos superficies en contacto y la naturaleza química de la superficie (polaridad); considerando que es posible cambiar la composición superficial para incrementar la fuerza de adhesión, ya sea por tratamiento químico, o por abrasión mecánica, o ambos.

Las técnicas de abrasión mecánica más comunes son: el lijado a mano, o con herramientas eléctricas o mecánicas y sand-blast.

El tratamiento químico para plásticos es, generalmente, utilizado para las poliolefinas como el polietileno, polipropileno; los fluorocarbonos como el politetra fluoretileno (teflón), y el policloro trifluoretileno.

Para los demás plásticos, de hecho no es necesario darles un tratamiento químico; con un disolvente adecuado o un curado ligero, es más que suficiente.

## Adhesivos

Un adhesivo es una sustancia capaz de sujetar o unir materiales por medio de una fijación superficial. El término "adherencia" es generalmente usado para referirse a la acción de que un cuerpo se una a otro, por medio de un adhesivo.

Existe una amplia variedad de adhesivos para pegar o unir materiales iguales o diferentes; en general podemos decir que los materiales producen adherencia por medio de uno o más de los siguientes procesos:

- a) Curado de una resina adhesiva sobre un sólido.
- b) Evaporación de un disolvente de la solución de un polímero termoplástico.
- c) Evaporación de agua de un látex polimérico.
- d) Enfriamiento de un polímero ( como en los adhesivos de fusión y de soldadura plástica).

### Grupos de Adhesivos

#### Adhesivos de Curado:

##### a) Epoxi

Las resinas epoxi son, probablemente, el grupo de adhesivos mas versátiles. Se pueden formular sistemas de alta temperatura usando polimeros cicloalifáticos. Los adhesivos semiflexibles más resistentes se basan en resinas epoxi con agentes de curado de poliamida o poliamina. La mayoría de los sistemas epoxi tienen buena adherencia sin necesidad de aditivos. Los tiempos de curado pueden ajustarse



desde segundos hasta días, dependiendo de los catalizadores y de la temperatura.

b) Fenólicos Epoxi

Los fenólicos epoxi permiten lograr estabilidades a temperaturas hasta de 315 °C.

c) Poliésteres

La mejor manera de describir a los poliésteres, es mencionando que son de bajo costo y de curado rápido. Por lo general, son frágiles; sin embargo, existen formulaciones flexibilizadas con una buena resistencia al impacto. Los adhesivos de poliéster pueden curarse con calor o a temperatura ambiente.

d) Silicones

Estos adhesivos son flexibles en un amplio intervalo de temperaturas. Tienen una excelente adherencia sobre muchos materiales. Existen materiales de uno y dos componentes con resistencias muy útiles a 260° C .

e) Poliamidas

Las poliamidas permiten obtener buenas resistencias con temperaturas superiores a 105° C. Se requiere un curado a temperaturas elevadas o un secado, para que sean efectivas.

f) Poliuretanos

Los poliuretanos producen adhesivos muy resistentes para aplicaciones criogénicas o temperaturas moderadas. Las temperaturas de servicio varían desde -268° C a 121°C. Los poliuretanos son útiles para pegar plásticos de adherencia difícil como el nylon, los poliésteres, el mylar y los propios poliuretanos. La humedad del sustrato o del aire puede reaccionar con el isocianato, causando un espumado no deseable.

g) Cianoacrilatos.

Los acrílicos modificados conocidos como cianoacrilatos, sólo pueden curarse en ausencia de aire. Utilizan la humedad del sustrato como catalizador para formar un adhesivo muy duro. El tiempo de curado suele ser de menos de un minuto. Los cianoacrilatos se usan aplicando una gota del adhesivo a una de las superficies, para después mantener unidas ambas superficies durante un minuto.

Los primeros cianoacrilatos sólo curaban en secciones delgadas sobre superficies muy tersas. Los productos recientes pueden curar sobre superficies porosas y en capas gruesas. La temperatura típica de uso es de aproximadamente 121° C. Existen materiales para temperaturas altas que pueden usarse a 246° C.

h) Acrílicos

Existen diferentes tipos de acrílicos de curado. Uno de estos consiste en un polímero curado disuelto en el monómero. La adición de un peróxido hará que el monómero y el polímero completen la polimerización. Se ha desarrollado una modificación de este

proceso que permite tiempos de curado muy rápido. Se usan tres componentes: una resina acrílica, un agente de curado de tipo peróxido y un activador (catalizador). El peróxido se mezcla con el acrílico y no reacciona a mayor velocidad cuando se agrega el activador.

### **Adhesivos con disolventes**

Los materiales polimerizados pueden disolverse en los disolventes adecuados para obtener adhesivos muy útiles. La evaporación del disolvente produce el polímero termoplástico sólido. A continuación se describen algunos ejemplos típicos:

#### a) Nitrocelulosa

Las soluciones de 10% a 25% de sólidos de un disolvente se han comercializado desde hace muchos años como pegamento para modelos de avión a escala y pegamento casero ; pero recientemente, la celulosa ha estado siendo reemplazada por adhesivos menos inflamables.

#### b) Acrílicos

Las soluciones de resinas acrílicas curadas en el disolvente apropiado , constituyen un buen adhesivo plástico. Son muy efectivas para pegar ABS, poliestireno y acrílico.

#### c) Cementos de caucho

Los adhesivos a base de caucho se suelen usar como cemento de contacto; esto es, con aplicaciones a ambas superficies por adherir. La presión íntima de las superficies produce la adherencia. Algunos tipos pueden curarse con calor, con lo que las juntas tienen mayor resistencia.

### **Adhesivos de látex**

Un látex consiste en partículas pequeñas de polímero curado, suspendidas en agua. Al secarse, las partículas se sintetizan y quedan unidas por fuerzas de Van Der Waals. La resina seca es insoluble en agua. El calentamiento funde al polímero y mejora las propiedades físicas.

#### a) Acetato de polivinilo

Los adhesivos de látex de acetato de polivinilo son excelentes para pegar madera y otros materiales.

Estos adhesivos de base acuosa , también conocidos como "RESISTOL 850" son fabricados por Industrias Resistol.

### **Adhesivo de fusión en caliente**

Un adhesivo de fusión en caliente puede ser cualquier polímero que funda a la temperatura apropiada y que tenga fuerzas de atracción considerable. Para este tipo de adhesivo se pueden usar diversos poliésteres termoplásticos, poliamidas, polietilenos, etc. El método usual de aplicación consiste en fundir el adhesivo y colocarlo sobre una de

las superficies. La junta se cierra y se mantiene así durante un tiempo para que se enfríe. La resistencia máxima se logra en aproximadamente un día.

Los adhesivos de fusión también pueden obtenerse como película. En esta forma, la junta se cierra presionando la película. Al calentar, la película se funde y fluye. Algunas prendas de vestir se pegan hoy en día de esta manera, en lugar de coserlas.

### **Soldadura**

La soldadura de plásticos implica el reblandecimiento y la fusión de termoplásticos. El calor puede ser aplicado por medio de un gas caliente, una herramienta calentada, calor inductivo, soldadura por fricción y adherencia ultrasónica. Muchos plásticos pueden pegarse con rapidez usando estas técnicas de fusión, obteniéndose adherencia de alta resistencia.

### **Selección del Adhesivo**

Es importante considerar algunos factores en la selección del adhesivo:

- a) El adhesivo debe ser capaz de mojar el sustrato.
- b) Si el sustrato es impenetrable o no absorbente, el adhesivo debe estar libre de agua o solvente orgánico.
- c) Es indispensable un bajo costo, no sólo del adhesivo, sino también del método de aplicación.
- d) El adhesivo no debe ser más rígido que el sustrato, de otra forma se pueden concentrar esfuerzos.
- e) Después de realizar el pegado, la unión o junta debe ser capaz de resistir las condiciones a las que va a estar sujeta.

Es necesario tomar en cuenta los casos particulares y/o específicos de trabajo a los que estará expuesta la pieza como: alta temperatura, esfuerzos prolongados, agua, agentes químicos, conductividad eléctrica, etc.

Un adhesivo es útil o adecuado cuando tiene el suficiente grado de permanencia, fuerza de cohesión, adhesión específica y resistencia física y química del entorno en el que va a trabajar y que contribuye significativamente en la fuerza estructural del ensamble durante el tiempo de vida útil de la pieza.

La clasificación de los plásticos, de acuerdo a su cristalinidad y polaridad (medida por el parámetro de solubilidad), puede ser muy útil en predecir el comportamiento con solventes, adhesivos y el tipo más adecuado de junta. El estudio de estos factores se puede sintetizar en lo siguiente.

- Los termoplásticos cristalinos se unen mejor por calor que por adhesivos; éstos se funden más rápidamente que los plásticos amorfos, y esta propiedad puede ser utilizada con la técnica de soldadura. Ejemplo: polietileno, polipropileno, etc.
- Los termoplásticos amorfos pueden ser muy bien pegados con adhesivos o solventes adecuados.
- Los plásticos termofijos que son definitivamente insolubles y no pueden fundirse, pueden ser pegados con adhesivos y no se pueden adherir entre sí con solventes o con soldadura.

## Tipos de adhesivo

# Adhesivos para acrílico

Los adhesivos más comúnmente utilizados para pegar acrílico, los podemos clasificar en tres grupos:

TIPO	EJEMPLO	CARACTERÍSTICAS
Solventes	Acetonas Cloruro de metileno Cloroformo Tolueno	Baja viscosidad, reblandeciendo el acrílico en poco tiempo, evaporación rápida, pegan rápido.
Cementos solventes	Los mismos solventes + viruta de acrílico o AD - CRYL EXTRA	Viscosidad deseada, rellenan huecos, pegan relativamente rápido.
Adhesivos polimeizables	AD - CRYL III PG-PLUS	Misma materia prima que el acrílico, más estables a la intemperie, unión muy resistente.

La aplicación de estos adhesivos dependerá del tipo de unión, forma de la pieza, volumen a producir, resistencia a esfuerzos y técnica a emplear.

Podemos observar que, como regla general, los solventes son más utilizados para producción de piezas en volúmenes altos, como artículos publicitarios y/o exhibidores. Son adhesivos de bajo costo y se pueden obtener resistencias muy buenas, además de ser de rápida aplicación.

Los cementos-solventes, se pueden utilizar para piezas un poco más delicadas, de orden hasta de cincuenta piezas por lote. En algunos casos donde la pieza no haya sido remojada totalmente, la resistencia podrá ser un poco inferior a la de un pegado con solvente por el método de remojo.

Los adhesivos polimerizables brindan una transparencia y resistencia a esfuerzos y a la intemperie, inigualables; se recomienda su utilización para muebles, artículos de decoración y piezas estructurales, particularmente si van a estar expuestas a la intemperie.

El solvente debe ser seleccionado cuidadosamente para el plástico con el que se va a trabajar; debe existir una adecuada disolvencia para reblandecer la superficie del plástico, para que cuando se aplique presión, un pequeño exceso de material sea desplazado hacia afuera en cada punto de la superficie. Para lograr adherencias de alta resistencia, el disolvente debe satisfacer los siguientes requerimientos:

## Selección del solvente

- a) Debe ser un buen disolvente
- b) No debe degradar al plástico
- c) No debe evaporarse con demasiada rapidez.

La selección del mejor solvente para pegar plástico, se facilita si se consideran los parámetros de solubilidad de los polímeros.

SOLVENTES	$\delta$	POLÍMEROS	$\delta$
Xileno	8.5	Poliétileno	7.9
Tolueno	8.9	Poliestireno	9.1
Acetato de Etilo	9.1	Polimetil - Metacrilato (Acrílico)	9.5
Metil Etil Cetona	9.3	Cloruro de Polivinilo (P.V.C.) Trovicel	9.7
Percloroetileno (Tricloroetano)	9.3	Resina Epóxica	10.9
Tricloroetileno	9.4	Nylon 6.6	13.6
Acetato de metilo	9.6		
Diclorometano (Cloruro de Metileno)	9.7		
Dioxano (Cetona)	9.8		
Acetona	10.0		
Alcohol Isopropílico	11.5		
Acido Acético	12.1		

Tabla N° 4. Parámetros de solubilidad

Definiendo como el parámetro de solubilidad ( $\delta$ ) a la raíz cuadrada de la densidad de la energía cohesiva, que es la cantidad de energía requerida para vaporizar un centímetro cúbico del líquido a evaluar. Los parámetros de solubilidad de solventes y polímeros se pueden encontrar en literatura especializada; algunos de estos se enlistan enseguida, como referencia. Los materiales plásticos se disuelven mejor en un solvente donde sus parámetros de solubilidad sean lo más cercanos entre sí.

Empleando los parámetros de solubilidad, podemos comprender mejor por qué un acrílico ( $\delta = 9.5$ ) es soluble en tricloroetano ( $\delta = 9.3$ ) o en un cloruro de metileno ( $\delta = 9.7$ ); pero con una acetona ( $\delta = 10.0$ ) ocurre, inclusive, una posible degradación.

También existe la posibilidad de poder mezclar dos solventes con diferentes parámetros de solubilidad, para poder igualar el parámetro del polímero. Por ejemplo:

$$1/\delta = 1/\delta_A + 1/\delta_B$$

En donde:

- $\delta$  = Parámetro de solubilidad
- $\delta_A$  = Parámetro de solubilidad del líquido
- $\delta_B$  = Parámetro de solubilidad del líquido B

### Selección del cemento-solvente

Suponiendo que queremos mezclar el 75% de cloruro de metileno y 25% de tricloroetano, entonces:

$$1/\partial = 0.75/9.7 + 0.25/9.3 \qquad 1/\partial = 0.0773 + 0.0268$$

$$1/\partial = 0.1041 \qquad \partial = 1/0.1041 \qquad \partial = 9.6$$

Podemos resumir que, en un solvente , si el parámetro de solubilidad es inferior al del polímero , solo habrá un hinchamiento; si es muy cercano al valor del polímero, habrá una disolución; y si es superior, existirá una degradación del polímero.

Para el acrílico funcionan bien los disolventes como el tolueno, acetona y, especialmente, el grupo de los clorados, como el cloruro de metileno, tricloroetileno, cloroformo y tetracloruro de carbono. Podemos decir que, entre más átomos de cloro contenga la molécula, el ataque al acrílico será más agresivo y, por lo tanto, existirá una mejor adhesión, aunque también se corre el riesgo de craquear la unión debido a los vapores del solvente y eventualmente, se puede ocasionar la concentración de esfuerzos.

Advertencia: Todos los solventes son sustancias volátiles que pueden ser tóxicos si son inhalados en concentraciones suficientes por largos periodos de tiempo, o si son ingeridos. De hecho, el cloruro de metileno en grado reactivo o analítico, puede ser un agente carcinógeno en el ser humano.

Un cemento-solvente consiste en una disolución de un polímero (que para acrílicos es Polimetil Metacrilato) en un solvente y de esta forma, se obtiene un adhesivo de viscosidad media.

La preparación de un cemento-solvente es fácil; basta disolver viruta de acrílico cristal o, más convenientemente, pellet acrílico cristal, en cualquier disolvente como tolueno, acetona, cloruro de metileno ó cloroformo, hasta lograr la viscosidad requerida.

En el mercado hay pocas marcas de cemento-solvente para pegar acrílico. Cuando éstos se requieren, es necesario tomar en consideración lo siguiente:

- a) Que no sea muy ligero ( que presente viscosidad ).
- b) Cerciorarse que no tenga impurezas.
- c) Que no presente amarillamiento y/o exceso de viscosidad.

El utilizar un cemento-solvente reduce la posibilidad de un craqueo en la pieza; una ventaja es la aplicación por la viscosidad y el poder rellenar pequeños orificios que quedan por la huella de la sierra o router al cortar.

## Selección de un adhesivo polimerizable

Un adhesivo polimerizable consiste en la prepolimerización o polimerización parcial de un monómero, compatible y, preferentemente, idéntico al polímero (material plástico) al que va a ser pegado.

Todos los adhesivos polimerizables traen consigo un sistema catalizador y promotores o iniciadores, que deberán ser mezclados en las proporciones que recomiende el fabricante. Generalmente la mezcla de los componentes a polimerizar puede ser realizada a temperatura ambiente (20° C - 25° C); pero a baja temperatura el tiempo de polimerización puede prolongarse y/o viceversa, una temperatura alta puede reducir el tiempo de curado o polimerización.

Una de las diferencias de los adhesivos polimerizables en relación a los solventes o cementos-solventes, es la reactividad que se provoca a la hora de mezclar los componentes generando una reacción exotérmica; esto es, un aumento de temperatura que puede llegar, inclusive hasta 120° C. Esta reacción exotérmica se debe al encadenamiento del monómero que contiene el adhesivo, este encadenamiento produce fricción y este a su vez genera calor.

Hay adhesivos polimerizables que, inclusive, pueden presentar amarillamiento, burbujas o contracción; esto se debe en la mayor parte de los casos, a un exceso de catalización, y sólo puede ser controlado al principio de la formulación.

En el mercado existe poca variedad de adhesivos polimerizables, para su selección se deben considerar los siguientes puntos:

### Viscosidad

No se puede hablar de una viscosidad promedio, debido a que los hay de poca viscosidad, y otros demasiado densos. La decisión estará en función del tipo de unión y el grado de libertad que se tenga en la aplicación.

### Resistencia a esfuerzos

En general todos tienen una buena resistencia, en la práctica es difícil medir cada uno de ellos; sin embargo, se tienen reportes de que el AD-CRYL III presenta una resistencia superior a otros.

### Cristalinidad

La cristalinidad en un adhesivo polimerizable puede perderse por efecto de una sobrecatalización. Existen adhesivos que, a pesar de un exceso de catalizador o iniciador, no presentan amarillamiento; inclusive hay algunos que, al incorporar el componente (catalizador) a la resina se tornan amarillos, pero una vez que termina la reacción recuperan su cristalinidad.



### Facilidad de formulación

Existen adhesivos que son muy funcionales pero requieren de una formulación muy exacta, inclusive con balanzas granatarias.

### Disponibilidad

Se refiere a la facilidad para adquirir el adhesivo en el mercado.

### Tiempo de curado

Está en función de los tiempos de producción que se tengan (considerando que puede variar).

### Costo

Se debe evaluar en función del tipo y calidad de la pieza.

Como recomendación general para el pegado de acrílico, especialmente si la pieza ha sido expuesta a un excesivo calentamiento por fricción, o cuando es doblada o termoformada, es muy importante que la pieza mencionada sea sometida a un acondicionamiento para reducir los esfuerzos residuales, de otra forma, la junta puede ser susceptible a un craqueo.

## Productos de servicio Plastiglas

PLASTIGLAS pone a su disposición la línea de adhesivos AD-CRYL , especialmente diseñados para que usted realice uniones resistentes con la máxima transparencia, acorde a las características de su producto.

### Ad-Cryl Extra

Es un adhesivo de tipo cemento-solvente que actúa sobre el acrílico PLASTIGLAS, reblandeciendo las superficies que entran en contacto con él, ideal para el pegado de toda clase de artículos de acrílico para aplicaciones en interiores.

Está integrado por un solo componente de aplicación rápida. Contiene PMMA y solventes. Es conveniente que el adhesivo se utilice a temperaturas entre 200 - 25° C. Su aplicación se realiza directamente en las partes a unir. Se recomienda emplear la técnica de pegado por capilaridad ó con brocha o pincel.

### Ad-Cryl III

Es un adhesivo polimerizable ideal para el pegado de toda clase de artículos de acrílico, para aplicaciones de interiores o exteriores.

Esta integrado por tres componentes:

- a) Una solución polimérica.  
MMA (Monómero de metil-metacrilato) y estabilizadores.
- b) Un sistema iniciador.  
Iniciadores para polimerización.
- c) Un sistema catalizador.  
Catalizadores para polimerización.

Estos tres componentes deben ser mezclados en la proporción recomendada y al momento en que se va a utilizar.

Es conveniente que el adhesivo se utilice a temperaturas entre 20° C - 25° C. Se mezcla la solución polimérica (componente A) con el sistema iniciador (componente B) y, una vez que éste se haya disuelto, se agrega el sistema catalizador (componente C), dependiendo del tiempo de curado (Tabla No. 5) Una proporción adecuada es del 98% del componente A, 1% del componente B, y 1% del componente C (esta proporción es mediante el cálculo del peso).

Importante:

Nunca mezclar el componente B y el C , pues se provocará una reacción violenta y explosiva. Las uniones hechas con esta mezcla se pueden maquinar o trabajar en ocho horas, aproximadamente. En uniones donde se utilicen capas gruesas de adhesivos, es mejor esperar de doce a veinticuatro horas. Estas uniones tendrán apariencia similar a una sola pieza.

TIEMPO DE CURADO \ COMPONENTE	A SOLUCIÓN POLIMÉRICA	B SISTEMA INICIADOR	C SISTEMA CATALIZADOR
75 min.	98%	1%	5%
60 min.	98%	1%	1%
45 min.	96%	2%	2%

Tabla N° 5. Proporciones recomendadas de formulación

### Ad-Cryl Pg-Plus

Es un adhesivo polimerizable de máxima transparencia. Para el pegado de toda clase de artículos de acrílico para aplicaciones en interiores o exteriores. Está integrado por dos componentes:

- a) Una solución polimérica  
MMA (Monómero de metil-metacrilato) y estabilizantes.
- b) Un sistema catalizador  
Dibutilftalato y catalizadores.

Estos dos componentes deben ser mezclados en la proporción recomendada y al momento en que se va a utilizar.

Es conveniente que el adhesivo se utilice a temperaturas entre 20° C - 25° C. Se mezclan la solución polimérica (A) y el sistema catalizador (B), dependiendo del tiempo de curado (Tabla No. 6). Una proporción adecuada es del 95% de solución polimérica y 5% del sistema catalizador (en peso o volumen).

TIEMPO DE CURADO \ COMPONENTE	A SOLUCIÓN POLIMÉRICA	B SISTEMA INICIADOR
75 min.	97%	3%
60 min.	95%	5%
45 min.	93%	7%

Tabla N° 6. Proporciones recomendadas de formulación

Si se requiere preparar 100 ml. de adhesivo, se deberá agregar 5 ml. de sistema catalizador a 95 ml. de solución polimérica; considerando que 25 gotas del sistema catalizador son, aproximadamente, 1 ml. Las uniones hechas con esta mezcla se pueden maquinar o trabajar en ocho horas, aproximadamente. En uniones donde se utilicen capas gruesas de adhesivo, se recomienda esperar de doce a veinticuatro horas. Estas uniones tendrán apariencia similar a una sola pieza.

## Almacenaje de los adhesivos

Las propiedades y características de estos adhesivos se mantendrán por un período de tres meses, siempre y cuando se almacenen a temperaturas no mayores de 18° C. Para obtener mayor durabilidad y mejor funcionamiento, se recomienda almacenar en refrigeración.

### Precauciones

Los adhesivos AD-CRYL son inflamables. Manténganse alejados de fuentes de calor o chispas eléctricas; úsense en áreas bien ventiladas, evítense la inhalación de sus vapores.

## Primeros auxilios

En caso de contacto con la piel, lavar la zona afectada con agua en abundancia. Si es ingerido, provocar el vómito con solución salina al 5% y solicitar asistencia médica inmediata. En caso de contacto con los ojos, lavar con agua corriente limpia durante diez o quince minutos y consultar al médico de inmediato. No se deje al alcance de los niños.

## Equipo para el proceso de adhesión o pegado

Los materiales y el equipo para realizar el pegado son muy simples y realmente el gasto no es muy representativo.

Es muy importante considerar que el área o cuarto donde se realice esta operación, sea un espacio amplio y bien ventilado, que tenga una temperatura ambiente entre 20° C- 25° C, y que esté alejado de operaciones que produzcan polvo a viruta.

Una mesa de trabajo de 1.20 X 2.40 mts. bien nivelada y con una cubierta de lámina de polietileno de 6 mm. de espesor o de vidrio, será una buena superficie de trabajo; ya que estos materiales no presentan problema de ataque por solventes y cuando se utilizan adhesivos polimerizables es posible desprenderlos con facilidad de la superficie.

A continuación se enlista el equipo y accesorios que se requieren:

1. Mesa de 1.20 X 2.40 mts. con cubierta de lámina de polietileno o vidrio (6 mm. de espesor)
2. Charolas de diferentes tamaños, de polietileno de poca altura
3. Malla de alambre tipo mosquitero
4. Jeringas hipodérmicas y agujas de varios diámetros (desde tipo insulina calibre 25, hasta calibre 20)
5. Dosificador de polietileno de diferentes capacidades (las botellas que se utilizan para aplicar tintes para el cabello, son adecuadas para este propósito ) o dosificadores vacíos de silicón.
6. Envases de polietileno y vidrio con tapa
7. Tijeras
8. Brochas de pelo y pinceles de varios tamaños
9. Cuñas o espátulas de plástico (preferentemente de polietileno)
10. Prensas tipo "C" de varios tamaños
11. Lentes
12. Mascarilla contra vapores orgánicos
13. Mandil
14. Llave de agua corriente o lava-ojos
15. Extintor
16. Cono de papel para agua
17. Cinta de celofan ( diurex ) de 1" y 2" de ancho
18. Masking-tape de 1" y 2" de ancho (cinta para cubrir)
19. Alcohol, hexano
20. Ligas de diferentes tamaños
21. Vaso de precipitados de polietileno
22. Probetas graduadas

## Técnicas de adhesión o pegado

Existen, básicamente, tres tipos de métodos para el pegado con cualquier adhesivo de los grupos anteriormente mencionados. Éstos son: el pegado por capilaridad; inmersión o remojo; y con adhesivos polimerizables. En este capítulo se presentan varias técnicas dependiendo del tipo de unión o características de la pieza.

### Capilaridad

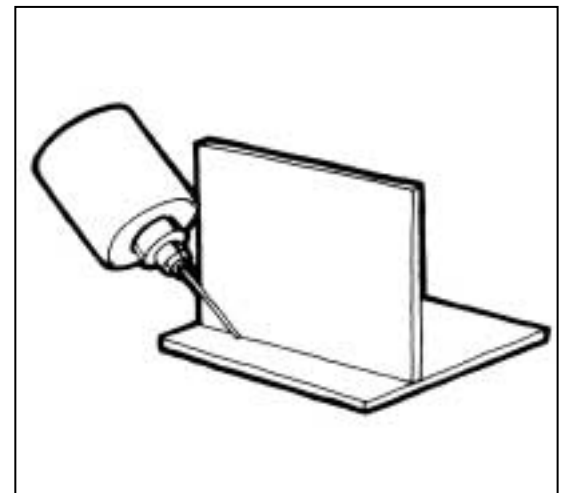
La unión por capilaridad es, probablemente, el método más popular para pegar lámina acrílica PLASTIGLAS. Esta técnica funciona debido a la capacidad de un líquido (o solvente de baja viscosidad) de fluir a través del área a unir por acción capilar. Propiamente hecho, producirá una unión fuerte y transparente. El pegado por capilaridad no funcionará si las partes no asientan correctamente.

Se debe asegurar que las piezas asienten adecuadamente y poner la cinta adhesiva en el área a proteger; sujetar las piezas, si es necesario, a una plantilla, con cinta o unas pinzas. Es posible, también, puntear las piezas a unir con un poco de adhesivo a base de cianoacrilato en los extremos, esto le dará la posición y la resistencia para poder manipular las piezas y pegarlas.

Es importante que la unión se conserve en posición horizontal o, de lo contrario, el adhesivo saldrá de ella.

Aplicar el adhesivo con cuidado a lo largo de la unión y por ambos lados, si es posible, sobre un plano. Usar una jeringa hipodérmica o una botella de boquilla delgada, aunque también se puede utilizar una brocha o un gotero, si se hace con precaución (Dibujo núm. 4).

Si el adhesivo no fluye completamente en la unión, es conveniente inclinar ligeramente la pieza vertical (más o menos un grado) hacia el lado exterior, esto permitirá que el solvente o adhesivo fluya libremente dentro de la unión. Dejar que la unión seque perfectamente antes de remover la cinta adhesiva o las pinzas sujetadoras.



Dibujo Núm. 4

## Inmersión o remojo

Este método de unir lámina de acrílico PLASTIGLAS, requiere de sumergir el lado de una de las piezas a unir, directamente en el solvente. Es importante que sólo se sumerja el canto.

Utilizar una bandeja poco profunda de aluminio, acero inoxidable, acero galvanizado, vidrio o polietileno, para sumergir el acrílico. Colocar una malla metálica dentro de la charola, para que el borde de la lámina no toque el fondo de la misma. Procurar que la charola esté nivelada y vertir solvente dentro de ella sólo a cubrir uniformemente la malla metálica. Luego, cuidadosamente, colocar el canto de la pieza que se va a pegar dentro de la charola hasta que se apoye sobre la malla y sujetarla con un soporte o con las manos mientras se remoja.

La lámina acrílica PLASTIGLAS debe ser reposada en el solvente de uno a cinco minutos, dependiendo del espesor de la misma, el tipo de solvente y la fuerza de pegado requerida. El tiempo de remojo (inmersión) debe ser el suficiente para que el lado de la lámina se hinche; tan pronto como esto suceda, la lámina debe ser retirada. Permitir que escurra el exceso de solvente, pero rápidamente colocar la pieza remojada precisamente sobre la otra parte que se va a unir. Mantener las partes unidas, pero sin presionar, más o menos treinta segundos, para permitir que el solvente actúe en la superficie de la otra pieza.



Inmediatamente aplicar presión para eliminar burbujas de aire que pudieran quedar atrapadas, teniendo cuidado de no sacar el solvente. Cuando las piezas estén unidas, mantenerlas en firme contacto, sujetándolas de cinco a quince minutos sin que se muevan.

Dibujo Núm. 5

## Adhesivo polimerizable

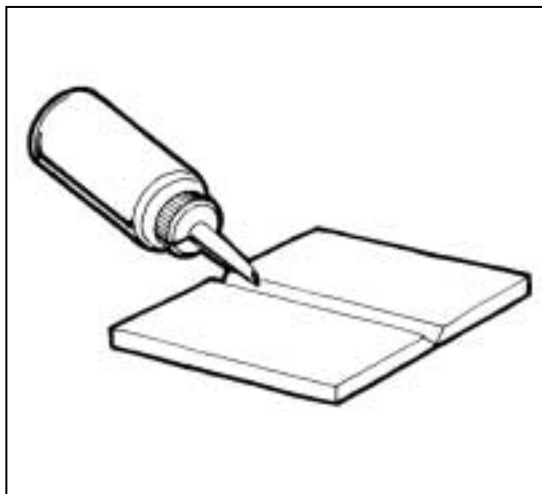
El adhesivo polimerizable es usado en uniones que no pueden ser pegadas por los métodos de capilaridad o inmersión, debido a que las partes no asientan correctamente, el área a pegar es difícil de alcanzar o que la pieza vaya a estar expuesta a la intemperie o requiere de una máxima resistencia a esfuerzos. Este adhesivo viscoso es capaz de rellenar pequeños huecos, logrando uniones fuertes y transparentes donde los otros adhesivos no pueden.

Este adhesivo viscoso o polimerizable se puede adquirir con los distribuidores autorizados PLASTIGLAS.

Este tipo de adhesivo requiere mezclar dos o tres componentes; consulte las instrucciones que se anexan en los recipientes .

Remover el papel protector del área que va a unir y aplicar el adhesivo cuidadosamente con una brocha, espátula o directamente del envase (Dibujo núm. 6). Colocar cinta adhesiva o de enmascarar alrededor del área que se va a pegar para protegerla, ésta puede ser retirada antes de que el adhesivo empiece a polimerizar. Una vez polimerizado el adhesivo, ya no es posible retirar la cinta adhesiva.

Colocar cuidadosamente adhesivo en uno de los lados de la unión y luego juntar las piezas y mantenerlas inmóviles un mínimo de diez minutos.



Dibujo Núm. 6



## Tipos de unión

El diseño de juntas debe cumplir con dos fundamentos:

- La junta se debe efectuar con la máxima cantidad de área de pegado
- Se debe usar una geometría favorable en el diseño de la junta

Existen cinco clases de esfuerzos, que son tracción, compresión, cortante, flexión y torsión. Puede conocerse la clase de esfuerzo a que está sometida una pieza por la deformación que se produce (diagrama 1), y nunca se deben confundir los esfuerzos compuestos (como en el caso de la flexión o torsión) con la reunión de esfuerzos que pueden actuar al mismo tiempo sobre la pieza.

ESFUERZO	DIAGRAMA DE FUERZAS	DEFORMACIONES
Tracción		Se alarga
Compresión		Se acorta
Cortante		Se corta
Flexión		Se dobla
Torsión		Se Tuerce

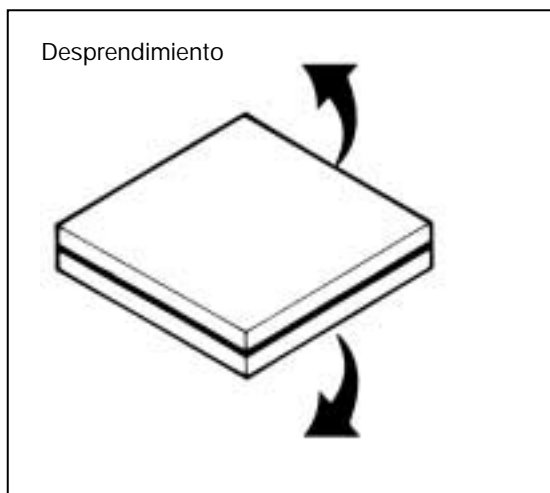
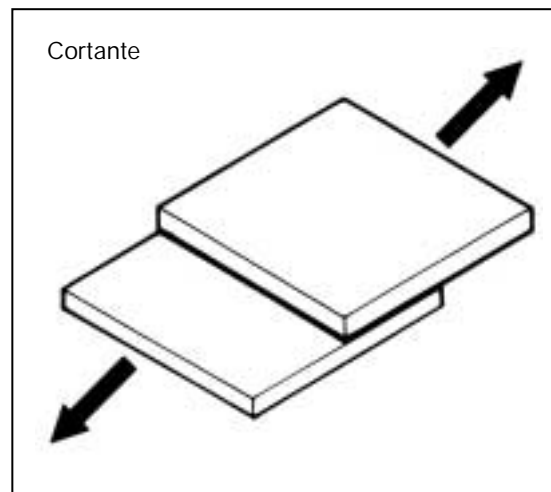
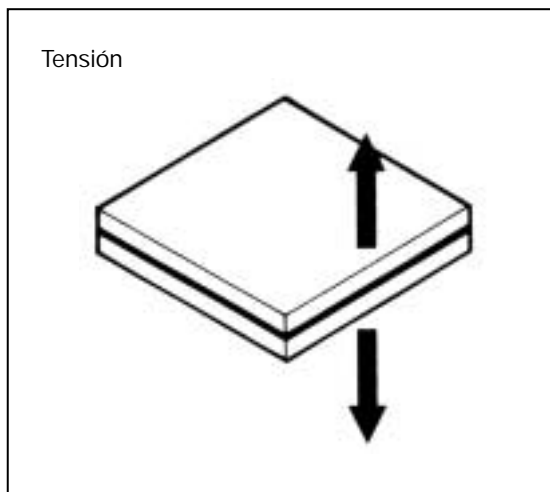
Diagrama N° 1.

### Área máxima

De estos cinco tipos de esfuerzos, son tres los que se derivan en el pegado de plásticos, y que son: tensión (o tracción), cortante y desprendimiento.

### En el esfuerzo a tensión

Las fuerzas son perpendiculares al plano de la junta, siendo éstas uniformemente distribuidas sobre el área total. Cuando esto sucede, la junta se encuentra bajo esfuerzo en el mismo momento y todo el adhesivo está trabajando al mismo tiempo. No hay parte de la junta o unión que esté sometida a mayor o menor parte de la carga.



#### En el esfuerzo cortante

El esfuerzo es paralelo al plano de la junta. El esfuerzo también se distribuye uniformemente sobre el área total de la junta o unión y todo el adhesivo está trabajando al mismo tiempo.

#### En el esfuerzo por desprendimiento

No todo el adhesivo está trabajando al mismo tiempo. Cuando la fuerza es aplicada, un lado de la junta está bajo un gran esfuerzo y otras zonas permanecen libres. Este tipo de unión no puede ser tan fuerte en una área comparable sobre el esfuerzo a tensión o cortante y, desde luego, es preferible evitar.

#### Geometría de la unión

El diseño de una junta o unión, es usualmente más complicado de lo que se ha ilustrado. Una unión raramente está sujeta a un sólo tipo de esfuerzo. En la práctica, generalmente se combinan diferentes esfuerzos adicionales a una mala aplicación y/o degradación del adhesivo (por envejecimiento, rayos ultravioleta, etc.). En algunos casos, la distorsión de los adhesivos bajo carga, puede inducir a esfuerzos secundarios.

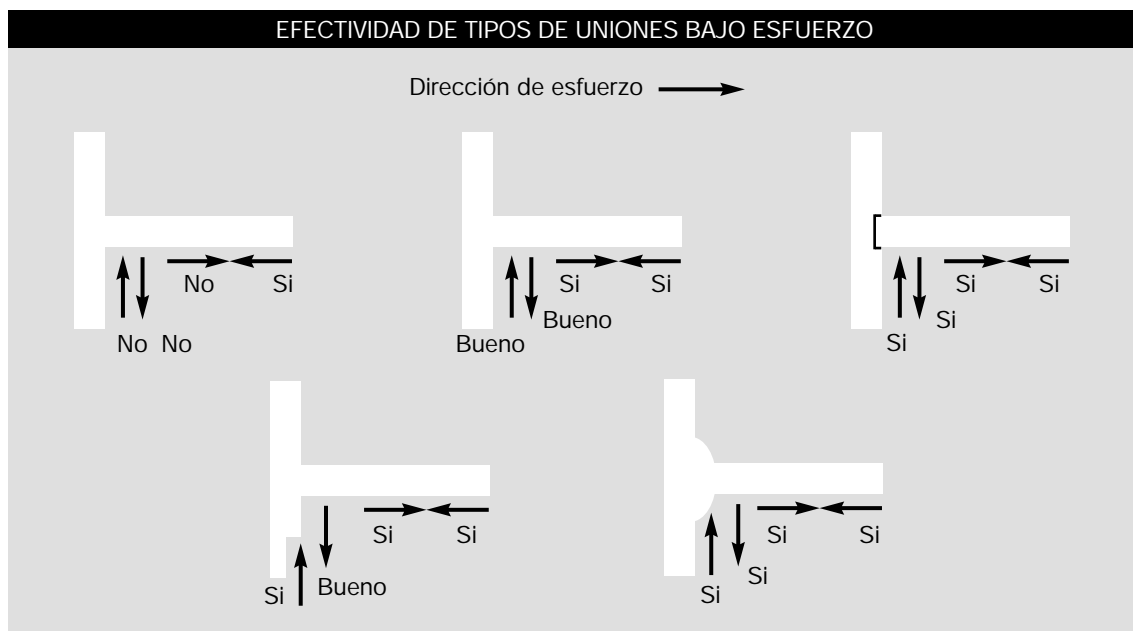
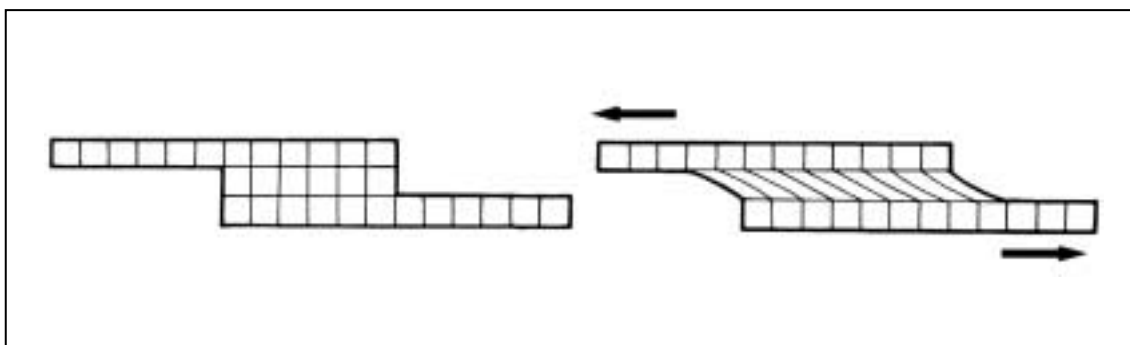


Diagrama N° 2.

Por lo general, las cargas que actúan sobre los adhesivos son de tipo cortante, aunque también se pueden tener esfuerzos de tracción o tensión. En el siguiente dibujo se ilustran los esfuerzos en una junta simple sometida a fuerzas cortantes.

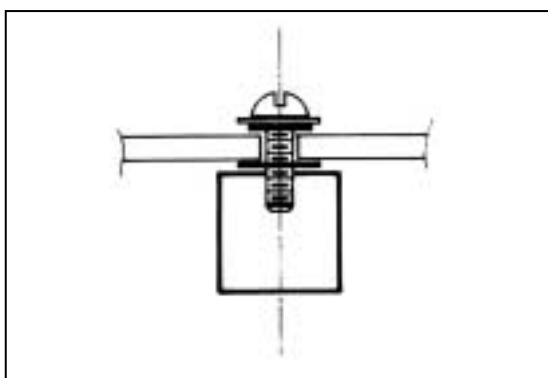


Dibujo N° 8.

Las fuerzas de flexión en una junta traslapada sometida a una fuerza cortante, pueden producir una falla iniciada por la tensión. Un cambio en el diseño puede reducir o eliminar este problema. Los siguientes dibujos ilustran la forma de obtener una resistencia máxima, con una geometría favorable. En la práctica, algunas de estas juntas no es posible realizarlas, debido al alto costo. En general, se puede decir que este tipo de uniones se utilizan para piezas que requieren de una alta resistencia a esfuerzos, como anuncios luminosos, acuarios, piezas estructurales, etc.

EFECTIVIDAD DE TIPOS DE UNIONES BAJO ESFUERZO			
A hueso biselado	Muy bueno y práctico	Recta o a hueso	No satisfactorio
A hueso doble biselado	Bueno con problemas de maquinado	Recta con maquinado	Bueno, requiere maquinado
Mortero	Adecuado, algunas veces deseable	Traslape	Bueno y práctico
Mortero doble	Adecuado, algunas veces deseable	Traslape biselado	Muy bueno y práctico
Mortero a paño	Bueno, maquinado costoso	Traslape con doblez	Bueno y práctico
Mortero doble biselado	Muy bueno, difícil en producción	Doble traslape	Bueno, difícil de balancear

Diagrama N° 2.



Dibujo N° 9.

Otra práctica para eliminar las fallas por tensión, consiste en pegar y ribetear o pasar un tornillo (técnica de sujeción flotante). En este diseño, los ribetes o tornillos deben estar situados cerca del borde de la unión y los barrenos deben ser mayores al diámetro del ribete o tornillo, de tal manera que el adhesivo resistirá la carga o cortante, mientras que los ribetes o tornillos proporcionan la resistencia a la tensión.

## Tipos de unión

Los tipos de unión que se pueden aplicar para pegar acrílico, tienen diferentes modalidades, dependiendo de las características de la pieza, espesor, esfuerzos a los que será sometida, facilidad y/o dificultad de producción, etc. Los tipos de unión más comunes, se pueden apreciar en las siguientes ilustraciones.



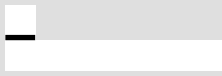
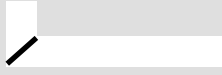



TIPOS	ILUSTRACIÓN
Sandwich	
Traslape	
En ángulo a 90°	
En ángulo a 45°	
Perpendicular	
En "V"	
Recta o a hueso	

Diagrama N° 2.

## Otras técnicas de unión o sujeción

Esta técnica es, desde luego, adecuada para cualquier material plástico, dependiendo de los esfuerzos permitidos por la configuración de la unión o junta, tornillos, tuercas, pijas, insertos y cualquier elemento mecánico similar, proporcionado una fuerza puramente mecánica en una área específica.

Aún así, son mayores las ventajas con las técnicas de pegado que las uniones por elementos mecánicos, los cuales en algunos casos no es posible utilizar. En general se asume que:

- a) Los plásticos son utilizados, la mayoría de los casos, en aplicaciones donde los metales pueden sufrir oxidamiento o corrosión, y aquí obviamente se excluye la utilización de tornillería o elementos mecánicos de metal.
- b) Los elementos mecánicos son susceptibles de concentrar esfuerzos, por lo que deben ser evaluados en el diseño estructural, considerando las fuerzas en los componentes.
- c) El pegado con adhesivos es capaz de unir materiales diferentes y, si es comparado con elementos mecánicos, proporciona una distribución uniforme de esfuerzos sobre el área total de pegado. Una superficie limpia sin bordes, elimina peso, actúa como sello y puede absorber vibraciones.

En el acrílico se utilizan, comúnmente, pijas para metal (que son autorroscantes), tornillos pasados o roscados e insertos metálicos.

### Pijas Autorroscantes

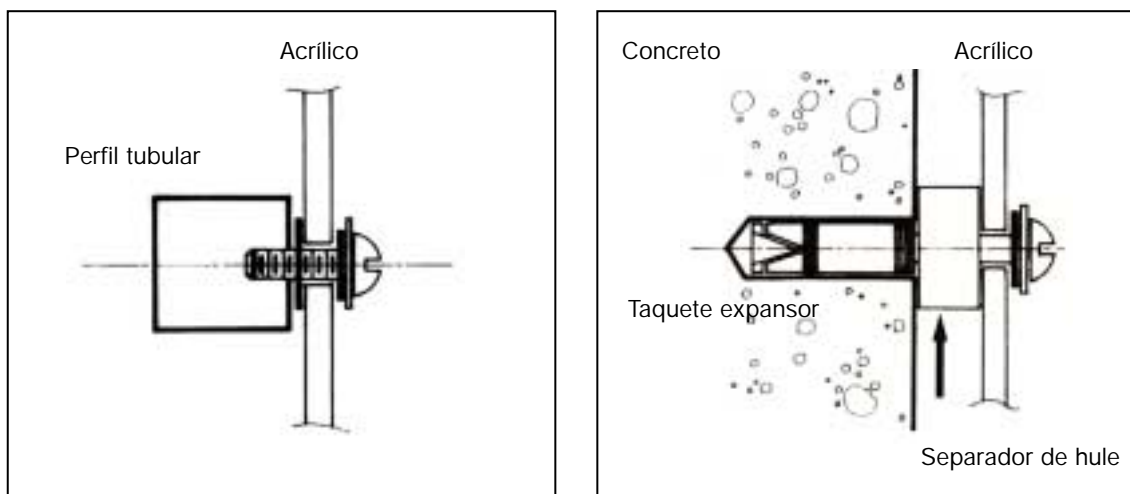
Es necesario barrenar ligeramente inferior al diámetro de la pija para que pueda formar la rosca, y con el mismo largo. Este tipo de unión no se recomienda, debido a que existe la posibilidad de que el acrílico se estrelle.

### Tornillos

#### Pasados

Cuando se emplean tornillos pasados, generalmente éstos van atornillados a una pieza estructural (que puede ser otro material, un perfil estructural, un taquete expansor, etc.).

Es recomendable utilizar tornillos de cabeza redonda o tipo allen y colocar doble rondana, una de hule sobre el acrílico, y otra de acero entre el hule y la cabeza del tornillo; después de apretar el tornillo, regresarlo media vuelta. No es conveniente utilizar tornillos de cabeza plana, ya que pueden dañar el material.



Dibujo N° 10.

Es importante considerar que en estos casos , el barreno deberá ser  $3/32''$  o  $1/8''$  más grande que el diámetro del tornillo.

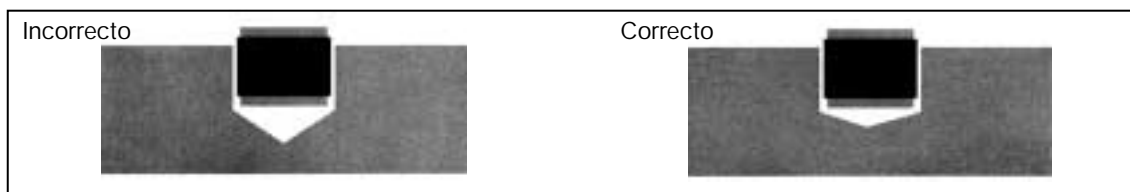
### Roscados

El acrílico puede ser roscado como cualquier material y habrá que tomar las mismas consideraciones que se observan en general.

Se debe barrenar un agujero ligeramente inferior al diámetro del tornillo. Es conveniente utilizar aceite o una solución de agua jabonosa para evitar estrellamientos; también será necesario machuelear por pasos y retirar el machuelo varias veces para quitar la rebaba o exceso de material. Cuando se atornille la pieza, es importante aflojarla para que no se concentren esfuerzos.

### Insertos metálicos

Existe una gran variedad de insertos para distintos fines. En el caso del acrílico, lo más recomendable es barrenar ligeramente menor al diámetro del inserto y utilizar el equipo de ultrasonido para sellar. De no ser así, lo más conveniente es que entre a presión o que se pegue con un poco de cianoacrilato. Debido a que el ángulo de ataque de una broca es de  $120^\circ$ , para que tenga una mejor apariencia será necesario repararlos con otra broca que sea casi plana, o modificar el ángulo de ataque de la broca.



Dibujo N° 11.

## Unión por ultrasonido

La técnica de ensamble o unión por ultrasonido es la más rápida y eficiente para pegar plásticos, sin la necesidad de usar solventes o adhesivos. El ensamble se logra en segundos directamente por la combinación de presión y vibración mecánica producida por alta frecuencia.

Son tres los tipos de ensamble o uniones que se pueden obtener o lograr por medio de ultrasonido:

- a) La unión de plástico con plástico
- b) La inserción de elementos de otros materiales, comúnmente, insertos metálicos
- c) La unión de un plástico con otros materiales diferentes (ribeteado).

La unión por ultrasonido tiene las siguientes ventajas, en comparación con el pegado con adhesivos:

- Es más rápida
- Más consistente (reproducción constante)
- Más segura
- Mejor apariencia
- Bajo costo
- Alta productividad hasta lograr una automatización

Cualquier sistema de ensamble por ultrasonido está integrado por cinco componentes básicos: la fuente de poder; el convertidor sónico; el sonotrodo (o sección de resonancia), la base o soporte y controles.

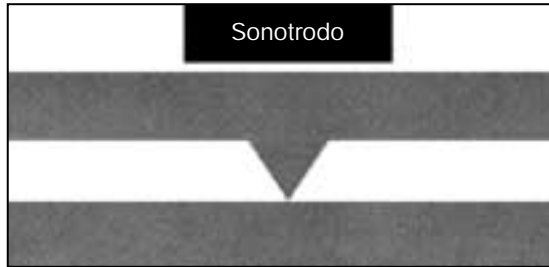
Básicamente, el sistema funciona de la siguiente forma:

La fuente de poder convierte de la línea de voltaje de sesenta ciclos por segundo, a ondas de radiofrecuencia de veinte mil ciclos por segundo. El convertidor sónico cambia esta señal de radiofrecuencia a oscilaciones mecánicas en la misma frecuencia. Después, el sonotrodo transmite las vibraciones mecánicas a la pieza; estas vibraciones viajan a través del plástico al área de ensamble o unión, donde es generado un calentamiento por fricción. El plástico se funde en la unión e inmediatamente solidifica cuando las vibraciones se detienen. El resultado es la fusión de las dos partes. Todo este proceso toma menos de un segundo.

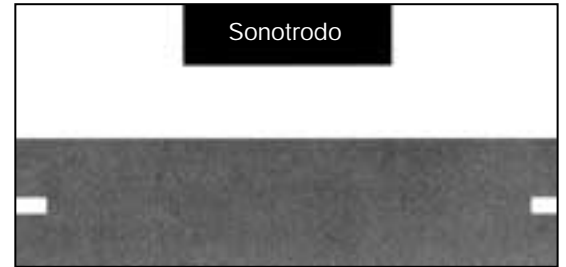
### Soldado por Ultrasonido

Para el pegado o soldado por ultrasonido, las oscilaciones de alta intensidad viajan del sonotrodo a través de una de las piezas de plástico hacia la superficie de la otra pieza. El calor generado por fricción crea un flujo constante de plástico fundido, a través de la junta o unión. Cuando el plástico fundido solidifica, la cohesión queda hecha.





Dibujo N° 12

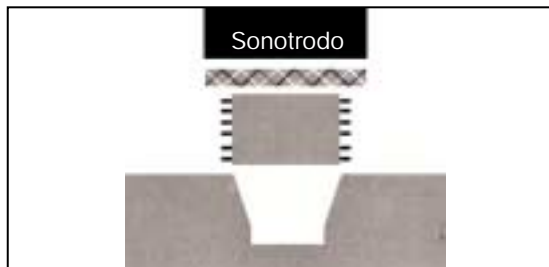


Dibujo N° 12 A

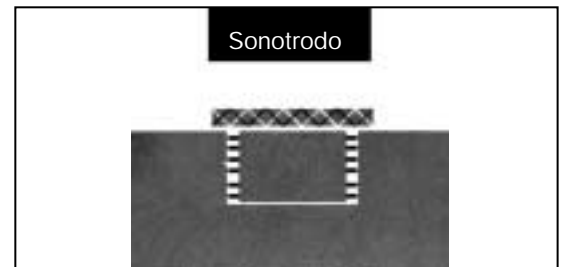
### Inserción por ultrasonido

En esta operación, un inserto es posicionado en un barreno maquinado o moldeado, ligeramente inferior al diámetro del inserto. El sonotrodo transfiere la energía mecánica, causando un calentamiento por fricción y fundiendo el plástico en esta interfase.

Esta parte de material fundido permite que el inserto se coloque en su posición final. El plástico se solidifica en su nueva forma alrededor del inserto.



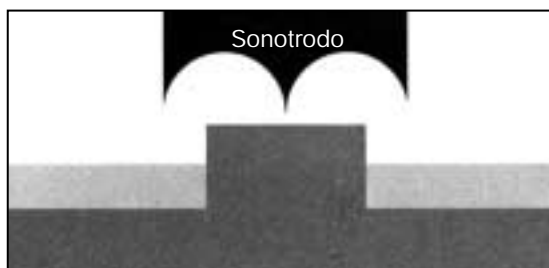
Dibujo N° 13



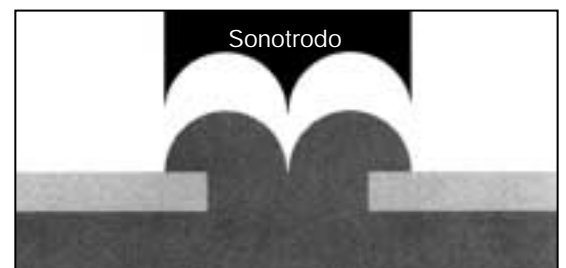
Dibujo N° 13 A

### Ribeteado

Este proceso se usa, generalmente, para ensamblar metal y plástico. Un orificio o barreno en la pieza metálica recibe una protuberancia plástica y un sonotrodo con un perfil especial hace contacto con la protuberancia, y al aplicar el ultrasonido se funde tomando forma (comúnmente de hongo), sujetando la pieza.



Dibujo N° 13



Dibujo N° 13 A

## Unión por soldadura

La soldadura de plástico no es tan distinta de la soldadura en metales. Las dos técnicas utilizan una fuente de calor, barra de soldadura y tipos de unión similares. Las juntas son preparadas y biseladas en la misma forma, para esfuerzos similares; pero a pesar de esto, existen diferencias entre una soldadura de metales y una soldadura de plástico. Entre otras, los termoplásticos tienen un rango de fusión muy pequeño entre la temperatura en la cual se reblandecen y la temperatura en la cual se queman o degradan. También son pobres conductores de calor, por lo cual es difícil calentarlos uniformemente; debido a esto, la superficie del plástico o de la barra puede quemarse antes de que la superficie del material se vuelva totalmente blanda. El tiempo de degradación a la temperatura de soldado es más corto que el requerido para completar el reblandecimiento de la mayoría de los termoplásticos por soldadura o pegado por fusión.

Por lo tanto, el equipo de soldar plásticos deberá trabajar con un rango de temperatura mucho menor que un equipo para soldar metales. El rango de temperatura que se emplea en los termoplásticos es entre los 250° C y 500° C.

### Equipo de soldadura para plásticos

Básicamente se puede dividir en dos tipos, dependiendo de su fuente de calor:

- a) Eléctricos
- b) De gas

Los dos tipos utilizan gas (ya sea aire comprimido o algún gas inerte), que pasa por una fuente de calentamiento que eleva la temperatura del gas de 250° C a 500° C. Es preferible utilizar un equipo de soldar cuya fuente de calor sea eléctrica, porque es más compacto y más fácil de manejar. Además, no requiere de gas flamable para el calentamiento, no hay peligro de explosión y de intercambiar tanques especiales.

### Tipos de uniones

A pesar de tener procedimientos diferentes, se utilizan los mismos tipos de uniones para metales y para plásticos. Los tipos de unión más comúnmente empleados en plásticos se muestran en las siguientes ilustraciones.

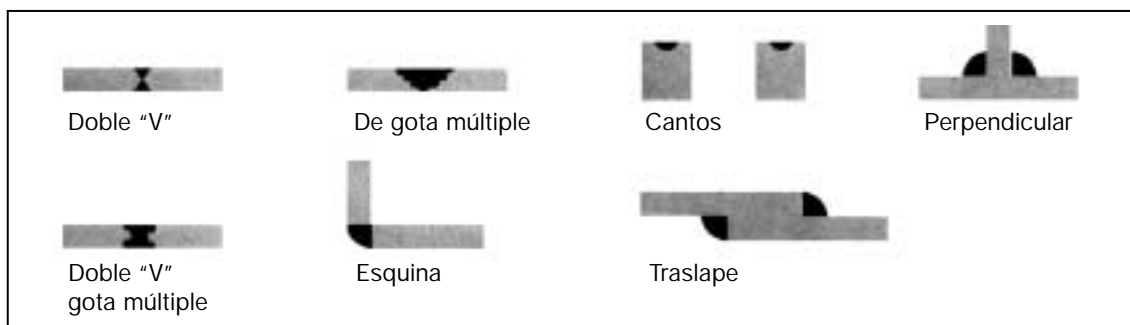


Ilustración N° 9

### Preparación de la superficie

Las superficies a unir deben estar libres de polvo, aceite o partículas de material. Se pueden limpiar con una franela. No se recomienda limpiar con solventes, debido a que tienden a ablandar el canto causando una soldadura de pobre acabado.

### Soldadura en Acrílico

La mayoría de los acrílicos pueden ser soldados consigo mismos o a PVC utilizando barras de éste.

Los acrílicos requieren de una alta temperatura para soldarse. Se emplea una barra ligeramente plastificada y debe ser soldada con aire comprimido. El acrílico es susceptible a craqueo por esfuerzos y tiende a espumarse y a fluir durante la operación; las líneas de flujo, al finalizar, usualmente muestran aire ocluido.

El rango de temperatura es de 260° C a 290° C para la barra de PVC, y de 310° C a 350° C para la barra de acrílico.

### Reglas para Soldar Con equipo eléctrico

- a) Asegurarse de que el gas suministrado está limpio; la humedad o el aceite en la línea puede causar corto circuito en el elemento calefactor y puede impedir que se logre una buena soldadura.
- b) Conectar a tierra el equipo , para prevenir corto circuito, choque eléctrico o daño al elemento calefactor.
- c) Nunca encender primero el sistema eléctrico mientras el gas permanece cerrado, siempre abrir primero el gas y cerrarlo al finalizar.
- d) El volumen de gas comprimido que pasa por el elemento calefactor determina la temperatura de soldado. Para incrementar la temperatura, se debe reducir el flujo del volumen por minuto del gas; para disminuir la temperatura, se debe incrementar el flujo del volumen por minuto del gas.
- e) Nunca tocar la punta de la boquilla cuando está en posición de encendido el equipo.
- f) Para obtener el máximo tiempo de vida útil del elemento calefactor, siempre utilizar las temperaturas recomendadas.
- g) Leer el manual de operación del fabricante, antes de utilizar el equipo por primera vez.

## Con Equipo de Gas

- a) Cuando se utiliza equipo de gas para soldar, es indispensable asegurarse de que esté equipado con la instalación adecuada para el gas que se utilizará (tanques, mangueras, abrazaderas, manómetros, etc.).
- b) Asegurarse de que el gas suministrado esté limpio; la humedad o el aceite en la línea pueden presentar resultados no satisfactorios.
- c) Cuando se requiere regular la temperatura, se debe reducir el volumen del gas para soldar, o incrementar la presión del gas de calentamiento para elevar la temperatura. Para disminuir la temperatura, se debe incrementar el volumen del gas para soldar, o reducir la presión del gas de calentamiento.
- d) Nunca tocar la punta de la boquilla cuando esté en posición de encendido el equipo.
- e) Siempre abrir el sistema de gas para soldar, antes de encender la flama.
- f) Nunca dejar la flama encendida si está apagado el gas para soldar, siempre apague la flama antes de cerrar el gas para soldar.
- g) Leer el manual de operación del fabricante, antes de utilizar el equipo por primera vez.

## Procedimiento de aplicación de soldadura en plásticos

En la soldadura de plásticos, los materiales son soldados por medio de una adecuada combinación de calor y presión. Esta combinación se puede lograr con el método convencional de soldado a mano, aplicando presión en la barra de soldadura con una mano y, al mismo tiempo, calor a la barra y la base de material con el aire caliente.

Para una soldadura exitosa, se requiere que el calor y la presión se mantengan constantes en un adecuado equilibrio. Demasiada presión en la barra tenderá a crear esfuerzos en la gota. Demasiado calentamiento, carbonizará, fundirá o distorsionará el material.

## Preparación

Con el soplete listo para soldar, se debe checar la temperatura sosteniendo el bulbo del termómetro en el extremo de la boquilla. Cuando se solda P.V.C. es fácil determinar la temperatura correcta; basta con sostener la boquilla a 1/4" del material y contar cuatro segundos, al término de este tiempo, el material debe mostrar un tinte ligeramente amarillento; de no ser así, habrá que ajustar la temperatura.

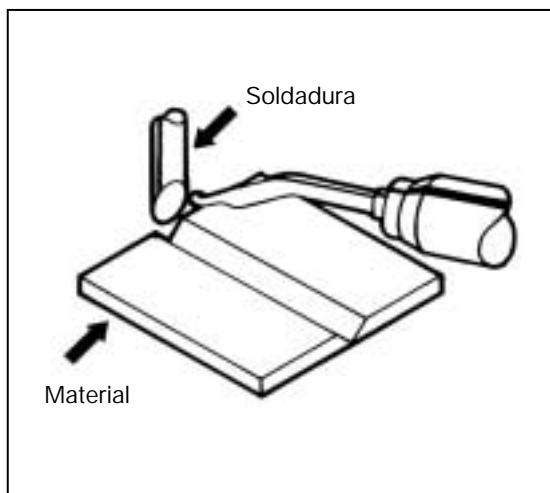
Se debe seleccionar la barra de soldadura y cortarla ligeramente más grande que el largo a soldar. Para mejor inicio de la soldadura, es necesario cortar una punta a un ángulo de 60 grados.

### Comenzando a soldar

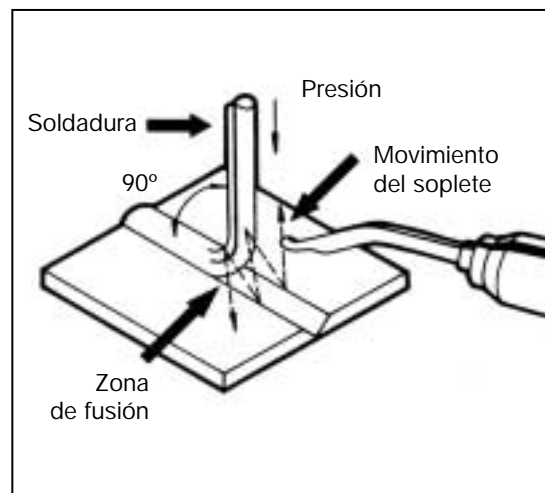
Sostener el soplete con la boquilla entre 5 y 20 milímetros del material a ser soldado, precalentando la zona en la base del material y en la barra hasta que empiece a brillar y a ponerse pegajoso; es necesario sostener la barra a un ángulo de 90° de la base del material y moverla de arriba hacia abajo lentamente y que apenas toque el material de la base.

Para mantener el adecuado balance de calentamiento, el soplete debe moverse de tal forma que el calor se aplique por igual a la barra que a la base del material. Al mismo tiempo, la barra debe presionar la base del material con una ligera presión descendente de aproximadamente 1.3 kgs. (3 libras); cuando es evidente que la barra empieza a fundirse, entonces deberá moverse hacia adelante.

El sobrecalentamiento de la barra la volverá ahulada y provocará que sea virtualmente imposible soldarse. El sobrecalentamiento del material hará que se carbonice o se funda, causando un pegado inadecuado.



Dibujo N° 16



Dibujo N° 16 A

Una vez que se ha comenzado a soldar, el soplete debe continuar soplando de la barra a la base del material, con aproximadamente dos oscilaciones por segundo. Debido a que la barra de soldadura se hincha menos que el material y se calienta más rápido es necesario concentrar en el material el calor para compensar. Una velocidad aproximada de operación es de 15 a 20 cms. por minuto, dependiendo del plástico.

Es importante conservar el ángulo de la barra con respecto a la base, que deberá ser de 90°; una variación en la operación producirá esfuerzos de craqueo en la unión.

Para terminar la unión, hay que detenerse al final de la pieza y aplicar un calentamiento directo en la intersección de la barra y el material; quitar el soplete y mantener una presión descendente de la barra por varios segundos; permitir que la barra se enfríe por unos cuantos segundos para prevenir la posibilidad de que se pueda levantar de la cavidad, entonces torcer la barra hasta que se rompa; finalmente, retirar el exceso de material con una navaja.

## Casos especiales

En este capítulo, se plantean dos casos concretos y específicos, pero que a la vez, no son comunes: la pigmentación en adhesivos y embebidos en acrílico. La aplicación de estas dos técnicas puede dar una dimensión totalmente diferente en lo que al método de adhesión se refiere.

Es posible pigmentar las piezas que van a ser adheridas o pegadas, pero existen limitantes en cuanto al uso de los adhesivos a pigmentar. No se recomienda pigmentar los adhesivos de los grupos solventes y cementos-solventes, pues tienden a degradarse, disminuyendo su capacidad de adhesión, además de que es difícil lograr el color deseado.

La pigmentación, en general, requiere de estudios más amplios y el desarrollo a nivel específico sobre lo que se está trabajando; por lo tanto, sólo se sugerirán las técnicas más viables para poder efectuar este procedimiento en pegado de piezas acrílicas

En el caso concreto del acrílico, la pigmentación podrá realizarse sólo en adhesivos de tipo polimerizable.

Si se requiere un color transparente, habrán de utilizarse colorantes y pigmentos orgánicos. Si se requiere opacidad, los colorantes podrán incorporarse directamente en el adhesivo por medio de agitación, preferentemente con una propela motorizada a 4,500 r.p.m. Los pigmentos inorgánicos deberán integrarse primeramente en un vehículo (que en este caso pueden ser plastificantes orgánicos); posteriormente, se requiere utilizar M.M.A. (Monómero de Metil Metacrilato) para que la pasta no sea muy densa; este pigmento se incorpora al adhesivo en una proporción de 1 a 10 ml. de pigmento para 100 ml. de adhesivo, considerando el grado de concentración de color que se requiere. Esto se realiza con una propela motorizada a 4,500 r.p.m; puede utilizarse, inclusive, un taladro con propela para este fin.

Esta pigmentación puede presentar problemas, como una mala homogeneidad del color, poca incorporación de pigmentos, densidad no compatible con el adhesivo una polimerización incompleta del adhesivo, etc.

Si se requiere pigmentar un adhesivo, es más fácil adquirir un colorante para resina poliéster e incorporarlo directamente en el adhesivo por medio de agitación. Este tipo de colorantes para resina poliéster tiene una buena compatibilidad con la resina acrílica. Es más simple conseguir los pigmentos ya preparados y hacer la incorporación al adhesivo.

## Embebidos en acrílico

No es muy común encontrar artículos a base de embebidos en acrílico, debido a que es más difícil de lograr que un embebido a base de resina poliéster. Sin embargo, una de las características sobresalientes del acrílico es su transparencia, cristalinidad y resistencia U.V.; pero a la vez, puede llegar a tener contracciones hasta de un 20% del volumen, una mayor exoterma que provocará burbujas y una preparación más delicada.

Aquí, lo más conveniente, es utilizar el adhesivo PG-PLUS y formularlo con el tiempo de curado o polimerizado más largo posible y seguir las recomendaciones de embebido y tratamiento de objetos, esta es la forma más fácil y rápida de obtener embebidos de acrílico.

Otra forma de hacerlos, es a partir de M.M.A. (Monómero de Metil Metacrilato); pero este proceso implica conocimientos de química un poco más profundos. A continuación se describe este proceso.

### Embebidos a Partir de M.M.A.

#### Presentación

El monómero viene inhibido con dos estabilizadores que pueden ser hidroquinona o topanol.

#### Separación

a) Cuando el monómero tiene hidroquinona, ésta debe separarse por decantación, añadiendo al monómero una solución de hidróxido de sodio (40 grs. de NaOH en un litro de H<sub>2</sub>O) en una proporción de un litro de monómero por medio litro de solución.

Esta mezcla se agita y se deja reposar en un embudo de separación, separando por decantación el monómero, que quedará en la parte superior.

Después se filtra el monómero para limpiarlo de impurezas, con papel filtro.

b) Cuando el monómero tiene topanol, no hay necesidad de separarlo, ya que éste se elimina durante la polimerización, sólo se filtra para limpiarlo de impurezas.

#### Preparación

Para preparar el prepolímero, se añade al monómero un catalizador, VAZO-64 o Peróxido de benzoilo en una proporción de 2 grs. por litro de monómero. Una vez añadido el peróxido, se mezcla bien con agitación en un vaso de precipitado PYREX y se coloca en baño maría (75 - 85° C) por una o dos horas, hasta que da una viscosidad de 20 poises (como la miel).

#### Embebido

Después se enfría a 20° C y se vacía en un molde (de preferencia aluminio, cerámica o vidrio) hasta llenar a la mitad.



Este molde se coloca nuevamente en baño maría (37-40° C) y ya que se ha endurecido más el prepolímero (como hule), se coloca el objeto a embeber y se cubre con otra capa de prepolímero viscoso, terminando de llenar el molde.

Una vez lleno el molde, se tapa con una película de polietileno y se deja en baño maría a temperatura constante de 37-40° C por un tiempo de seis o más horas, hasta que tome su dureza.

Finalmente, una vez que la polimerización ha sido total, se sube la temperatura del baño maría a 90° C durante media o una hora.

### **Tratamiento de objetos**

- a) Los objetos metálicos requieren, primero, una limpieza con el mismo monómero.
- b) Cuando los objetos son de madera, barro, tela o de silicatos, requieren ser sumergidos durante veinticuatro horas, por lo menos, en monómero puro.
- c) Para insectos que tienen partes blandas, éstas se deben rellenar con acrílico autopolimerizable (AD CRYL III PG PLUS).
- d) Para flores y frutos, estos se tienen que someter a un tratamiento previo para fijar los colores; proceso un poco complicado, ya que hay que deshidratarlos para cambiar el agua por monómero. Para esto, se usa la silica-gel.

### **Notas**

- a) Se pueden hacer embebidos múltiples cuando los objetos son pequeños, para después ser cortadas las piezas. También se pueden colocar los objetos a diferentes niveles, según las alturas de las capas de prepolímero.
- b) Cuando son varios los trabajos de embebido, y las mezclas de prepolímero rebasan cuatro o más litros, es necesario usar una bomba de vacío para sacar las burbujas de la miel.
- c) En volúmenes muy grandes, la reacción exotérmica de polimerización es violenta.
- d) Es posible eliminar burbujas en la pieza final, si se burbujea nitrógeno y se coloca en un autoclave; el tiempo y la presión dependerán del volumen y número de piezas.

## Maquinado de piezas pegadas

El maquinado es una operación adicional para un exitoso resultado en el pegado de piezas. Aunque no es una operación que necesariamente se tiene que hacer en la mayoría de los pegados; en algunos casos será de gran utilidad, debido a que puede minimizar los errores mas comunes como burbujas, mal asentamiento de las piezas a unir, ensamble incorrecto y poca adhesión.

Para efectos prácticos, la operación de maquinado se ha dividido en dos etapas: la preparación de la pieza y el acabado final.

Como ya se mencionó anteriormente, es conveniente considerar los siguientes factores:

- Que las superficies no se forcen al unir.
- Es más fácil pegar láminas planas o rectas.
- No se necesita una preparación adicional al área de lámina que forme parte de la superficie original, así como el corte limpio hecho con sierra (siempre y cuando ésta se encuentre en buen estado y no despostille o deje ondulaciones).
- No pulir los cantos a unirse pues se redondeará la superficie, disminuirá el área de contacto y se craqueará la unión.

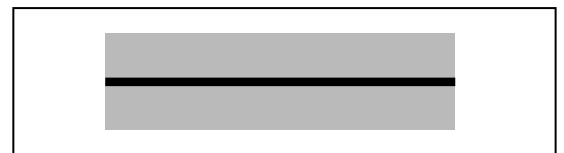
En resumen, para lograr el mejor resultado en unión, las superficies en contacto deberán presentar el mejor asentamiento posible. Aún cuando es factible pegar piezas con un acabado que da el simple corte de sierra, empleando adhesivos de tipo solvente por el método de capilaridad, pueden quedar atrapadas burbujas en este caso, también se recomienda asentar con router o lijadora los cortes de la sierra.

Para una mejor comprensión de cómo se debe preparar una pieza para el pegado, este proceso se ha dividido en varios grupos: piezas planas, piezas dobladas, piezas termoformadas y la combinación entre éstas.

### Piezas planas

#### Sandwich

Este tipo de pieza no requiere una preparación o maquinado para el pegado de las superficies (en el Capítulo 10 se analizará la técnica de pegado).



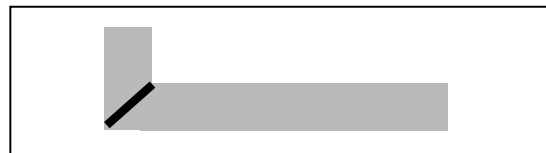
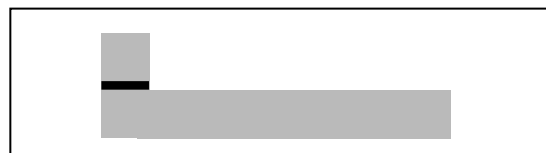
### Traslape

Al igual que el anterior, este tipo de pegado no requiere de un maquinado.

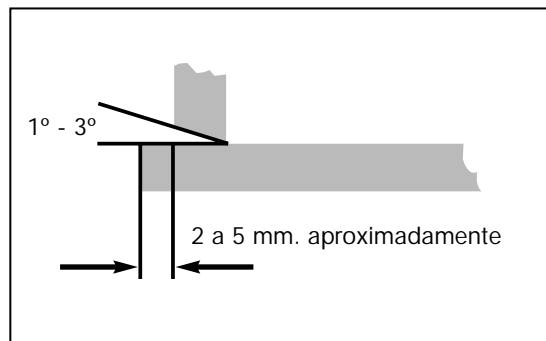


### En ángulo a 90°

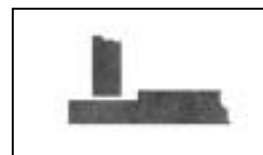
En este caso se recomienda que el canto de la superficie esté lo más limpio posible. Esto puede lograrse con el corte de sierra, router o lijadora. Se puede dejar a escuadra. Si se va a pegar con solventes o cementos-solventes por método de capilaridad o inmersión. Se puede biselar entre uno y tres grados, si se pretende utilizar adhesivos polimerizables.



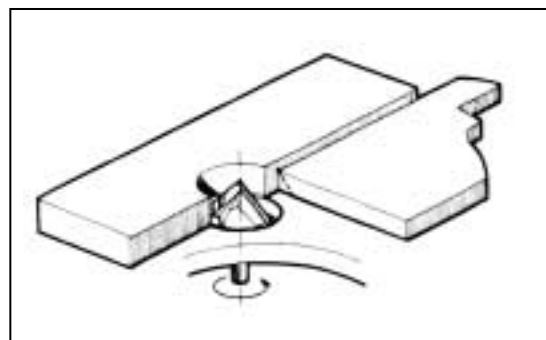
Este bisel es más conveniente hacerlo con sierra de banco o radial, por ser un ángulo muy pequeño.



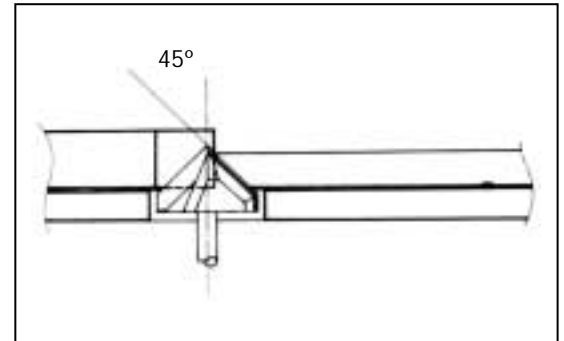
Es posible también realizar las siguientes combinaciones para lograr una mayor resistencia.



Este tipo de ensamblajes se pueden maquinar en sierra de banco, radial o router. Por facilidad de operación, es preferible maquinarlo en router con una broca de  $90^\circ$ , como se ilustra.

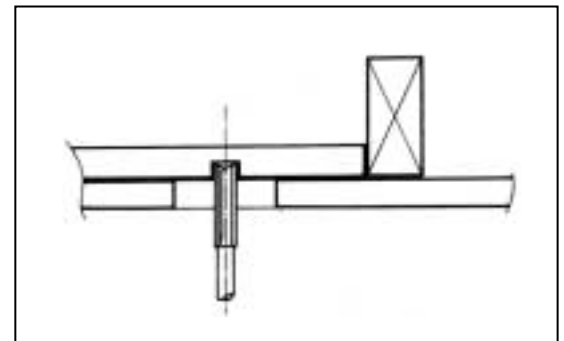
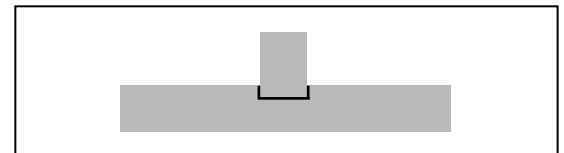


Cuando son espesores mayores de 6 mm, es conveniente hacerlos por pasos para que el material no se astille o la broca "jale" el material, pudiendo hacer riesgosa la operación.

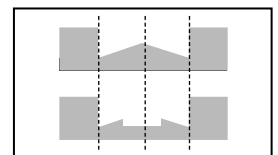
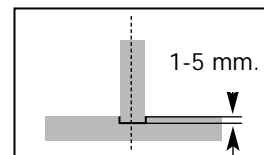


### Perpendicular

Este tipo de pegado, al igual que los anteriores, se puede realizar con sierra de banco o radial; pero estos tienen el inconveniente de que el espesor del disco debe ser de 3/32" (2.38mm.), 1/8" (3.175 mm.), ó 5/32" (3.96 mm.), siendo una limitante para algunos espesores mayores y teniendo que realizar un doble ranurado; además el tipo de diente, ya sea combinado o alterno, siempre dejará irregularidad en la ranura, como se ilustra.

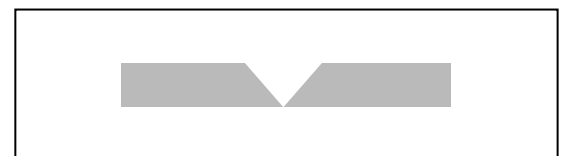


Es mejor utilizar el router con broca recta, ya que la irregularidad que se presente será mínima, además de que se pueden fabricar brocas especiales con el ancho de ranura deseado a un costo accesible.

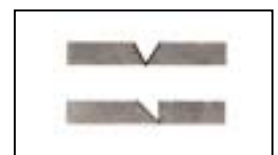
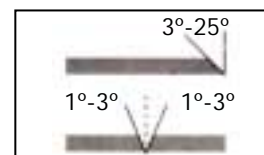


### En "V"

Este es el mismo caso del maquinado en ángulo, se puede utilizar, igualmente, sierra de banco, radial o router. Si se utilizan las sierras, se podrá dar el ángulo deseado. Con el router sólo se podrán emplear brocas de 90°, 45° y 30°.

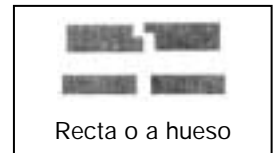
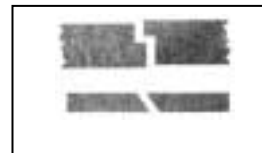


El rango de inclinación o bisel dependerá de la viscosidad del adhesivo polimerizable, pudiendo estar de 3° a 25°.



### Recta o a hueso

En el pegado a hueso no se requiere un maquinado, pero es posible aumentar la resistencia del pegado incrementando el área o superficie de pegado. Se puede emplear una sierra de banco, radial o router con un poco de ángulo de  $1^\circ$  a  $3^\circ$ , inclusive se puede escalonar para crear una mejor resistencia.



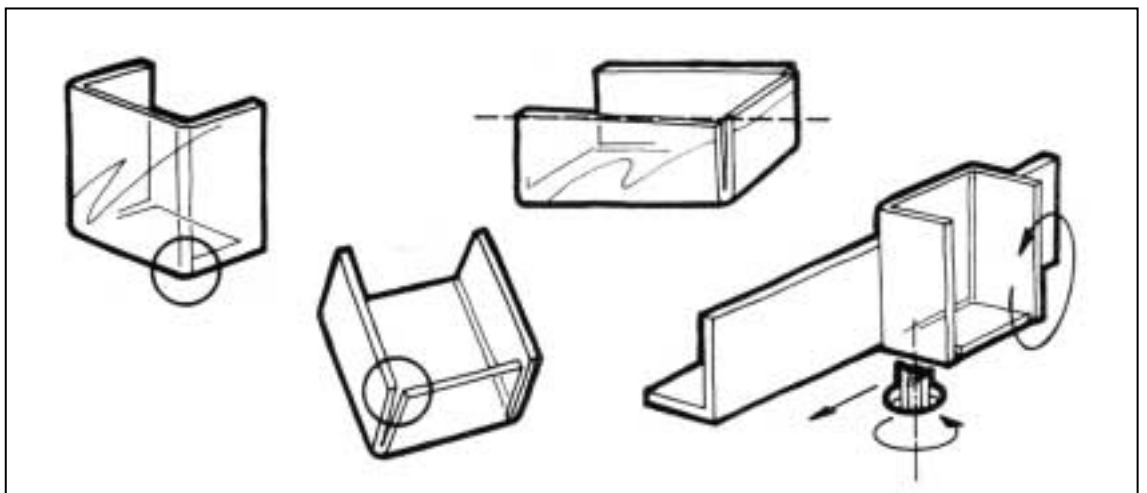
Recta o a hueso

### Piezas dobladas

Cuando se doblan piezas de acrílico de cualquier espesor, siempre en el doblado se presenta una arruga. Esta arruga puede ser causa de que una pieza no asiente bien y provoque que no se moje con adhesivo, quedando aire atrapado. La mayoría de los artículos que se ven en el mercado, presentan este defecto.

Una recomendación viable es la de asentar el canto a unir con una lijadora de banda, desbastando entre uno y dos milímetros. Otra manera es rectificar la pieza terminada, de esta forma no dará problemas a la hora del pegado, pudiendo utilizar solventes, cementos-solventes o adhesivos polimerizables con los métodos de capilaridad, inmersión, pincel o cualquier otro.

En las piezas como la que se ilustra, que sirven como portafolletos, exhibidores, etc., cuando se doblan dos o las tres cejas, lo más probable es que la línea de calentamiento no sea igual en los dos o tres casos, presentando una variación en la medida y, por lo tanto, un mal asentamiento. En estos casos lo que se puede hacer es asentar la pieza con una lijadora de banda, circular o con router.

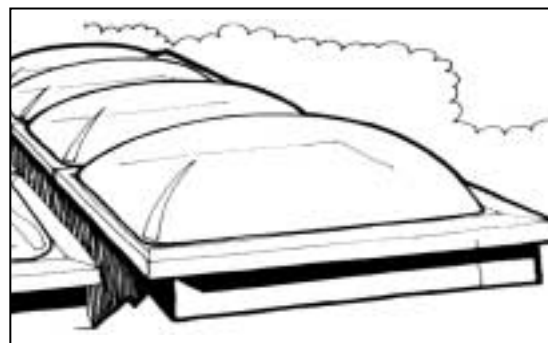


Es más conveniente hacer esta operación en router ya que en una lijadora no es posible tener un control absoluto. Con router, esta operación da un resultado óptimo, pero es conveniente planear un exceso del 10% por merma del material.

Este maquinado, combinado con el método de inmersión o remojo y usando solvente, presenta una resistencia superior y una calidad óptima.

### Piezas termoformadas

De hecho, el objetivo de un termoformado, es obtener una pieza prácticamente acabada. Muy rara vez este tipo de piezas requieren ser pegadas, y si este fuera el caso, lo más probable es que se considere dentro de alguno de los dos grupos anteriores, con ligeras variaciones.



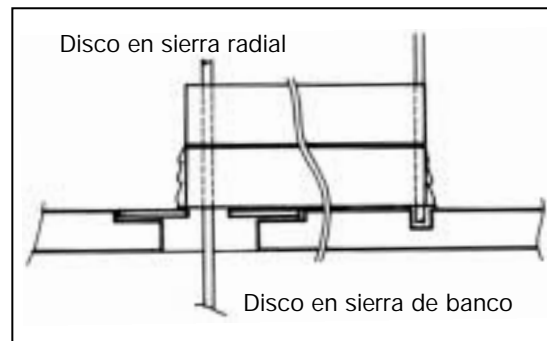
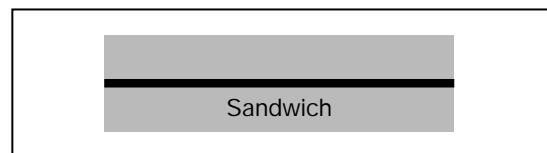
## Acabado final

En algunos tipos de pegado, posterior a éste, es necesario realizar una operación de corte. Al igual que en la preparación de la pieza y para una mejor comprensión del acabado final, dividiremos este proceso en varios grupos: piezas planas, piezas dobladas y piezas termoformadas.

### Piezas planas

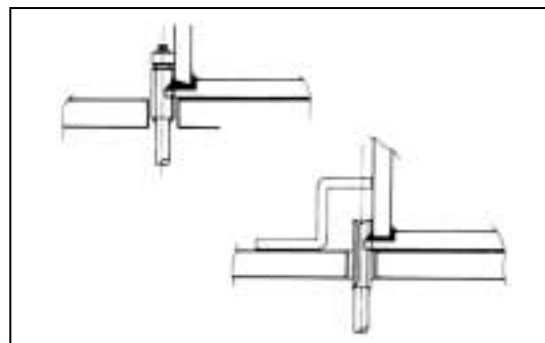
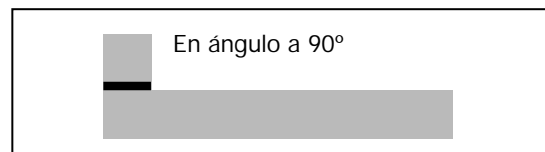
#### Sandwich

El 100% de las piezas pegadas de esta forma requieren de un corte con sierra, de preferencia radial, para que las dos piezas queden al mismo tamaño. Esto se hace porque en este pegado siempre se presenta un escurrimiento de adhesivo o, en algunos casos, la pieza superior es ligeramente más pequeña que la inferior.



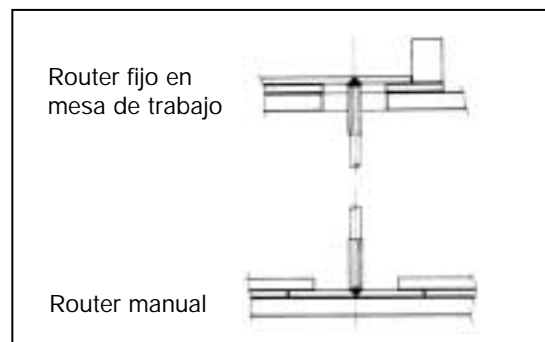
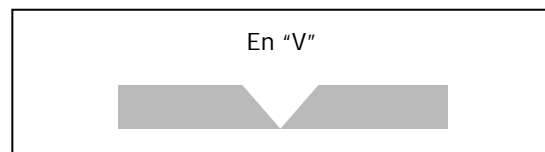
### En ángulo a 90°

En los casos en los que se ha dejado un excedente de material, es recomendable cortar a paño con una broca de balero o con guía.



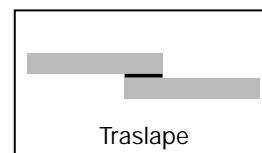
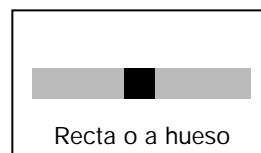
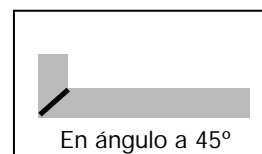
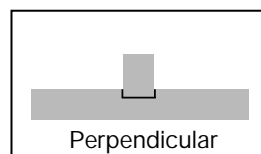
### En "V"

Para este tipo de pegado, el adhesivo excedente se puede eliminar rectificando con router y broca recta, de acuerdo como se puede apreciar en el dibujo



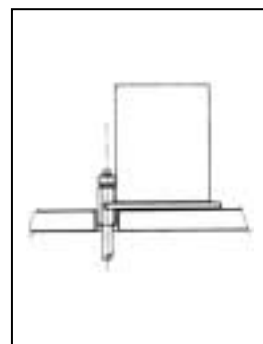
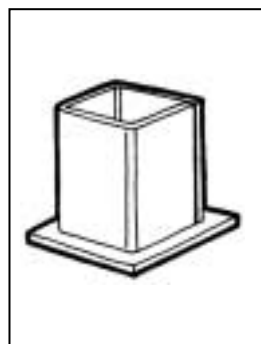
### Perpendicular, en ángulo a 45°, recta o a hueso y traslape

No es necesario ningún maquinado adicional.



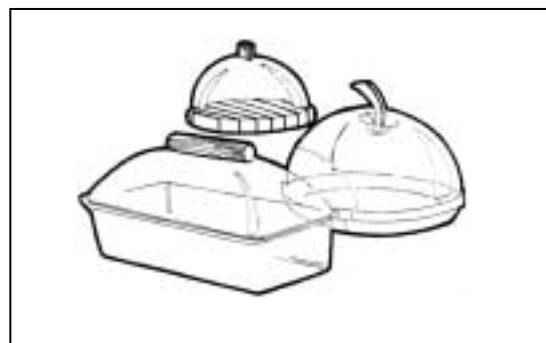
### Piezas dobladas

En el caso de piezas pegadas, como los portalápices que necesitan que la base quede a paño del cuerpo principal, lo más rápido y eficaz es utilizar el router con broca de balero. Prácticamente, este es el caso mas común en el acabado de piezas dobladas y pegadas. Cualquier otro caso que se pudiera presentar, lo más probable es que se adapte a éste o a alguno de los anteriores.



### Piezas termoformadas

Es posible que se presenten casos aislados; éstos se pueden tratar utilizando cualquiera de las técnicas anteriores.

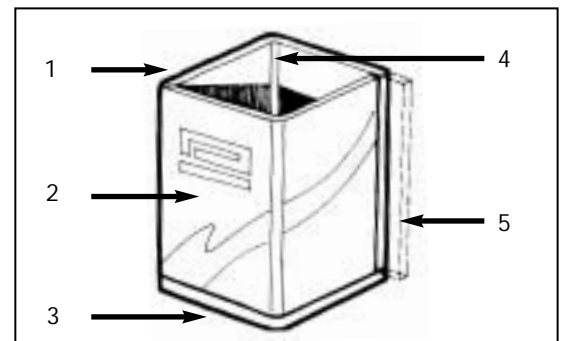




## Ejercicios prácticos de pegado

En este capítulo se proporcionan los casos de ejemplos típicos de artículos de acrílico, en los que se utiliza la aplicación de los diferentes grupos de adhesivos (solventes, cementos-solventes y adhesivos polimerizables), con las diferentes técnicas de adhesión y los tipos de unión que se pueden realizar.

<b>PRODUCTO:</b>	<b>PORTALÁPICES</b>
Técnica de adhesión:	Capilaridad y Remojo
Grupo de adhesivo:	Solventes
Adhesivo utilizado:	Cloruro de metileno o Weld-On No. 4
Tipo de Unión:	Ángulo a 90°

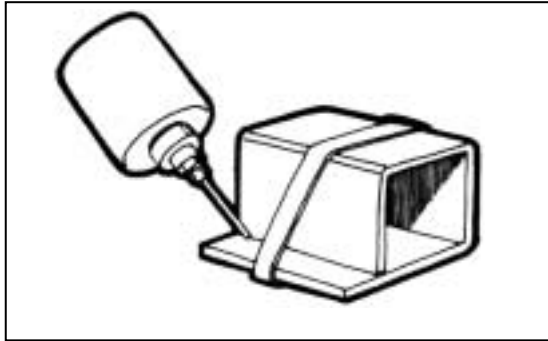


### Características del producto

- 1) El canto puede tener los siguientes acabados: corte con sierra, routeado, navajeado, abrillantado a la flama o pulido mecánico.
- 2) Impresión de serigrafía, puede ser antes o después de doblar.
- 3) La base será cortada con router y broca de balero a paño.
- 4) Es conveniente utilizar una broca a 90° en el router para hacer una canal en "V"; al momento de doblar, será más fácil controlar la medida.
- 5) Corte a paño. En este lado tendrá que dejarse un sobrante (aproximado de 5 mm. máximo) para cortar a paño utilizando router fijo y broca de balero.

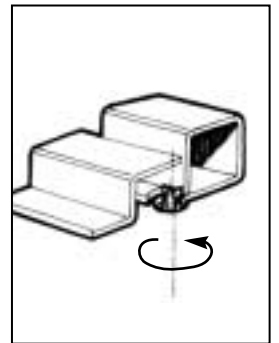
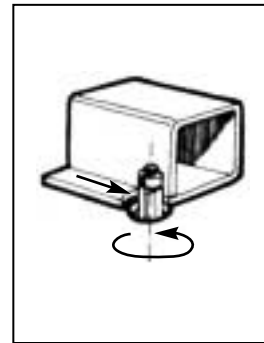
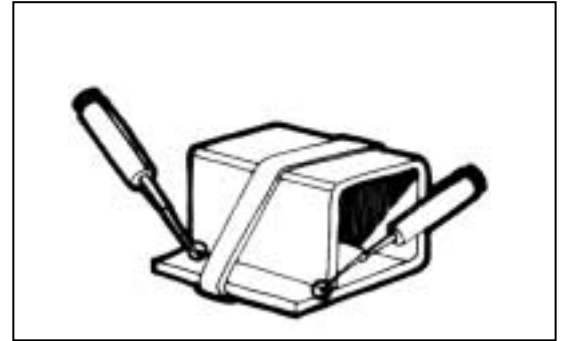
Una vez que la pieza núm.1 esta doblada, habrá que pegar los dos lados por medio de la técnica de capilaridad con solvente; en este caso, se puede utilizar una liga para ayudar a que las partes queden en firme contacto y con ayuda de una jeringa o un dosificador se aplica el solvente por ambos lados y se deja reposar una hora\*. Para lograr un mejor contacto y mayor resistencia, se pueden puntear los extremos con cualquier adhesivo a base de cianoacrilato; esto deberá ser antes de aplicar el solvente.

\*Muchos de los solventes logran una resistencia máxima de pegado entre 12 y 24 horas.

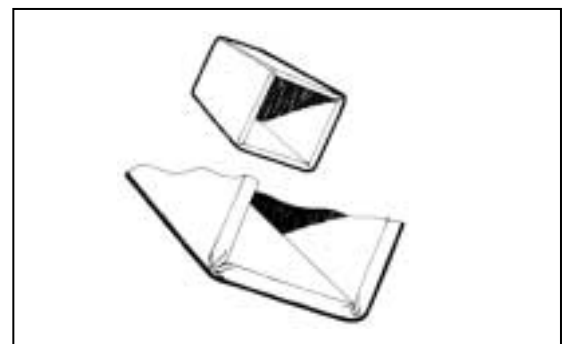


Una vez que se dejó reposar, se corta el excedente de material con un router fijo y una broca con balero, que cortará exactamente a paño de la superficie donde se apoye la broca.

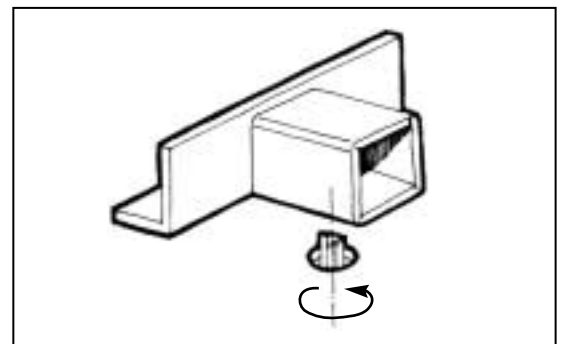
También se podrá realizar esta operación con una guía y una broca de corte recto.



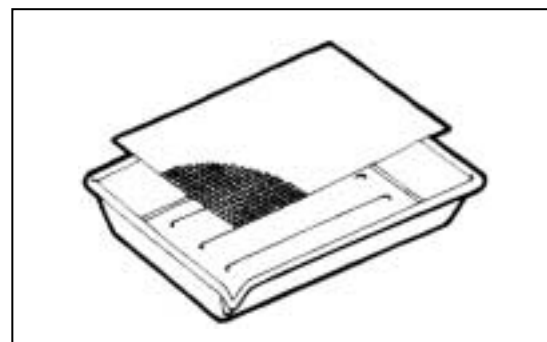
Una vez que se tiene la pieza pegada y routeada la superficie que asentará sobre la pieza núm 2, puede ser lijada o routeada, debido a que en el radio del doblés se provoca un realce, el cual no permite que la pieza asiente correctamente.



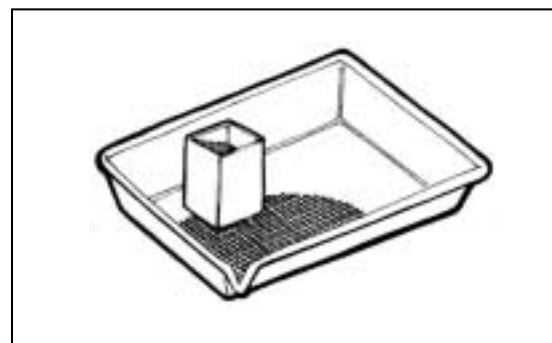
Esto se puede eliminar lijándolo con lijadora de banda, circular o en router fijo.



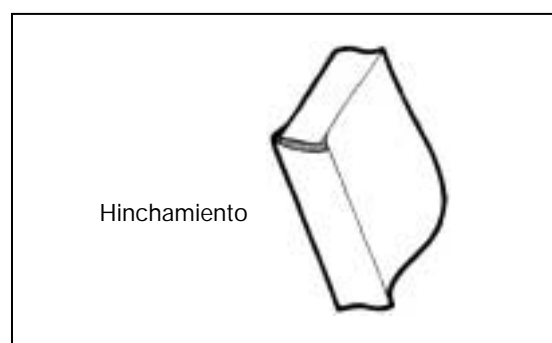
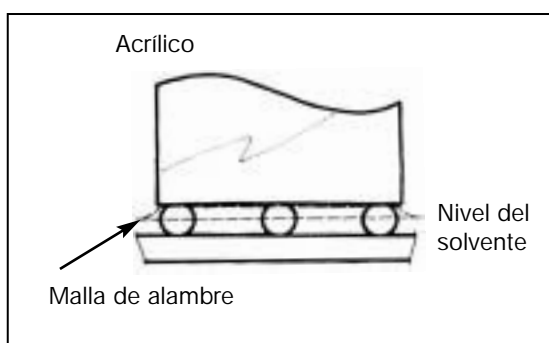
Para pegar la pieza núm.1 con la núm. 2 por método de remojo, se procede a sobreponer la pieza núm.1 en una charola de poca profundidad de metal, vidrio o polietileno y con un recorte de malla para mosquitero o gallinero en el fondo.



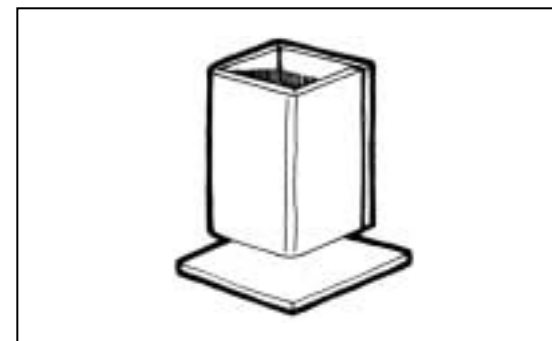
Se deja la pieza a que remoje, no es necesario que el solvente sobrepase la malla; de hecho sólo se requiere que el nivel del solvente sea ligeramente menor al espesor de la malla.



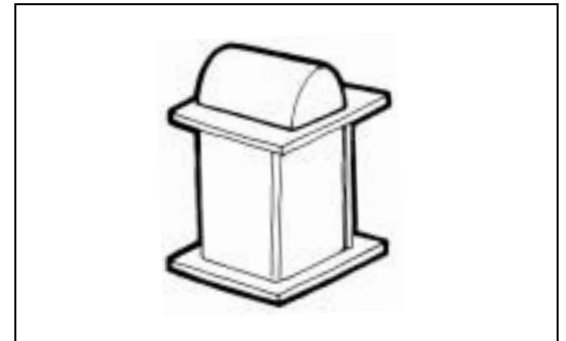
Por efecto de la energía y tensión superficial de sólidos y líquidos, se logrará el contacto y esto se podrá apreciar visualmente.



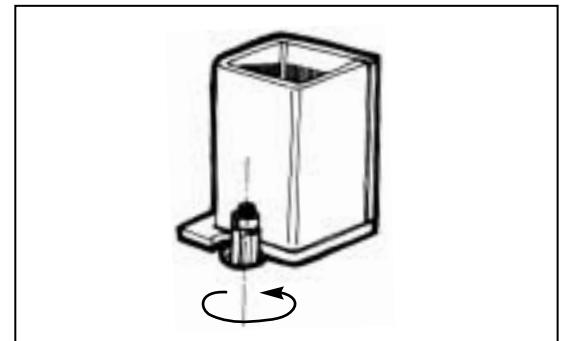
Una vez que se ha dejado de dos a cinco minutos, el acrílico se hincha ligeramente (tornándose a una tonalidad blanquecina), se retira y se deja escurrir el exceso de solvente y se procede a pegar con la pieza núm. 2 que ha sido cortada ligeramente más grande para absorber errores de posición en el pegado.



Para una mayor efectividad de pegado, es posible agregar un peso ligero sobre la pieza y se deja evaporar el solvente durante un mínimo de dos horas .



Posteriormente, se procede a cortar el excedente de la base de la misma forma en que se realizó anteriormente, por medio de un router fijo y una broca con balero.

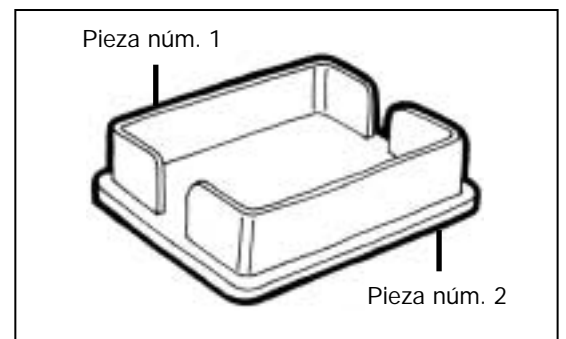


Observaciones.

Los métodos de capilaridad y de inmersión o remojo con solventes, pueden utilizarse por separado o en conjunto, principalmente en artículos publicitarios, punto de venta, promocionales, etc.; en si, piezas de alto volumen y que requieren buena resistencia mecánica a un costo bajo y con una alta productividad.

## Memo Holder

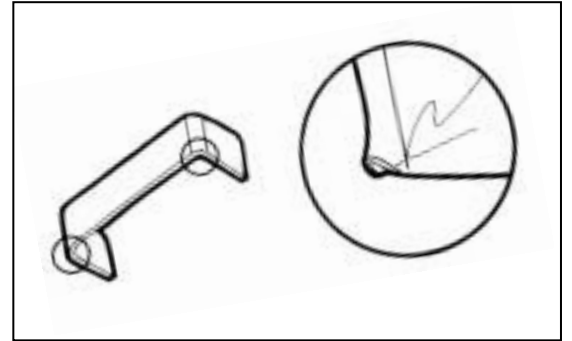
PRODUCTO	MEMO HOLDER
Técnica de adhesión:	Inmersión o remojo
Grupo de adhesivo:	Solventes
Adhesivo utilizado:	Cloruro de metileno o Weld on núm. 4
Tipo de Unión:	Ángulo a 90°



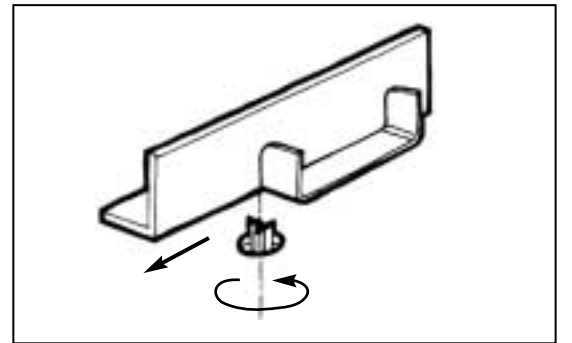
### Características del Producto

La pieza núm.1 es más pequeña en dimensiones que la pieza núm. 2. Un pegado adecuado será aquel en el cual la pieza núm.1 quede bien pegada y centrada con respecto a la pieza núm. 2.

En piezas donde el radio es generoso, muchas veces el material se contrae provocando que penetre aire en el pegado, presentando una mala calidad y poca resistencia.



Para que la pieza núm. 1 embone correctamente, será necesario asentarla con lijadora de banda circular o router. De igual forma que se hace en el portaplumas.



Para pegar la pieza núm.1 con la núm. 2, es necesario construir un escantillón para el pegado; éste deberá ser lo suficientemente sencillo y funcional para la operación.



Remojar la pieza en la charola con solvente, dejar el tiempo necesario y retirar, colocando la pieza núm.1 sobre la núm. 2 con ayuda del escantillón.



## Papelera

PRODUCTO	PAPELERA
Técnica de adhesión:	Capilaridad o pincel
Grupo de adhesivo:	Cemento-solvente o adhesivo polimerizable
Adhesivo utilizado:	Ad-Cryl Extra, Ad-Cryl III, Weld-On 16, Weld-On 40
Tipo de Unión:	Perpendicular o en ángulo a 90°

### Características del producto

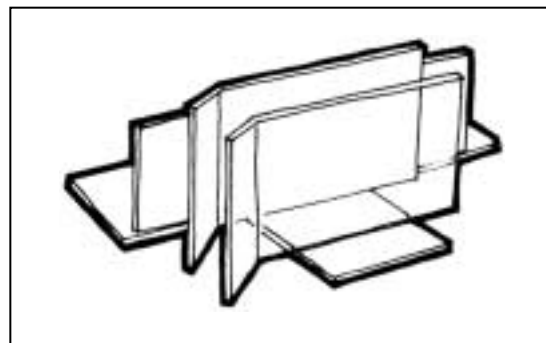
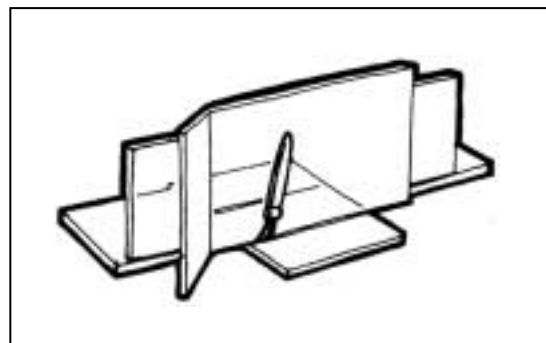
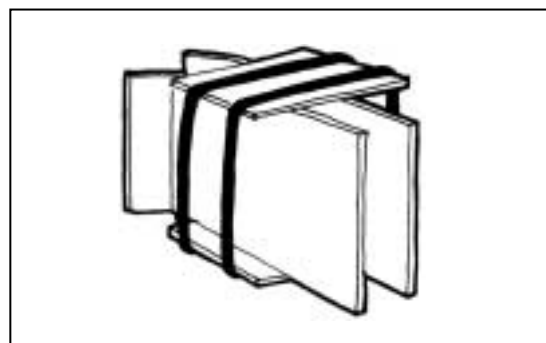
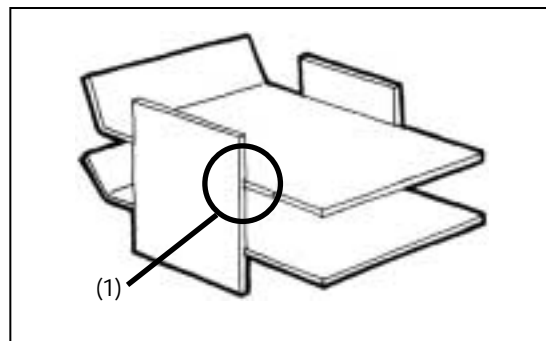
(1) Se puede obtener una unión más resistente si se hace una canal con router y broca recta.

El problema que se puede presentar en este tipo de pegado, es que no quede a escuadra; por esto, será necesario e importante contar con escantillones para fijar la pieza antes de pegar.

Para aplicar el adhesivo por la técnica de capilaridad, habrá que fijar la pieza con ligas y revisar que haya quedado a escuadra.

Posteriormente, se aplicará el adhesivo con un dosificador especial o con una jeringa hipodérmica, dejando reposar la parte pegada durante una hora, para poder proceder a pegar el lado contrario de la misma forma.

Para pegar con pincel, será necesario contar con una plantilla o escantillón de pegado y se procederá a aplicar el adhesivo en la pieza sujeta con la plantilla hasta que quede firmemente adherido, repitiendo el proceso las veces necesarias.



## Portaretratos con fotografía embebida

PRODUCTO	PORTARETRATO
Técnica de adhesión:	Adhesivo polimerizable
Grupo de adhesivo:	Adhesión polimerizable
Adhesivo utilizado:	Ad-Cryl 111; Ad-Cryl Pg Plus; Weld-On 40
Tipo de Unión:	Sandwich

### Características del producto

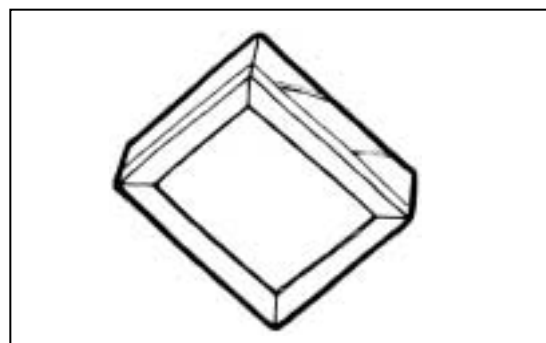
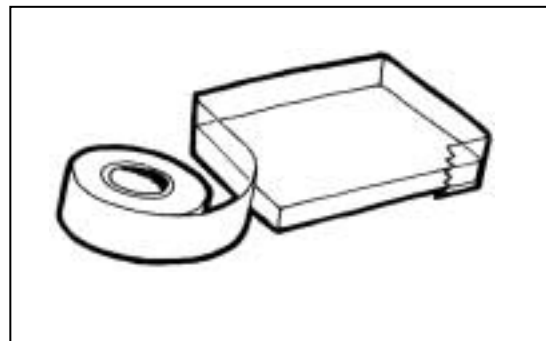
Para los pegados tipo sandwich existe un sólo proceso con dos variantes. En este tipo de pegado lo más importante es eliminar toda la burbuja que se puede generar dentro de la operación misma; esto puede ser eliminado vertiendo el adhesivo con un patrón de flujo muy bien definido.

Las dos variantes en el procedimiento de pegado, se refieren a la forma de colocar la cinta celofán y/o masking tape (cinta para cubrir), para enmascarillar la zona y protegerla.

La primera consiste en colocar la cinta celofán alrededor de una de las piezas a unir, como se ilustra, formando un dique que evitará que el adhesivo se desborde por los lados y, además, evitará desperdicio del mismo, ya que se podrá regresar al envase el sobrante.

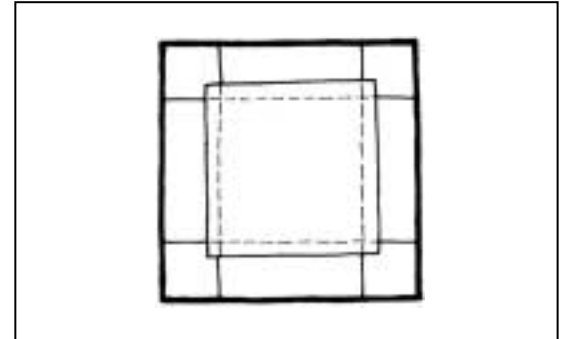
La segunda consiste en colocar cinta para cubrir (masking tape) por la cara inferior, quedando el adhesivo a la vista.

En esta opción hay desperdicio de adhesivo, además de que se escurrirá por los lados.

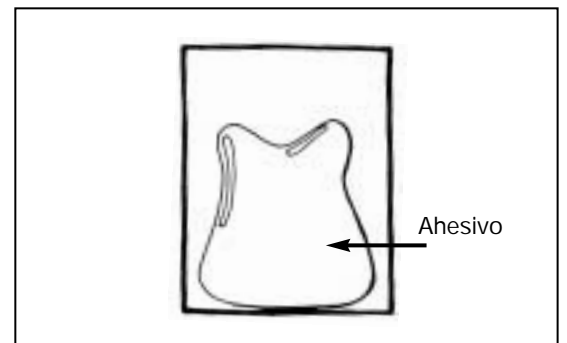


El procedimiento para realizar un pegado tipo sandwich, consiste en:

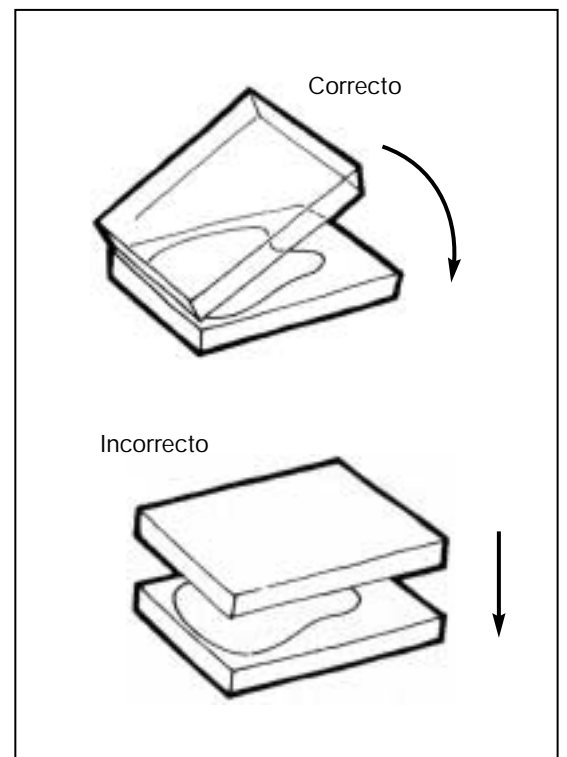
1) Enmascarillar una de las dos piezas a unir (con cualquiera de las dos opciones).



2) Vertir el adhesivo con el patrón de flujo, como se ilustra.



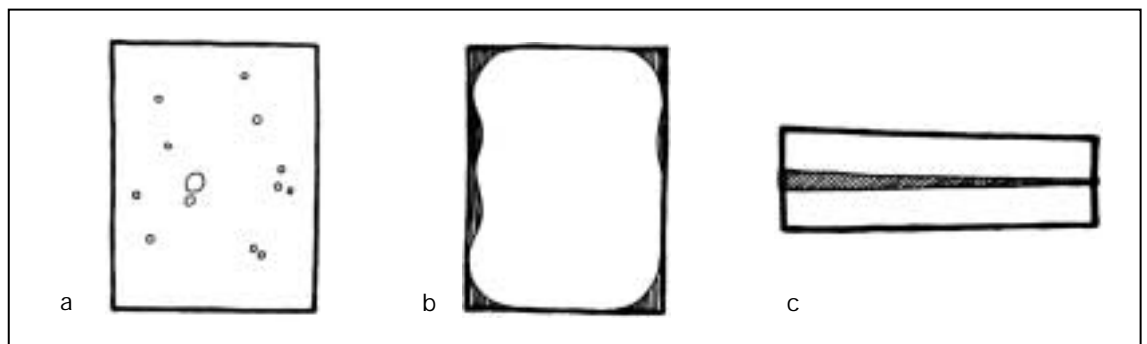
3) Colocar la otra pieza con un movimiento de abatimiento apoyando en un extremo.





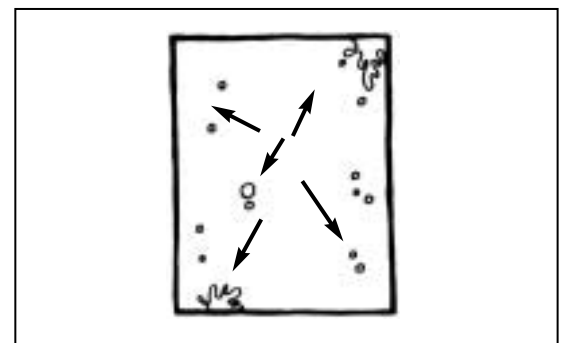
Este tipo de pegado es uno de los más difíciles, porque pueden presentarse los siguientes defectos:

- a) Burbujas
- b) Que el adhesivo no alcance a cubrir la superficie
- c) El grosor del adhesivo no es uniforme.

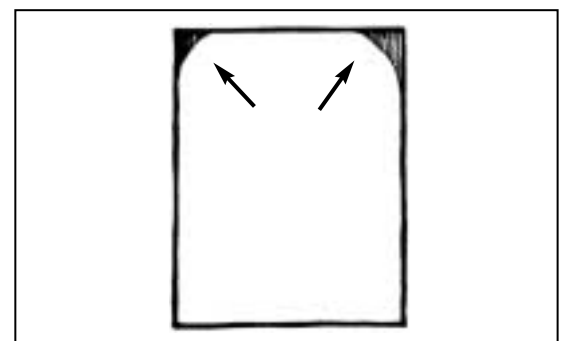


Estos defectos se pueden corregir de la siguiente manera:

- a) Burbujas: Es posible eliminar burbujas pequeñas, ejerciendo presión del centro hacia afuera, haciendo "caminar" la burbuja. Si se observa que entra aire a la pieza, será necesario mantener la presión hasta que polimerice el adhesivo.

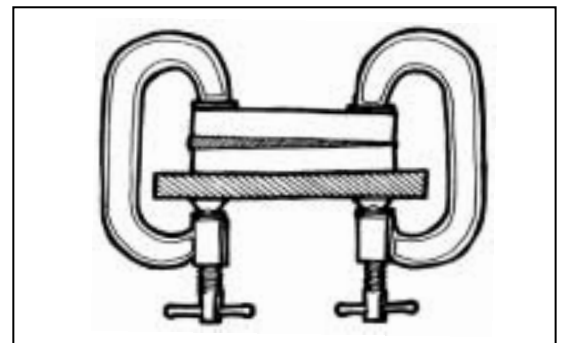
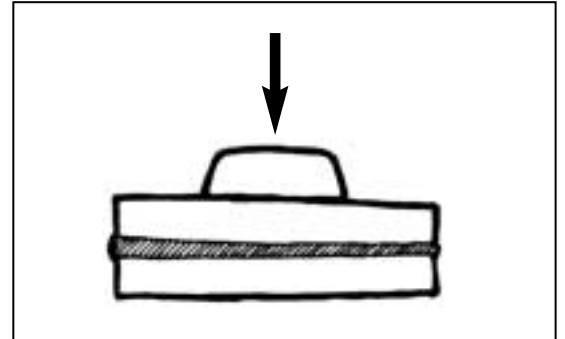


- b) Si el adhesivo no cubrió toda la superficie: en algunos casos, ejerciendo presión se puede eliminar. Si esto no funciona, será necesario despegar y agregar más adhesivo.



- c) Si el grosor del adhesivo no es uniforme: generalmente es necesario colocar un peso en la pieza; en los primeros ejercicios será conveniente utilizar algún objeto pesado (plomos, ladrillos, etc.) o fijar la presión con sargentos o prensas tipos "C".

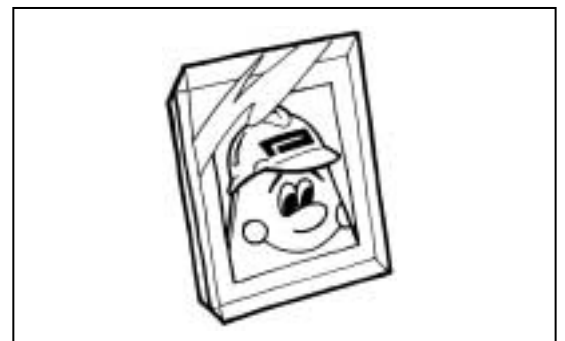
Para maquinar la pieza, será necesario esperar a que polimerice completamente; se recomienda esperar entre 24 y 48 horas, dependiendo de la formulación empleada y las condiciones de temperatura ambiente.



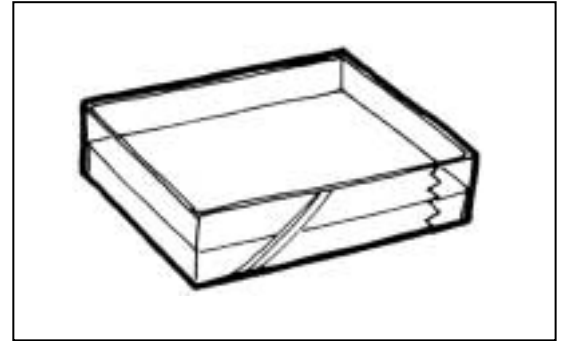
Para laminar una fotografía, papel o billete es conveniente que esta superficie esté libre de polvo o grasa y que esté totalmente plana.

También es muy conveniente que la pieza de acrílico sea dos o tres centímetros más grande que la dimensión final de la pieza .

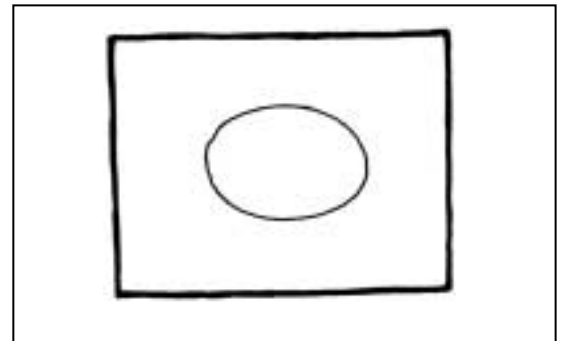
Si es papel impreso habrá que realizar una prueba para saber si el adhesivo no ataca la tinta. Esto se puede hacer poniendo una gota de adhesivo en la impresión; si transcurridos entre cinco y quince minutos la tinta no se corre significa que es apta para el laminado.



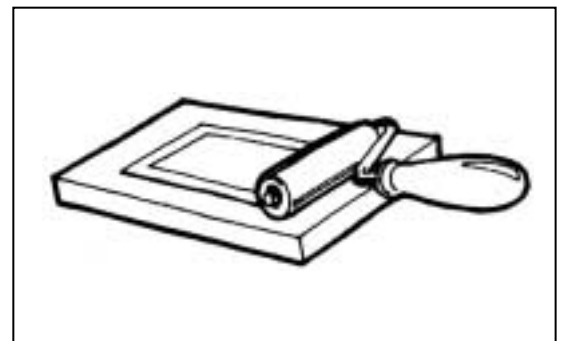
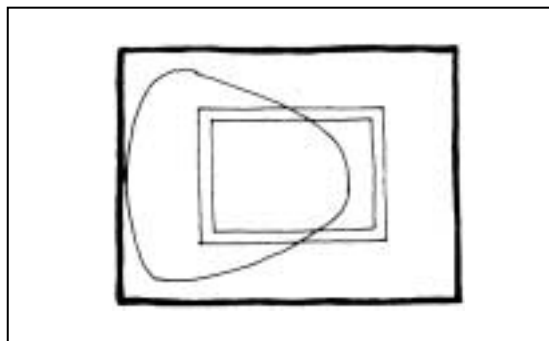
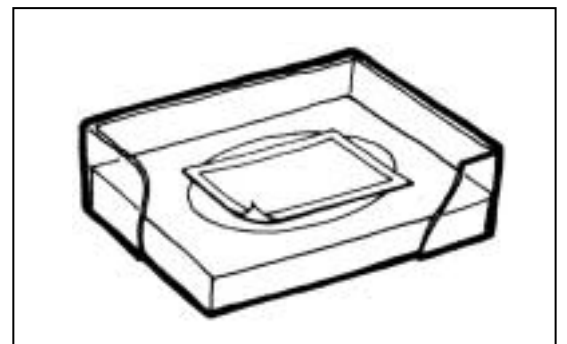
Para pegar una fotografía o papel, se debe enmascarillar con cinta celofán adherible o masking tape, como ya se mencionó anteriormente.



Una vez preparado el adhesivo, verter al centro del acrílico una cantidad suficiente para pegar la fotografía .



Se coloca la fotografía y con un rodillo de hule (tipo impresor o linotipista) o una espátula de polietileno, se elimina el excedente de adhesivo y se deja que polimerice o endurezca (aproximadamente quince minutos).



**Cubo de  
acrílico  
o capelo**

Posteriormente, se vierte el adhesivo como se señaló anteriormente con el mismo patrón de flujo y se coloca la otra pieza con un abatimiento sobre la orilla o eje de movimiento .

**Observaciones**

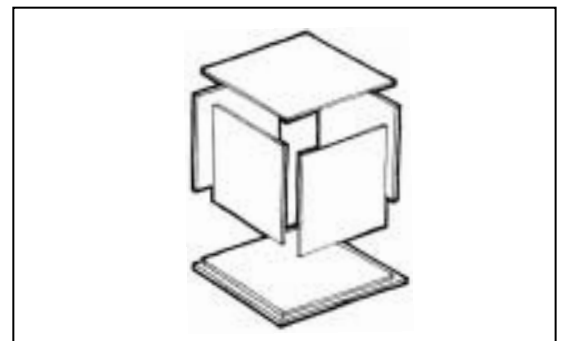
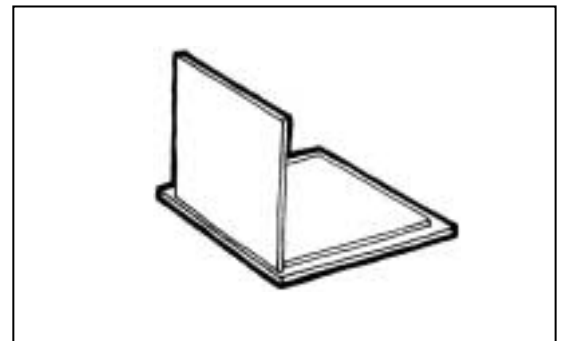
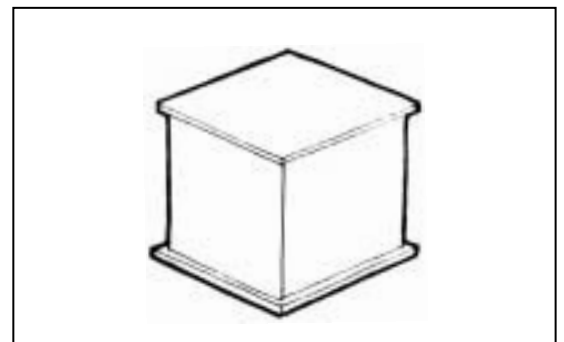
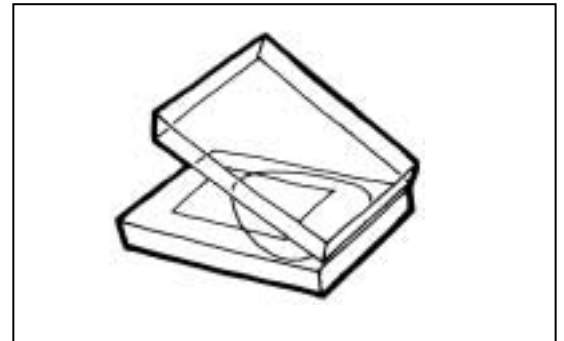
Para realizar operaciones de maquinado, es necesario dejar reposar durante un tiempo de 24 a 48 horas.

PRODUCTO	CUBO O CAPELO
Técnica de adhesión:	Adhesivo polimerizable
Grupo de adhesivo:	Adhesvo polimerizable
Adhesivo utilizado:	Ad-Cryl III o Ad-Cryl Pg-Plus
Tipo de Unión:	Ángulo a 90°

**Características del producto**

Se puede hacer un cubo de acrílico con pocas piezas, partiendo de que la pieza núm.1 base y tapa, son piezas iguales, de mayores dimensiones (aproximadamente 5 mm.) y con un pequeño escalón para que se apoyen las cuatro capas del cubo.

Una vez colocada la pieza núm. 2, con ayuda de una plantilla o escantillón para que se mantenga en posición horizontal, con un dosificador se puede rellenar la junta, inclusive se puede biselar la pieza núm. 2 para que sea mas fácil depositar el adhesivo. Esta operación se realiza cuatro veces. Es conveniente no mover la pieza hasta que se haya polimerizado (aproximadamente una hora).

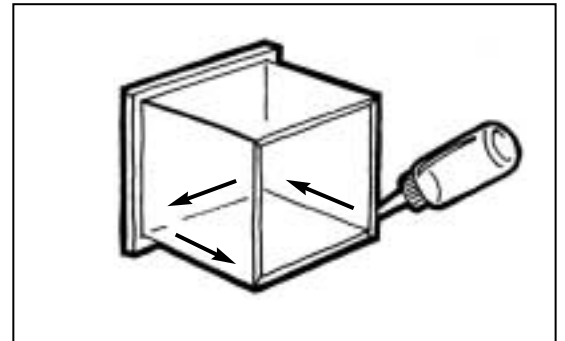


## Esquinero protector de muros

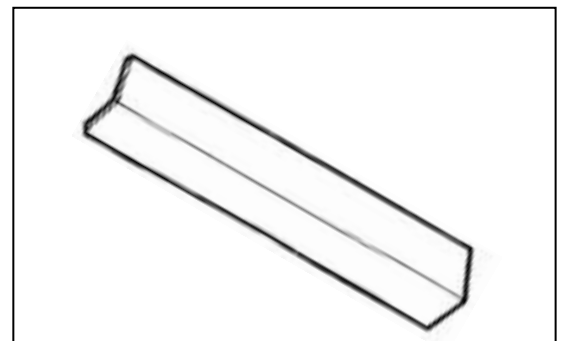
Después se gira la pieza para rellenar con adhesivo en la junta exterior e interior, repitiéndose el proceso las veces necesarias. El último paso consiste en pegar la base, para lo cual hay que invertir el cubo semipegado y proceder a pegar con el dosificador, como se realizó al principio de la operación.

Observaciones.

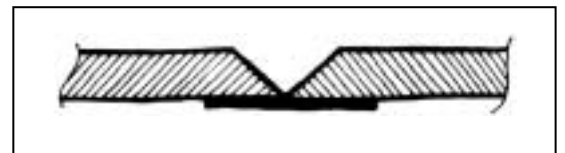
Para maquinar la pieza será necesario esperar de ocho a doce horas. Las aristas deberán ser rectificadas con router y broca de balero.



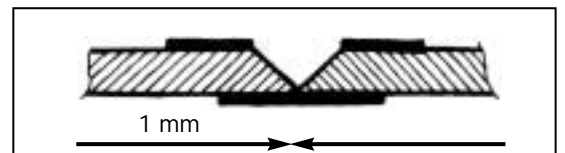
PRODUCTO	ESQUINERO
Técnica de adhesión:	Adhesivo polimerizable
Grupo de adhesivo:	Adhesivo polimerizable
Adhesivo utilizado:	Ad-Cryl III o Ad-Cryl Pg-Plus
Tipo de Unión:	Ángulo a 45°



En general, una unión en ángulo a 45° siempre es más conveniente realizarla en espesores arriba de 4 mm, especialmente si la pieza es muy larga.



La pieza núm.1 deberá ser biselada a 45°, ya sea con router y broca de 90° o con sierra de banco y el disco girado a 45°.



Como segundo paso, es necesario enmascarillar con cinta celofán (diurex), como se ilustra en el dibujo.

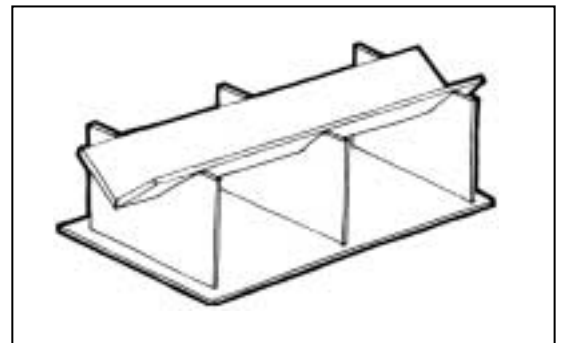
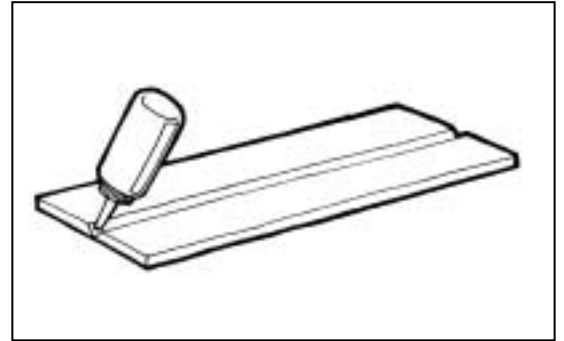
Es importante que las piezas no estén totalmente pegadas; es mejor que tengan, aproximadamente, de uno a dos milímetros de separación.

Estando las piezas colocadas en un plano, se deposita adhesivo con el dosificador y se coloca en un perfil de aluminio con soportes (como se ilustra). Es importante que la mesa donde se hace el pegado esté bien nivelada.

Una vez que el adhesivo empieza a hacer reacción (esto se puede determinar por el grado de viscosidad que presenta éste), habrá que retirar la cinta celofán antes de que polimerice totalmente, de lo contrario ya no podrá retirarse y quedará como parte de la pieza. En este tipo de pegado es más recomendable trabajar con Ad-Cryl Pg-Plus por ser más viscoso, o con Ad-Cryl III, una vez que la reacción empieza a incrementar la viscosidad.

Observaciones.

Para maquinar la pieza será necesario dejar reposar esta de ocho a doce horas.



## Guía de problemas y soluciones

DEFECTO	CAUSA POSIBLE	SOLUCIÓN SUGERIDA
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Craqueo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Superficie o cantos pulidos o brillados</li> <li>• Adhesivos polimerizable sobre catalizado</li> <li>• Excesiva presión al pegar</li> <li>• Esfuerzos residuales en la lámina</li> <li>• Adhesivos o solventes muy agresivo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No pulir o brillar superficie y cantos</li> <li>• Verificar formulación, cambiar por una formulación más lenta</li> <li>• Disminuir presión</li> <li>• Acondicionar la lámina en horno (templado)</li> <li>• Cambiar de adhesivo</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Burbujas en cantos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Canto con demasiada huella de corte</li> <li>• Solvente utilizado, no es el adecuado</li> <li>• Técnica de pegado deficiente</li> <li>• Poca presión</li> <li>• Exceso de presión por poco tiempo</li> <li>• Adhesivo inadecuado y/o tipo de unión</li> <li>• Asentamiento inadecuado</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Asentar con lijadora o router</li> <li>• Cambiar a otro tipo de adhesivo más viscoso</li> <li>• Realizar pruebas de pegado</li> <li>• Practicar técnica</li> <li>• Mantener presión por más tiempo</li> <li>• Cambiar a otro tipo de adhesivo y/o tipo de unión</li> <li>• Rectificar cantos</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Burbujas en superficies</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Exceso de presión por poco tiempo</li> <li>• Se está utilizando un adhesivo tipo solvente</li> <li>• Técnica de pegado deficiente</li> <li>• Poca presión</li> <li>• Exceso de presión por poco tiempo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mantener presión constante por más tiempo</li> <li>• Cambiar a un adhesivo de tipo polimerizable</li> <li>• Realizar pruebas de pegado</li> <li>• Practicar técnica</li> <li>• Aumentar presión</li> <li>• Mantener presión por más tiempo</li> <li>• Para eliminar burbujas ocluidas aplicar presión del centro hacia afuera</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Haze o nebulosidad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contacto con vapores de solventes</li> <li>• Superficie con grasa o silicones</li> <li>• Presencia de humedad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Menor tiempo de contacto con solvente</li> <li>• Limpiar con agua y jabón o hexano</li> <li>• Secar superficie</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Amarillamiento de la unión</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Adhesivo polimerizable sobre catalizado</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verificar formulación</li> </ul>

DEFECTO	CAUSA POSIBLE	SOLUCIÓN SUGERIDA
<ul style="list-style-type: none"> <li>Despegado o delaminado</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Exceso de presión</li> <li>Superficie con grasas o silicones</li> <li>No respetar tiempo de pegado o secado</li> <li>Mal asentamiento de la unión</li> <li>Excesiva presión, provocando una capa muy delgada de adhesivo</li> <li>Adhesivo inadecuado</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Disminuir presión</li> <li>Limpia superficie con agua y jabón o hexano</li> <li>Verificar tiempos de secado o polimerizado</li> <li>Rectificar asentamiento de la unión</li> <li>Disminuir presión para dejar una capa más gruesa de adhesivo</li> <li>Cambiar a un adhesivo de tipo polimerizable</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Pobre resistencia a la torsión, flexión o tracción</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Adhesivo inadecuado</li> <li>Tipo de unión poco resistente</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cambiar a un adhesivo de tipo polimerizable</li> <li>Cambiar a otro tipo de unión</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Curado incompleto (consistencia de gel)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Adhesivo polimerizable catalizado deficientemente</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Verificar y corregir formulación</li> </ul>



## Apéndice

RESISTENCIA QUÍMICA DE LA LÁMINA ACRÍLICA PLASTIGLAS			
RESISTE		NO RESISTE	
Agua:	Inclusive con tratamiento normal de cloro para albercas	Disolventes orgánicos:	Tolueno Benceno Cloruro de metileno
Alcalis:	Hidróxido de sodio (sosa cáustica) Hidróxido de potasio (potasa cáustica)	Hidrocarburos aromáticos:	Thinner Tolueno Benceno
Sales inorgánicas:	Cloruro de sodio Cloruro de magnesio Cloruro de potasio Carbonatos	Cetonas:	Metil Etil Cetona Propilcetona Cetona Acetonas
Ácidos diluidos:	Ácido acético	Esteres complejos:	Heptanoato de sodio
Hidrocarburos alifáticos:	Bencina Gasolina blanca	Hidrocarburos clorados:	Tetracloruro de carbono Cloroformo
Estéres simples:	Saborizantes y aromatizantes artificiales Butiratos Acrílatos Aceites minerales Petrolatos		

PROPIEDADES QUÍMICAS DE LA LÁMINA ACRÍLICA PLASTIGLAS					
PRODUCTO	CONCENTRACIÓN	RESISTENCIA		TIEMPO DE EXPOSICIÓN	OBSERVACIONES
		20° C	60° C		
Acetaldehido	100%	NR	NR		
Ácido acético	10% 100% glacial	S NR NR		5 años 1 día 3 días	Hinchado / disuelto
Anhidrido acético		UL			
Acetona	100%	NR		1 día	Disuelto
Acetonitrilio		NR			
Acetofenona		NR		28 días	Agrietado, hinchado, disuelto

PROPIEDADES QUÍMICAS DE LA LÁMINA ACRÍLICA PLASTIGLAS					
PRODUCTO	CONCENTRACIÓN	RESISTENCIA		TIEMPO DE EXPOSICIÓN	OBSERVACIONES
		20° C	60° C		
Alcohol alílico		NR		1 día	Agrietado y disuelto
Alcohol amílico		NR			
Alcohol benzílico		NR			
Alcohol butílico normal		NR		1 año	Agrietado y desintegrado
Alcohol etílico	10%	UL		1 año	Ataque ligero
	50%	UL		1 año	Ataque ligero
	100%	NR		1 año	Ataque ligero, hinchado y reblandecido
Alcohol isopropílico	10%	UL		1 año	Agrietado
	50%	UL		1 año	Agrietado
	100%	UL		1 año	Empañado con ligero ataque
Alcohol metílico	10%	UL		1 año	Ataque ligero
	50%	UL		168 días	Hinchado
	100%	NR		168 días	Hinchado 10% Incremento en peso
Sulfato de aluminio	solución saturada	S		5 años	
Amoniaco	0.880 solución líquida	S NR	UL NR		
Cloruro amonio	solución saturada	S		5 años	
Acetato de amilo		NR		28 días	Agrietado y disuelto
Anilina		NR		7 días	Agrietado y disuelto
Antraceno	solución enparafina	S		1 año	
Benzaldehido		NR		7 días	Disuelto
Benceno		NR		1 día	Disuelto
Cloruro de benzolio		NR		7 días	Disuelto
Acido butírico normal	concentrado	NR		7 días	Disuelto
Acetato de butilo		NR		10 días	Disuelto

PROPIEDADES QUÍMICAS DE LA LÁMINA ACRÍLICA PLASTIGLAS					
PRODUCTO	CONCENTRACIÓN	RESISTENCIA		TIEMPO DE EXPOSICIÓN	OBSERVACIONES
		20° C	60° C		
Butiraldehído		NR		7 días	Disuelto
Ricinoleatode butil acetilo		UL	UL	2 años	Ligero ataque en orillas
Cloruro de butilo normal		NR		7 días	Disuelto
Estearato de butilo		UL		5 años	Ligero ataque
Cloruro de calcio	solución saturada	S		3 años	Ligero ataque en orillas
Disulfurode carbono		NR		84 días	Agrietado, reblandecido e hinchado
Tetracloruro de carbono		NR		1 día	Agrietado y disuelto
Cloro	2% en agua	UL		5 años	Agrietado y ataque en la superficie
Cloroformo		NR		1 día	Disuelto
Ácido crómico	10%	S	S		Manchado
	solución saturada	5 años	6 meses	3 años	Disuelto 1/3 del peso
		NR			
		S	S		
Ácido cítrico	solución saturada	5 años	6 meses		
Meta-cresol		NR		7 días	Agrietado y disuelto
Ciclohexano		NR		2 años	Ningun ataque hasta 168 días
Ciclohexanol		NR	NR	7 días	Hinchado y disuelto
Ciclohexanona		NR	NR	7 días	Hinchado y disuelto
Ciclohexeno		NR		84 días	Reblandecido, hinchado y disuelto
Decahidronafteleno		NR		7 días	Agrietado y reblandecido
(decalina)		UL	NR	2 años	Ligera desintegración

PROPIEDADES QUÍMICAS DE LA LÁMINA ACRÍLICA PLASTIGLAS					
PRODUCTO	CONCENTRACIÓN	RESISTENCIA		TIEMPO DE EXPOSICIÓN	OBSERVACIONES
		20° C	60° C		
Ftalato de dialquilo		UL	NR		Superficie agrietada
Ftalato de dibutilo(DBP)		2 años	8 días		Disuelto
			UL	2 años	Ligera desintegración
Ftalato de dinonilo		UL	UL	2 años	Ligera desintegración
Ftalato de dioctilo (DOP)		UL	UL	2 años	Ligera desintegración
Sebacato de dialquilo		UL	UL	2 años	Agrietamiento y desintegración ligeros
Sebacato de dibutilo		UL	UL	2 años	Ligera desintegración
Sebacato de dioctilo		UL		168 días	Hinchado y reblandecido
Eter dietílico		NR		1 día	Disuelto
Dibromuro de etileno		NR		5 años	
Etil Glicol		S		1 día	Disuelto
Dicloruro de etileno		NR		3 días	Disuelto
Acetato de etilo		NR		1 día	Disuelto
Epiclorhidrina		NR		1 año	
Cloruro férrico	10%	S		5 años	
Formaldehido	40%	S	NR		
Ácido fórmico	10%	S			
	40%	5 años	168 días		
	90%	NR		7 días	
Glicerina		S		5 años	
Hexano		S		168 días	Muy ligero agrietamiento
Ácido clorhídrico	10%	S	S	168 días	Ligero agrietamiento
	concentrado	S	S	168 días	Ligero agrietamiento
Ácido cianhídrico		NR		1 día	Disuelto

PROPIEDADES QUÍMICAS DE LA LÁMINA ACRÍLICA PLASTIGLAS					
PRODUCTO	CONCENTRACIÓN	RESISTENCIA		TIEMPO DE EXPOSICIÓN	OBSERVACIONES
		20° C	60° C		
Ácido fluorhídrico	concentrado	NR		1 día	Hinchado y reblandecido
Ácido fluobórico		UL			
Peróxido de hidrógeno	10 vol	S		1 año	
Agua oxigenada	90%	NR			
Percloruro de hierro		UL			
Ácido láctico		S		3 años	Ligero ataque en orillas
Lanolina		S		3 años	Ligero Agrietamiento
Mercurio		S		5 años	
Metil quinona		S		2 años	
Metilamina		S			
Benzoato de metilo		NR		5 años	Empañado y agrietado
Metil ciclo hexanol		NR		7 días	Disuelto
Dicloruro de metileno		NR		7 días	Agrietado después de pocas horas
Metil naftaleno		NR		1 día	Disuelto
		84 días	NR		
			1 día		Disuelto
Salicilatode metilo		NR		7 días	Disuelto
Monocloruro benceno		NR		7 días	Disuelto
Nafta		NR		168 días	Agrietado y reblandecido
Naftaleno	Cristales	UL			
	Solución saturada			28 días	
	en parafina	UL			
Ácido nítrico	10%	S	S		
	40%	5 años	168 días		

PROPIEDADES QUÍMICAS DE LA LÁMINA ACRÍLICA PLASTIGLAS					
PRODUCTO	CONCENTRACIÓN	RESISTENCIA		TIEMPO DE EXPOSICIÓN	OBSERVACIONES
		20° C	60° C		
	100%	NR		24 horas	Hinchado
Nitro benceno		NR		7 días	Agrietado y disuelto
Octano normal		UL		168 días	Ligero agrietamiento
Combustible de aviación de 100 octanos		UL		168 días	Ligero agrietamiento
Aceites para transformadores		S		5 años	Manchado
Diesel		S		2 años	Superficie empañada
Oliva		S		5 años	Ligero agrietamiento
Silicón	R220	UL		1 año	
	F130	UL		1 año	
	M441	NR		1 año	Hinchado
	F110	UL		1 año	
Ácido oxálico	Solución saturada	S	S		
		5 años	168 días		
Parafina medicinal		S		5 años	
Percloroetileno		NR		5 años	Agrietado
Eter de petróleo 100-120		S		5 años	Ligero agrietamiento
Fenol		NR		7 días	Disuelto
Ácido fosfórico	10%	S	S		
	40%	5 años	168 días		
	95%	NR		7 días	Agrietado
Piperidina		NR		1 día	
Clorato de potasio	Solución saturada	S		5 años	
Dicromato de potasio	10%	S		5 años	Ligeramente manchado

PROPIEDADES QUÍMICAS DE LA LÁMINA ACRÍLICA PLASTIGLAS					
PRODUCTO	CONCENTRACIÓN	RESISTENCIA		TIEMPO DE EXPOSICIÓN	OBSERVACIONES
		20° C	60° C		
Hidróxido de potasio	Solución saturada	S	S	168 días	
Permanganato de potasio	N/10 solución	S		5 años	Manchado
Polipropileno					
Adipato		S	UL	2 años	Ligero ataque
Laurato		S	UL	2 años	Ligero ataque
Sebácato		S	UL	2 años	
Acido sebácico		S		2 años	
Carbonato de sodio	Solución saturada	S	S		
		5 años	168 días		
Clorato de sodio	Solución saturada	S		5 años	
Hidróxido de sodio	Solución saturada	S	S	5 años	
		5 años	168 días		
Hipoclorito de sodio	10% cloro	S		5 años	
Tiosulfato de sodio	40%	S		5 años	
Ácido sulfúrico	10%	S	S		
		5 años	168 días		
	30%	S	S	1 año	Ligero ataque en orillas
	98%	NR	NR	1 día	Hinchado
Ácido tartárico	Solución saturada	S	S		
		5 años	168 días		
Tetra hidrofurano		NR		1 día	Disuelto

## Acondicionamiento de lámina acrílica

PROPIEDADES QUÍMICAS DE LA LÁMINA ACRÍLICA PLASTIGLAS					
PRODUCTO	CONCENTRACIÓN	RESISTENCIA		TIEMPO DE EXPOSICIÓN	OBSERVACIONES
		20° C	60° C		
Tetrahidronaftaleno		NR		después de 168 días	Agrietado y reblandecido
				después de 1 año	Superfides Disueltas
Toluol		NR		7 días	Disuelto
Tricloroetano		NR		1 día	Disuelto
Tricloretileno		NR		1 día	Disuelto
Fosfato de tricresilo		NR	NR		Ataque en la superficie
		2 años	28 días		Agrietado
Fosfato de trixilenio		NR	NR		Reblandecido
		2 años	28 días		
Agua		S		5 años	
Gasolvente		S		5 años	Ligero agrietamiento
Xilol		NR		7 días	Disuelto

La mayoría de los materiales como metal, cerámica, madera, vidrio y plástico, modifica su estructura interna cuando son procesados. De esta manera, en el acrílico sucede lo mismo cuando ejecutamos operaciones de corte con equipos convencionales, como sierras o routers; muchas veces el calentamiento generado por la fricción de la herramienta de corte con el material, produce una acumulación de esfuerzos internos en las cadenas poliméricas. Cuando estos esfuerzos internos son excesivos y las piezas son pegadas, se da el craqueo, que no es más que el reacondicionamiento de las cadenas poliméricas para relevar el esfuerzo.

Con los equipos de corte no convencionales, como el corte de láser o agua a presión, esto no sucede porque el calentamiento que pudiera generarse en la zona es mínimo.

Cuando se utiliza equipo de corte convencional, estos esfuerzos internos pueden ser eliminados desde el principio seleccionando las herramientas con las especificaciones recomendadas, y que se encuentren en buenas condiciones y filo adecuado.

Puesto que el acrílico tiene una conductividad térmica mas baja que los metales, tenderá a reblandecerse si se genera exceso de calor; en consecuencia, es necesario



seleccionar el equipo de corte, la herramienta y la velocidad de alimentación. El enfriamiento por medio de aire, agua, aceite o líquidos especiales, es una forma efectiva de evitar el sobrecalentamiento.

En la lámina acrílica PLASTIGLAS (fabricada con el proceso de cell-cast) no es necesario el enfriamiento durante el proceso de corte cuando se trabaja con espesores delgados (1.5 a 6.0 mm.), no obstante, en lámina acrílica extruida del mismo rango de espesores es más fácil generar esfuerzos internos que producirán craqueos.

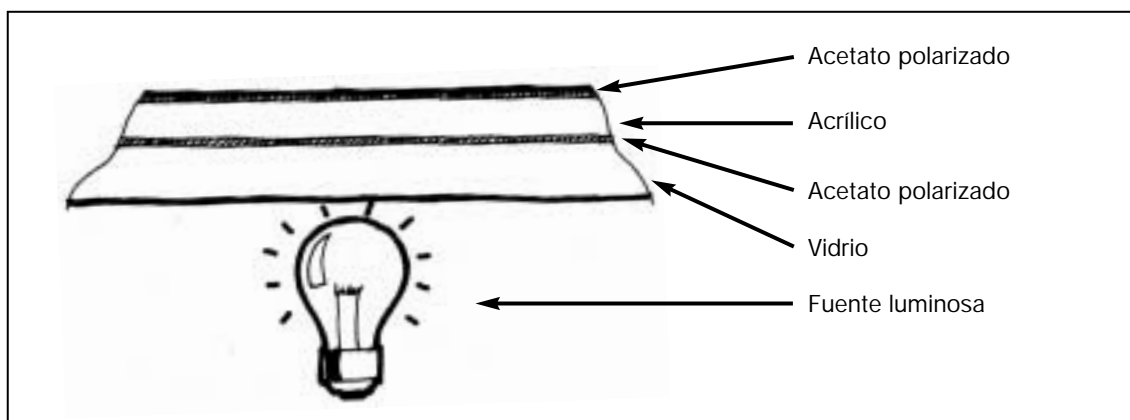
En espesores gruesos es necesario seleccionar un equipo de corte adecuado (sierras industriales con motores de 3 a 5 H.P.), así como contar con un disco de 12 a 14 pulgadas de diámetro y con un menor número de dientes (de 48 a 52) con pastillas de carburo de tungsteno, disminuir la velocidad de alimentación y enfriar por medio de aire, agua o líquidos refrigerantes.

Una forma práctica de establecer si la lámina de acrílico tiene esfuerzos internos después del corte, es colocando la pieza en una pantalla (cualquier fuente luminosa puede utilizarse).

Entre la fuente luminosa y la pieza de acrílico se coloca un vidrio o acetato polarizado y, finalmente, sobre la pieza de acrílico otro vidrio o acetato polarizado; este último tendrá que ser girado. Si se observa cambio en la tonalidad del polarizado, entonces ahí se tienen esfuerzos internos.

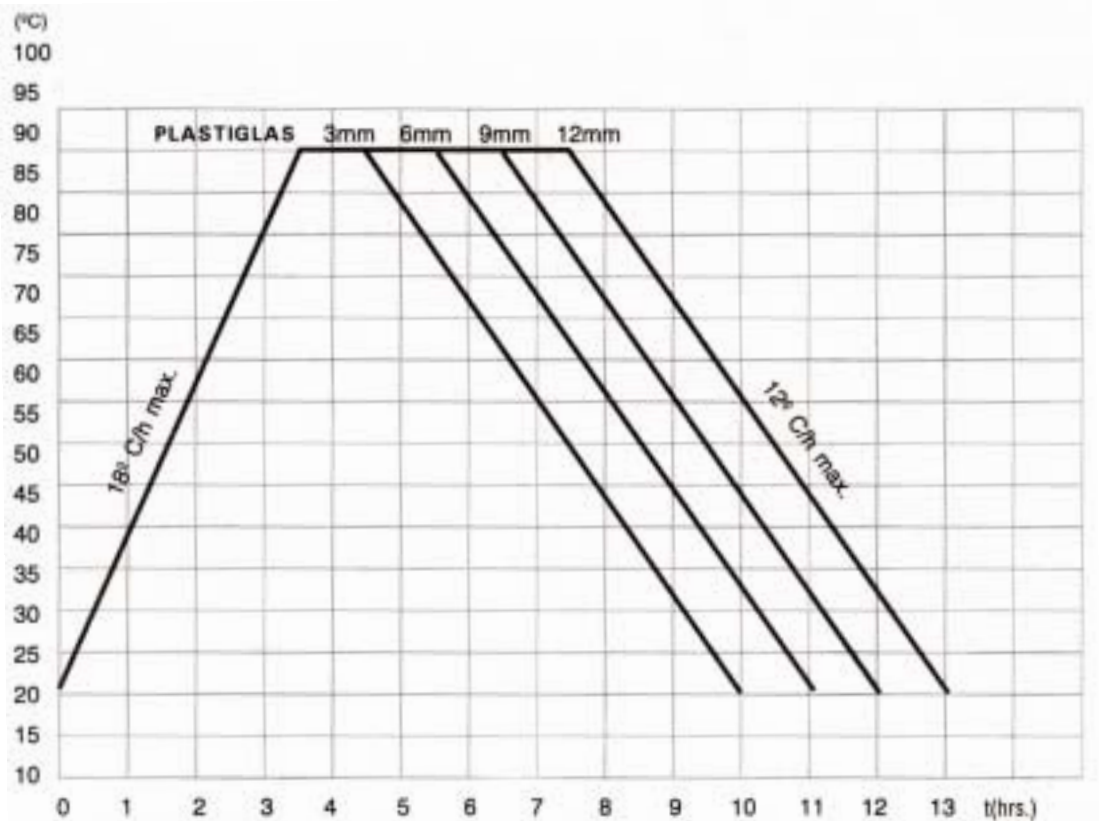
El acondicionamiento de lámina acrílica consiste en relevar o reducir los esfuerzos internos por medio de un tratamiento térmico al material. A continuación se muestra una tabla de acondicionamiento para lámina acrílica PLASTIGLAS.

Este acondicionamiento o templado de lámina acrílica, ayudará eficazmente a la estabilidad dimensional de la pieza, así como a una mejor resistencia al craqueo.



Dibujo N° 10

### Acondicionamiento o templado de lámina acrílica PLASTIGLAS



## Glosario de términos

### ADHERENCIA

Cuando un cuerpo es unido a otro por medio de un adhesivo.

### ADHESIVO

Substancia capaz de unir materiales por medio de un enlace superficial.

### ADHESIÓN

Fenómeno en donde las superficies son unidas por fuerzas de interfase.

### CEMENTO

Ver "Adhesivo" o "Cemento-solvente".

### CEMENTO-SOLVENTE

La disolución de un polímero en un solvente.

### COHESIÓN

Fenómeno en donde las partículas de una sustancia son unidas por fuerzas de valencia primarias o secundarias.

### CRAQUEO

Cuartheaduras muy finas, como cabellos, que se extienden en la zona de pegado, ya sea de la superficie del material o del estrato del adhesivo.

### DELAMINACIÓN

Separación de los estratos en un laminado, dado por defecto del adhesivo.

### ENSAMBLE

Grupo de materiales o de partes, incluyendo el adhesivo, que son unidos por medio del pegado.

### JUNTA

Lugar en donde son unidos dos materiales.

### LAMINADO

El producto hecho por pegado, de dos o más estratos de un material o materiales.

### LAMINACIÓN

El proceso de preparar un laminado.

### PEGAMENTO

Término genérico y sinónimo de "Adhesivo". Originalmente fue una gelatina duraobtenida de tendones, cartílagos y huesos de animales.

### TIEMPO DE ALMACENAMIENTO

El período de tiempo durante el cual un adhesivo puede ser conservado en su envase bajo las condiciones de temperatura específicas, sin perder sus características de uso

### UNIÓN

El enlace de un material con otro, por medio de un adhesivo.



**IMPORTANTE:** PLASTIGLAS de México S.A. de C.V. no asume ninguna responsabilidad legal por las sugerencias y datos proporcionados en este manual, mismos que están basados en información que consideramos verdadera, la ofrecemos de buena fé, pero sin garantía, debido a que las condiciones de transformación y uso del producto están fuera de nuestro control.