



Universidad
Politécnica
de Cartagena

PROYECTO FIN DE CARRERA

UNIONES ADHESIVAS Y SUS APLICACIONES NAVALES.



ALUMNO:

FERNANDO SÁNCHEZ MATRÁN

DIRECTOR DEL PROYECTO:

ISIDORO J. MARTINEZ MATEO



Alumno:

F.S.M.

Especialidad:

I.T. Naval Estructuras Marinas

16/02/2010

INDICE

Pág. 1

INDICE



Alumno:	F.S.M.	Especialidad:	I.T. Naval Estructuras Marinas	16/02/2010
INDICE				Pág. 2

1. OBJETIVOS.

2. INTRODUCCIÓN.

2.1. DESARROLLO HISTORICO.

2.2. INTRODUCCIÓN.

3. FORMACIÓN DE LA UNIÓN.

3.1. ADHESIÓN, ADHERENCIA, COHESIÓN Y COHERENCIA.

3.2. ENERGIA SUPERFICIAL.

3.3. ESTADO SUPERFICIAL.

3.4. ESPESOR.

3.5. PROCESOS DE CURADO.

3.6. MODOS DE FALLO.

4. DISEÑO Y RESISTENCIA DE LA UNIÓN ADHESIVA.

4.1. PRINCIPIOS BASICOS.

4.2. TRATAMIENTO SUPERFICIAL.

4.3. COMPORTAMIENTO DE LA UNIÓN FRENTE A LOS ESFUERZOS.

4.4. FACTORES INFLUYENTES EN LA RESISTENCIA A LA UNIÓN.

4.5. DISEÑO DE UNIONES TIPICAS PARA ADHERENTES PLANOS.

4.6. RENDIMIENTO DE LAS JUNTAS ADHESIVAS FRENTE A AGENTES EXTERNOS.

4.7. UNIONES ESTRUCTURALES.



Alumno:	F.S.M.	Especialidad:	I.T. Naval Estructuras Marinas	16/02/2010
INDICE				Pág. 3

5. CLASIFICACION DE LOS ADHESIVOS.

5.1. ADHESIVOS PREPOLIMERIZADOS.

5.2. ADHESIVOS REACTIVOS.

5.2.1. ADHESIVOS REACTIVOS RIGIDOS.

5.2.2. ADHESIVOS REACTIVOS TENACES.

5.2.3. ADHESIVOS REACTIVOS FLEXIBLES.

6. APLICACIONES INDUSTRIALES.

6.1. INDUSTRIA DE LA AUTOMOCIÓN.

6.2. INDUSTRIA AERONAUTICA.

6.3. INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN.

6.4. INDUSTRIA NAVAL.

7. TRATAMIENTOS SUPERFICIALES.

8. ALMACENAMIENTO Y CONSERVACION DE LOS ADHESIVOS.

9. CONTROL DE CALIDAD Y ENSAYOS.

9.1. CONTROL DE CALIDAD.

9.2. NO DESTRUCTIVOS.

9.3. DESTRUCTIVOS

10. CONSIDERACIONES FINALES.

11. BIBLIOGRAFIA.



Alumno:

F.S.M.

Especialidad:

I.T. Naval Estructuras Marinas

16/02/2010

OBJETIVOS

Pág. 4

1. OBJETIVOS.

	Alumno:	F.S.M.	Especialidad:	I.T. Naval Estructuras Marinas	16/02/2010
	OBJETIVOS				Pág. 5

❖ **OBJETIVOS.**

El fin principal de este proyecto es el estudio de los adhesivos industriales aplicados a la industria de la construcción naval.

Los objetivos concretos que persigue el proyecto son:

- Aportar al lector un mayor conocimiento de la teoría de los adhesivos.
- Conocer distintas aplicaciones de los adhesivos en la construcción naval.
- Facilitar la elección del adhesivo correcto para según qué aplicaciones.
- Facilitar la aplicación del adhesivo en distintos ámbitos de la construcción naval.



Alumno:

F.S.M.

Especialidad:

I.T. Naval Estructuras Marinas

16/02/2010

INTRODUCCIÓN

Pág. 6

2. INTRODUCCIÓN.



Alumno:

F.S.M.

Especialidad:

I.T. Naval Estructuras Marinas

16/02/2010

INTRODUCCIÓN

Pág. 7

2.1. Desarrollo histórico.

El empleo de los adhesivos no es fenómeno del siglo XX, ya en los tiempos antiguos, hay manifestación de su uso. Por ejemplo, esculturas en Tebas que datan de hace 3300 años, describen el encolado de delgadas piezas de chapeado en un tablón de madera; los egipcios, empleaban adhesivos de caseína, almidones y azúcares para unir las hojas de los papiros; los romanos, aplicaban laminas de oro sobre papel, empleando como adhesivo la clara de huevo; documentos chinos que datan del año 1000 a. de J.C., hablan del uso de sustancias obtenidas de la boca del esturión para su empleo, como colas aplicables en la construcción de embarcaciones.

Si nos acercamos más a nuestra época, aparece, a finales del siglo XVII, en Holanda la primera planta industrial para la producción de colas animales; en el siglo XVIII, en Inglaterra se obtiene la primera patente para la fabricación de colas de pescado, y ya finalizando este siglo, se patenta el uso del caucho natural como adhesivo.

A lo largo del siglo XIX se suceden las comercializaciones y patentes de adhesivos con base a las sustancias mencionadas, es decir colas animales y colas de pescado, principalmente y caucho.

A finales del siglo pasado, y con el incipiente desarrollo de la química orgánica, hacen su aparición las primeras patentes de adhesivos orgánicos sintéticos que se van incrementando lentamente durante las dos primeras décadas del siglo XX. Se trataba principalmente de adhesivos de urea-formaldehidos y fenólicos, comenzando a aparecer otras resinas de aplicación.

En el periodo que va desde los años 30 a los 50, el desarrollo de los adhesivos orgánicos sintéticos alcanza niveles cada vez más altos, el laboratorio de ensayos que desgraciadamente supuso la primera guerra mundial, sirvió de gran ayuda a este desarrollo que desde entonces no se ha detenido.



Alumno:

F.S.M.

Especialidad:

I.T. Naval Estructuras Marinas

16/02/2010

INTRODUCCIÓN

Pág. 8

La producción industrial del adhesivo y la concepción como elemento de unión estructural que introduce la industria aeronáutica, revoluciona a partir de los años 40, la imagen de “pegamento” que tenían los adhesivos, haciendo posible proyectos de difícil ejecución con métodos tradicionales de unión.

Este concepto de estructural dado a los adhesivos que inicialmente se aplico a adhesivos termoestables con modulo elástico alto empleados a estructuras metálicas sometidas a esfuerzos, debe ser considerado bajo el punto de vista de la aplicación del adhesivo.

Los resultados obtenidos en una unión, dependen no solo del adhesivo sino también de la resistencia mecánica de los materiales que se unen y del estado de cargas a que se someta la junta.

Varias razones impulsaron a la industria aeronáutica a emplear los adhesivos, pero así como esta industria acepto y aplico este nuevo método de unión, otras industrias han estado menos dispuestas a acomodarse a los requerimientos que supone la unión con adhesivos, debido, esencialmente, a que los técnicos desconocen sus propiedades.

Si bien las uniones clásicas pueden responder a solicitudes o condiciones mecánicas de trabajo duras, no por ello se deben de omitir una serie de problemas que se derivan de estas uniones, tales como: máximos de tensiones en orificios, repartos no uniformes de tensiones, corrosión galvánica, etc.

Un ejemplo, lo tenemos en el campo de la arquitectura, que desde hace unos años ha ido incrementando su aplicación, no solo en los materiales base de la construcción como es el cemento, con la adición mediante adhesivos, de cemento nuevo en estructuras viejas, sino en aplicaciones de acero, aluminio, plástico, etc., en marcos de ventanas, paneles exteriores de recubrimiento, cúpulas de instalaciones deportivas, etc., elementos de interiorismo, esculturas, monumentos y todo un extenso campo para el mundo del diseño tan en auge hoy en día.



Alumno:

F.S.M.

Especialidad:

I.T. Naval Estructuras Marinas

16/02/2010

INTRODUCCIÓN

Pág. 9

En el sector alimentario el adhesivo a permitido la evolución de los envases hacia sistemas más ligeros, prácticos, menos costosos, y sin los problemas de corrosión que presentaban los envases metálicos.

Los avances en la tecnología de las resinas han dado como resultado nuevas generaciones de adhesivos que combinan alta resistencia al esfuerzo cortante, pelado, desgarramiento y al impacto, sometidas bajo cargas, con un buen comportamiento a elevadas temperaturas y bajo severas condiciones ambientales. Su aceptación y la segunda industria, después de la aeronáutica, que ha introducido el adhesivo con mayor incidencia es la industria de la automoción.

Hoy en día se cuentan por millares las toneladas de productos adhesivos que cada mes se fabrican y emplean. Los adhesivos sintéticos han supuesto un gran avance frente a los antiguos adhesivos de origen vegetal y animal, especialmente por la mayor resistencia de las uniones y la gran estabilidad frente a los agentes físicos, químicos y biológicos.

La resistencia y la estabilidad obtenida con la unión mediante adhesivos, no son los únicos criterios que deciden su empleo, también intervienen y de un modo primordial los criterios económicos.

Cuanto más sencillo sea de el método de aplicación, y menos tiempo requiera el proceso, tanto más adecuado será en la práctica.



2.2 Introducción a los adhesivos.

El estudio de los adhesivos requiere la utilización de conceptos fundamentales dispersos en distintos campos del conocimiento. En la figura 1.1 se incluyen las disciplinas científicas que son relevantes. Ciencias primarias como física, química y mecánica solapan en ciertas áreas para formar las disciplinas de Ciencias de Superficies, Materiales Poliméricos y Diseño de la unión que son importantes para la ciencia de la adhesión. También hay segmentos de estas ciencias tales como Reología de Polímeros y Mecánica de la Fractura que son altamente relevantes. Todas estas disciplinas han contribuido significativamente a la formación de un cuerpo de doctrina conocido como ciencia de la adhesión, y como consecuencia al establecimiento de los adhesivos como productos industriales de importancia creciente en todos los campos de la ingeniería, sin olvidar, como es lógico, los aspectos económicos inherentes a cada proceso.

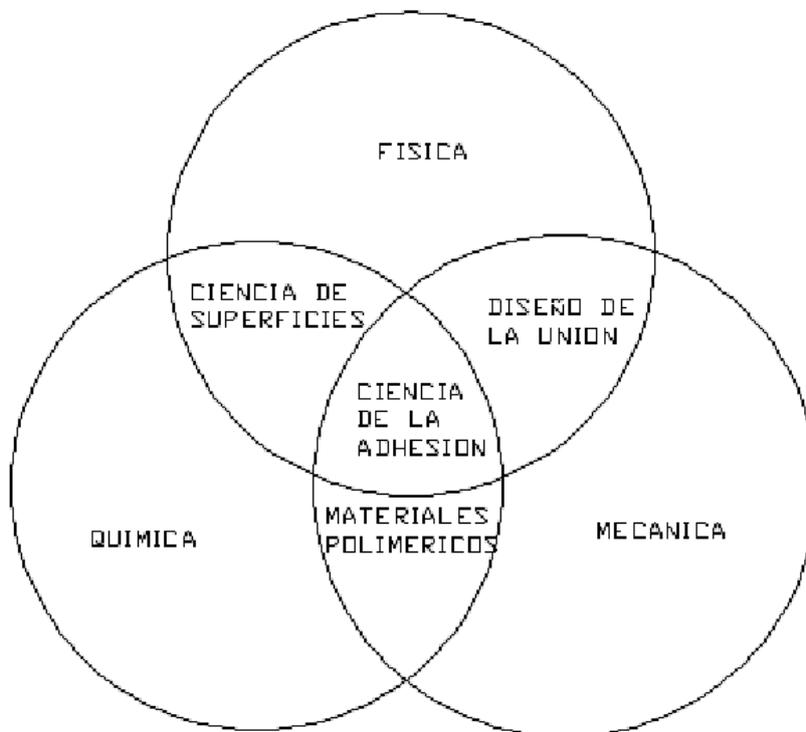


Fig. 2.1 Disciplinas influyentes en el estudio de los adhesivos.



Alumno:

F.S.M.

Especialidad:

I.T. Naval Estructuras Marinas

16/02/2010

INTRODUCCIÓN

Pág. 11

La elección del método de unión más adecuado para una aplicación concreta requiere considerar una serie de factores, tales como los recogidos en la tabla 1.1. Generalmente no hay un método simple de unión que constituya la mejor elección. Como es obvio, algunos pueden ser rápidamente eliminados en alguna situación, como por ejemplo, el empleo de adhesivos en situaciones que requieran muy altas temperaturas de servicio; o el ejemplo de la soldadura en materiales cerámicos; puesto que como es sabido es posible unir cerámicos mediante soldadura por difusión. Sin embargo, la unión mediante adhesivos suele ser la más adecuada cuando se trata de unir materiales físicamente disimilares o metalúrgicamente incompatibles, polímeros termoestables, cerámicos, elastómeros, materiales muy delgados o sustratos de tamaño muy pequeño. La unión adhesiva, generalmente, también es adecuada cuando se trata de unir áreas grandes o cuando el empleo de adhesivos supone grandes mejoras en cuanto a la productividad.



Alumno:

F.S.M.

Especialidad:

I.T. Naval Estructuras Marinas

16/02/2010

INTRODUCCIÓN

Pág. 12

	Soldadura	Soldadura fuerte y blanda	Unión mecánica	Unión adhesiva
Características de la unión				
Permanencia	Uniones permanentes	Usualmente permanentes (la soldadura blanda puede ser no permanente)	Tornillos y remaches permiten desmontaje.	Uniones permanentes.
Distribución de tensiones	Puntos locales de tensiones en la estructura	Bastante buena distribución de tensiones	Localización de altas tensiones en los elementos de unión	Buena distribución uniforme de cargas en solape
Aspecto	Usualmente el aspecto de la unión es aceptable	Buen aspecto de las uniones	Discontinuidades de las superficies algunas veces inaceptables	La superficie no queda marcada. La unión es casi imperceptible
Materiales a unir	Generalmente limitada a materiales similares	Alguna capacidad de unión de materiales disimilares	Se pueden unir la mayoría de combinaciones de materiales	Ideal para uniones de materiales disimilares
Resistencia al calor	Muy alta	Limitada por el metal de aporte	Alta	Limitada
Resistencia mecánica	Necesarias medidas especiales para aumentar la resistencia a la fatiga	Bastante buena resistencia a las vibraciones	Necesarias medidas especiales para aumentar la resistencia al a fatiga y para evitar la reducción del par de apriete	Excelente resistencia a la fatiga y a los fenómenos de corrosión

Tabla 2.1. Comparación general de las características de los procesos de unión.



Alumno:

F.S.M.

Especialidad:

I.T. Naval Estructuras Marinas

16/02/2010

FORMACIÓN DE LA UNIÓN

Pág. 13

3. FORMACIÓN DE LA UNIÓN.



Alumno:	F.S.M.	Especialidad:	I.T. Naval Estructuras Marinas	16/02/2010
FORMACIÓN DE LA UNIÓN				Pág. 14

3. Formación de la unión.

En la actualidad, se dispone de una gran variedad de adhesivos que posibilita el que materiales muy diversos puedan unirse de forma efectiva y económica. La elección del adhesivo para unir dos superficies, especialmente, si son materiales diferentes no resulta tarea fácil ya que para obtener resultados óptimos hay que considerar muchos aspectos de los que a continuación vamos a analizar alguno de ellos.

3.1. Adhesión, adherencia, cohesión y coherencia.

Estos conceptos surgen varias y repetidamente cuando se habla de adhesivos y de los mecanismos de unión, por ello considero conveniente hacer alguna aclaración de los mismos.

Se puede definir la “adhesión” como la acción de las fuerzas que se oponen a la separación de las moléculas que pertenecen a diferentes cuerpos, siendo por tanto la “adherencia” la acción de las fuerzas que se oponen a la separación de diferentes cuerpos materiales.

El concepto de cohesión se refiere a la unión de moléculas de un mismo cuerpo, definiéndose como la acción de las fuerzas que se oponen a la separación de las moléculas de un cuerpo heterogéneo.

Es por tanto importante no confundir los términos, adhesión y cohesión. La cohesión como la adhesión se definen por las relaciones existentes entre las moléculas, (moléculas de un mismo cuerpo para la cohesión) y moléculas pertenecientes a distintos cuerpos para la adhesión.

Por ejemplo, si tomamos dos pedazos de caucho natural y los amasamos forman un cuerpo único y hablaremos, por tanto, de cohesión de la masa, mientras que si esos dos pedazos los aplicamos uno contra otro, el concepto cambia, tratándose ahora de adhesión.

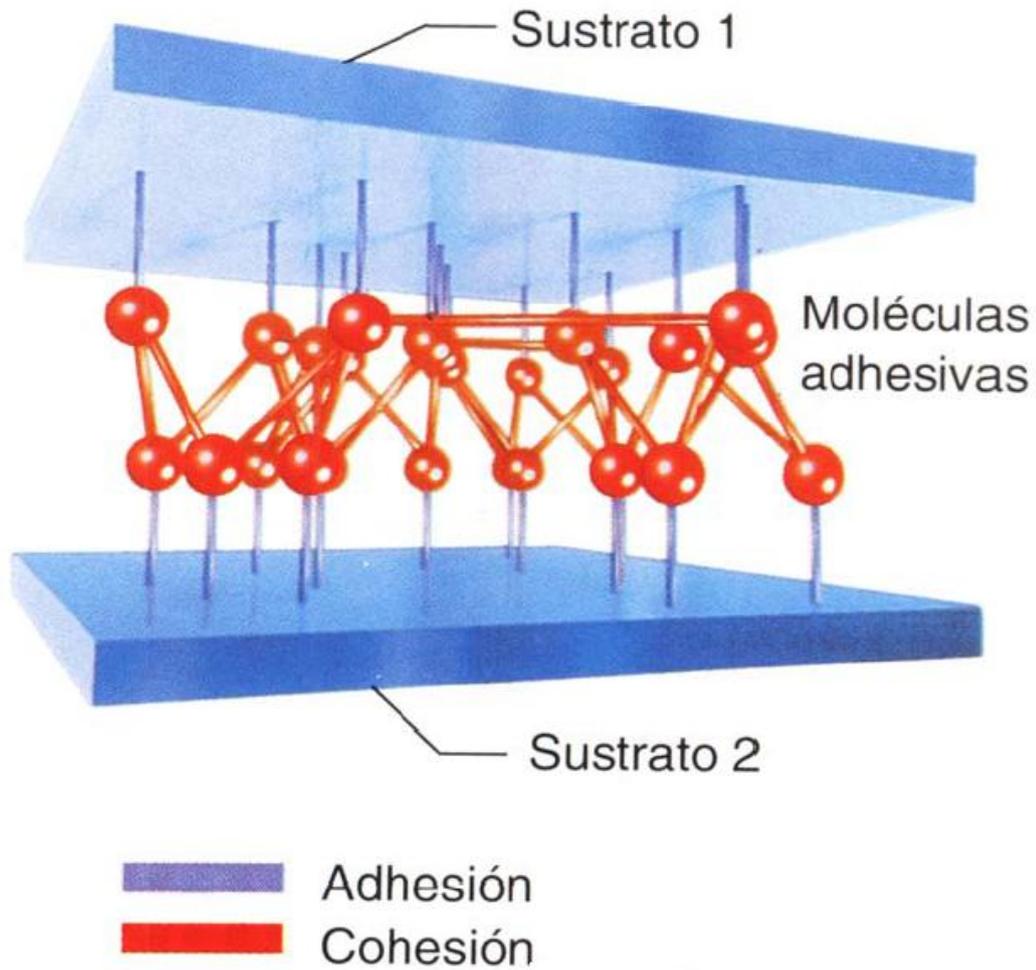
**FORMACIÓN DE LA UNIÓN**

Fig.3.1. Adhesión y cohesión.

El fenómeno de la adhesión ha sido objeto de un profundo estudio durante las últimas décadas. Sin embargo, no existe una teoría unificada que explique el fenómeno en conjunto, sino diferentes modelos que justifican cada caso particular. En la mayoría de los casos, ninguna de ellas por sí sola, sería capaz de explicar plenamente el fenómeno de la adhesión, siendo necesaria la combinación de varias.

Es por ello que en los libros de texto aparecen descritas todas ellas. Básicamente, se pueden distinguir dos tipos de fenómenos en la interfase sustrato-adhesivo: los de tipo físico y los de tipo químico. Las diferentes teorías pueden encuadrarse dentro de esta primera división:



Alumno:	F.S.M.	Especialidad:	I.T. Naval Estructuras Marinas	16/02/2010
FORMACIÓN DE LA UNIÓN				Pág. 16

1. Fenómenos físicos:

- a) Modelo de adhesión mecánica.
- b) Teoría de la difusión.
- c) Teoría eléctrica.

2. Fenómenos químicos:

- a) Teoría de la adsorción termodinámica o mojado superficial.

Existen teorías modernas que incluyen los efectos debidos a las propiedades cohesivas del adhesivo y a la aparición de capas débiles en los sustratos.

- El modelo de adhesión mecánica.

Es el primero y más antiguo de todos. Según este modelo, la adhesión se debe a un anclaje del polímero (adhesivo) en los poros y rugosidades superficiales del sustrato. La penetración del adhesivo en la orografía superficial del sustrato provoca que la zona de contacto real entre los dos materiales sea varias centenas de veces superior a la correspondiente a la superficie aparente de contacto. Por tanto, rugosidad y porosidad son factores favorables a la adhesión. Es preciso asegurar una buena humectabilidad del sustrato por el adhesivo, puesto que las cavidades no alcanzadas por el adhesivo constituyen puntos potenciales de iniciación de rotura de la unión adhesiva.

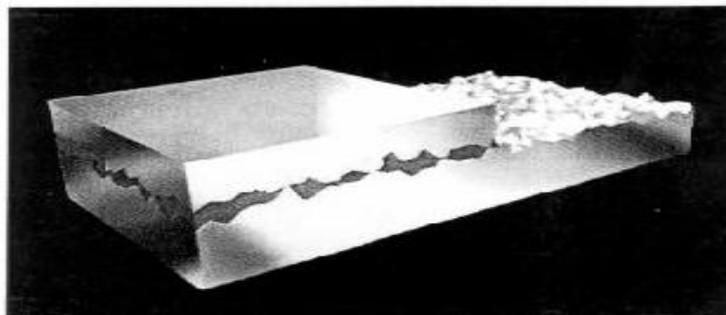


Fig.3.2. Modelo de adhesión mecánica.



Alumno:	F.S.M.	Especialidad:	I.T. Naval Estructuras Marinas	16/02/2010
FORMACIÓN DE LA UNIÓN				Pág. 17

- La teoría de la difusión.

Se utiliza para explicar la adhesión de los polímeros entre sí. Plantea la adhesión como resultado de una interdifusión de las moléculas de los planos superficiales, lo que conlleva la creación de una zona de transición entre el adhesivo y el adherente, la cual sustituye la noción de interfase pura sin espesor por la noción de interfase espesa o densa. El mecanismo parece ser basado en la migración de las cadenas poliméricas largas que son mutuamente solubles. Este fenómeno se encuentra limitado a la autoadhesión, a la adhesión de polímeros compatibles y quizás también a la soldadura termoplástica o con disolvente.

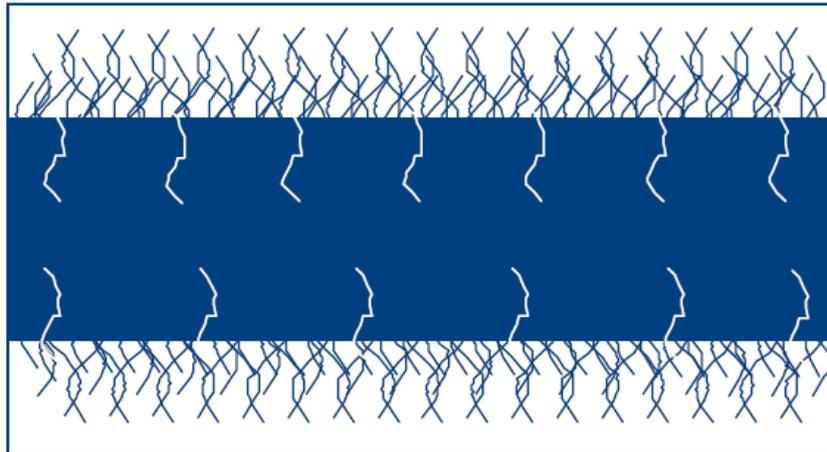


Fig.3.3. Teoría de la difusión.

- Teoría eléctrica.

Compara el sistema adhesivo/sustrato a un condensador plano cuyas placas están constituidas por la doble capa eléctrica que se forma cuando dos materiales de naturaleza diferente se ponen en contacto, por ejemplo un polímero y el vidrio. La existencia de una doble capa eléctrica es fundamental para explicar los fenómenos de adhesión, pero no puede considerarse un modelo universal, y sólo se puede aplicar a determinados casos particulares.

Además, la contribución a la adhesión debida a fuerzas de Van der Waals es en algunos casos superior a la procedente de interacciones electrostáticas.



Alumno:	F.S.M.	Especialidad:	I.T. Naval Estructuras Marinas	16/02/2010
FORMACIÓN DE LA UNIÓN				Pág. 18

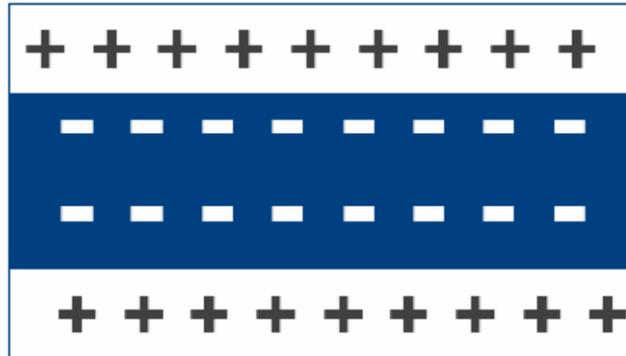


Fig.3.4. Teoría eléctrica.

- Teoría de la adsorción termodinámica o mojado superficial.

Explica muchas de las uniones adhesivas que se realizan habitualmente. Algunos autores apoyan la idea de que al poner en contacto íntimo dos sólidos no importa que haya o no difusión porque cuando se produce, las fuerzas intermoleculares que se desarrollan en la interfase son suficientes para garantizar una adhesión del mismo orden de magnitud, no existiendo por tanto una frontera clara entre difusión y adsorción termodinámica. En esta teoría estas fuerzas se denominan "fuerzas de humectación o mojabilidad" porque cuando se forma una unión adhesiva se pasa por una fase de contacto entre el líquido y el sólido, y este proceso es al fin y al cabo de mojado. En general, se distinguen diferentes tipos de fuerzas involucradas en el fenómeno de adsorción:

a) Enlaces secundarios:

- i) Fuerzas de Van der Waals.
- ii) Puentes de hidrógeno.

b) Enlaces primarios:

- i) Enlace iónico.
- ii) Enlace covalente.



Alumno:	F.S.M.	Especialidad:	I.T. Naval Estructuras Marinas	16/02/2010
FORMACIÓN DE LA UNIÓN				Pág. 19

A pesar de su debilidad relativa, los enlaces secundarios generan en la práctica uniones suficientemente fuertes, dado que la superficie que entra en juego es considerable. Los enlaces primarios mejoran la durabilidad de las adhesiones y suelen ser necesarios para la adhesión de materiales cerámicos y vidrio.

3.2. Energía superficial.

Uno de los aspectos esenciales para la consecución de una unión correcta, es el contacto físico del sustrato con el adhesivo. De forma simplificada podemos decir que la energía superficial nos relaciona el estado de los electrones superficiales, es decir, si estos tienen una energía de excitación alta, si están siendo solicitados en varias direcciones por átomos cercanos, o si están en reposo, deduciéndose que las superficies con baja energía superficial no son polares, mientras que aquellas que presentan una energía alta, son generalmente polares.

Así, los líquidos, solo mojarán sólidos cuya energía superficial sea superior a la suya propia, es el caso, por ejemplo, del agua que moja bien una superficie metálica, pero no lo hace sobre una superficie de polietileno.

Si colocamos una gota de adhesivo sobre una superficie limpia y plana, obtenemos, que en corto tiempo las orillas de la gota forman un ángulo de contacto con la superficie del sólido. Este ángulo de contacto, nos da la afinidad del adhesivo con el sustrato, de modo que si la gota de adhesivo se extiende en una película delgada con un ángulo de contacto cero, no deja duda alguna de que el adhesivo ha mojado bien el sólido, y está en íntimo contacto con él. Por el contrario, si la gota no se extiende por la superficie, o incluso, se retrae elevando el ángulo, nos indicará la poca o nula afinidad de este adhesivo con el sustrato.



Alumno:	F.S.M.	Especialidad:	I.T. Naval Estructuras Marinas	16/02/2010
FORMACIÓN DE LA UNIÓN				Pág. 20

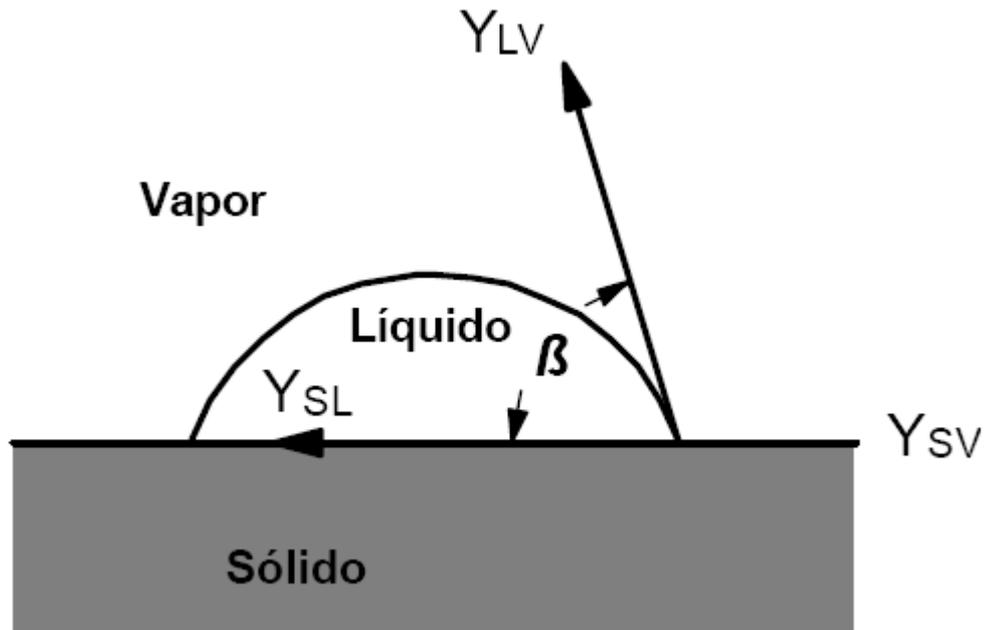


Fig.3.5. Angulo de contacto entre el adhesivo y el sustrato.

El problema que se plantea con las superficies no mojables, se puede mejorar modificando su estructura superficial para incrementar la polaridad y la energía superficial hasta el punto en que sea posible el mojado por el adhesivo.

Niveles de mojado:

- Angulo $\beta \approx 180^\circ$: **No moja.**
- $180^\circ > \beta < 90^\circ$: **Mojado deficiente o mínimo.**
- $\beta \approx 90^\circ$: **Mojado parcial o suficiente.**
- $\beta < 45^\circ$: **El líquido moja al solio.**



Alumno:	F.S.M.	Especialidad:	I.T. Naval Estructuras Marinas	16/02/2010
FORMACIÓN DE LA UNIÓN				Pág. 21



Fig.3.6. Ejemplos de diferentes mojados superficiales

3.3. Estado superficial.

El análisis anterior se ha realizado en base a una superficie del sustrato lisa y pulida, sin embargo, nos podemos encontrar con superficies ásperas, es decir, superficies en las que su perfil denota presencia de picos y valles, a poros o capilares, e incluso, dicha aspereza puede haber sido provocada (baños de ácido, chorreado de arena, etc.), con el fin de descontaminar y aumentar el área total de la unión.

En cualquier caso, el hecho es que al aplicar el adhesivo sobre estas superficies, este, no se extiende como lo hace en un sustrato liso ya que se producen bolsas de aire entre el adhesivo y el sustrato.

La cantidad de aire que quede atrapado, no será apreciable cuando el adhesivo tenga una viscosidad baja, y los valles y capilares se vayan estrechando, con la profundidad, por el contrario, si el adhesivo es poco humectante y su viscosidad alta, el problema se agrava, máxime, si el tiempo de fraguado es corto, pasando a ser elevada la cantidad de aire que quedaría atrapada.

Otra cuestión que nos puede plantear, es la presencia notable de poros o capilares abiertos en donde el adhesivo puede mojar. En este caso, el peligro no reside tanto en el aire que pueda quedar atrapado, ya que el adhesivo en principio lo desplazaría, sino en la pérdida de adhesivo que puede originar en la zona de unión por exceso de fluidez a través de las capilaridades.



Alumno:	F.S.M.	Especialidad:	I.T. Naval Estructuras Marinas	16/02/2010
FORMACIÓN DE LA UNIÓN				Pág. 22

Las superficies, en general, no están libres de contaminación, superficies recién mecanizadas se cubren inmediatamente de una película de oxido (si son metálicas), de vapor de agua, y otros contaminantes que inevitablemente están en la atmosfera. Si además, el limpiado no ha sido totalmente efectivo, el problema se agrava con la inclusión de aceites, grasa, etc.

En líneas generales, los adhesivos tienen una cierta tolerancia frente a los contaminantes pudiendo absorber alguna cantidad de estos, o desplazarlos, si no están fuertemente unidos a la superficie, sin que esto suponga una perdida excesiva de la resistencia a la unión. Ahora bien, esto solo se podrá lograr si el adhesivo aplicado moja bien la superficie a unir.

3.4. Espesor.

Otro de los aspectos a considerar, en una unión con adhesivos, es el espesor de capa del adhesivo. La teoría elástica nos dice que las capas gruesas deberían ser más resistentes. Varias razones hacen considerar los espesores delgados como los más adecuados para logra una buena resistencia a la unión. Entre estas razones podemos enumerar las siguientes:

- Cuanto mayor sea la cantidad de adhesivo, mayor es la probabilidad de presencia de burbujas de aire, o de elementos extraños que debilitan la unión.
- El esfuerzo necesario para deformar una película delgada es superior al de una de mayor espesor.
- Las tensiones internas que se originan en el proceso de la unión, están relacionadas con el espesor de película aplicado.
- La posibilidad de que el adhesivo fluya o se cristalice, es mayor conforme el espesor aumenta.

La consecución de espesores delgados, debe prever, que la cantidad de adhesivo, sea tal, que permita cubrir las posibles ondulaciones y niveles de la superficie del sustrato,



Alumno:	F.S.M.	Especialidad:	I.T. Naval Estructuras Marinas	16/02/2010
FORMACIÓN DE LA UNIÓN				Pág. 23

así como, tener en cuenta, la disminución de volumen por difusión o por fluir dentro de los poros.

3.5. Proceso de curado.

El proceso de curado, es la operación que se sigue para lograr una película soliday resistente, a partir del adhesivo liquido aplicado en la junta de la unión, pudiéndose obtener mediante alguno de los procedimientos que a continuación se describen. Uno de los procedimientos, consiste en la eliminación del disolvente contenido en el adhesivo, tras la operación de unión de las superficies.

Cuando los materiales unidos son porosos, el disolvente puede difundirse a través de ellos, pero no ocurre así con materiales poco o nada poroso que requerirán un tiempo de exposición a l aire bastante largo, para conseguir la total eliminación del disolvente.

Con adhesivos que curen por este sistema, se deberá de tener muy en cuenta la perdida de volumen en la unión, correspondiente al disolvente. De no hacerlo, se pueden obtener juntas deficientes y poco resistentes.

Otro sistema empleado es el curado por calor, con posterior enfriamiento hasta que la película se solidifique. Este procedimiento de fusión en caliente, o activación por calor del adhesivo, no presenta, en general, problemas de disminución de volumen. En este caso el proceso es una polimerización. El empleo de calor en las operaciones de curado, se debe, muchas veces, al hecho, de que si bien bastantes adhesivos pueden curar a temperatura ambiente, esta reacción es tan lenta que no es viable industrialmente. El calor actúa entonces como acelerador de la reacción.

La utilización de agentes de curado o de catalizadores, es un procedimiento mas, de los empleados en el curado.



Alumno:	F.S.M.	Especialidad:	I.T. Naval Estructuras Marinas	16/02/2010
FORMACIÓN DE LA UNIÓN				Pág. 24

Los catalizadores, son compuestos químicos para lograr que los componentes del adhesivo sean más reactivos, no constituyendo, una parte significativa de la película final del adhesivo y pudiéndose aplicar calor como acelerante del proceso. El curado a temperatura ambiente, se emplea, sobre todo, en uniones en las que los materiales a unir no son estables al calor o donde la configuración física de las piezas, requeriría equipos suplementarios, cuyo coste no estaría justificado con la producción. En estos casos se emplean adhesivos, en dos partes, altamente reactivos, que dan tiempos cortos de posicionamiento de las partes a unir.

Los adhesivos anaeróbicos, también curan a temperatura ambiente, ya que el proceso se realiza, al eliminar el oxígeno del aire por presión en la junta.

El proceso de curado admite pocas tolerancias, e independientemente del procedimiento seguido, no se debe acotar ni alargar el mismo.

Las uniones en las que el curado del adhesivo no se ha completado presentan una débil resistencia cohesiva, por el contrario, si el proceso se ha sobrepasado, la unión es frágil y poco resistente a los impactos mecánicos.

3.6. Modos de fallo.

Los adhesivos son unas sustancias que se interponen entre otras dos para conseguir su unión. Los adhesivos, una vez curados, tienen una resistencia interna que se llama cohesión. Por otro lado deben estar pegados a los dos sustratos. Una unión pegada puede fallar:

- Por la unión entre el sustrato y el pegamento, esto será un fallo de adhesión.
- Por el propio pegamento, quedando entonces parte del pegamento sobre cada uno de los sustratos, este será un fallo cohesivo.
- Por los sustratos, rompiéndose las piezas pegadas.
- De todas las formas mixtas posibles; siendo la combinación más frecuente el fallo de cohesión y adhesión.



Alumno:	F.S.M.	Especialidad:	I.T. Naval Estructuras Marinas	16/02/2010
FORMACIÓN DE LA UNIÓN				Pág. 25

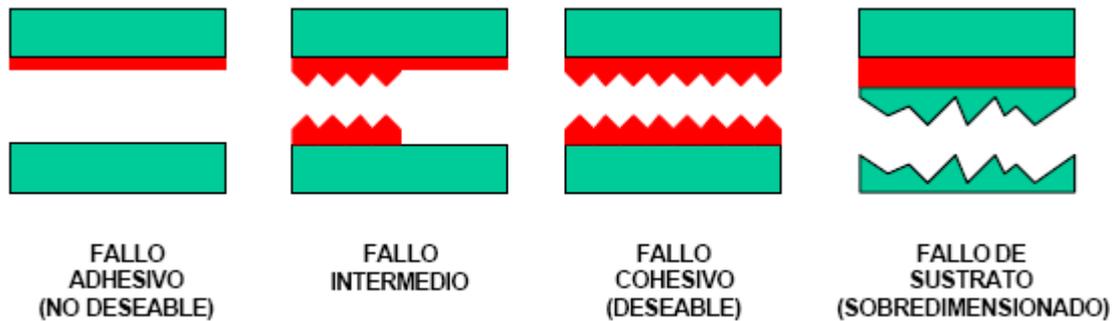


Fig.3.7. Modos de fallo de las uniones adhesivas.

Cuando se diseña una unión adhesiva se pretende que la rotura no sea en ningún caso adhesiva, es decir, que la separación nunca se produzca en la interfase sustrato-adhesivo. Los modos de rotura adhesiva no son nunca predecibles, puesto que la magnitud de la fuerza de adhesión depende de un gran número de factores rara vez controlables en su totalidad. Por el contrario, sí se pueden conocer las características mecánicas del adhesivo y, por tanto, se pueden predecir las cargas a la rotura en modo cohesivo bajo diferentes tipos de esfuerzos.

El fallo de adhesión es muy sensible a las condiciones de preparación de las superficies, en consecuencia muy variable y no tiene nada que ver con lo resistente que sea el pegamento; es, en definitiva, un fallo nada deseable. Como es evidente, una correcta preparación de las superficies de los sustratos es muy importante para garantizar una correcta adhesión. Al menos deberá procederse a su limpieza, salvo que lo que se pretenda pegar sea la grasa de un sustrato sobre otro.

El fallo de los sustratos puede parecer interesantísimo. Si usted es el comercial puede presumir de que “antes se romperán las piezas que el pegamento”. Pero el desmontar la unión, sin romper los sustratos, presenta serias dificultades.

En general, el fallo más deseable es el cohesivo, el que ocurre a través del propio adhesivo. Es sencillo de calcular, conociendo las propiedades del adhesivo; es desmontable la unión (con dificultad) y es repetitivo.



Alumno:

F.S.M.

Especialidad:

I.T. Naval Estructuras Marinas

16/02/2010

FORMACIÓN DE LA UNIÓN

Pág. 26

La designación de los modelos de rotura se ha elaborado para poder clasificar los tipos de rotura y poder así comprender mejor los resultados de cualquier ensayo mecánico de adhesión realizado sobre una junta adhesiva, que se expresan habitualmente mediante valores cuantitativamente medidos.

Los modelos de rotura se designan de acuerdo con las ilustraciones de la tabla:



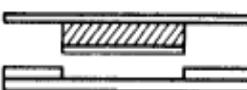
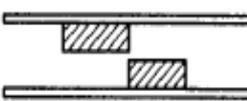
	Modelos de rotura	Designación
Sustrato	 Rotura de uno o ambos sustratos (Rotura de sustrato)	SF
	 Rotura en un sustrato (Rotura cohesiva de sustrato)	CSF
	 Rotura por deslaminación	DF
Adhesivo	<p style="text-align: center;">Tipos de roturas cohesivas</p>  Rotura cohesiva	CF
	 } Rotura cohesiva especial	SCF
	  Rotura adhesiva	AF
	 Rotura adhesiva y cohesiva con pelado	ACFP

Tabla 3.8. Designación de los modelos de rotura según ISO 10365:1992.



Alumno:	F.S.M.	Especialidad:	I.T. Naval Estructuras Marinas	16/02/2010
DISEÑO Y RESISTENCIA DE LA UNION ADHESIVA.				Pág. 28

4. DISEÑO Y RESISTENCIA DE LA UNIÓN ADHESIVA.

	Alumno:	F.S.M.	Especialidad:	I.T. Naval Estructuras Marinas	16/02/2010
	DISEÑO Y RESISTENCIA DE LA UNION ADHESIVA.				Pág. 29

4. Diseño y resistencia de la unión adhesiva.

4.1. Principios básicos.

Una unión mediante adhesivos debe ser diseñada de tal forma que el adhesivo trabaje sometido a cargas de cortadura todo lo posible, evitando esfuerzos de pelado que son los tipos de esfuerzos que peor soporta. Los esfuerzos de tracción son aceptables pero peligrosos, pues cualquier pequeña desviación en la línea de aplicación de las cargas se traduce en la aparición de momentos flectores que someten al adhesivo en esfuerzos indeseables de pelado.

Para obtener la máxima eficacia de los adhesivos, las uniones adhesivas específicamente diseñadas. Para una máxima efectividad y confianza, las uniones adhesivas deben ser diseñadas de acuerdo con los principios generales siguientes:

- El área pegada debe ser tan grande como sea posible dentro de lo permitido por la geometría de la unión y las limitaciones de peso.
- Un porcentaje máximo del área pegada debe contribuir a la resistencia de la unión.
- El adhesivo debe estar solicitado en la dirección de su máxima resistencia.
- La tensión debe ser mínima en la dirección en la que el adhesivo sea más débil.

El principio más importante a tener en cuenta es que el diseño de la unión debe ser específico para esta técnica. Una práctica demasiado común ha sido empezar con un diseño usado para otros métodos de unión, modificarlo ligeramente y unir. Este hecho puede conducir a resultados desastrosos. Cuando un cierto avión civil fue diseñado, la unión mediante adhesivos fue utilizada extensivamente; sin embargo el adhesivo

	Alumno:	F.S.M.	Especialidad:	I.T. Naval Estructuras Marinas	16/02/2010
	DISEÑO Y RESISTENCIA DE LA UNION ADHESIVA.				Pág. 30

elegido era rígido y el diseño de la unión era esencialmente el mismo que el usado para uniones con remaches. Con estas últimas uniones, así como las diseñadas especialmente para adhesivos, tiene lugar el desplazamiento suficiente para aliviar las tensiones de vibración normales. Sin embargo, el diseño de la unión usada en el avión citado, no permitía el deslizamiento, y las tensiones de vibración provocaron la fatiga acústica del metal de la estructura de la aeronave. Después de un tiempo relativamente corto, dos aviones sufrieron daños catastróficos en pleno vuelo.

En el diseño de uniones específicas para la utilización de adhesivos, las características básicas de estos deben imponer la planificación del diseño, teniendo en cuenta que una unión adhesiva actúa sobre un área, no sobre un punto. La unión debe ser diseñada de tal forma que se minimice la concentración de tensiones.

4.2. Tratamientos superficiales.

La adhesión es un fenómeno de superficie. El espesor dentro del cual tienen lugar las interacciones entre adhesivo y sustrato (interfase adhesiva) tiene una magnitud del orden de las distancias intermoleculares. Es claro suponer que cualquier sustancia intermedia va a interferir en este fenómeno. Es más, cualquier capa exterior de composición o estructura diferente de la del seno del sustrato va a afectar la calidad de cualquier adhesión.

Cuando se buscan uniones reproducibles con durabilidad se necesitan procesos que aseguren la aptitud de la superficie para adherir o lo que es lo mismo, que se halle exenta de cualquier agente extraño que provenga del entorno o del mismo sustrato. Estos procesos se denominan tratamientos superficiales.

Los tratamientos superficiales no son siempre imprescindibles. Sin embargo su aplicación permite optimizar la adhesión y, cuando menos, reproducir las características

	Alumno:	F.S.M.	Especialidad:	I.T. Naval Estructuras Marinas	16/02/2010
	DISEÑO Y RESISTENCIA DE LA UNION ADHESIVA.				Pág. 31

de la adhesión en grandes cadenas productivas preservando los niveles de calidad diseñados. Podemos enumerar los siguientes entre los más importantes. Los más utilizados industrialmente son la limpieza superficial y los tratamientos abrasivos:

1. Limpieza superficial.
 - 1.1. Desengrasado en fase vapor.
 - 1.2. Tratamiento en baño de ultrasonidos.
 - 1.3. Frotado, inmersión o spray.
2. Tratamientos abrasivos.
3. Tratamientos químicos.
4. Imprimaciones.
5. Tratamientos de llama.
6. Tratamiento mediante plasma de baja presión.
7. Descarga en corona.

La rugosidad superficial influye enormemente en la resistencia de la adhesión. La relación exacta entre resistencia, durabilidad y rugosidad superficial es difícil de prever y puede variar entre adhesivos. Superficies rugosas proporcionan un anclaje mecánico para el adhesivo, pero pueden quedar atrapados pequeños volúmenes de aire, causando un mojado incompleto. Es posible que los adhesivos rígidos sean más compatibles con superficies suaves que los adhesivos flexibles a causa de la ausencia de puntos de rugosidad que eviten la aparición de puntas de tensión que a su vez podrían actuar como iniciadores de la fractura. Los adhesivos flexibles pueden

	Alumno:	F.S.M.	Especialidad:	I.T. Naval Estructuras Marinas	16/02/2010
	DISEÑO Y RESISTENCIA DE LA UNION ADHESIVA.				Pág. 32

deformarse bajo tensiones y resistir la rotura o el desgarro, de modo que la rugosidad no es un factor crítico para su uso.

Desde el punto de vista de la adhesión son preferibles acabados groseros a acabados finos que disminuyen la superficie real del material, haciendo más difícil el anclaje mecánico y disminuyendo la extensión de la interfase adhesivo-sustrato.

La viscosidad del adhesivo debe ser adecuada a la estructura geométrica fina y al estado energético de la superficie. Esto significa que las desigualdades de la superficie deben ser rellenadas y que las capas de adhesivo deben tener un espesor capaz de recubrir las holguras entre los sustratos. De ser así, la totalidad de la superficie podrá participar en la adherencia.

Este tema se tratara en profundidad más adelante, en el capítulo de “Tratamientos superficiales”.

4.3. Comportamiento de la unión frente a los esfuerzos.

Una junta raramente está sujeta a un solo tipo de tensión, considerándose esencialmente como cuatro, los estados simples de tensión que pueden producirse en las uniones con adhesivos son:

- Tracción.
- Cizallamiento.
- Desgarramiento.
- Peladura.



Alumno:	F.S.M.	Especialidad:	I.T. Naval Estructuras Marinas	16/02/2010
DISEÑO Y RESISTENCIA DE LA UNION ADHESIVA.				Pág. 33

La tensión de tracción se produce, como resultado de la distribución uniforme sobre la zona de unión, de las fuerzas que actúan perpendicularmente al plano de la junta.



Fig.4.1. Esfuerzo de tracción.

Si el diseño de la junta es correcto, el adhesivo contribuye a reforzar la unión, ahora bien, no es frecuente que el esfuerzo actúe de forma axial con lo que se producen tensiones de desgarramiento. Para prevenir que pueda suceder esto, se pueden emplear sujeciones físicas complementarias.

La tensión de cizallamiento se produce, en el momento en que la fuerza actúa paralela al plano de la junta y se distribuye uniformemente en la zona de la unión.

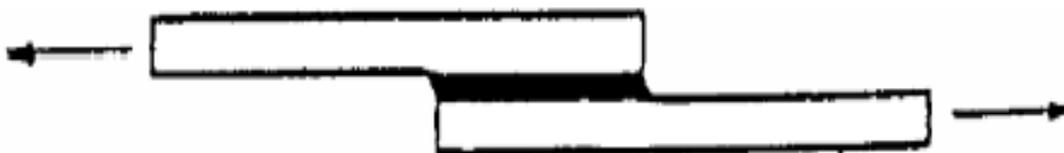


Fig.4.2. Esfuerzo de cizallamiento.

Se produce una concentración de esfuerzos de cizallamiento en los extremos de la junta, y la deformación resultante al curvarse el material, puede ser reducida biselando los extremos de la unión facilitando así el curvado.



Alumno:	F.S.M.	Especialidad:	I.T. Naval Estructuras Marinas	16/02/2010
DISEÑO Y RESISTENCIA DE LA UNION ADHESIVA.				Pág. 34

El desgarramiento es un estado de tensión poco recomendable en las uniones con adhesivos. Se trata de una situación similar a la de tracción ya que el esfuerzo se aplica perpendicular al plano de la junta, sin embargo, la tensión de desgarramiento actúa en uno de los lados de la unión, mientras que el resto de la junta permanece sin apenas tensión.

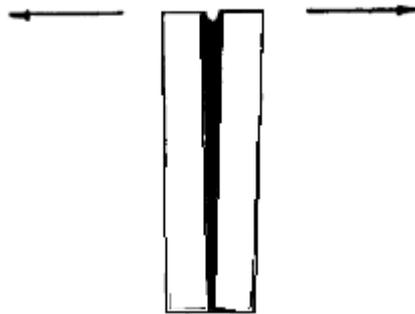


Fig.4.3. Esfuerzo de desgarramiento.

Por último, nos queda la tensión por peladura o excoiación, en la que la acción del esfuerzo, se restringe a una línea muy delgada en el borde de la unión.

Al igual que en el desgarramiento, cuando se presenta este estado de tensión, la restante zona de la unión no contribuye a reforzar la junta. Para aumentar la resistencia se puede dar mayor anchura a la junta, o bien pegar el extremo del sustrato más flexible sobre el más rígido; otra solución podrá ser el empleo complementario de remaches.



Alumno:	F.S.M.	Especialidad:	I.T. Naval Estructuras Marinas	16/02/2010
DISEÑO Y RESISTENCIA DE LA UNION ADHESIVA.				Pág. 35

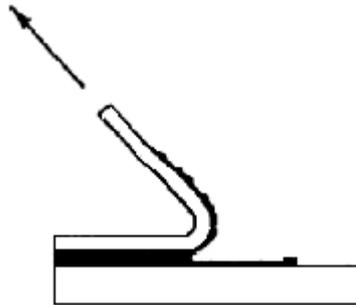


Fig.4.4. Esfuerzo de pelado.

Los adhesivos poseen una gran resistencia a las tensiones por tracción o cizalladura, de aquí, que tanto en la concepción, como en las fases de diseño, calculo y realización de las juntas, el adhesivo deba soportar el grado de tensión que produce el esfuerzo cortante, encontrándose de este modo, en las mejores condiciones de resistencia que le son propias.

No son, por tanto, deseables tensiones como las de desgarramiento por la concentración de tensiones que se producen a lo largo de uno de los lados de la unión, mientras otras zonas apenas son sometidas a esfuerzos, o las de peladura, en las que la tensión actúa en una línea delgada en el borde de la unión, sin que el resto actúe reforzado la junta.

Consecuentemente, dos cualidades son exigibles en el diseño de una unión:

- Distribución uniforme de los esfuerzos en toda el área de contacto.
- Reducir las concentraciones de esfuerzos en los extremos de la línea del adhesivo.

	Alumno:	F.S.M.	Especialidad:	I.T. Naval Estructuras Marinas	16/02/2010
	DISEÑO Y RESISTENCIA DE LA UNION ADHESIVA.				Pág. 36

4.4. Factores influyentes en la resistencia de la unión.

En cuanto a la resistencia de una unión sometida a unos esfuerzos que pueda producir el corte o cizallamiento podemos decir, que fundamentalmente depende de los siguientes factores:

- Longitud de superposición.
- Espesor de las partes a unir.
- Características del adhesivo.
- Espesor de la película.

La longitud o extensión de superposición viene determinada por un valor óptimo, superado el cual no se obtiene una disminución de los máximos de tensiones en los extremos. Estando dicho valor óptimo a su vez influenciado por el espesor de las partes adheridas. Mediante ensayos destructivos de diversas muestras se obtienen gráficos, en los que se relacionan, la resistencia a la cizalladura con la relación espesor/longitud de solape o superposición, con el ensayo de series de diferentes valores (e/l) se preparan, para cada sistema de adhesivo particular, los diagramas correspondientes que luego podrán ser utilizados por el proyectista, facilitando la labor de diseño.

Respecto al tipo de adhesivo, es obvio su influencia en la distribución de las tensiones internas, ya que si el adhesivo es poco elástico favorece la disminución del grado de tensión en los extremos de la unión, por el contrario, adhesivos más resistentes, pero con un nivel elástico superior, producen efectos opuestos, es decir, aumentan el grado de tensión.

	Alumno:	F.S.M.	Especialidad:	I.T. Naval Estructuras Marinas	16/02/2010
	DISEÑO Y RESISTENCIA DE LA UNION ADHESIVA.				Pág. 37

Por último, de las magnitudes que influyen en la resistencia de la unión por superposición simple, está el espesor de las películas, del que ya se comentó anteriormente, cuya influencia en la resistencia de la unión alcanza un valor óptimo, sobrepasado el cual, todo aumento supondrá una disminución de la misma.

4.5. Diseño de uniones típicas para adherentes planos.

La unión adhesiva ideal es aquella en la que, bajo todas las condiciones prácticas de carga, el adhesivo es solicitado en la dirección en la que presenta mayor resistencia al fallo. Una tensión favorable puede ser aplicada a la unión pegada usando un adecuado diseño de la misma. Algún diseño puede ser poco práctico, caro de realizar, o difícil de montar, de tal forma que el ingeniero de diseño tendrá que considerar estos factores frente a las prestaciones mejoradas de las uniones con adhesivos.



Alumno:	F.S.M.	Especialidad:	I.T. Naval Estructuras Marinas	16/02/2010
DISEÑO Y RESISTENCIA DE LA UNION ADHESIVA.				Pág. 38

Existen numerosos tipos de uniones posibles, algunos tipos más usuales son los que se exponen brevemente y son quizás, los más usados y conocidos:

UNION A TOPE



UNION A SOLAPE



UNION EN T Y EN ESQUINA



Fig.4.5. Tipos de uniones.

Aunque el modo de clasificar los tipos de uniones adhesivas es muy diverso según el enfoque que se pretenda seguir. Vamos pues, a ver brevemente las características principales de algunos tipos de uniones para así poder estudiar los inconvenientes y poder mejorar la resistencia mecánica de las mismas.



Alumno:	F.S.M.	Especialidad:	I.T. Naval Estructuras Marinas	16/02/2010
DISEÑO Y RESISTENCIA DE LA UNION ADHESIVA.				Pág. 39

4.5.1. Uniones a tope.

Las uniones a tope no pueden resistir esfuerzos de tensión debido a que el adhesivo sufrirá esfuerzos de desgarramiento. Si los adherentes son demasiado gruesos como para diseñar uniones a solape simple, la unión a tope puede ser mejorada diseñando de otras formas. Todas las uniones a tope modificadas reducen el efecto de desgarramiento causado por el hecho de que la carga aplicada sea asimétrica. Las uniones machihembradas tienen la ventaja de que son autocentrantes y además retienen muy bien el adhesivo antes de curar. La unión a tope biselada mantiene la axialidad de la carga alineada con la unión y no requiere una importante operación de mecanizado.

En la figura se muestran varios tipos de uniones adhesivas a tope.

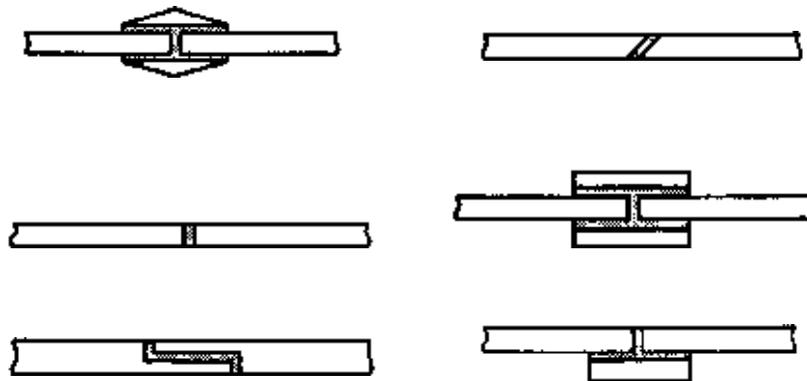


Fig.4.6. Uniones adhesivas a tope.



Alumno:	F.S.M.	Especialidad:	I.T. Naval Estructuras Marinas	16/02/2010
DISEÑO Y RESISTENCIA DE LA UNION ADHESIVA.				Pág. 40

Dentro de las uniones a tope encontramos las uniones tubulares. Estas uniones se ven solicitadas igual que las uniones a tope, existiendo variaciones de diseño debidas a la geometría del tubo. A continuación se muestran los tipos de uniones tubulares, con algunas variantes de diseño.

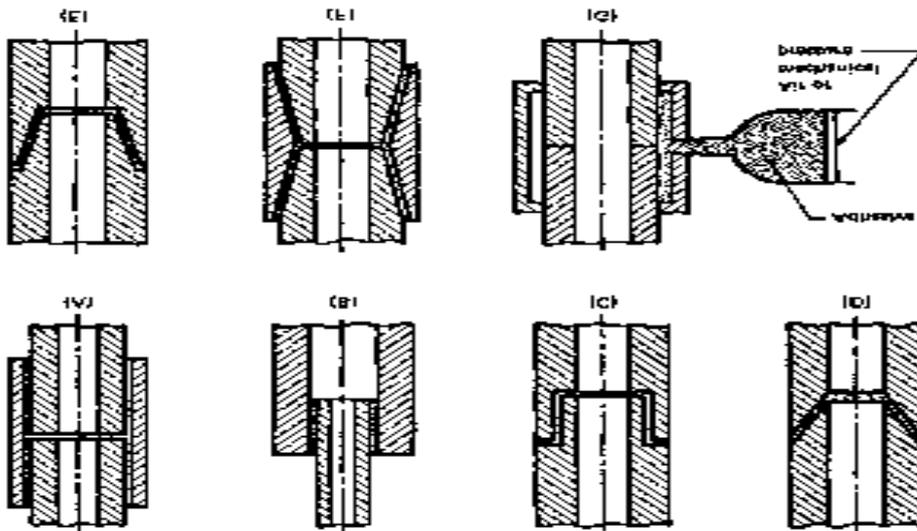


Fig.4.7. Uniones adhesivas tubulares.

4.5.2 Uniones adhesivas a solape.

Las uniones a solape, son las más usadas al unir mediante adhesivos, pues son uniones sencillas de realizar y además, permiten unir materiales de espesores pequeños.

Como se indicó anteriormente, las uniones adhesivas tienen su máxima resistencia frente a los esfuerzos de cortadura, y en las uniones a solape, las cargas a tracción, solicitan la unión a cortadura.

Estas uniones son las que trabajan en la dirección de máxima resistencia del adhesivo, pero, aún así, sufren concentración de tensiones debido a la desalineación de las cargas, que ejercen efectos perjudiciales sobre la unión. Produciendo momentos



Alumno:

F.S.M.

Especialidad:

I.T. Naval Estructuras Marinas

16/02/2010

DISEÑO Y RESISTENCIA DE LA UNION ADHESIVA.

Pág. 41

flectores sobre los substratos que distorsionan la unión y producen efectos de desgarro.

Debido a la desalineación de las cargas, se produce una concentración de tensiones en las zonas finales de la unión, que son las iniciadoras de la rotura o desgarro. Existen distintas soluciones, que pueden mejorar la resistencia de las uniones. Estas soluciones introducen variantes en el diseño tanto de la zona de unión como en los espesores de los substratos, veámoslas:

- Diseñar la unión de forma que los esfuerzos estén alineados, evitando la distorsión de los adherentes.
- Rigidizar los substratos ó adherentes, para evitar los esfuerzos de desgarro. Esta rigidización puede producirse con un aumento de los espesores en los substratos o adherentes, cuando sea posible en las zonas de unión, para no hacer excesivo el peso final. Como se muestra en la figura.



Fig.4.8. Aumento de espesor en el borde de la unión.

- Flexibilizar los bordes de los substratos en la zona de unión, biselándolos por ejemplo, para que se adapten mejor, y se minimicen los esfuerzos de pelado.



Fig.4.9. Biselado.

Cuando por necesidades de diseño, la unión se ve solicitada a elevados esfuerzos de pelado, hay que recurrir a soluciones que logren impedir el movimiento en los bordes



Alumno:

F.S.M.

Especialidad:

I.T. Naval Estructuras Marinas

16/02/2010

DISEÑO Y RESISTENCIA DE LA UNION ADHESIVA.

Pág. 42

de la unión. Esto se puede conseguir como se ha dicho rigidizando los substratos, aumentando el área de unión en los bordes mediante un dobléz generando un anclaje mecánico, o con uniones híbridas remachando ó con un punto de soldadura cuando sea posible. Estas posibles soluciones se muestran a continuación.

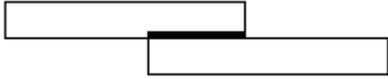
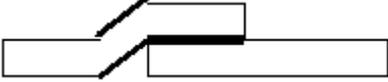
UNIONES SIMPLES	UNIONES REFORZADAS
Unión a solape simple 	Unión a solape doble 
	Unión a solape biselada 
	Unión a solape 
	Unión a solape con mecanizado 

Fig.4.10. Uniones adhesivas a solape

	Alumno:	F.S.M.	Especialidad:	I.T. Naval Estructuras Marinas	16/02/2010
	DISEÑO Y RESISTENCIA DE LA UNION ADHESIVA.				Pág. 43

4.5.3. Uniones adhesivas en T y esquina.

En este tipo de uniones son susceptibles de esfuerzos de desgarro o pelado, pues al ser uniones a tope, la concentración de esfuerzos es inevitable.

Para poder mejorar la resistencia de este tipo de uniones, se suele recurrir a soluciones de diseño, aumentando las áreas de unión, haciendo las uniones a tope en doble ángulo recto y otras que emplean escuadras y elementos que aumentan las áreas de unión y la rigidez del conjunto, para evitar los esfuerzos de flexión. Como se dijo, en algunas ocasiones se combinan las uniones mediante adhesivos con otros elementos de unión como remaches, puntos de soldadura entre otros, formando las conocidas uniones híbridas, esto también ocurre en este tipo de uniones.

En las uniones de este tipo, los esfuerzos transversales son muy peligrosos, pues producen esfuerzos de desgarro y de pelado. Los esfuerzos normales, de tracción, también son considerables pero los más peligrosos dentro de los esfuerzos normales, son los esfuerzos de compresión que pueden provocar el pandeo del perfil y la aparición de momentos flectores.

A continuación se muestran algunos tipos de uniones en ángulo, en T, en esquina, con algunas de las variaciones que se pueden aplicar cuando las condiciones lo permiten, que mejoran las propiedades mecánicas de la unión.



Alumno:

F.S.M.

Especialidad:

I.T. Naval Estructuras Marinas

16/02/2010

DISEÑO Y RESISTENCIA DE LA UNION ADHESIVA.

Pág. 44

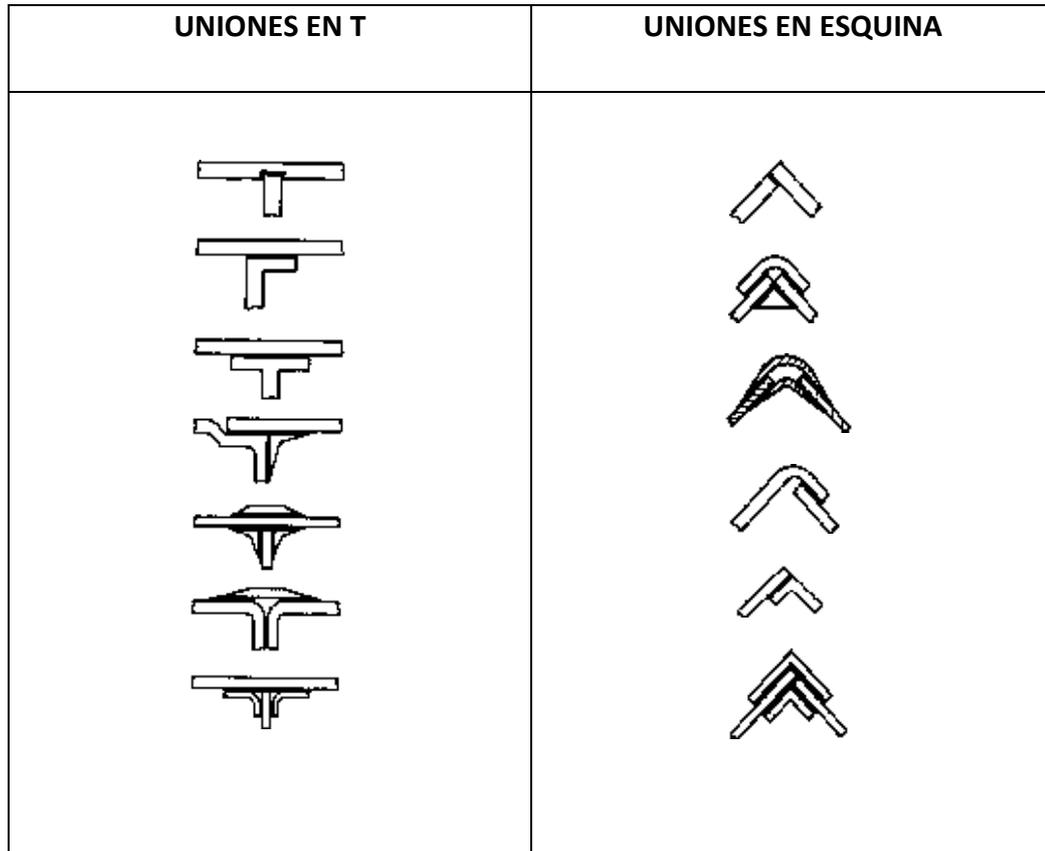


Fig.4.11. Uniones adhesivas en T y en esquina.

4.6. Rendimiento de las juntas adhesivas frente a agentes externos.

Una vez que el adhesivo ha curado completamente y por tanto adquirido sus características físico-químicas definitivas, se verá sometida a una serie de agentes externos que pueden modificar sus propiedades. El medio puede debilitar la junta adhesiva y provocar el fallo frente a esfuerzos mecánicos más débiles que los previstos.

Por ello, es necesario caracterizar las propiedades físico-químicas de cada adhesivo y su variación frente a los agentes externos a los que pueda verse sometida. Esto es lo que se conoce como "durabilidad del adhesivo".

	Alumno:	F.S.M.	Especialidad:	I.T. Naval Estructuras Marinas	16/02/2010
	DISEÑO Y RESISTENCIA DE LA UNION ADHESIVA.				Pág. 45

Los valores de resistencia ambiental se dan siempre en relación a la resistencia definitiva que se logra en la junta adhesiva. Normalmente se emplean ensayos normalizados (a tracción, desgarro, etc.) y se observa la pérdida de la resistencia inicial en porcentaje, tras exponer la probeta al agente concreto durante un número determinado de horas. Las gráficas resultantes nos dan una idea de la degradación de la unión adhesiva bajo tales condiciones.

Los factores que pueden afectar la unión adhesiva pueden ser clasificados en los siguientes grupos:

1. Temperatura.
2. Humedad.
3. Fluidos: aceites, combustibles, disolventes orgánicos y clorados, agentes químicos agresivos, gases refrigerantes, etc.

Los efectos de la temperatura sobre la unión adhesiva son muy diversos, y dependen del modo en que la junta es sometida a los extremos de temperatura. Así, podemos diferenciar entre:

1. Efecto de las temperaturas bajas.
2. Resistencia al calor.
3. Envejecimiento a temperatura.

Los adhesivos son polímeros. El comportamiento de las adhesiones a bajas temperaturas viene condicionado por las características mecánicas del adhesivo a tales temperaturas.

	Alumno:	F.S.M.	Especialidad:	I.T. Naval Estructuras Marinas	16/02/2010
	DISEÑO Y RESISTENCIA DE LA UNION ADHESIVA.				Pág. 46

Tanto los termoplásticos como los termoestables se vuelven rígidos y frágiles a bajas temperaturas debido a que aumenta la rigidez de las cadenas que los constituyen. Esfuerzos débiles pueden provocar la rotura de la unión adhesiva.

Los elastómeros pierden sus características viscoelásticas por debajo de su temperatura de transición vítrea, la cual suele estar varias decenas de grados bajo cero. A tales temperaturas se vuelven rígidos, pasando a tener un comportamiento vítreo, con módulos elásticos mucho mayores y elongaciones a la rotura muy inferiores. En condiciones de frío extremo las juntas elásticas podrán sufrir roturas por efecto de los esfuerzos producidos por las piezas que están sellando sobre la propia junta elástica, dando lugar a la fugas.

Se entiende por resistencia al calor la resistencia que presenta el adhesivo frente a altas temperaturas puntuales. El efecto de tales temperaturas es la disminución de la viscosidad del material polimérico durante un cierto tiempo.

Los materiales termoplásticos se reblandecen enormemente por encima de su temperatura de transición vítrea, llegando a un estado fluido por encima de la temperatura de reblandecimiento. El efecto del calor sobre estos materiales es muy drástico, aunque puede ser reversible, por debajo de la temperatura de descomposición. A altas temperaturas presentan un porcentaje muy bajo de su poder adhesivo inicial.

Los materiales termoestables, por el contrario, presentan sólo ligeras modificaciones de su reología por encima de la temperatura de transición vítrea, no llegando en ningún momento a un estado fluido. A temperaturas excesivamente altas pueden descomponerse de forma irreversible. Los materiales elastómeros presentan un comportamiento similar, aunque conservando sus propiedades elásticas cerca de la temperatura de descomposición.

	Alumno:	F.S.M.	Especialidad:	I.T. Naval Estructuras Marinas	16/02/2010
	DISEÑO Y RESISTENCIA DE LA UNION ADHESIVA.				Pág. 47

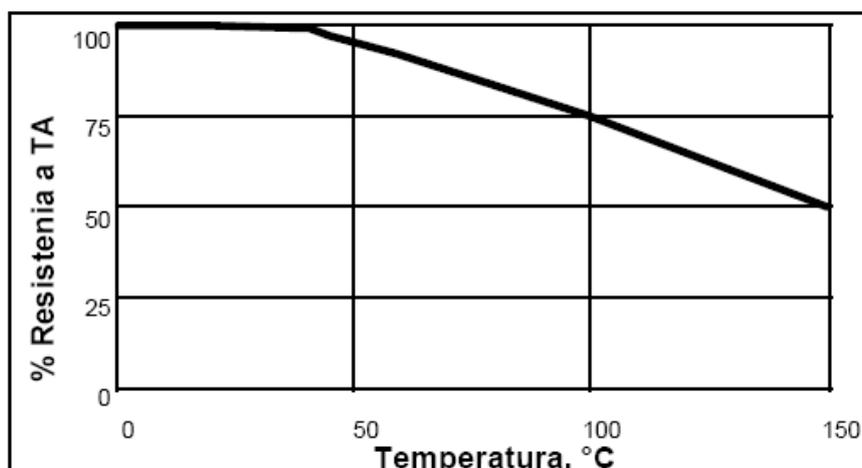


Fig.4.12. Curva de resistencia al calor de un adhesivo anaeróbico.

El envejecimiento a temperatura es el efecto que se produce por la exposición de la junta adhesiva a una elevada temperatura de forma constante. El comportamiento de los adhesivos sometidos a alta temperatura durante períodos largos de tiempo es muy diferente al debido a su exposición a altas temperaturas puntuales.

En general, los compuestos orgánicos sometidos a temperaturas altas por debajo de la temperatura de degradación sufren fenómenos de oxidación progresiva. Los esfuerzos mecánicos, la luz ultravioleta y la presencia de agentes oxidantes aceleran estos procesos que pueden terminar por degradar completamente la junta adhesiva, incluso por debajo de la temperatura de descomposición del material. Este efecto se observa especialmente en materiales termoplásticos, sobre todo cuando se hallan a temperaturas de comportamiento viscoelástico.

Sin embargo, algunos materiales, fundamentalmente duroplásticos, pueden presentar fenómenos de postcurado que modifican sus propiedades mecánicas y mejoran su resistencia a la temperatura como consecuencia del incremento del grado de reticulación. Estos fenómenos se aprovechan en ocasiones para mejorar las características de ciertas adhesiones.



Alumno:	F.S.M.	Especialidad:	I.T. Naval Estructuras Marinas	16/02/2010
DISEÑO Y RESISTENCIA DE LA UNION ADHESIVA.				Pág. 48

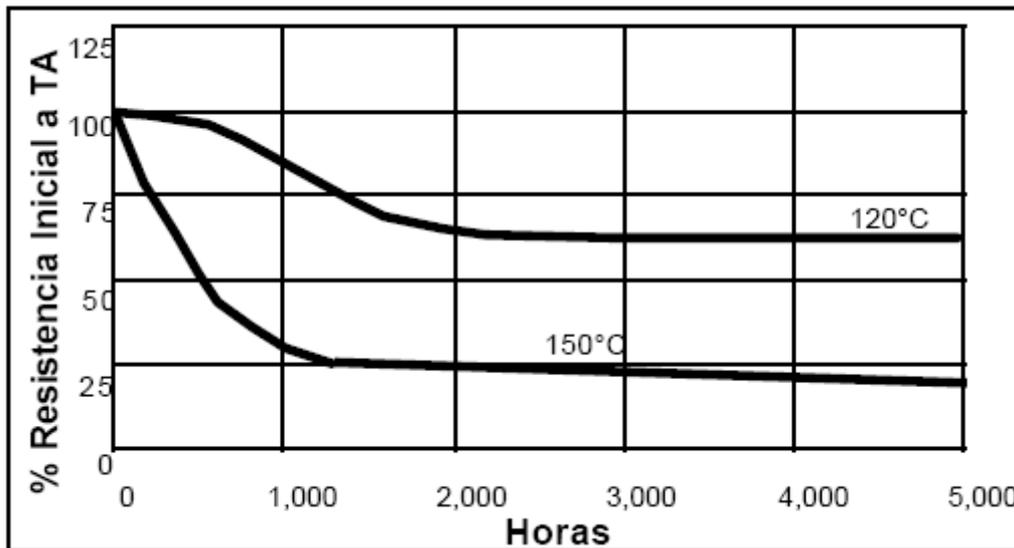


Fig.4.13. Curva de envejecimiento a la temperatura de un adhesivo anaeróbico.

El efecto que tiene un agente externo sobre la junta adhesiva no siempre es consecuencia de su interacción con la masa de adhesivo. De hecho, la resistencia de una unión adhesiva sometida a condiciones de humedad no depende del efecto que ésta tenga sobre el propio material polimérico, sino sobre la zona de adhesión. Cuando el agua accede a la interfase adhesiva compite con el adhesivo curado por adsorberse e incluso combinarse con el sustrato. El agua tiende a desplazar la resina curada allí donde existen enlaces secundarios produciendo tensiones sobre los menos numerosos enlaces químicos de la interfase y dando lugar a fenómenos de adsorción.

Este fenómeno de desplazamiento ha sido ampliamente estudiado en conexión con los plásticos reforzados con vidrio (GRP). Norman, Stone y Wake estudiaron la adhesión en la interfase vidrio-resina en presencia de agua. El desplazamiento físico de la resina de la interfase es característico de sistemas adhesivos en los que sólo aparecen fuerzas secundarias de van der Waals y, puesto que la superficie de un sustrato no cambia irreversiblemente por efecto de la adsorción de agua, tal desplazamiento es reversible.

	Alumno:	F.S.M.	Especialidad:	I.T. Naval Estructuras Marinas	16/02/2010
	DISEÑO Y RESISTENCIA DE LA UNION ADHESIVA.				Pág. 49

Hay dos procesos involucrados en el deterioro de las juntas adhesivas por efecto de la humedad:

- 1) La absorción de agua por el adhesivo.
- 2) La adsorción de agua en la interfase por desplazamiento del adhesivo.

En el caso de uniones metal-metal, la única posibilidad de acceso de la humedad es a través del adhesivo. Sin embargo, los metales son materiales de alta energía superficial y tienden a combinarse con el agua, desplazando la junta adhesiva. En los materiales compuestos la humedad puede ser absorbida por la resina superficial y ser difundida hacia la interfase.

La absorción de la humedad por parte del adhesivo no causa el deterioro de la junta adhesiva por pérdida de la resistencia del material polímero, sino porque es capaz de aportar a la interfase una mayor concentración de agua. Por este motivo, los adhesivos que presentan mejores durabilidades frente a ambientes húmedos son aquellos en los cuáles el agua es virtualmente insoluble.

Existen multitud de fluidos (gases y líquidos) que tienen también un efecto negativo sobre la junta adhesiva. La mayoría de ellos basan su influencia en la modificación de las propiedades del propio material adhesivo. Como en el caso de otros agentes externos, el efecto de los fluidos sobre la durabilidad de una adhesión se mide en relación con la resistencia máxima del adhesivo. Los ensayos se realizan también a lo largo del tiempo. De un modo general podemos hablar de dos tipos de efectos:

1. Efectos físicos: debidos a modificaciones de las propiedades físicas del adhesivo, sin que se produzca ninguna variación en su composición química.
2. Efectos químicos: por ataque o degradación paulatina del material adhesivo.

Los efectos físicos se deben normalmente a la penetración de la molécula en la propia

	Alumno:	F.S.M.	Especialidad:	I.T. Naval Estructuras Marinas	16/02/2010
	DISEÑO Y RESISTENCIA DE LA UNION ADHESIVA.				Pág. 50

estructura polimérica. Los fluidos, dependiendo del tamaño molecular, la presión, la temperatura, etc. pueden introducirse en la red del polímero, modificando su temperatura de transición vítrea o su resistencia frente a sollicitaciones externas.

Los materiales termoestables presentan una red molecular tridimensional y son insolubles en disolventes. Cuando su grado de reticulación es muy elevado pueden sellar incluso el paso de moléculas muy pequeñas como es el caso de los fluidos refrigerantes o del vapor de agua. De hecho, comúnmente se emplean adhesivos anaeróbicos muy reticulados para el sellado de conducciones frigoríficas o de vapor. El efecto de los fluidos sobre estos materiales, a no ser que exista un ataque químico, es en general inapreciable por lo que su durabilidad es elevada en contacto con combustibles, aceites y otros fluidos industriales.

Los materiales elastómeros son también insolubles pero por su bajo grado de reticulación admiten el paso de moléculas. No son buenos selladores para gases, sobre todo aquéllos constituidos por moléculas pequeñas, por lo que no se recomiendan para su sellado. Son buenos selladores de líquidos, excepto en el caso de aquellos líquidos que por afinidad química tienden a acumularse en el interior del retículo e hincharlo. Es el caso de muchos disolventes orgánicos. Concretamente, las siliconas, excepto en el caso de formulaciones especiales, se hinchan en presencia de aceites y combustibles.

Los materiales termoplásticos son solubles en disolventes afines. Por este motivo debe cuidarse el contacto de estos adhesivos con muchos agentes disolventes. Por otro lado, su carácter sellador es pobre en general no siendo materiales recomendados para sellados de un cierto rendimiento.

En cuanto a los efectos químicos, la durabilidad de un adhesivo se puede ver seriamente afectada cuando entra en contacto con un agente químico con el que sea susceptible de reaccionar. En tal caso se produce una auténtica degradación química e irreversible del adhesivo.

	Alumno:	F.S.M.	Especialidad:	I.T. Naval Estructuras Marinas	16/02/2010
	DISEÑO Y RESISTENCIA DE LA UNION ADHESIVA.				Pág. 51

Aunque depende de la química de cada familia adhesiva se puede afirmar de una forma general que los duroplásticos presentan una mayor durabilidad frente a agentes químicos que los elastómeros, y éstos mayor a su vez que los termoplásticos, porque tienen una estructura molecular más cerrada en la que el ataque químico progresa de una forma más lenta. Todos ellos son atacables por agentes oxidantes, ya que producen la degradación de los compuestos orgánicos.

4.7. Uniones estructurales.

Por estructuralidad entendemos la virtud que tiene un conjunto de elementos ensamblados entre si de comportarse como un todo solidario frente a los esfuerzos mecánicos para los que fue diseñado. Esta definición abarca tanto aplicaciones sometidas a cargas estáticas como puede ser cualquier edificación, como conjuntos sometidos a esfuerzos dinámicos como es el caso de cualquier vehículo. La gran variedad de problemas estructurales unido a los distintos efectos que producen los diferentes tipos de sollicitaciones sobre las estructuras hacen que las soluciones para el ensamblaje de los componentes sean diversas y deban estudiarse por separado.

Las condiciones bajo las que van a funcionar las estructuras determinan las exigencias que debe cumplir el adhesivo seleccionado. En base a las capacidades de carga de la resina curada se dimensionan las zonas de unión. No obstante, en muchas ocasiones prevalecen los criterios de resistencia a vibración y a fatiga frente a los de gran capacidad de transmisión de cargas. Por este motivo, en múltiples ocasiones se emplean adhesivos elásticos para el ensamblaje de estructuras en lugar de adhesivos rígidos de gran resistencia mecánica.

	Alumno:	F.S.M.	Especialidad:	I.T. Naval Estructuras Marinas	16/02/2010
	DISEÑO Y RESISTENCIA DE LA UNION ADHESIVA.				Pág. 52

Los adhesivos estructurales se clasifican según su módulo de elasticidad:

1. Adhesivos rígidos: Alta resistencia frente a esfuerzos normales o de cortadura. Baja resistencia frente a esfuerzos de pelado y desgarro. Mala resistencia frente a esfuerzos dinámicos e impacto.

1.1. Con gran capacidad relleno de holgura:

1.1.1. Epoxis

1.2. Superficies coincidentes:

1.2.1. Cianoacrilatos

2. Adhesivos tenaces: Buena resistencia frente a esfuerzos normales o de cortadura. Buena resistencia frente a esfuerzos de pelado y desgarro. Buena resistencia frente a esfuerzos dinámicos e impacto.

2.1. Con gran capacidad relleno de holgura:

2.1.1. Epoxis tenaces

2.1.2. Acrílicos UV y anaeróbicos UV

2.1.3. Acrílicos bicomponentes

2.2. Con capacidad intermedia de relleno de holgura:

2.2.1. Acrílicos de curado con activador

2.2.2. Anaeróbicos estructurales

2.3. Para superficies coincidentes:

2.3.1. Cianoacrilatos tenaces

3. Adhesivos flexibles: Baja resistencia frente a esfuerzos normales o de cortadura. Alta resistencia frente a esfuerzos de pelado y desgarro. Buena resistencia frente a esfuerzos dinámicos e impacto.

3.1.1. Siliconas

3.1.2. Poliuretanos

3.1.3. Silanos modificados

	Alumno:	F.S.M.	Especialidad:	I.T. Naval Estructuras Marinas	16/02/2010
	DISEÑO Y RESISTENCIA DE LA UNION ADHESIVA.				Pág. 53

Los adhesivos rígidos son soluciones válidas para elevadas cargas estáticas o durante un número corto de ciclos. Sólo soportarán los efectos de cargas dinámicas o impactos si los sustratos no son excesivamente rígidos.

Los adhesivos tenaces soportan cargas inferiores, por lo que requieren áreas de adhesión algo mayores que los adhesivos rígidos. Sin embargo, soportan los efectos de cargas dinámicas o impactos, incluso si los adherentes son muy rígidos. Mejoran también el rendimiento de los adhesivos rígidos frente a esfuerzos de pelado o desgarro.

Los adhesivos elásticos presentan resistencias pobres y requieren áreas de adhesión grandes. Resisten perfectamente esfuerzos de pelado y desgarro, cargas dinámicas o impactos.

Los anaeróbicos tradicionales no se consideran adhesivos estructurales por su pobre resistencia frente a esfuerzos de tracción, pelado y desgarro.

Los adhesivos rígidos se emplean como solución para el ensamblaje de estructuras cuando las uniones pueden ser diseñadas para que sólo sean sometidas a esfuerzos estáticos normales y de cortadura. Su uso en aplicaciones sometidas a tensiones de pelado o a cargas dinámicas sólo es viable si los sustratos son capaces de amortiguar el efecto del esfuerzo sobre la junta adhesiva (sustratos plásticos, cauchos, madera, etc.). Proporcionan una elevada rigidez torsional a los conjuntos.

Los esfuerzos cortantes provocan deformaciones mecánicas en los sustratos y la aparición de puntos de tensión máxima, en particular cuando los elementos a ensamblar son de pequeño espesor y constituidos por materiales de bajo módulo de elasticidad. Esto dificulta el dimensionamiento de las uniones sometidas a tales

	Alumno:	F.S.M.	Especialidad:	I.T. Naval Estructuras Marinas	16/02/2010
	DISEÑO Y RESISTENCIA DE LA UNION ADHESIVA.				Pág. 54

esfuerzos, además de sobrecargar los extremos de los sustratos con el consiguiente riesgo de fallo.

Igualmente, variaciones del módulo de elasticidad debidas a cambios de temperatura pueden producir la aparición de puntos de tensión máxima. Las elevadas tensiones de cortadura en los extremos de los solapes se combinan con las tensiones normales resultando momentos flectores provocados porque los esfuerzos en carga no están siempre sobre una línea de aplicación. La consecuencia es la aparición de esfuerzos de pelado que cargan de forma inadecuada la junta adhesiva. Los esfuerzos de pelado derivados de la deformación de los materiales se deben minimizar con soluciones de diseño.

En un esfuerzo estático la carga en servicio sólo interviene una vez y es de una duración limitada. En la práctica este tipo de esfuerzos se presenta rara vez. Sin embargo, las ecuaciones establecidas para esfuerzos estáticos pueden ser utilizadas sin grandes riesgos en numerosas aplicaciones. Para el diseñador, las leyes de cálculo pueden ser enunciadas teniendo en cuenta como directrices básicas de diseño dimensiones, esfuerzos y resistencia de los materiales utilizados, tanto del adhesivo como de los componentes a unir.

Cuando los sustratos son capaces de absorber las vibraciones, el impacto o los esfuerzos de pelado se puede considerar el diseño de los conjuntos con adhesivos rígidos. Así, multitud de aplicaciones sometidas a cargas dinámicas que emplean sustratos poliméricos se adhieren con cianoacrilatos cuando las superficies de los sustratos coinciden o con epoxis cuando se necesita cubrir holgura, con excelentes rendimientos en ambos casos.

	Alumno:	F.S.M.	Especialidad:	I.T. Naval Estructuras Marinas	16/02/2010
	DISEÑO Y RESISTENCIA DE LA UNION ADHESIVA.				Pág. 55

Los adhesivos tenaces suplen las carencias de resistencia que tienen los adhesivos rígidos frente a esfuerzos de pelado, desgarro, esfuerzos dinámicos e impacto. Sin embargo tienen resistencias nominales a cortadura sensiblemente inferiores. Por este motivo las superficies involucradas deben ser algo superiores para transmitir cargas equivalentes. Es importante generar un espesor apreciable en la línea de unión para que el adhesivo pueda elongarse y amortiguar los efectos de las cargas mencionadas.

En adhesión, los esfuerzos mecánicos más corrientes son los de larga duración, constantes o alternos, y su determinación prima sobre el resto de las consideraciones. Los valores de resistencia del adhesivo se extraen de las curvas de Wöhler. Las curvas de resistencia permanente a fatiga informan sobre la resistencia real del adhesivo cuando ha sido sometido a un esfuerzo durante un número determinado de ciclos. Paradójicamente, adhesivos con una resistencia nominal estática elevada pueden presentar valores de resistencia a la fatiga mediocres tras un número elevado de ciclos e incluso inferiores a los correspondientes a otros de menor resistencia estática pero de mayor flexibilidad.

En la práctica, deben elaborarse gráficos en función del tipo de ensamblaje y los esfuerzos que pueden aparecer en funcionamiento (tales como tracción permanente, compresión permanente, tracción y compresión alternas, ondas de compresión, torsión alterna). Si a todo esto añadimos los esfuerzos suplementarios provenientes de efectos físico-químicos la obtención de cálculos precisos no es práctico en muchos casos. Por este motivo, la resistencia del adhesivo (que se determina mediante ensayos) se introduce en los cálculos bajo valores aproximados. Por ejemplo, si la resistencia nominal a la cortadura de un adhesivo se conoce, la resistencia permanente puede hallarse de forma aproximada aplicando coeficientes correctores.



Alumno:	F.S.M.	Especialidad:	I.T. Naval Estructuras Marinas	16/02/2010
DISEÑO Y RESISTENCIA DE LA UNION ADHESIVA.				Pág. 56

Cuando las uniones adhesivas se realizan entre componentes que pueden experimentar cambios dimensionales o sufrir deformaciones importantes, o cuando las cargas de pelado son de magnitud considerable es necesario recurrir a los adhesivos elásticos. Estos adhesivos presentan resistencias bajas frente a esfuerzos de cortadura o tracción, lo cual se suple incrementando aún más el área de adhesión, puesto que de lo contrario el conjunto podría perder estructuralidad bajo sollicitaciones externas o debido al peso de los componentes. Sin embargo, sus valores superiores de elongación a la rotura e inferiores módulos les permiten soportar las modificaciones que pueda sufrir la línea de unión, permitiendo la unión estructural de multitud de conjuntos sometidos a sollicitaciones dinámicas combinadas creando conjuntos capaces de absorber torsiones con capacidad de recuperación de su forma original.

Las estructuras ensambladas mediante adhesivos elásticos pueden perder rigidez torsional, pero en muchas ocasiones permiten aprovechar la estructuralidad de los componentes. Un caso habitual es el habitáculo de los vehículos cuyas lunas de vidrio aportan estructuralidad al conjunto gracias al uso de adhesivos elásticos en base a poliuretanos como sistema de unión a la carrocería.

Básicamente, los esfuerzos de pelado se producen al aplicar un esfuerzo de tracción sobre uno de los extremos de una unión adhesiva, cuando uno o ambos sustratos son flexibles. Si los dos adherentes son rígidos se produce un esfuerzo de desgarro. En cualquier caso, los esfuerzos de pelado y desgarro distribuyen de forma poco uniforme las tensiones a lo largo de la superficie de unión. Cuando se emplean adhesivos rígidos se crean picos de tensión en uno de los extremos de la junta y sobre una única línea de unión. Esta es la causa del fallo de las uniones adhesivas sometidas a estos esfuerzos. Los adhesivos elásticos solventan los efectos de los esfuerzos de pelado, ya que la propia elongación del material adhesivo permite que a la primera línea de unión se

	Alumno:	F.S.M.	Especialidad:	I.T. Naval Estructuras Marinas	16/02/2010
	DISEÑO Y RESISTENCIA DE LA UNION ADHESIVA.				Pág. 57

unan otras nuevas, creando un prisma triangular responsable de que estos adhesivos presenten un rendimiento muy superior al de los adhesivos rígidos.

De todo lo anterior se deduce que en el diseño debe contemplarse la necesidad de un espesor de junta adhesiva, puesto que de lo contrario el adhesivo no será capaz de elongarse y absorber las deformaciones de los sustratos. Los espesores se provocan mediante el uso de adhesivos muy viscosos con resistencia en verde o mediante el uso de elementos mecánicos que eviten variaciones de la holgura durante el proceso de curado del adhesivo. A veces se provocan relieves en los adherentes que aseguran el espesor del adhesivo elástico.

Una propiedad importante de los adhesivos elásticos es su capacidad de absorber energía. Como consecuencia de su naturaleza, los elastómeros amortiguan entre otras las vibraciones, disminuyendo sus efectos sobre otros elementos del conjunto. Esta característica se aprovecha en el diseño de muchos elementos ya sea para evitar fenómenos de fatiga ya sea para mejorar el confort de los conjuntos.



Alumno:

F.S.M.

Especialidad:

I.T. Naval Estructuras Marinas

16/02/2010

CLASIFICACIÓN DE LOS ADHESIVOS.

Pág. 58

5. CLASIFICACIÓN.



Alumno:

F.S.M.

Especialidad:

I.T. Naval Estructuras Marinas

16/02/2010

CLASIFICACIÓN DE LOS ADHESIVOS.

Pág. 59

5. Clasificación de los adhesivos.

Una de las clasificaciones más empleadas se basa en el mecanismo de formación de la junta adhesiva. Así, se pueden distinguir dos grandes grupos de adhesivos. Los adhesivos prepolimerizados, es decir, aquéllos cuyo polímero ya existía antes de ser aplicado el adhesivo sobre la unión, y adhesivos reactivos. Estos últimos se caracterizan porque el adhesivo en estado líquido, viscoso, gel, etc. se halla constituido por monómeros o cadenas oligómeras que polimerizan y/o se entrecruzan durante el proceso de polimerización que ocurre cuando tal adhesivo se ubica entre los sustratos a unir. Dentro de estos grandes grupos se definen diversas subclases:

1) Adhesivos prepolimerizados.

a) En fase líquida.

- i) Soluciones acuosas como los cementos, las colas o el almidón.
- ii) Soluciones orgánicas como el caucho natural.
- iii) Emulsiones o líquidas como los adhesivos en base a PVC.

b) En fase sólida.

- i) Adhesivos piezosensibles como los adhesivos de contacto o las cintas adhesivas.
- ii) Adhesivos termofusibles o hot melts.

2) Adhesivos reactivos.

- a) Que curan mediante poliadición como los cianoacrilatos, los anaeróbicos o los acrílicos.
- b) Que curan mediante policondensación como los epoxis o las siliconas.



Alumno:

F.S.M.

Especialidad:

I.T. Naval Estructuras Marinas

16/02/2010

CLASIFICACIÓN DE LOS ADHESIVOS.

Pág. 60

5.1. Adhesivos prepolimerizados.

Dentro de los adhesivos prepolimerizados, existe una gran variedad de tipos, tanto en fase líquida como sólida. En fase líquida, podemos utilizar soluciones orgánicas que suelen ser lineales y adquieren propiedades elásticas tras la vulcanización, la cual en ocasiones tiene lugar con el oxígeno del aire, o las emulsiones que tienden a sustituir a los anteriores por los problemas derivados del uso de disolventes en su formulación. En fase sólida tenemos, entre otros, los adhesivos sensibles a la presión o piezosensibles (PSA), con una reología especial que les permite deformarse y mojar los sustratos en estado sólido, y los termofusibles o Hot Melts, que humectan los sustratos cuando se calientan por encima de la temperatura de reblandecimiento.

Los principios de la adhesión son comunes a todas las familias adhesivas. Sin embargo, sólo los adhesivos reactivos son capaces de dar soluciones fiables a los problemas de ingeniería. Por este motivo, veremos con más detenimiento los adhesivos reactivos.

5.2. Adhesivos reactivos.

Los adhesivos reactivos son aquéllos que polimerizan durante la unión adhesiva, es decir, cuando se hallan entre los sustratos que se pretende ensamblar.

La profundidad de curado de un adhesivo reactivo depende del grado de iniciación de la reacción de polimerización. En general, los adhesivos monocomponentes que curan mediante diversos sistemas de iniciación superficial (presencia de iones metálicos, presencia de humedad sobre las piezas, humedad ambiental, uso de activadores, etc.) presentan profundidades de curado limitadas. Sin embargo, los sistemas bicomponentes, los cuáles inician la polimerización en todo su volumen, permiten profundidades de curado ilimitadas.



Alumno:

F.S.M.

Especialidad:

I.T. Naval Estructuras Marinas

16/02/2010

CLASIFICACIÓN DE LOS ADHESIVOS.

Pág. 61

El adhesivo pasa de estado líquido a estado sólido sin pérdida de masa y con inapreciables pérdidas de volumen. Tal característica es básica para realizar adhesiones de alto rendimiento y condición indispensable para obtener sellados fiables. Al no existir solvente alguno en la formulación son adhesivos que no presentan problemas de emisión de agentes inflamables, tóxicos o dañinos para el medio ambiente.

El curado de los adhesivos reactivos tiene lugar según dos posibles mecanismos:

- **Poliadición:** por adición al abrirse un doble enlace de un monómero que lo contenga.
- **Policondensación:** por condensación de moléculas sencillas en la reacción de monómeros difuncionales con grupos terminales reactivos.

Un importante efecto que tiene el tipo de polimerización sobre los sistemas adhesivos es el relacionado con los tiempos de manipulación y de curado. Las poliadiciones son reacciones en cadena y tienen velocidades de reacción elevadas. Por el contrario, las policondensaciones son reacciones lentas que producen un incremento paulatino y continuo de la viscosidad del sistema adhesivo.

Los adhesivos anaeróbicos, los cianoacrilatos y los acrílicos curan según un proceso de poliadición. Por este motivo el lapso de tiempo entre la viscosidad inicial detectable y la resistencia a la manipulación de estos adhesivos es muy corto en comparación con el de epoxis o poliuretanos que curan mediante policondensaciones.

En el caso de los epoxis, el adhesivo va espesándose hasta que llegado cierto punto no se recomienda la reposición, incluso mucho antes de que se alcance el tiempo de manipulación. En el caso de los acrílicos la reposición es posible antes de que se llegue a consumir el 80% del tiempo de fijación. Una vez que el acrílico tiene una viscosidad evidente la resistencia a la manipulación se logrará en muy poco tiempo, después del

**CLASIFICACIÓN DE LOS ADHESIVOS.**

cual no se aconseja la reposición. Con los epoxis y poliuretanos es posible una cierta reposición incluso después de un apreciable incremento de la viscosidad.

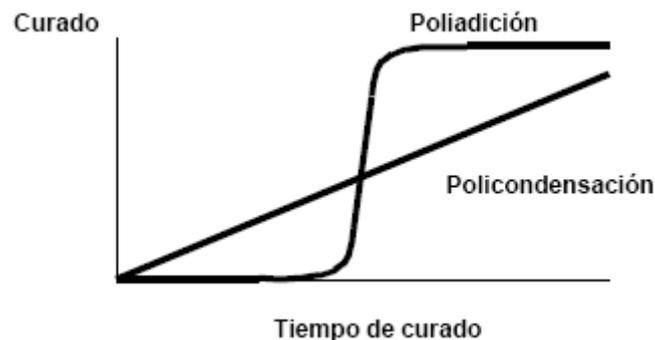


Fig.5.1. Diferencias en la evolución de la viscosidad durante el curado mediante poliadición y mediante policondensación.

Uno de los parámetros que tiene efecto directo sobre el grado de polimerización es la velocidad de polimerización. En las reacciones de poliadición viene determinada fundamentalmente por la etapa de iniciación. Cuando se generan numerosos puntos de crecimiento para las cadenas poliméricas se incrementa la velocidad de polimerización pero, al mismo tiempo, disminuye el grado de polimerización. Los polímeros que resultan tienen peores propiedades mecánicas. Esto se observa claramente en los adhesivos que, como regla general, dan lugar a uniones más resistentes cuanto menor sea la velocidad de curado. Tal comparación es sólo válida para adhesivos del mismo tipo.

5.2.1. Adhesivos reactivos rígidos.

Los adhesivos reactivos rígidos se caracterizan por generar uniones de elevada rigidez. Las familias más importantes se pueden clasificar según su capacidad de relleno de holguras:



Alumno:

F.S.M.

Especialidad:

I.T. Naval Estructuras Marinas

16/02/2010

CLASIFICACIÓN DE LOS ADHESIVOS.

Pág. 63

1) Adhesivos reactivos rígidos para sustratos coincidentes:

- a) Anaeróbicos
- b) Cianoacrilatos

2) Adhesivos reactivos rígidos con capacidad de relleno de holgura:

- a) Epoxis

Aunque todos ellos pueden presentar deficiencias en aplicaciones dinámicas o frente a esfuerzos de pelado, existen versiones tenaces de todos ellos que mejoran su comportamiento en tales situaciones.

-Anaeróbicos.

Los adhesivos y selladores anaeróbicos son sustancias que no reaccionan en presencia de oxígeno (aire), pero que polimerizan en ausencia de aire y presencia de iones metálicos. Estos productos tienen numerosas aplicaciones en aquellos montajes en los que el esfuerzo dominante sea de cortadura. En general adolecen de resistencia a la tracción, al impacto y al pelado necesarias para su uso con fines estructurales. Existen, no obstante, ciertas formulaciones anaeróbicas en base a metacrilatos de uretano, los cuáles contienen segmentos "rígidos" y "flexibles" en sus moléculas y que tienen aplicaciones como adhesivos estructurales.

Los adhesivos anaeróbicos son ideales para su uso en montajes metálicos. La superficie de los metales, rica en iones, favorece la generación de radicales libres en su reacción con los peróxidos presentes en la formulación del adhesivo. No obstante, los sustratos metálicos presentan diferentes niveles de actividad:

1. Superficies activas como acero, latón, bronce, cobre, hierro, etc.
2. Superficies pasivas como aceros de alta aleación, aluminio, níquel, zinc, estaño, plata, oro, capas de óxido, capas de cromado, revestimientos anódicos, acero inoxidable, etc.



Alumno:

F.S.M.

Especialidad:

I.T. Naval Estructuras Marinas

16/02/2010

CLASIFICACIÓN DE LOS ADHESIVOS.

Pág. 64

Cuando las superficies de los sustratos metálicos son pasivas se puede emplear un agente químico que supla la ausencia de iones desencadenantes de la reacción de polimerización. Este agente se denomina "activador". Los tiempos de curado son elevados con metales pasivados. La corrosión y suciedad superficiales evitan el contacto de los iones con el adhesivo anaeróbico, inhibiendo la reacción.

Los sustratos no metálicos (plásticos, cerámicas, madera, vidrio, etc.) también requieren activación.

Los adhesivos anaeróbicos pueden curar también por efecto del calor. Así tras calentar la línea de unión durante 3 a 5 minutos se observa un inicio del proceso de curado. La polimerización completa se puede conseguir calentando entre 120°C y 150°C durante 30 min. Existen además formulaciones de adhesivos anaeróbicos que, una vez curado el adhesivo, incrementan su reticulación por efecto del calor mejorando la resistencia mecánica.

Una vez curados, los adhesivos anaeróbicos presentan las siguientes características:

- Muy buena resistencia a la cortadura y compresión.
- Buena resistencia a la temperatura (de -55°C hasta un máximo de 230°C).
- Curado rápido.
- No se precisa un acabado superficial excepcional (se recomiendan rugosidades de 0.8-3.2 mm RA).
- Efecto sellador con excelente resistencia química.
- Buena resistencia a la vibración.
- Buena resistencia a las cargas dinámicas.
- Adecuados fundamentalmente para sustratos metálicos.



Alumno:

F.S.M.

Especialidad:

I.T. Naval Estructuras Marinas

16/02/2010

CLASIFICACIÓN DE LOS ADHESIVOS.

Pág. 65

Algunas de las desventajas son las siguientes:

- Los adhesivos anaeróbicos estándar presentan resistencias a tracción y pelado pobres. Los anaeróbicos estructurales tenaces soportan tales tensiones.
- Necesitan activadores sobre sustratos pasivos o no metálicos.

Las características únicas de los adhesivos anaeróbicos hacen que estos productos sean ideales para ciertas áreas de aplicación específicas:

- Fijación de roscas
- Sellado de roscas
- Retención de piezas cilíndricas
- Sellado y acoplamiento de bridas
- Impregnación de piezas

Las versiones tenaces de los anaeróbicos, mejoran la resistencia a la tracción, al pelado y al desgarro de las uniones, además de conferir estructuralidad a las adhesiones.

- **Cianocrilatos.**

Los cianoacrilatos, como se denomina a los adhesivos instantáneos presentan excepcionales características adhesivas. Por ello y por la comodidad de su uso se han convertido en una de las soluciones más comunes a los problemas de ensamblaje entre materiales muy diversos.

Los cianoacrilatos son adhesivos monocomponentes que polimerizan rápidamente cuando son aprisionados en forma de una película fina entre dos sustratos. En estado fluido los adhesivos en base a cianoacrilato se hallan compuestos por monómeros reactivos, estabilizados en medio ácido débil. La polimerización de los monómeros de cianoacrilato tiene lugar por vía aniónica cuando aparecen centros iniciadores básicos.



Alumno:

F.S.M.

Especialidad:

I.T. Naval Estructuras Marinas

16/02/2010

CLASIFICACIÓN DE LOS ADHESIVOS.

Pág. 66

Esto ocurre en presencia de compuestos débilmente básicos, como aminas, alcoholes o la misma agua. Tales sustancias, en concentración suficiente, generan los núcleos sobre los cuales se van adicionando unidades monómeras, creando cadenas polímeras y haciendo que el fluido pase a estado sólido.

Casi todos los sustratos poseen humedad adsorbida sobre sus superficies, y esta humedad proporciona iones hidroxilo que servirán como iniciadores de la polimerización aniónica. Cuando una gota de cianoacrilato es comprimida o extendida entre dos superficies, la fina película resultante entra en íntimo contacto con las trazas de humedad adsorbidas en la superficie de los sustratos, dando lugar a una rápida iniciación de la polimerización. Cuanto más fina es la película de cianoacrilato más rápidamente se produce su curado. Una gota o un cordón de cianoacrilato situado en una superficie normal no ácida permanecerá líquida durante mucho tiempo. Sin embargo, cuando sea extendida o presionada en una fina película, la polimerización tendrá lugar rápidamente.

Los cianoacrilatos no polimerizan tan rápidamente en grandes holguras a no ser que se aplique un activador en la superficie de adhesión o sobre el mismo adhesivo. Las formulaciones viscosas sólo son efectivas en holguras de hasta 0.1 mm aproximadamente si no se emplea un activador superficial, el cual se debe aplicar sobre una o ambas superficies, mientras que el adhesivo sólo se aplica sobre una de ellas.

Cuando las superficies a adherir son ácidas, es necesario el uso de un activador superficial o de una formulación insensible a la superficie para obtener tiempos de fijación cortos. No obstante, el uso de activadores superficiales no suele ser necesario para la mayoría de los sustratos los cuales dan lugar a velocidades de fijación suficientemente rápidas para la mayoría de las aplicaciones. El uso de activadores superficiales no da lugar a adhesiones más fuertes, sino únicamente a tiempos de manipulación más cortos.



Alumno:

F.S.M.

Especialidad:

I.T. Naval Estructuras Marinas

16/02/2010

CLASIFICACIÓN DE LOS ADHESIVOS.

Pág. 67

Entre las ventajas ofrecidas por los cianoacrilatos tenemos las siguientes:

- Alta resistencia a cortadura, tracción y compresión.
- Curados extremadamente rápidos.
- Sólo son necesarias cantidades pequeñas de adhesivo para formar adhesiones fuertes.
- Adhieren una gran variedad de materiales, incluyendo la mayoría de los plásticos.
- Buena resistencia química.
- Forman adhesiones virtualmente incoloras si se evitan los excesos.

Como el resto de los materiales adhesivos, los cianoacrilatos presentan limitaciones. Se pueden resumir entre las siguientes:

- Tienen capacidad de relleno de holgura limitada (normalmente 0.2mm).
- Resistencia pobre al impacto y al pelado sobre sustratos rígidos con la excepción de los cianoacrilatos tenaces.
- Resistencia pobre a la humedad sobre sustratos metálicos, mejorada únicamente por los cianoacrilatos tenaces.
- Las formulaciones de cianoacrilatos tenaces soportan hasta los 120°C en algunos casos. La temperatura máxima a la que pueden ser expuestos es de 80°C. Las exposiciones prolongadas a temperaturas superiores conducen a la pérdida progresiva de la resistencia.
- El "blooming" o empañamiento causado por la volatilidad del monómero.
- No adhieren sustratos vítreos.

Por su rapidez y comodidad de uso, los cianoacrilatos son adhesivos ideales para procesos automatizados de ensamblaje. Su carácter minicomponente permite que puedan ser aplicados mediante sencillos sistemas de dosificación, los cuales pueden ser acoplados a las correspondientes estaciones dentro de la cadena de producción.

Uno de los sectores de mayor consumo de cianoacrilatos es el de la Automoción. Muchas de las piezas plásticas del habitáculo, así como los cierres y otros elementos se



Alumno:

F.S.M.

Especialidad:

I.T. Naval Estructuras Marinas

16/02/2010

CLASIFICACIÓN DE LOS ADHESIVOS.

Pág. 68

adhieren con estos adhesivos. Como consecuencia de su uso en primeros equipos, el cianoacrilato también se emplea en el mantenimiento y la reparación de muchos de estos elementos, ya sea de forma directa sobre los vehículos o en la fabricación de los accesorios.

Otro gran mercado es el de la Electrónica y la Electricidad. Ciertas formulaciones han sido desarrolladas para cubrir las exigencias de estos sectores. Podemos añadir a la lista los fabricantes de desechables médicos, la industria cosmética, la industria militar, etc.

Uno de los usos más curiosos del cianoacrilato es el del desenmascarado de huellas digitales. Los vapores de cianoacrilato polimerizan sobre las huellas que dejan los dedos, formando líneas visibles. Este sistema se emplea asiduamente por muchos departamentos de investigación policial.

Una de las aplicaciones que mayor interés está adquiriendo recientemente es el uso del cianoacrilato en el campo de la sutura médica, tanto en cirugía como para cerrar heridas. Los monómeros empleados básicamente son los de butilo o superiores debido a su mayor flexibilidad y menor toxicidad. Estos compuestos fueron empleados durante la guerra del Vietnam pero sólo recientemente han sido aprobados para su uso con fines médicos. Los exploradores llevan asimismo cianoacrilatos para cerrar los cortes producidos en las expediciones.

-Epoxi.

Los epoxis son adhesivos normalmente bicomponentes en forma de resina más activador. Una vez premezclados la polimerización comienza lentamente por lo que deben ser aplicados sobre las piezas a unir y mantener los sustratos en posición hasta alcanzada la resistencia a la manipulación.

En el pasado la mayoría de los epoxis se formulaban como bicomponentes que debían ser mezclados inmediatamente antes de ser empleados y tenían una vida de mezcla



Alumno:

F.S.M.

Especialidad:

I.T. Naval Estructuras Marinas

16/02/2010

CLASIFICACIÓN DE LOS ADHESIVOS.

Pág. 69

limitada. Sin embargo, en la actualidad existen adhesivos epoxi monocomponentes con un agente endurecedor latente que se libera únicamente por reacción a alta temperatura. Estos adhesivos fueron comercializados en 1975. Por debajo de la Tg de la mezcla (por debajo de 0°C) no se produce reacción alguna. Al elevarse la temperatura comienza la policondensación de la resina. Los epoxis empleados en aplicaciones estructurales deben ser curados a temperaturas altas o a temperatura ambiente con post-curado por calor. La ventaja del post-curado como operación independiente, incluso en el caso de juntas ya curadas con algo de calor, es que puede ser realizado sin el uso de sistemas de sujeción o sistemas de calentamiento con prensas hidráulicas.

El mayor interés en un reciente pasado se centró en los epoxis tenaces. Estos materiales incorporaban en su formulación un caucho, generalmente nitrilo, capaz de precipitar de forma microdispersa cuando la resina endurece. Con la adición de esta fase de caucho se mejoran las características del adhesivo curado frente a esfuerzos de pelado, sobre todo a bajas temperaturas en las que otros epoxis, como los nylonepoxis, pierden todas sus características de flexibilidad. Los epoxis tenaces bicomponentes fueron introducidos comercialmente en 1973.

Las propiedades de los epoxis son las siguientes:

- Muy alta resistencia a cortadura, tracción t compresión.
- Resistencia a temperaturas de hasta 180°C (hasta 250°C en algunas formulaciones).
- Adhieren casi todos los sustratos.
- Muy buena resistencia química.
- Gran capacidad de relleno de holgura.
- Adhesivos muy rígidos. Resistencia a pelado y a impacto en formulaciones flexibles (epoxi-nitrilo).
- Aunque es dieléctrico y aislante térmico, puede ser modificado ser conductor de la electricidad y del calor. Además se pueden adicionar cargas para mejorar las



Alumno:

F.S.M.

Especialidad:

I.T. Naval Estructuras Marinas

16/02/2010

CLASIFICACIÓN DE LOS ADHESIVOS.

Pág. 70

características mecánicas (como fibra de vidrio) o para disminuir la densidad (como microesferas neumáticas).

- Son mecanizables.

Algunas desventajas son:

- Presentan problemas de absorción y difusión de la humedad en su seno.
- Sistemas de alto rendimiento bicomponentes y con necesidad de calor, al menos en la etapa de post-curado.
- Problemas de tiempos de curado, vida de la mezcla y necesidad de temperatura para conseguir un alto grado de reticulación.

Los epoxis se emplean en muchas aplicaciones:

- Aditivos para hormigones y elementos de construcción
- Adhesivos estructurales para la industria aeronáutica
- Fabricación de materiales compuestos
- Recubrimientos superficiales
- Electrónica (circuitos impresos, encapsulación, etc.)
- Imprimaciones

5.2.2. Adhesivos reactivos tenaces.

Los adhesivos reactivos tenaces presentan un excelente rendimiento en aplicaciones dinámicas y cuando las cargas aplicadas generan esfuerzos de pelado y/o desgarro. Además de las versiones tenaces de anaeróbicos, cianoacrilatos y epoxis, podemos hablar de otras familias adhesivas propiamente tenaces:

- 1) Adhesivos reactivos tenaces para sustratos coincidentes:
 - a) Anaeróbicos tenaces.
 - b) Cianoacrilatos tenaces.



Alumno:

F.S.M.

Especialidad:

I.T. Naval Estructuras Marinas

16/02/2010

CLASIFICACIÓN DE LOS ADHESIVOS.

Pág. 71

2) Adhesivos reactivos tenaces con capacidad intermedia de relleno de holgura:

- a) Acrílicos.
- b) Adhesivos de curado UV.

3) Adhesivos reactivos tenaces con capacidad de relleno de holgura:

- a) Epoxis tenaces.

De entre ellos hablaremos de las familias nuevas: los acrílicos y los adhesivos de curado UV.

-Acrílicos.

Los adhesivos acrílicos modificados estructurales constituyen la más reciente y, tal vez, versátil de las familias de adhesivos empleadas en el ensamblaje de piezas en la industria.

Una característica diferenciadora de los adhesivos acrílicos es que no necesitan que la mezcla entre resina y activador sea completamente homogénea, ya que una vez generados los "centros activos", la propagación del polímero se produce en el seno del adhesivo. No se recomienda el uso de calor para acelerar el curado.

Los acrílicos se presentan comercialmente según dos sistemas principales de mezcla:

1. Sistemas adhesivo más activador
2. Sistemas bicomponentes
3. Sistemas bicomponentes sin necesidad de mezcla

Los diversos ensayos realizados sobre adhesivos acrílicos muestran su excelente durabilidad (resistencia a la fatiga, a agentes medioambientales, propagación de la rotura, efecto de la holgura de adhesión, diseño de la junta, etc.) comparado con los adhesivos estructurales más conocidos. Presentan además tiempos de manipulación muy cortos.

Algunas de ellas son las que siguen:



Alumno:

F.S.M.

Especialidad:

I.T. Naval Estructuras Marinas

16/02/2010

CLASIFICACIÓN DE LOS ADHESIVOS.

Pág. 72

- Alta resistencia a cortadura, tracción y compresión.
- Moderada resistencia a pelado.
- Resistencia a temperaturas de hasta 150°C (algunas formulaciones llegan casi a 200°C)
- Adhieren casi todos los sustratos.
- Muy buena resistencia química e hidrolítica
- Preparación superficial mínima o innecesaria.

Entre las desventajas podemos incluir las siguientes:

- Pobre adhesión sobre la mayoría de los elastómeros.
- Olor característico.
- En ocasiones, sistemas de mezclado en proporciones diferentes a 1:1.
- Puntos de inflamación bajos.

Las aplicaciones de los acrílicos son muy diversas gracias a su alto rendimiento frente a cargas dinámicas y a temperaturas moderadamente altas:

- Adhesión de ferritas a carcasas de motores eléctricos
- Adhesión de zapatas de frenos a coronas
- Paneles de calefacción solar
- Equipamiento deportivo sometido a tensiones como las raquetas de tenis
- Adhesión estructural en aviones y embarcaciones
- Muebles y decoración

-Adhesivos de curado UV.

La polimerización-reticulación inducida por la luz se empleaba ya hace más de 4000 años en la preparación de momias. Pero no fue hasta finales del siglo XIX cuando



Alumno:

F.S.M.

Especialidad:

I.T. Naval Estructuras Marinas

16/02/2010

CLASIFICACIÓN DE LOS ADHESIVOS.

Pág. 73

Niepe tuvo la brillante idea de emplear el mismo asfalto sensible a la luz como material imagen para obtener la primera fotografía permanente.

Un adhesivo de curado UV contiene una sustancia química denominada fotoiniciador. Cuando el fotoiniciador se expone a la luz UV reacciona para generar radicales libres. Los radicales libres causan la polimerización de los monómeros en el sistema adhesivo. Los sistemas adhesivos de curado UV tienen en ocasiones sistemas secundarios de curado mediante:

- Activadores químicos
- Sistemas de curado anaeróbico
- Calor
- Humedad
- Oxígeno atmosférico

Estos sistemas de post-curado modifican las características físico-químicas de la junta adhesiva.

La primera limitación que tienen los adhesivos UV es el acceso de la luz a la junta adhesiva. Esto resulta sencillo cuando se pretenden unir sustratos de vidrio, puesto que una de las partes será permeable a la luz UV permitiendo el curado del adhesivo. Si las partes son opacas la tecnología se limita a procesos de adhesión, encapsulado, relleno y recubrimiento. También es posible el curado de películas de adhesivo exponiendo la junta adhesiva a la luz UV desde uno de los laterales de la unión adhesiva.

La velocidad de curado depende de varios factores:

- La intensidad y el espectro de frecuencias emitidas por la fuente luminosa.
- La formulación del adhesivo y el espesor de la junta adhesiva.



Alumno:

F.S.M.

Especialidad:

I.T. Naval Estructuras Marinas

16/02/2010

CLASIFICACIÓN DE LOS ADHESIVOS.

Pág. 74

- El espesor, la composición química y el color de cualquier vidrio o polímero a través del cual deba pasar la luz transmitida hacia la junta adhesiva.

- El color y brillo de los sustratos.

Algunas ventajas de los adhesivos de curado UV son como sigue:

- Velocidades de curado elevadas que permiten obtener tiempos de manipulación cortos

- Capacidad de relleno de holgura

- Son, en general, adhesivos tenaces con propiedades estructurales buenas

- Presentan adhesiones relativamente aceptables sobre polímeros de baja energía superficial

- Buena resistencia medioambiental

- Apariencia excelente

Algunas desventajas son:

- Adecuado únicamente para sustratos transparentes a la luz UV

- Se requiere una inversión importante en equipo

Algunas áreas de aplicación son las que siguen:

- Fabricación de muebles (por ejemplo, mesas de vidrio y metal)

- Ensamblajes ornamentales

- Electrónica (Protección encapsulado, relleno, recubrimiento, etc.)

- Aparatos médicos desechables



5.2.3. Adhesivos reactivos flexibles.

La función primaria de un adhesivo elástico es, generalmente, el sellado. Sin embargo, muchos adhesivos elásticos se emplean en uniones estructurales empleando suficiente superficie para incrementar la rigidez de la unión.

Aunque existen más adhesivos elásticos, los más importantes son los siguientes:

- 1) Siliconas
- 2) Poliuretanos
- 3) Silanos modificados



Fig.5.2. Aspecto de un adhesivo elástico.

Los adhesivos elásticos se encuentran comercialmente como fluidos más o menos viscosos que forman un caucho elástico mediante una reacción química.

Siliconas, poliuretanos y silanos modificados se pueden encontrar en dos formatos:

- En los sistemas monocomponentes o RTV-1 el adhesivo reacciona con la humedad ambiental. El curado comienza en la capa más exterior y continúa hacia el interior del cordón aplicado. Conforme se produce la polimerización el caucho se vuelve cada vez más impermeable a la humedad, dificultando la polimerización de las capas interiores. Esto limita la capacidad de relleno de holgura del adhesivo, que se halla entre los 6 y los 12 mm, y la velocidad de curado, que normalmente se halla en torno a 1 mm/día como media. La velocidad de curado en profundidad es un proceso controlado por la

**CLASIFICACIÓN DE LOS ADHESIVOS.**

difusión, es decir, dependiente de la temperatura y la humedad. Los tiempos de formación de piel y el de tacto seco dependen de la velocidad de reacción, que es dependiente del tipo de adhesivo.

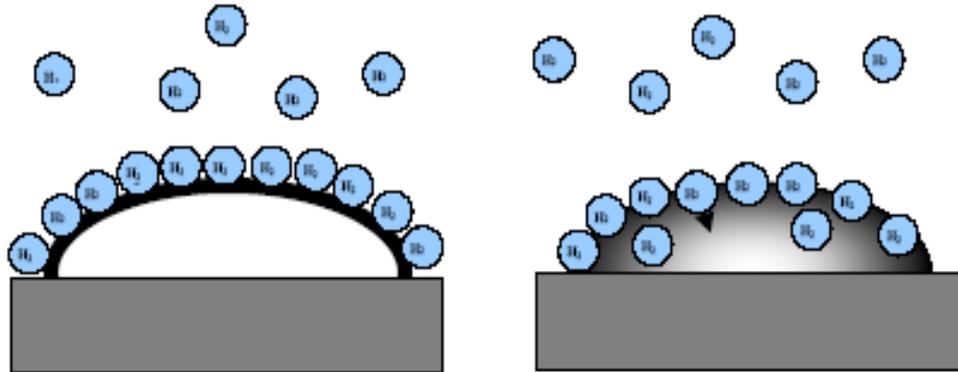


Fig.5.3. En un adhesivo elástico, la formación de piel viene determinada por la reacción de entrecruzamiento, mientras que el curado en profundidad está controlado por la difusión de la molécula de agua.

- En los sistemas bicomponentes o RTV-2 el adhesivo reacciona con el segundo componente, el cual se suele añadir durante el proceso de dosificación mediante boquillas mezcladoras. Los tiempos de curado son muy inferiores a los de sus homólogos monocomponentes, por lo que se suelen emplear en líneas de producción automatizadas.

-Siliconas.

La polimerización de las siliconas da lugar a subproductos de reacción que por lo general son volátiles. Usualmente las siliconas se clasifican de acuerdo con el subproducto que liberan durante el proceso de curado:

- Acéticas: cuando liberan ácido acético (olor a vinagre característico).
Generan problemas de corrosión sobre ciertos sustratos metálicos como el cobre.
- Alcoxi: liberan alcoholes de diferente peso molecular generalmente metanol.
- Amínicas: liberan aminas.



Alumno:

F.S.M.

Especialidad:

I.T. Naval Estructuras Marinas

16/02/2010

CLASIFICACIÓN DE LOS ADHESIVOS.

Pág. 77

· Oxímicas: son formulaciones especiales que liberan oximas, pero con la particularidad de que este subproducto de reacción es reutilizado nuevamente en la reacción de polimerización. Por este motivo también se denominan siliconas neutras.

Existen además siliconas que curan bajo radiación UV, mediante el uso de fotoiniciadores en la composición. Normalmente se emplean lámparas con emisión UV para fijar el producto sobre los sustratos. A veces se utiliza como sistema de curado dual junto con el curado clásico por humedad.

Las siliconas, una vez curadas, presentan las siguientes ventajas:

- Buena adhesividad y sellado sobre una amplia variedad de sustratos.
- Permanecen flexibles entre -55°C y 250°C , aunque hay formulaciones que llegan a soportar hasta 350°C en picos.
- Buena durabilidad. Son resistentes a la humedad, el ozono y la radiación UV.
- Propiedades dieléctricas destacadas.

Algunas desventajas son:

- No son pintables.
- Las siliconas acéticas producen un olor penetrante. Sin embargo, las siliconas alcoxi y las oxímicas presentan olores suaves.
- En general baja resistencia a aceites calientes, combustibles y productos clorados.

Se suelen emplear en muy diversas aplicaciones, como adhesivos y selladores industriales y en la construcción:

- Adhesión y sellado de componentes mecánicos y electrónicos.
- Adhesión y sellado en electrodomésticos.
- Adhesión y sellado en la industria de la refrigeración.
- Sellado y encapsulado de elementos eléctricos (siliconas neutras).



Alumno:

F.S.M.

Especialidad:

I.T. Naval Estructuras Marinas

16/02/2010

CLASIFICACIÓN DE LOS ADHESIVOS.

Pág. 78

- Recubrimiento de cintas transportadoras.
- Adhesión y sellado de aplicaciones químicas.
- Sellado y juntas en la industria de la automoción.



Fig.5.4 Ejemplo de aplicación de siliconas en líneas de producción.

-Poliuretanos.

Los poliuretanos son polímeros basados en la química del isocianato. A menudo la denominación "poliuretano" es incorrecta, ya que sólo una pequeña fracción de los enlaces son verdaderos grupos uretano. Son el resultado de la reacción de un isocianato con agua, o con un polioli o una amina en el caso de los poliuretanos bicomponentes.

Los poliuretanos monocomponentes reaccionan con la humedad atmosférica para generar un caucho elastómero. Al igual que en el caso de las siliconas, la reacción de polimerización ocurre desde el exterior del cordón hacia el interior, lo cual vuelve a limitar el ancho de cordón utilizado además de alargar los tiempos de curado.

Por el contrario, los poliuretanos bicomponentes polimerizan como resultado de la reacción de los isocianatos con los correspondientes polioles o aminas en toda la masa de la junta adhesiva. Esto elimina las limitaciones de holgura de curado y permite velocidades de curado muy superiores.



Alumno:

F.S.M.

Especialidad:

I.T. Naval Estructuras Marinas

16/02/2010

CLASIFICACIÓN DE LOS ADHESIVOS.

Pág. 79

Los poliuretanos mojan mal las superficies, lo cual obliga al uso de imprimaciones basadas en poliuretanos diluidos y en silanos, y que ejercen la función de interfase entre el adhesivo y el sustrato. El uso del imprimador además incrementa enormemente la vida de la adhesión.

Los poliuretanos presentan las siguientes ventajas:

- Sellan un amplio rango de sustratos.
- Permanecen flexibles entre -40°C y 80°C .
- Buena resistencia a los productos químicos.
- El adhesivo aplicado se puede pintar.
- Presentan una considerable resistencia en verde antes del curado del producto. Esto se aprovecha en aplicaciones como el pegado de parabrisas y lunas en vehículos.
- Producen olores muy suaves debidos al propio prepolímero de uretano. Los subproductos generados durante el curado no son olorosos (dióxido de carbono).
- Presentan fenómenos de histéresis que pueden aprovecharse en la amortiguación de ruidos, vibraciones, etc.

Algunas desventajas son las que siguen:

- Problemas de seguridad e higiene relacionados con los isocianatos, cuando se aplica calor sobre el adhesivo sin polimerizar. No obstante, los poliuretanos, una vez curados, contienen concentraciones extremadamente bajas de isocianato sin reaccionar.
- Precisan imprimaciones para realizar uniones estructurales.
- Resistencia pobre a la radiación UV.

Podemos resumir las aplicaciones de los poliuretanos en los siguientes apartados:

- Construcción y reparación.
- Transporte y automoción.



Alumno:

F.S.M.

Especialidad:

I.T. Naval Estructuras Marinas

16/02/2010

CLASIFICACIÓN DE LOS ADHESIVOS.

Pág. 80

- Ingeniería mecánica y montaje de máquinas.
- Electromecánica.
- Construcción y reparación de remolques.
- Construcción de contenedores.
- Construcción de puertas y ventanas.
- Construcción naval.
- Aparatos electrodomésticos.
- Sistemas de ventilación.

-Silanos modificados.

Los silanos modificados fueron descubiertos en Japón hace más de dos décadas. Su uso como selladores y adhesivos elásticos ha crecido de forma espectacular hasta llegar a consumos del orden de las siliconas o los poliuretanos y con una tendencia de crecimiento superior a éstos.

Los silanos modificados se basan en poliéteres terminados con grupos siloxanos. La reacción de polimerización sucede a través de los grupos siloxano terminales iniciada por la humedad ambiental o la adición de segundo componente.

Como subproducto de reacción se genera metanol en baja concentración, lo que minimiza los olores.

En los silanos modificados la formación de piel tiene lugar entre los 10 y los 30 minutos posteriores a su aplicación.

A diferencia de los poliuretanos, los silanos modificados permiten incluir agentes promotores de la adhesión en su formulación. Esto, unido con la polaridad del polímero, permite una gran adhesión sobre sustratos muy variados, incluyendo polímeros y vidrio.



Alumno:

F.S.M.

Especialidad:

I.T. Naval Estructuras Marinas

16/02/2010

CLASIFICACIÓN DE LOS ADHESIVOS.

Pág. 81

Los silanos modificados presentan las siguientes ventajas:

- Buena adhesividad y sellado sobre una amplia variedad de sustratos, incluyendo la amplia mayoría de los polímeros.
- Presentan viscosidades bajas antes del curado, lo cual facilita su dosificación.
- Permanecen flexibles entre -40°C y 100°C .
- Buena resistencia a los productos químicos.
- Buena resistencia a la radiación UV.
- El adhesivo aplicado se puede pintar.
- Producen subproductos de bajo olor (metanol).

Algunas desventajas son las que siguen:

- Inhiben el curado de los poliuretanos debido a que generan metanol durante su curado.

Los silanos modificados se emplean extensamente en el sector de la construcción. Sus propiedades destacadas de no corrosión de materiales los han colocado como uno de los adhesivos elásticos preferidos en el mercado japonés. Su uso en Estados Unidos y en Europa es todavía limitado, aunque se espera un fuerte incremento en los próximos años:

- Adhesión y sellado en la industria de la construcción.
- Adhesión y sellado en la industria del transporte.
- Adhesión y sellado en la industria de la automoción.
- Fabricación de remolques.
- Construcción de contenedores.
- Construcción de maquinaria agrícola.



Alumno:

F.S.M.

Especialidad:

I.T. Naval Estructuras Marinas

16/02/2010

CLASIFICACIÓN DE LOS ADHESIVOS.

Pág. 82

PROPIEDADES TÍPICAS DE ADHESIVOS ESTRUCTURALES					
	Epoxi	Poliuretano	Acrílico modificado	Cianoacrilato	Anaeróbico
Resistencia al impacto	Pobre	Excelente	Buena	Pobre	Mala
Resistencia a tracción, Mpa	15.4	15.4	25.9	18.9	17.5
Resistencia a pelado en T, N/m	<525	14,000	5,250	<525	1,750
Unión de sustratos	La mayoría	Sustratos no porosos	Sustratos no porosos	Sustratos no porosos	Metales activos
Temperatura de servicio, °C	-55 to 120	-160 to 80	-70 to 120	-55 to 80	-55 to 150
Curado por calor	Si	Si	No	No	No
Resistencia a disolventes	Excelente	Buena	Buena	Buena	Excelente
Resistencia a humedad	Excelente	Mala	Buena	Pobre	Buena
Relleno de holguras, mm	0.15	3	0.75	0.25	0.60
Olor	Medio	Medio	Fuerte	Moderado	Medio
Toxicidad	Moderada	Moderada	Moderada	Baja	Baja

Tabla.5.1. Propiedades típicas de adhesivos estructurales.



Alumno:

F.S.M.

Especialidad:

I.T. Naval Estructuras Marinas

16/02/2010

APLICACIONES NAVALES

Pág. 83

6. APLICACIONES. INDUSTRIALES.



Alumno:

F.S.M.

Especialidad:

I.T. Naval Estructuras Marinas

16/02/2010

APLICACIONES NAVALES

Pág. 84

6. Aplicaciones industriales de los adhesivos.

En algunas aplicaciones la unión adhesiva es la única elección lógica. Plásticos, elastómeros y ciertos metales, como por ejemplo titanio y aluminio, pueden ser unidos con mayor fiabilidad con adhesivos que con otros métodos. Algunas aplicaciones, donde la unión adhesiva es un método práctico de unión, se muestran en la tabla siguiente:

AREAS DE APLICACIÓN	EJEMPLOS
Materiales disimilares.	Combinaciones de metales, elastómeros, plásticos, espumas estructurales, tejidos, vidrios, madera y cerámica.
Materiales disimilares que constituyen pilas galvánicas de corrosión.	Hierro con cobre o latón.
Materiales sensibles al calor.	Termoplásticos y materiales magnéticos.
Estructuras laminadas.	Estructuras sándwich; cambiadores de calor, laminados.
Estructuras reforzadas.	Rigidizadores para planchas, cajas y contenedores, partes de chasis de automóviles, partes del fuselaje de aviones.
Aplicaciones estructurales.	Estructuras que soportan cargas en el fuselaje de aviones, automóviles e ingeniería civil.
Insertos unidos mediante adhesivos.	Fijación de roscas, insertos, remaches, retención de montajes metálicos cilíndricos; construcciones de estructuras tubulares; uniones de ejes de rotor; utillaje; plásticos reforzados con insertos metálicos; cepillos metálicos.
Uniones y unidades selladas.	Unión de tuberías, encapsulación, sellado de contenedores, sellado de cierres.
Componentes frágiles.	Instrumentación, películas delgadas metálicas, componentes en microelectrónica y otros, donde se precisa localización de las partes.
Componentes de dimensiones particulares.	Donde las superficies sean grandes o se requiera un ajuste perfecto entre las partes pegadas.
Elementos de uniones temporales.	Donde la intención sea desmantelar la unión más tarde, etiquetado, cintas adhesivas sensibles a la presión y quirúrgicas, adhesivos para la presentación de piezas en lugar de posicionadores antes del montaje por otros medios.



Alumno:	F.S.M.	Especialidad:	I.T. Naval Estructuras Marinas	16/02/2010
APLICACIONES NAVALES				Pág. 85

Veamos a continuación algunas aplicaciones de las uniones adhesivas en los distintos sectores industriales.

6.1 Industria de la automoción.

En la actualidad los adhesivos son ampliamente usados en plegado de rebordes, en numerosas partes del automóvil. Los rebordes se encuentran en todas las partes que se pueden abrir y cerrar, como puertas, capó y pontones del maletero. Poseen una parte externa y otra interna, estando la parte externa doblada sobre la interna. El adhesivo se aplica entre estas dos partes en la planta de estampación. Con ello, el adhesivo resenta una resistencia suficiente para mantener la unión, permitiendo a los operarios mover las piezas desde la planta de estampación hasta la de montaje. Cuando la pieza llega a la estufa de pintura, se produce el curado del adhesivo adquiriendo las propiedades mecánicas esperadas.

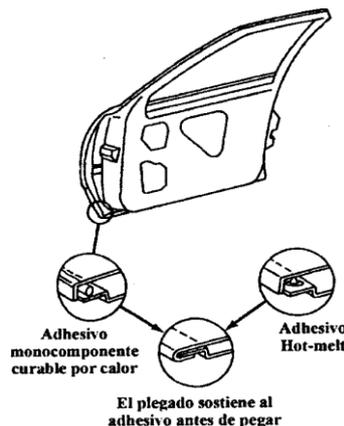


Fig.6.1. Plegado y unión con adhesivos en la puerta de un automóvil.

Otro ejemplo del empleo de utilización de adhesivos en automóviles, se encuentra en los parabrisas y la ventana trasera. En los parabrisas el adhesivo, actúa como elemento de unión y sellado. Se debe poner especial atención en el parabrisas, que es considerado un elemento estructural en los modernos automóviles y que está unido mediante adhesivos. Es conveniente en este tipo de unión, aplicar previamente una serie de primers (promotores de la adhesión), con dos funciones muy importantes: una primera aplicación de un primers para aumentar la durabilidad de la adhesión entre el vidrio y el metal pintado, y posteriormente, primers de oscurecimiento para proteger la unión adhesiva de la luz UV que puede degradar el adhesivo utilizado.



Alumno:

F.S.M.

Especialidad:

I.T. Naval Estructuras Marinas

16/02/2010

APLICACIONES NAVALES

Pág. 86

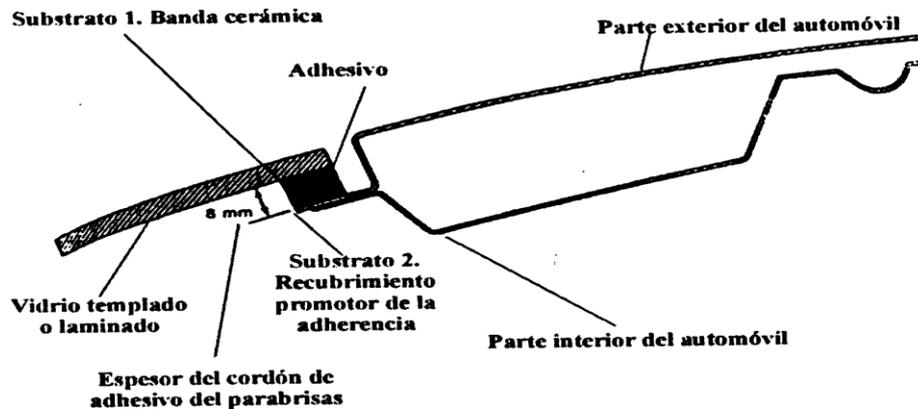


Fig.6.2. Diseño de unión en el montaje de un parabrisas.

Existen numerosas vías abiertas de investigación sobre la aplicación de adhesivos en la industria del automóvil, pero se ven limitadas por la escasez de técnicas no destructivas que garanticen la calidad de la unión.

Otra utilidad de los adhesivos en automoción es la fijación de roscas y sellado de juntas. Una de las primeras aplicaciones de los adhesivos anaeróbicos (adhesivos que curan en ausencia de oxígeno), fue la fijación de roscas. Aún, hoy día, éste es uno de los principales campos de aplicación de este tipo de adhesivos. Permiten un perfecto ajuste metal-metal, un buen sellado y un buen funcionamiento frente a momentos torsores. Su uso está especialmente recomendado en aquellas aplicaciones donde se puede producir un aflojamiento.



Alumno:

F.S.M.

Especialidad:

I.T. Naval Estructuras Marinas

16/02/2010

APLICACIONES NAVALES

Pág. 87

Los adhesivos en la Fórmula 1.

Teniendo en cuenta que el peso de un vehículo de Fórmula 1, piloto incluido es aproximadamente de 600 Kg, se hace necesario el hecho de sustituir los montajes tradicionales, que son mucho más pesados, por montajes adhesivos. Esto proporciona al vehículo los mejores resultados y las máximas prestaciones, contribuyendo a no aumentar su peso total.

Se recogen a continuación un resumen de las funciones que realizan los adhesivos en la Fórmula 1:

- Suplen el ajuste por interferencia de los cojinetes en la manivela de suspensión.
- Hacen posible la formación de cualquier tipo de junta sin necesidad de mantener un stock de juntas preformadas, que son fácilmente dañables.
- Fijan de forma permanente los espárragos de acero, en la tapa del árbol de levas de aluminio.
- Se utilizan en tornillos de cabeza M4 para sellar fugas de gasolina sin plomo.
- Hacen que en poco tiempo una junta tórica recién fabricada y hecha a medida, esté lista para ser usada.
- Aseguran las tuercas a los extremos de la barra de acoplamiento.
- Suplen la fuerza de los tornillos que fijan los guardabarros interiores del piso a la bandeja del mismo.
- Sirven para adherir la junta de goma del visor del casco del piloto, impidiendo así que entre el agua en el interior del mismo.



Alumno:	F.S.M.	Especialidad:	I.T. Naval Estructuras Marinas	16/02/2010
APLICACIONES NAVALES				Pág. 88

6.2 Industria Aeronáutica.

El mundo de los adhesivos y la industria aeronáutica han estado siempre muy unidos, desde el primer vuelo del Flyer de los hermanos Wright hasta los aviones supersónicos modernos.

En la actualidad, la aplicación de los materiales compuestos ha supuesto la aplicación de los adhesivos como parte esencial de su construcción, especialmente en los materiales sándwich, y en las uniones básicas de los materiales compuestos entre sí y con otros materiales.

La estructura sándwich está formada por la adhesión de dos caras o revestimientos relativamente delgados a un núcleo central de baja densidad. Esta estructura trabaja de forma similar a una viga en I, con las caras y núcleo correspondiéndose con alas y alma respectivamente. Las caras soportan los esfuerzos axiales de tracción y compresión, y fuerza cortante en su plano, y el núcleo, los esfuerzos de compresión y cortantes normales al panel y previenen el pandeo y ondulamiento de las caras bajo cargas de compresión axial.

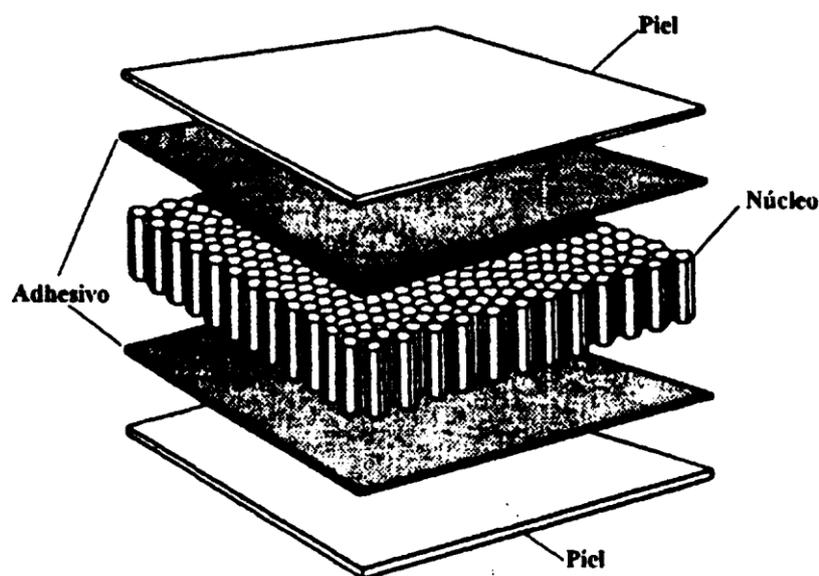


Fig.6.3. Estructura sándwich de núcleo de panal de abeja.



Alumno:

F.S.M.

Especialidad:

I.T. Naval Estructuras Marinas

16/02/2010

APLICACIONES NAVALES

Pág. 89

6.3 Industria de la Construcción.

La introducción de los materiales plásticos en la construcción es un tema constantemente discutido pero, aún así, de manera moderada se han introducido nuevos adhesivos en construcciones como puentes y carreteras. Estos adhesivos suelen dividirse en dos grupos: adhesivos estructurales y adhesivos selladores. De los primeros se ha estudiado mucho recientemente, hallando numerosos estudios sobre la aplicación de resina en la construcción.

Veamos algunos datos de interés. Las superficies viejas de cemento son difíciles de unir con cemento fresco. Las diferencias en los coeficientes de expansión, unidas a la absorción y difusión de la humedad, conducen a tensiones internas y a roturas. Las resinas de epoxi humectan las superficies viejas de cemento, y no encogen ni endurecen, por ello en algunas ocasiones para reparaciones en la ingeniería civil se usan morteros orgánicos, mezcla de resina y arena.

El uso de adhesivos para la construcción de estructuras tipo puente, es aún muy reciente. Pero existen varios puentes y pasarelas construidos casi en su totalidad con materiales compuestos, pero aún poco se conoce del comportamiento de adhesivos en estructuras de este tipo. Entre las estructuras de las que se tienen constancia, encontramos la *pasarela de Pontresina en Suiza*, construida en 1997. Esta pasarela es en su totalidad de materiales compuestos, su diseño es similar al de una estructura metálica, la estructura es una celosía de dos vanos de 12.5 m de luz y 1.5 m, de ancho. Las conexiones en uno de los vanos se realizó con atornillado convencional, y en el restante se aplicó un adhesivo.

Los materiales compuestos anisótropos se comportan mejor cuando se unen mediante adhesivos que cuando son atornillados. Pero esta estructura es de uso público y, debido a la poca experiencia que se tiene en la capacidad de cargas de uniones por adhesivo,



Alumno:	F.S.M.	Especialidad:	I.T. Naval Estructuras Marinas	16/02/2010
APLICACIONES NAVALES				Pág. 90

se atornillaron los nudos por motivos de seguridad, aunque solo resultaran efectivos si la unión mediante resina falla.



Fig.6.4. Reparación de Estructuras de hormigón con laminados de fibra de carbono. Reparación del tablero del puente de la Avda. de .Luis, sobre la M-30.

El uso de los materiales compuestos en construcción civil no tiene un avance definido pero cada vez se aplican más tanto en reparaciones como en nuevas estructuras. Así podemos encontrar, laminados externos adheridos a los substratos de estructuras para su refuerzo. También encontramos nuevas técnicas de fabricación para obtener piezas de materiales compuestos similares a las utilizadas en otros materiales como acero, aluminio, etc.



Alumno:

F.S.M.

Especialidad:

I.T. Naval Estructuras Marinas

16/02/2010

APLICACIONES NAVALES

Pág. 91

6.4 Industria naval.

La utilización de adhesivos estructurales por primera vez en este campo, fue considerada hacia la mitad de la década de los ochenta, en el Departamento de Arquitectura Naval e Ingeniería Oceánica de la universidad de Glasgow.

Una primera potencial aplicación apareció en la construcción del emparrillado de fragatas para la Armada Británica que se estaba llevando a cabo. Los astilleros tenían serias dificultades en controlar la distorsión inducida por el proceso de soldadura en planchas de pequeño espesor en el forro de cubiertas y mamparos. Las uniones adhesivas podían ofrecer una solución práctica a los problemas de contracción y distorsión, a menudo presentes en tales estructuras ligeras.

Los adhesivos ofrecen una tecnología de unión alternativa que puede tener importantes aplicaciones en partes significativas del diseño estructural y fabricación de varios tipos de buques y estructuras offshore. En particular, esta tecnología abre las dos posibilidades gemelas de construcción de estructuras sándwich ligeras y la combinación de una amplia variedad de materiales disimilares para conseguir objetivos de diseño específicos. Sin embargo, antes de que esto pueda ser conseguido, el diseñador debe conocer perfectamente las limitaciones y ventajas, tanto de los adhesivos como de los procesos de unión adhesiva, aprovechando las ventajas y eliminando los inconvenientes.

Los adhesivos forman parte de una tecnología que lentamente alcanza la mayoría de edad, y así como la soldadura necesitó más de 20 años para ser aceptada en la construcción naval, los adhesivos necesitarán un tiempo similar para ser completamente aceptados, y de forma alternativa o combinada con la soldadura. Sin embargo, hasta que ese día llegue, será necesario realizar un gran esfuerzo investigador y de desarrollo para que la tecnología de los adhesivos alcance el grado de madurez necesario como para que las Sociedades de Clasificación de Buques la consideren en sus



Alumno:

F.S.M.

Especialidad:

I.T. Naval Estructuras Marinas

16/02/2010

APLICACIONES NAVALES

Pág. 92

reglamentos.

La introducción de materiales compuestos en la construcción naval es creciente con el paso del tiempo, y estos nuevos materiales conducen a nuevos métodos de unión.

Entre los procesos más utilizados para construir cascos de embarcaciones deportivas, es sin duda alguna, el proceso sándwich. Este método, teniendo como relleno un material como espuma de PVC o madera de balsa, y laminado por ambos lados con plástico reforzado con fibra de vidrio o de aramidas, da como resultado un casco ligero, muy rígido y robusto. Las ventajas de construir embarcaciones de fibra frente a otros materiales son muy beneficiosas en las fases de diseño del proyecto, pues permiten disponer de un mayor espacio y disminución del peso final. Esta disminución de peso es una ventaja que favorece en embarcaciones deportivas de competición, por ejemplo.

En la actualidad numerosos elementos en los barcos, van unidos al casco mediante adhesivos, que a su vez realizan funciones de sellado. Esta opción de usar el adhesivo como sellador además de como elemento de unión está siendo impulsado por numerosas marcas comerciales, para incorporarlos en su oferta comercial.

Las cubiertas de las embarcaciones de recreo, llevan numerosos accesorios, que soportan esfuerzos y que deben ser fijados sólidamente y evitar el paso del agua al interior. Estas características se consiguen con adhesivos selladores elásticos, que son capaces de absorber cargas y formar una barrera impermeable al paso de fluidos. En la actualidad existen numerosas composiciones resistentes al ataque de agentes medioambientales, y que permiten ser pintados sin sufrir ataque químico.

Algunas de estas aplicaciones se detallan a continuación para un mayor conocimiento del lector.



Alumno:	F.S.M.	Especialidad:	I.T. Naval Estructuras Marinas	16/02/2010
APLICACIONES NAVALES				Pág. 93

6.4.1. Calafateado de cubiertas de madera.

Las operaciones a realizar para el calafateado de cubiertas son variadas:

- Igualación de las juntas.
- Limpieza de la cubierta.
- Imprimación de la madera.
- Colocación del fondo de junta.
- Aplicación del adhesivo.
- Lijado de la cubierta.
- Acabado.
- Mantenimiento de la cubierta.

Igualación de las juntas

Es fundamental que la anchura de la junta esté de acuerdo con la anchura de las tablas de madera. En el recuadro inferior tienen una guía orientativa de la anchura de la junta en función de las dimensiones de las tablas. En el caso de tablas más pequeñas prever el ancho de la junta mínimo reflejado en la guía.

Ancho del listón (mm)	Ancho de la junta (mm)	Profundidad de la junta
35	5	5 a 6
45	5 a 6	6
75	10	7
100	12	8
125	16	10

Tabla.6.1 Igualación de juntas.



Alumno:

F.S.M.

Especialidad:

I.T. Naval Estructuras Marinas

16/02/2010

APLICACIONES NAVALES

Pág. 94

Limpieza de la cubierta.

Para conseguir una perfecta adhesión en el interior de la junta el sellado requiere una meticulosa preparación de los substratos. Todo el material ajeno al propio trabajo debe ser retirado. La junta debe estar seca y limpia antes de la aplicación. Para eliminar polvo y suciedad puede ser adecuado utilizar un aspirador industrial. No se debe utilizar aire comprimido para la limpieza, ya que es posible que se desprenda algo de aceite que es absorbido por la madera. La zona de adhesión debe ser desengrasada. En general no se recomienda utilizar desengrasantes sobre materiales porosos. En el caso de que sea necesario desengrasar la madera, utilizar papel de celulosa empapado en un limpiador industrial y asegurarse del perfecto secado previamente a aplicar la imprimación (se recomienda forzar el secado). El papel debe reponerse frecuentemente para evitar que se deposite suciedad sobre la junta.

En el caso de no poder asegurar el total secado del disolvente, es preferible realizar sólo limpieza mecánica.

Imprimación de la madera

La imprimación comienza al terminar las operaciones de limpieza y desengrasado de la madera de cubierta. La imprimación se aplicara con un pincel en una única capa sobre los flancos de la junta (que es la zona de adherencia del adhesivo). Se debe asegurar que la imprimación cubre perfectamente la zona de adhesión. Una vez aplicado se debe notar la zona con un aspecto brillante. Proteger las zonas imprimadas del polvo y la humedad durante el secado del producto, que debe ser por lo menos de 1 hora, antes de empezar el calafateado. El tiempo máximo admitido para que se aplique el adhesivo es de 24 horas.



Alumno:

F.S.M.

Especialidad:

I.T. Naval Estructuras Marinas

16/02/2010

APLICACIONES NAVALES

Pág. 95

Colocación del fondo de junta

El adhesivo de sellado debe absorber los movimientos de contracción y expansión de la madera y para ello el producto debe pegar sólo en los flancos de la junta, nunca en el fondo.

Por ello se coloca en el fondo de la junta una cinta (dimensionada al ancho de junta) que impedirá que el producto se pegue en el fondo. Esta operación se realiza una vez que ha secado la imprimación.

Aplicación del adhesivo.

Cuando la imprimación está seca y el fondo de junta está colocado se empieza a aplicar el adhesivo sobre la junta. Los mejores resultados se obtienen, evitando las oclusiones de aire, simplemente apoyando la punta de la boquilla del aplicador contra la junta y colocando la pistola de forma vertical. Para esta aplicación se recomienda utilizar pistola manual o neumática con émbolo de empuje y se debe cambiar la boquilla con cada nuevo cartucho. De esta forma toda la junta se rellena de forma uniforme desde el fondo hasta la superficie.

Presionar el cartucho contra la junta mientras se realiza la operación.

Se debe asegurar que:

- La temperatura de la madera no excede de 25 °C.
- La temperatura ambiente durante la aplicación debe ser constante o descendente (por la tarde) y estar comprendida entre 5 y 25 °C.
- La humedad de la madera no debe ser superior a un 15%.
- Se debe proteger la junta rellena contra la lluvia y luz solar durante 8 horas.

El adhesivo estará curado totalmente entre 4 y 7 días, dependiendo de la temperatura y humedad ambiente.



Alumno:

F.S.M.

Especialidad:

I.T. Naval Estructuras Marinas

16/02/2010

APLICACIONES NAVALES

Pág. 96

En cualquier caso, se recomienda esperar un mínimo de 2 semanas antes de lijar para evitar la retracción del producto.

Lijado de la cubierta

Transcurridos 7 días, el exceso de material se corta con una cuchilla y posteriormente se lija la cubierta. Se debe evitar dañar durante esta operación los bordes de la junta. Se pueden obtener unos buenos resultados utilizando una lijadora industrial de cinta con un tamaño aproximado de grano 80 o inferior. Tener cuidado de no arrancar el adhesivo de los bordes de la junta.

Acabado

Aunque no es necesario, algunos propietarios de barcos prefieren barnizar la cubierta después del calafateo. Se debe tener cuidado, ya que muchas lacas y barnices tienen solventes que pueden dañar al adhesivo y retrasar el curado. Se debe siempre ensayar el barniz en un área pequeña para asegurar su compatibilidad con el adhesivo.

Para obtener resultados óptimos en el barnizado, se debe dejar, en general, curar al adhesivo por lo menos 1 mes.

Mantenimiento de la cubierta

Es importante limpiar y lavar la cubierta de forma regular para evitar que se seque. En climas cálidos esta operación se debe realizar a diario.

Observaciones referentes al dimensionado de las juntas y retracción del producto

El correcto dimensionamiento de las juntas entre los listones de madera es una parte fundamental dentro del proceso de calafateado de cubiertas. (Fig. 1.)

Se debe tener en cuenta que aunque el adhesivo aplicado sea elástico, no soportará una contracción excesiva de la madera si no tiene el ancho suficiente para deformarse.



Alumno:	F.S.M.	Especialidad:	I.T. Naval Estructuras Marinas	16/02/2010
APLICACIONES NAVALES				Pág. 97

Por otra parte se debe evitar que el producto adhiera sobre el fondo de la junta, ya que en caso de deformación de la madera, se deforma de manera irregular dando lugar a roturas y despegue de la junta (ver dibujo).

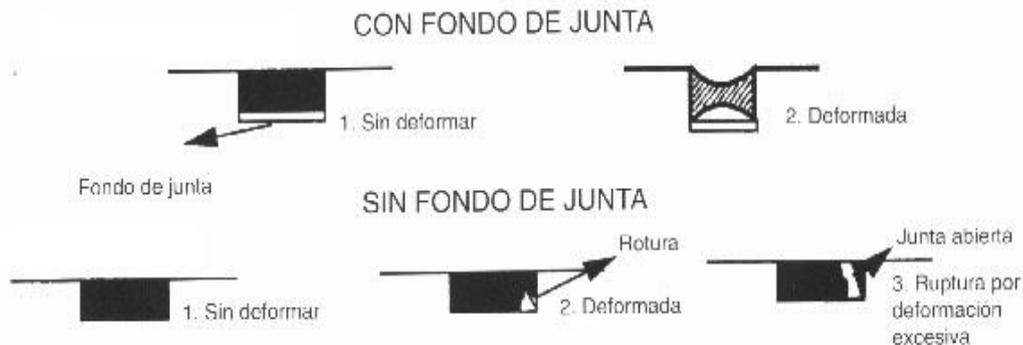


Fig.6.5. Dimensionado de las juntas y contracción del producto.

Por esta razón se debe colocar en el fondo de la junta una cinta a base de Polietileno o similar que evite la adhesión del adhesivo en la misma. De esta forma la capacidad de deformación es mucho mayor evitando problemas de roturas y despegues.

La contracción en la cubierta de un yate es un problema igualmente importante.

Un adhesivo específico para su aplicación en este caso, por su composición química no puede retraer más de un 7% aproximadamente, lo cual se evita dejando un mínimo de 15 días el producto polimerizando antes de cortar y lijar la cubierta.

Por otra parte, la colocación de un fondo de junta permite que la contracción del producto se efectúe por el interior y por el exterior (ver dibujo).



Fig.6.6. Contracción del producto.



Alumno:

F.S.M.

Especialidad:

I.T. Naval Estructuras Marinas

16/02/2010

APLICACIONES NAVALES

Pág. 98

No se debe confundir una retracción del adhesivo con una retracción de la madera por ausencia de humedad. Frecuentemente se puede observar una junta contraída después de 1 año de haber sido aplicado el adhesivo.

Este efecto es debido a la contracción de la madera, la cual al variar su volumen estira la junta y parece una contracción del adhesivo.

6.4.2. Pegado de paneles prefabricados de madera a la estructura de cubierta.

En barcos modernos, yates y embarcaciones de recreo “como pueden ser grandes barcos de crucero” la cubierta de madera es construida con paneles prefabricados colocados sobre la estructura de la cubierta. Esta forma de colocación es positiva por razones de costo.

Entre los paneles empleados en la gama marina, pueden estar WBP para el pegado de listones de teca o pino de Oregón. Están disponibles en cualquier tamaño de tablero normalizado o son cortados a medida partes de la cubierta así como también pueden ser mecanizados.

Otro tipo de paneles prefabricados consiste en paneles de teca con juntas de goma y sin refuerzo de contra chapado.

Los adhesivos elásticos de poliuretano monocomponentes son ideales para el pegado de estos paneles a la cubierta. Son fáciles de utilizar. Los poliuretanos monocomponentes son resistentes al agua salina, poseen excelentes propiedades tixotrópicas o autonivelantes en función de la necesidad, y no son necesarias fijaciones mecánicas adicionales. Una vez curado, el adhesivo pegado es extremadamente fuerte, permanentemente elástico e impermeable.

	Alumno:	F.S.M.	Especialidad:	I.T. Naval Estructuras Marinas	16/02/2010
	APLICACIONES NAVALES				Pág. 99

Como consecuencia de ser estanco y al ser aplicado a toda la superficie de la cubierta, el adhesivo actúa como una piel adicional que protege a la misma de los ataques de los elementos. Razón por la cual la cubierta no tiene que ser taladrada por tornillos o pernos, y no hay agujeros a través de los cuales el agua podría causar daños.

6.4.3. Pegado de elementos antideslizantes en cubierta.

La cubierta revestida con resinas sintéticas proporciona una serie de características como pueden ser superficies anti-deslizantes, así como protección contra el deterioro, además de una estanqueidad total. La utilización de adhesivos de poliuretano monocomponentes aumenta la efectividad de estas funciones, así como una fácil instalación y acabado profesional.

Entre los revestimientos conocidos están:

- TBS
- Polygrip
- Norament
- Antislid
- Lay Tech
- Nautoflex

Los adhesivos de poliuretano monocomponentes ofrecen excelentes resultados con estos productos. La instalación es simple, y trascurrido un tiempo los adhesivos ofrecen numerosas ventajas significativas:

- Un acabado perfecto con el mínimo esfuerzo.
- Adhesivo fácil de aplicar.
- Excelentes propiedades tixotrópicas hacen que el trabajo de instalación sea cómodo, en el caso de substratos no planos y cubiertas alabeadas.

Ventajas en el comportamiento de los productos

- Absorción de golpes



Alumno:

F.S.M.

Especialidad:

I.T. Naval Estructuras Marinas

16/02/2010

APLICACIONES NAVALES

Pág. 100

- Elasticidad permanente
- Resistencia al agua del mar
- Expansión térmica y esfuerzos dinámicos (tracción-compresión) son absorbidos por el adhesivo.

6.4.4. Pegado del casco a la cubierta.

La fijación de la cubierta de un barco a su casco, es una de las aplicaciones más crítica y complicada en la industria de las embarcaciones de recreo. Una unión completamente estanca es vital para asegurar que el agua no penetre en la cabina ni en las bodegas. Al mismo tiempo, la rigidez de los cascos, hechos tanto de GRP como de delgadas planchas metálicas, está condicionada por el comportamiento de la zona perimetral de unión del casco con la cubierta.

Una unión con sellado y pegado elástico es la solución perfecta para esta aplicación, ya que combina la resistencia mecánica de un adhesivo con las propiedades de estanqueidad de un sellador.

Los sistemas mecánicos tradicionales de unión no ofrecen una protección efectiva frente a las filtraciones, mientras que los adhesivos rígidos se fragilizan con los años siendo susceptibles de un fallo de unión.

Este tipo de unión es utilizado en astilleros que fabrican barcos de pequeño y medio tamaño de hasta 60 pies de eslora, en los cuales, la cubierta y el casco son prefabricados independientemente y siendo unidos posteriormente.

Aunque los sistemas de pegado elástico están especialmente indicados para cascos y cubiertas de GRP (Poliéster), también se pueden utilizar para barcos fabricados en aluminio y acero.

Pueden ser pegados con éxito incluso cascos y cubiertas fabricados con materiales diferentes.

Los adhesivos actuales tienen una duradera resistencia al contacto con agua salada, una elevada absorción de impactos y una gran capacidad para soportar las elevadas fuerzas torsionales que aparecen en el casco durante la navegación en mar revuelta.



Alumno:	F.S.M.	Especialidad:	I.T. Naval Estructuras Marinas	16/02/2010
APLICACIONES NAVALES				Pág. 101

Estos adhesivos también poseen buenas propiedades como masilla de relleno para compensar las relativamente amplias tolerancias de las piezas moldeadas tanto de plástico como de metal. Además, la resistencia a esfuerzos de tracción y de cizalladura es suficiente para formar una unión estructural fuerte, eliminando la necesidad de los lentos trabajos de laminación posteriores a la aplicación del adhesivo.

Dependiendo del tamaño y tipo de barco (veleros y a motor) los fabricantes han diseñado diferentes métodos a lo largo del tiempo, pero siempre con el mismo objetivo: obtener una línea de unión satisfactoria entre el casco y la cubierta con el uso de las mínimas sujeciones mecánicas adicionales (tornillos, remaches, etc.). Esto supone un ahorro en mano de obra y elimina el riesgo de filtraciones en la cubierta a través de los agujeros de las fijaciones mecánicas.

La técnica inicialmente usada por los constructores de barcos se conoce popularmente como método de «la caja de zapatos», debido a que la cubierta encaja sobre el casco como la tapa de una caja de zapatos. Esta técnica, que asegura que el agua no se puede acumular sobre la línea de unión, es principalmente utilizada en motoras, siendo el adhesivo normalmente aplicado después de que las dos partes han sido ensambladas en seco.



Fig.6.7. Ensamblaje casco-cubierta.



Alumno:

F.S.M.

Especialidad:

I.T. Naval Estructuras Marinas

16/02/2010

APLICACIONES NAVALES

Pág. 102

Los astilleros franceses son líderes mundiales en la fabricación de barcos monocasco. Jeanneau y Dufour, dos de las más importantes firmas en este campo, han estado utilizando este sistema para pegar sus cubiertas desde hace años. Con los propósitos de incorporar una barandilla en el perímetro de la cubierta, y de proporcionar una unión suficientemente fuerte como para resistir las elevadas fuerzas originadas por el viento sobre los puntos de anclaje de las velas, estos dos constructores han diseñado su propia versión de «la caja de zapatos». La cubierta es completamente plana, mientras que el casco incorpora un soporte continuo sobre el cual se montan las molduras de la cubierta. En la práctica la mayoría de los constructores incorpora un canal en forma de U en el borde superior del casco, cuya profundidad es ajustada a la anchura del cordón de adhesivo comprimido, es decir, tras la instalación de la cubierta. Por tanto, los espaciadores no son necesarios ya que la geometría final del cordón está condicionada por el peso de la cubierta y la profundidad del canal.

Sin embargo, el cordón necesita el suficiente grosor y anchura para resistir las elevadas fuerzas de pelado que aparecen durante la navegación. Existe también el problema añadido de que el contacto del adhesivo con el aire se encuentra limitado por estar éste comprimido dentro del canal en forma de U, lo cual significa que el proceso normal de curado por reacción con la humedad ambiente, se ve retrasado.

Para solucionar este problema se aplica un acelerador al adhesivo que evita que se vea retrasado el proceso de curado por acción de la humedad.

El adhesivo se aplica mediante sistemas de bombeo móviles que circulan alrededor del perímetro del casco aplicando un cordón de adhesivo continuo; la cubierta es posteriormente colocada sobre el adhesivo para formar la unión. Este proceso de desarrollo ha alcanzado su culminación en otro fabricante francés, Fountaine Pajot, líder mundial en la construcción de grandes catamaranes (de más de 65 pies). Debido a que el casco del catamarán permanece horizontal sobre el agua incluso durante la navegación, las fuerzas de arranque que actúan sobre los anclajes de las velas son mucho menores que en los monocascos. Por esta razón, Fountaine pajot, decidió



Alumno:	F.S.M.	Especialidad:	I.T. Naval Estructuras Marinas	16/02/2010
APLICACIONES NAVALES				Pág. 103

construir el modelo de catamarán « Tahi'ti' » con el casco y la cubierta con una unión exclusivamente adhesiva, prescindiendo completamente de las uniones con tornillos.

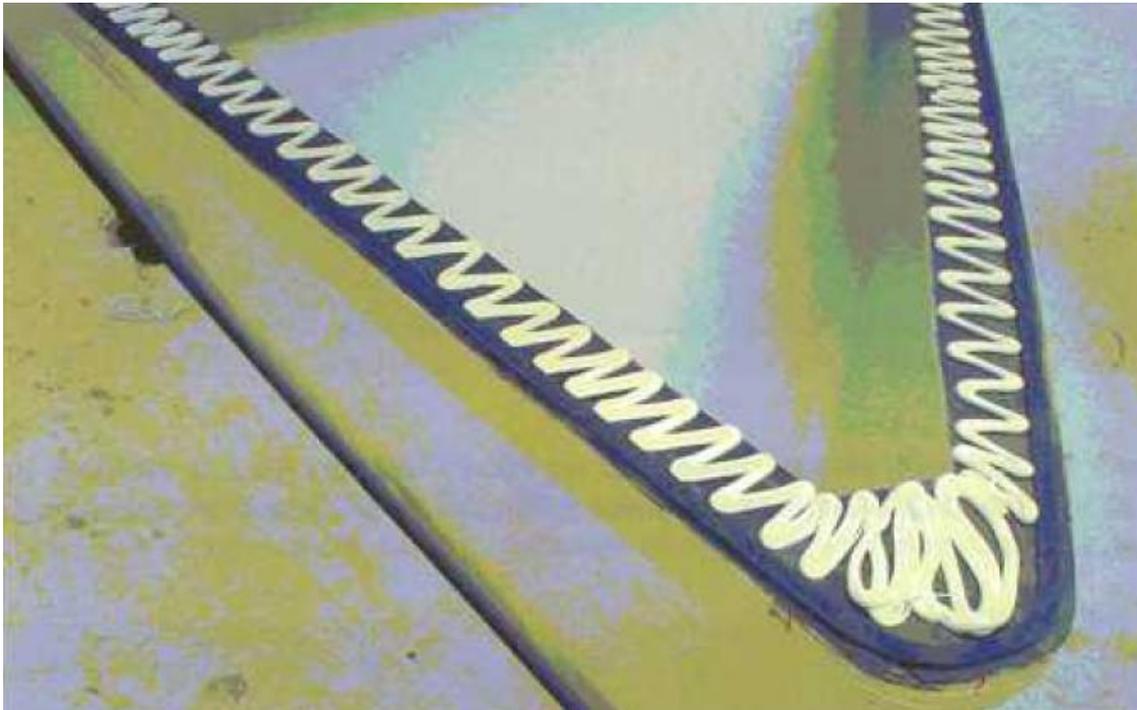


Fig.6.8. Aplicación del adhesivo en el casco.

En la construcción de botes salvavidas de PRFV y aluminio está estandarizado unir la cubierta y el casco utilizando adhesivos de poliuretano monocomponentes, lo cual hace que exista un pegado elástico bastante tenaz requiriendo fijaciones mecánicas mínimas.

La tecnología del adhesivo ofrece un número significativo de ventajas para este tipo de aplicación. Elimina la necesidad de realizar laboriosos trabajos de laminación sobre el poliéster gracias a las propiedades consistentes en rellenar huecos, por lo que se permiten grandes tolerancias de fabricación a la hora de fabricar el molde del casco de la cubierta. Las capas de adhesivo absorben esfuerzos de torsión y golpes, así como también sellan juntas a través de las cuales podría entrar agua.



Alumno:	F.S.M.	Especialidad:	I.T. Naval Estructuras Marinas	16/02/2010
APLICACIONES NAVALES				Pág. 104

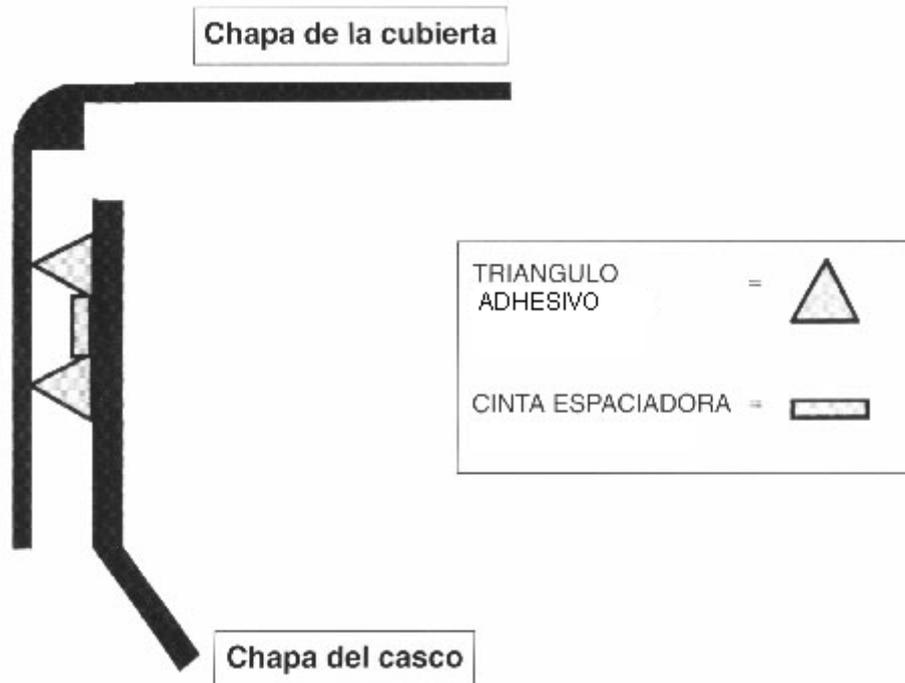


Fig.6.9. Esquema unión casco-cubierta.

6.4.5. Sellados perimetrales en puertas y brazolas / pegado de mamparos ligeros al Casco.

La colocación de mamparos ligeros de madera no estructurales al casco de PRFV, acero o aluminio es particularmente fácil de realizar con adhesivos elásticos de poliuretano.

La fijación de bloques, utilizados para colocar y asegurar el mamparo se realiza mediante el pegado de estos sobre el casco. Esto elimina la necesidad de trabajos adicionales de laminación del casco de PRFV o la soldadura de cartelas en los cascos de metal.

Las juntas adhesivas absorben esfuerzos de torsión sin ruidosos crujidos normalmente asociados con los esfuerzos a los que está sometido el mamparo. La misma aplicación de adhesivos es realizada en suelas o escaleras.



Alumno:

F.S.M.

Especialidad:

I.T. Naval Estructuras Marinas

16/02/2010

APLICACIONES NAVALES

Pág. 105

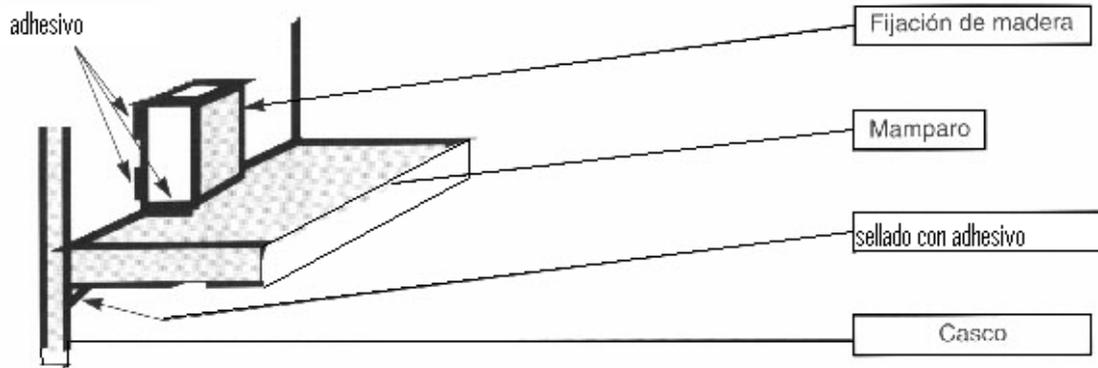


Fig.6.10. Pegado de mamparos al casco.

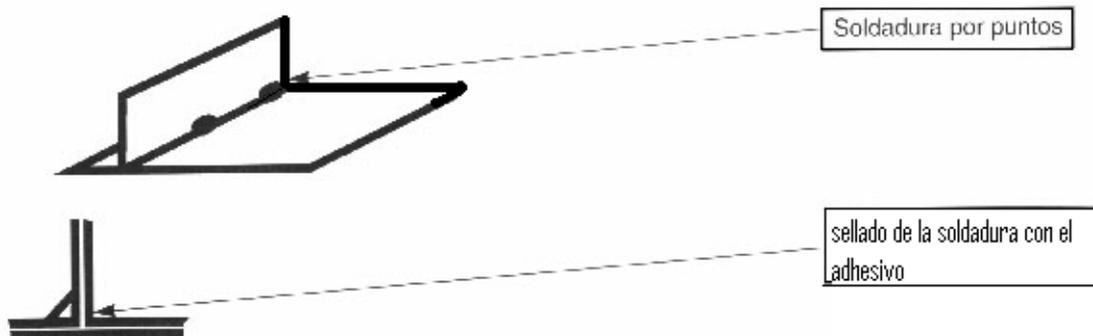


Fig.6.11. Sellado perimetral en puertas y brazolas.

	Alumno:	F.S.M.	Especialidad:	I.T. Naval Estructuras Marinas	16/02/2010
	APLICACIONES NAVALES				Pág. 106

6.4.6. Pegado de protectores de caucho en el Casco.

Los protectores de caucho son diseñados para proteger el casco de navíos o embarcaciones de los agentes nocivos. Actuando como amortiguadores que absorben impactos y arañazos y cuanto más elasticidad tengan mejor pueden realizar esta función.

Su comportamiento elástico varía de acuerdo al tipo de material a utilizar. La acción de absorción de golpes del protector de caucho es significativamente mejorada con la utilización en las juntas de adhesivos elásticos. La protección del casco es tan buena, que da tanto a los pasajeros como a la tripulación singladuras más confortables.

Los protectores de caucho en madera convencional, PVC o fabricaciones de poliuretano pueden pegarse utilizando adhesivos elásticos. Las juntas elásticas ayudan a absorber más esfuerzos de cortadura y tracción, sobre todo cuando la embarcación entra al muelle.

En caso de que los protectores de caucho estén sujetos con tornillos o dispositivos similares se puede realizar un sellado de la unión con un sellador elástico altamente adhesivo de poliuretano. Se utiliza tanto para absorber esfuerzos torsionales, como para sellar los huecos de los tornillos y previene de que no entre agua o suciedad a través del protector de caucho.

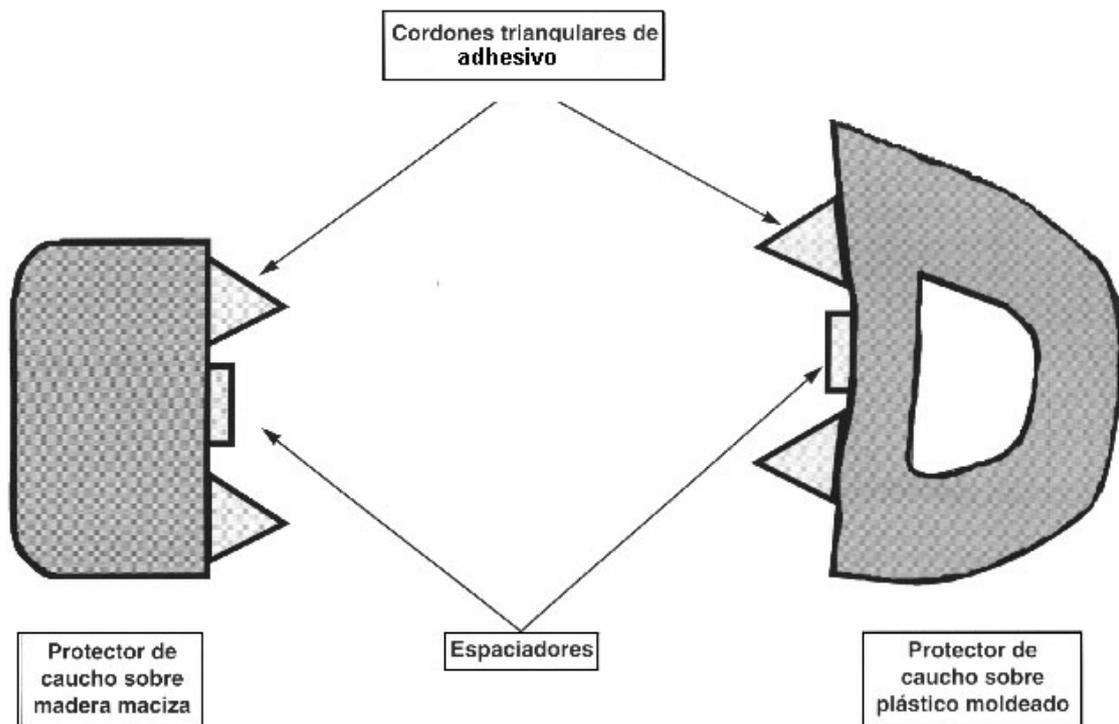


Fig.6.12. Unión de protectores de caucho al casco.

6.4.7. Sellados entre la quilla y el casco.

La junta entre la quilla y el casco está sometida a muy altos esfuerzos, particularmente cuando un barco está navegando o cuando realiza un viraje.

Esta crítica junta debería ser diseñada y realizada con mucho cuidado para soportar estos esfuerzos.

La junta es particularmente propensa a fugas de agua, lo cual hace que se presenten restos de moho y manchen la quilla cuando el barco es arrastrado al dique.

Para esta aplicación, no obstante, es importante el uso de un adhesivo / sellador de poliuretano altamente adhesivo con alta dureza Shore.



Alumno:

F.S.M.

Especialidad:

I.T. Naval Estructuras Marinas

16/02/2010

APLICACIONES NAVALES

Pág. 108

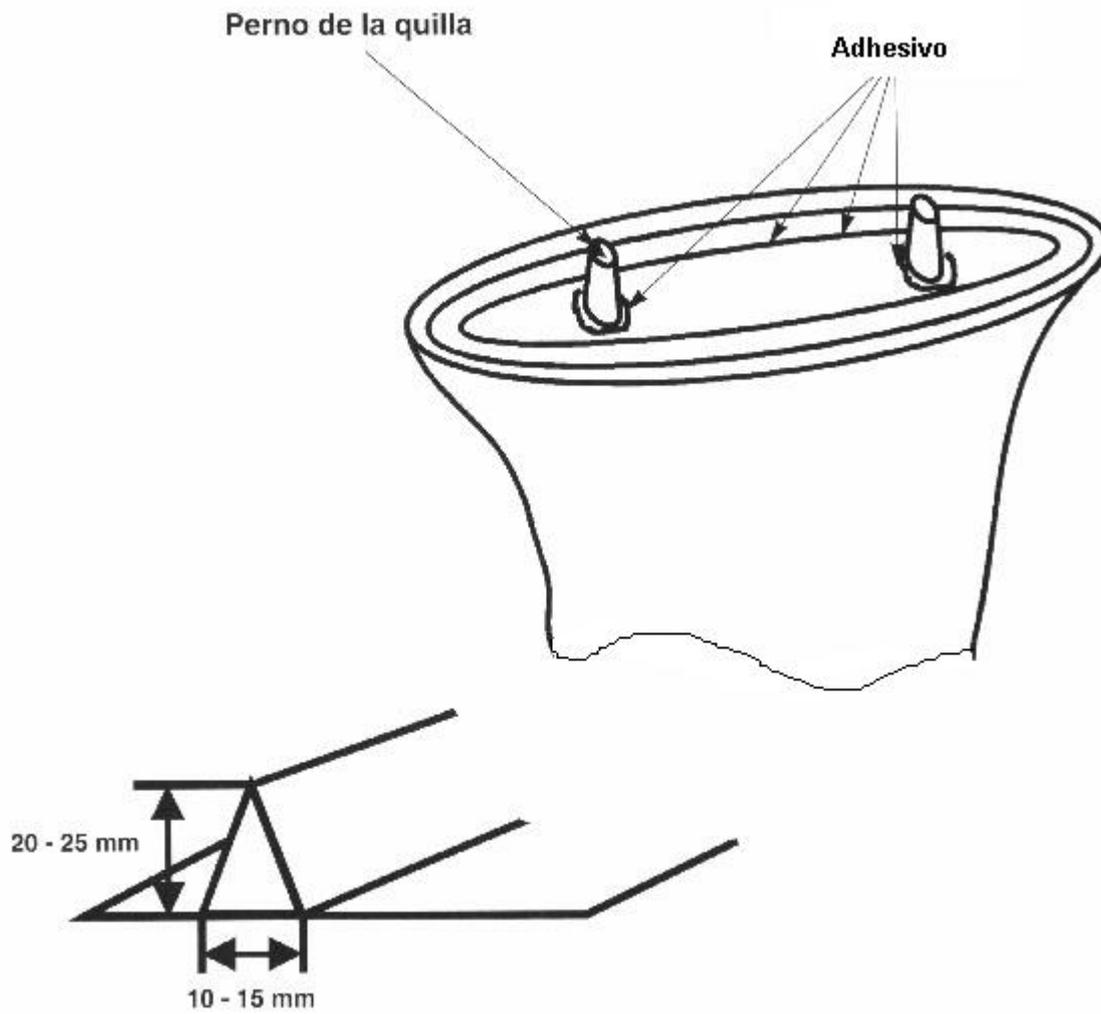


Fig.6.13. Unión casco quilla.



Alumno:

F.S.M.

Especialidad:

I.T. Naval Estructuras Marinas

16/02/2010

APLICACIONES NAVALES

Pág. 109

6.4.8. Pegado y sellado de herrajes y fijaciones.

Los herrajes y fijaciones de cubiertas de todo tipo necesitan estar fijados de tal manera que las juntas queden estancas. Algunas de estas fijaciones en ocasiones están soportando fuerzas muy altas y esfuerzos torsionales.

Sellados pobres en juntas pueden causar daños serios como la corrosión del metal, descomposición de la fibra de vidrio y fugas de agua causantes de daños en el acabado interior.

Pegado y sellado de fijaciones sometidas a altos esfuerzos mecánicos:

Las fijaciones de la cubierta como pueden ser cintones, los raíles del foque y de la génova, cabriás y las guías tienen que absorber grandes esfuerzos dinámicos.

El adhesivo elástico estructural es el producto ideal para el pegado y sellado de estas fijaciones.

Fijaciones selladas sometidas a esfuerzos mecánicos mínimos:

Fijaciones en cubiertas como pueden ser ventiladores, hueco para guardar los aparejos y los soportes del trinquete y cornamusas necesitan ser selladas para evitar la entrada de agua, pero no soportan grandes esfuerzos tensionales.

Estas fijaciones pueden ser selladas con eficacia utilizando un adhesivo sellador común.

Es de vital importancia asegurar que el adhesivo no es expulsado completamente cuando se aprietan los tornillos. Por ello se deben colocar arandelas de 1 mm de espesor aproximado para que actúen como espaciadores. Los orificios del tornillo deben ser igualmente rellenados con adhesivo sellador antes de la fijación.



Alumno:

F.S.M.

Especialidad:

I.T. Naval Estructuras Marinas

16/02/2010

APLICACIONES NAVALES

Pág. 110

6.4.9. Pegado de listones y elementos de madera. (Escaleras de camarotes, asientos, escaleras principales).

En yates y cruceros de placer así como en barcos transoceánicos, las escaleras principales, escaleras de camarotes y pasamanos están fabricados frecuentemente con maderas tropicales, elegidas por su durabilidad y su buen acabado. La utilización de tornillos para su fijación puede perjudicar con el tiempo dicha durabilidad y acabado, debido a la aparición de humedad a través de los huecos de los tornillos. Por esta razón es recomendable fijar listones o elementos de madera mediante adhesivos. La ausencia de huecos de tornillos previene que el agua actúe dañando la madera. Esto es importante sobre todo en la construcción de escaleras principales.

Al mismo tiempo el pegado utilizando adhesivos elásticos ofrece otras ventajas. La capa de adhesivo ayuda a la absorción de ruidos de pisadas y amortigua las vibraciones. La mayor parte de las superficies pintadas pueden conservarse sin pérdida de protección anti corrosiva. Y los efectos potencialmente nocivos de la penetración de humedad en el interior del Poliéster son eliminados.

Pequeños barcos como pueden ser canoas, barcos a pedal, etc, tienen algunas juntas que pueden ser selladas permanentemente con la ayuda de la tecnología del pegado elástico, de este modo se evitan daños mecánicos de componentes y uniones.

El pegado con adhesivos elásticos es particularmente ventajoso cuando las juntas a unir están formadas por materiales de diferente naturaleza, por ejemplo pegado de asientos deslizables de aluminio a PRFV, asientos de madera a Aluminio o PRFV, o reposapiés de aluminio/madera a PRFV.

El uso de adhesivos elásticos permite a los fabricantes de barcos ahorrarse tiempo y operaciones muy laboriosas, como pueden ser laminación de la fibra de vidrio o el sellado uno a uno de las fijaciones atornilladas.



Alumno:	F.S.M.	Especialidad:	I.T. Naval Estructuras Marinas	16/02/2010
APLICACIONES NAVALES				Pág. 111

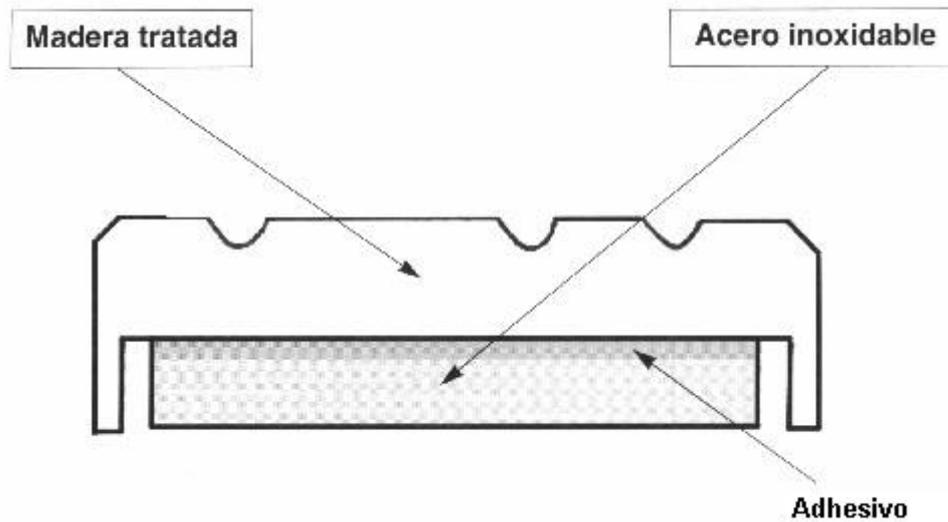


Fig.6.14. Unión madera-aluminio.

6.4.10. Pegado de acristalamientos.

La mayoría de los acristalamientos utilizados en la industria naval son a su vez clasificados como láminas acrílicas (PMMA o polymethyl metacrilato), ampliamente comercializado bajo nombres como «Perspex» y «Plexiglas», o policarbonato (PC), comercializado como «Markrolon» y por la General Electric como «Lexan». Menos común, pero también utilizado, son los acristalamientos realizados de poliestireno (PS), que es recomendado bajo el nombre de «Metzolplast».

Todos los acristalamientos poseen ciertas características que deben conocerse antes de ser instalados o pegados con adhesivos. En términos generales, los acristalamientos colocados incorrectamente son propensos a roturas debido a los esfuerzos a los que están sometidos, los cuales se pueden agravar como consecuencia del uso de ciertos adhesivos de base poliuretano.

Los acristalamientos anteriores poseen más alto coeficiente de dilatación térmica que los cristales convencionales. Como consecuencia de esto, cuando diseñamos una instalación acristalada, debemos incorporar una junta de expansión de al menos 5 mm,



Alumno:	F.S.M.	Especialidad:	I.T. Naval Estructuras Marinas	16/02/2010
APLICACIONES NAVALES				Pág. 112

entre el rebaje de la ventana y el panel de metacrilato para absorber los movimientos térmicos. De la misma manera, los huecos de los agujeros para fijación de tornillos deben ser rellenados en su totalidad, es decir por encima del diámetro actual del tornillo (ver dibujo y el diagrama).

Para reducir al mínimo los riesgos de rotura por tensión, las láminas acristaladas deberían ser instaladas completamente planas: no deberían estar en tensión como consecuencia de una determinada curvatura por el hecho de utilizar fijaciones mecánicas. Cuando el diseño especifica una cierta curvatura, los paneles deberían ser abastecidos por un proveedor especializado en orden a asegurar una instalación sin estar sometida a esfuerzos.

DIMENSIONAMIENTO DEL ESPESOR DEL ADHESIVO

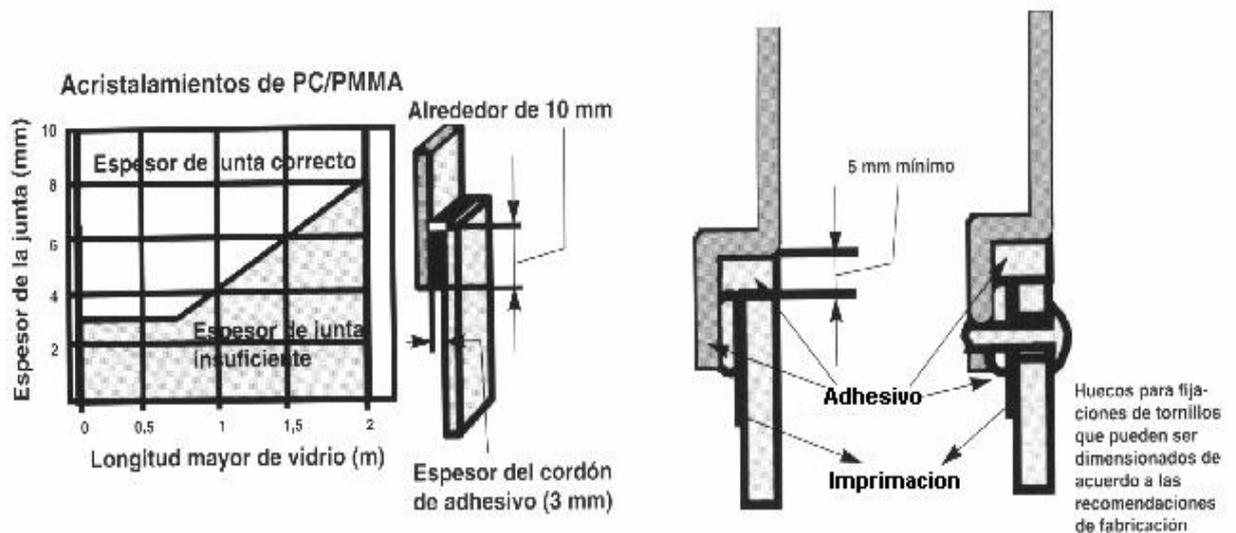


Fig.6.15. Dimensionamiento del espesor del adhesivo.



Alumno:

F.S.M.

Especialidad:

I.T. Naval Estructuras Marinas

16/02/2010

TRATAMIENTOS SUPERFICIALES

Pág. 113

7. TRATAMIENTOS SUPERFICIALES.



Alumno:

F.S.M.

Especialidad:

I.T. Naval Estructuras Marinas

16/02/2010

TRATAMIENTOS SUPERFICIALES

Pág. 114

La adhesión es un fenómeno de superficie.

El espesor dentro del cual tienen lugar las interacciones entre adhesivo y sustrato (interfase adhesiva) tiene una magnitud del orden de las distancias intermoleculares. Por lo tanto, cualquier capa exterior de composición o estructura diferente de la del seno del sustrato va a afectar en la calidad de cualquier adhesión.

Es necesario que las superficies a adherir se hallen exentas de cualquier agente extraño (polvo, aceites, suciedad, etc.). Para ello se realizan sobre los sustratos diferentes y adecuados tratamientos superficiales.

Los tratamientos no son siempre necesarios pero su aplicación permite optimizar la adhesión y, cuando menos, reproducir las características de la adhesión en grandes cadenas productivas preservando los niveles de calidad diseñados.

Los objetivos que persigue el tratamiento superficial son:

- Desarrollar la fuerza y durabilidad de la adhesión, optimizando el contacto intermolecular entre adhesivo (y/o imprimación) y sustrato que podrá ser de baja energía superficial y de alta energía superficial.
- Generar una topografía superficial que multiplique la superficie real de la interfase.
- Facilitar la reproducibilidad de los resultados.
- Evitar la formación de capas de débil cohesión producidas, por ejemplo, por la migración de plastificantes del seno de los plásticos a la superficie.

Estos objetivos se logran mediante diferentes técnicas basadas en la eliminación de los contaminantes superficiales, por métodos mecánicos o químicos o en la modificación física o química de la superficie, para lograr rugosidades adecuadas para la adhesión o para modificar la estructura de enlaces de la superficie.

En ocasiones el tratamiento superficial tiene como función facilitar la reticulación del adhesivo, actuando como un activador.

Existe una enorme variedad de tratamientos superficiales que pueden ser empleados para adecuar cada superficie a un determinado proceso de adhesión.



Alumno:

F.S.M.

Especialidad:

I.T. Naval Estructuras Marinas

16/02/2010

TRATAMIENTOS SUPERFICIALES

Pág. 115

Los factores a considerar en la correcta elección del tratamiento son principalmente:

- Tamaño y forma geométrica de las superficies.
- Tipo de instrumentación disponible.
- Estabilidad de los materiales.
- Posibilidad de migraciones superficiales.

Muchos polímeros no presentan problemas a la hora de ser unidos mediante adhesivos y la mayoría de los casos precisan únicamente de una limpieza superficial.

Existen materiales poliméricos que presentan superficies de muy baja energía superficial que debe ser aumentada mediante la realización de tratamientos superficiales específicos.

Algunos de los principales tratamientos son:

- Limpieza superficial.
- Tratamientos abrasivos.
- Tratamientos químicos.
- Primers o imprimaciones.
- Tratamientos con llama.
- Descarga corona.
- Tratamiento de los sólidos de baja energía superficial.

-Limpieza superficial.

La limpieza superficial consiste en la eliminación de la contaminación superficial de un sustrato, sin provocar alteraciones físicas o químicas del mismo.

Se consigue mediante:



- Desengrase en fase vapor.

La superficie del sustrato se pone en contacto con vapor caliente de un disolvente capaz de solubilizar aceites, grasa, etc. Se produce condensación del vapor sobre la superficie fría hasta que el peso de la gota hace que esta retorne al baño caliente.

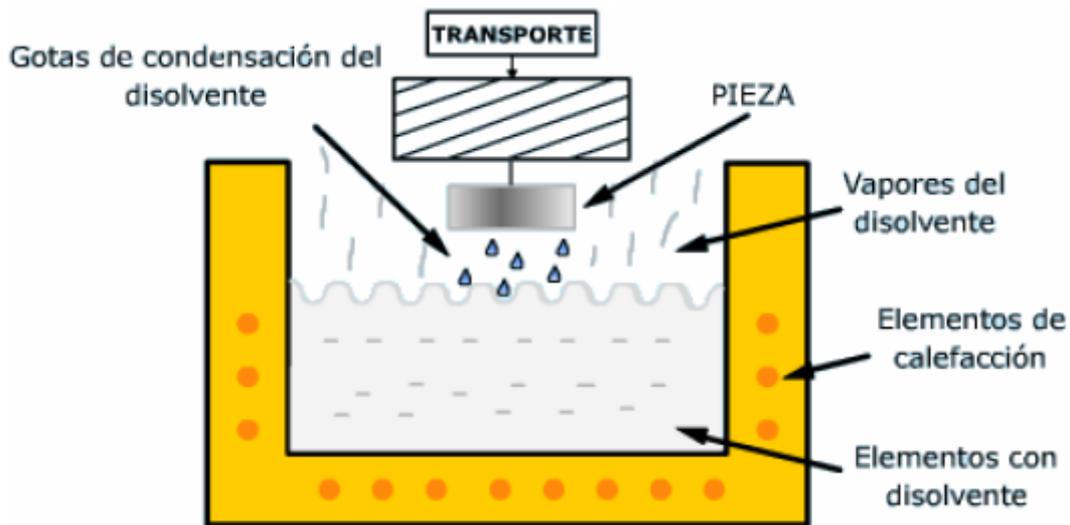


Fig.7.1. Desengrasado con vapor.

- Tratamiento en baño con ultrasonidos.

La pieza a tratar se introduce en un baño con disolvente en el que mediante la irradiación de ondas ultrasónicas se produce una agitación y cavitación que elimina las partículas más inaccesibles.

La frecuencia de los ultrasonidos se halla en el rango 20000 a 50000 Hz.

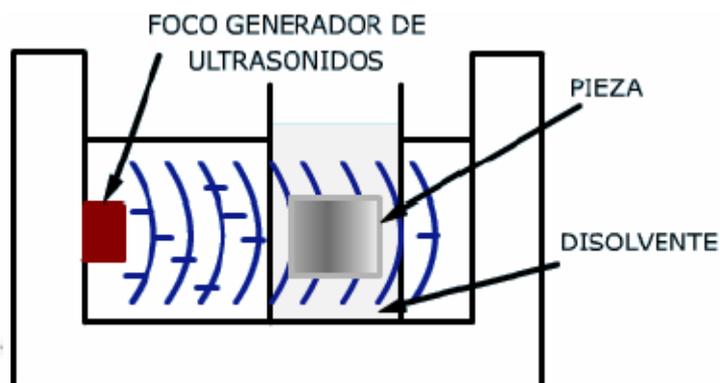


Fig.7.2. Baño con ultrasonidos.



Alumno:

F.S.M.

Especialidad:

I.T. Naval Estructuras Marinas

16/02/2010

TRATAMIENTOS SUPERFICIALES

Pág. 117

- Frotado.

Consiste en el paso de un paño con disolvente varias veces.

La inmersión en baños de disolvente y el sprayado de disolvente que asegura que todo el disolvente que llega a la pieza esté limpio, son los métodos más simples y versátiles, pero a su vez, son más difíciles de controlar.

-Tratamiento abrasivo.

Los tratamientos abrasivos son fundamentalmente lijados, cardados, chorro de arena, chorro de granalla, etc.

El método de abrasión elegido y las variables experimentales dependerán del sustrato.

Mediante este método se logra la eliminación de los contaminantes superficiales, la creación de una superficie activa, el aumento del área de contacto con el adhesivo y se retarda la fractura mecánica de la unión adhesiva.

Tras la realización de estos tratamientos es necesario proceder a la limpieza de la superficie de los sustratos tratados y llevar a cabo la adhesión antes de que aparezca la corrosión o contaminación.

-Tratamientos químicos.

Los tratamientos químicos crean grupos polares en la superficie de los sustratos responsables de uniones de mayor durabilidad.

Los tratamientos químicos más usuales son:

- Ácido crómico: empleado para el polietileno (PE).
- Disoluciones de sodio: se utilizan para plásticos y poliolefinas fluoradas.
- Ciclación con ácido sulfúrico y halogenación: para cauchos.

Existen otros tipos de tratamientos químicos, los decapantes que no modifican químicamente la superficie pero que eliminan las capas débiles (por ejemplo de óxido).

Se emplean habitualmente en metales.

**-Primers o imprimaciones.**

Son sustancias que se emplean como intermedio entre el adhesivo y el sustrato. Tienen muy diversas funciones. En superficies de alta energía superficial se emplean para incrementar la resistencia de las uniones adhesivas a la fatiga, la temperatura y la humedad.

Existen ciertas imprimaciones que se emplean en el caso de sustratos de materiales de baja energía superficial y, por lo tanto, difíciles de unir por su baja apolaridad como las poliolefinas o el teflón.

Los efectos que producen son:

- Protección de la superficie del sustrato.
- Mejora de la interacción entre el adhesivo y el sustrato.
- Incremento de la mojabilidad de los adhesivos más viscosos.
- Posibilidad de unión de sustratos difíciles de unir.
- Creación de una capa de mayor energía superficial.
- Protección de la superficie contra los factores externos.

-Tratamientos de llama.

Los tratamientos de llama se basan en la oxidación superficial debida a una reacción que se inicia por radicales libres creados a elevadas temperaturas (2000 °C).

Este método se aplica fundamentalmente para las poliolefinas y se basa en pasar la superficie del sustrato por varios quemadores durante menos de 1 segundo.

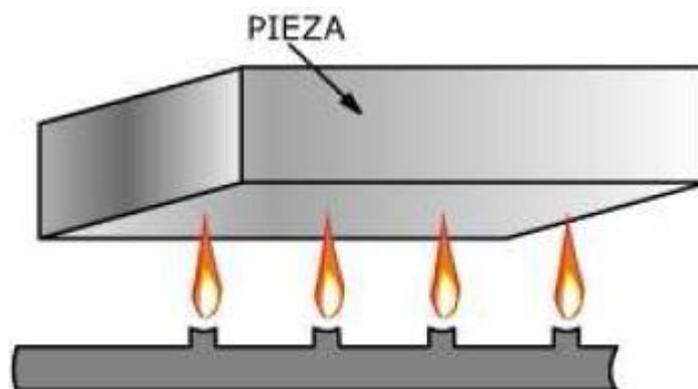


Fig.7.3. Tratamiento de llama.



Alumno:

F.S.M.

Especialidad:

I.T. Naval Estructuras Marinas

16/02/2010

TRATAMIENTOS SUPERFICIALES

Pág. 119

-Descarga corona.

La descarga corona es muy utilizada con sustratos plásticos ya que aumenta la energía superficial del polímero por creación de grupos carbonilo. El sustrato se hace pasar bajo un electrodo metálico al que se le hace llegar un alto voltaje que ioniza el gas.

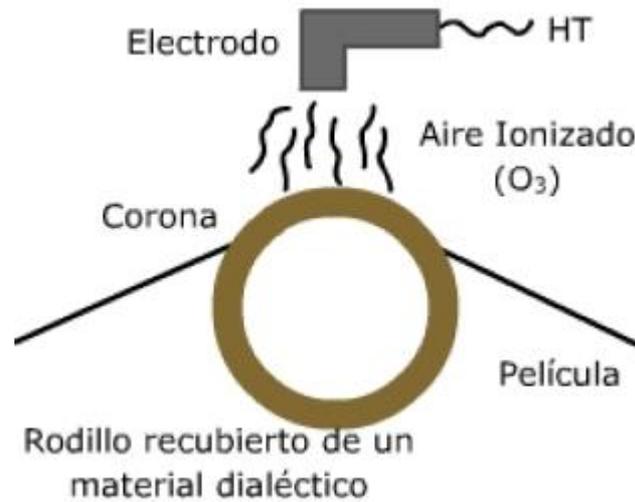


Fig.7.4. Descarga corona.

**TRATAMIENTOS SUPERFICIALES****-Tratamiento de sólidos de baja energía superficial.**

Algunos de los sólidos de baja energía superficial y sus tratamientos superficiales se presentan a continuación.

Polímeros fluorados.	<ul style="list-style-type: none">· PTFE, PCTFE, FEP, fluoruro de polivinilo y fluoruro de polivinilideno.· Presentan unas características de baja adhesividad muy marcada.· Es absolutamente necesario preparar superficialmente estos polímeros para poder emplearlos como sustratos en adhesiones.· Los tratamientos posibles son los siguientes:<ul style="list-style-type: none">- Abrasión: mejora la adhesión pero aún no es efectiva.- Tratamiento de "marcado" (etching): se aplican disoluciones de sodio en THF o amoníaco líquido que crean una serie de instauraciones sobre el polímero y una capa de carbono.- Imprimaciones.
Poliiolefinas	<p>Polietileno (PE) de alta y baja densidad y propileno (PP). Los tratamientos comúnmente utilizados para estos materiales son:</p> <ul style="list-style-type: none">· Limpieza con disolventes: cloroformo para PE de alta densidad y PP.· Tratamiento de llama: para el PE de baja densidad.· Tratamiento químico: el más habitual se realiza con ácido crómico que crea instauraciones y grupos carbonilo (C=O) sobre la superficie del polímero.· Imprimaciones.
Cauchos	<ul style="list-style-type: none">· Estos materiales presentan dificultades para ser unidos una vez vulcanizados.· La utilización de imprimaciones es muy típica para estos materiales. <p>Los tratamientos superficiales empleados suelen ser:</p> <ul style="list-style-type: none">- Abrasión mecánica.- Halogenación.- Ciclación.

Tabla 7.1. Tratamientos superficiales.



Alumno:

F.S.M.

Especialidad:

I.T. Naval Estructuras Marinas

16/02/2010

TRATAMIENTOS SUPERFICIALES

Pág. 121

Siliconas y cauchos termoplásticos	<ul style="list-style-type: none">· Las siliconas y los cauchos termoplásticos presentan asimismo problemas de adhesión.· Para estos materiales se pueden emplear los siguientes tratamientos:<ul style="list-style-type: none">- Plasma.- Descarga corona.- Abrasión.- Tratamiento con ácido crómico.- Tratamiento con llama.- Limpieza con disolventes.- Imprimaciones empleadas conjuntamente con cianoacrilatos.
---	---

Tabla 7.1. Tratamientos superficiales.

A título demostrativo expongo a continuación alguno de los tratamientos que se pueden seguir con estos plásticos que son los más utilizados y alcanzan el 80% del consumo total de plásticos:

Acrílico.

- 1 – Desengrasado con alcohol metílico y posterior desengrasado.
- 2 – Lijado con papel e esmeril.
- 3 – Eliminación de partículas.

Acetato.

- 1 – Desengrasado con alcohol isopropilo.
- 2 – Lijado con papel esmeril.
- 3 – Limpieza de partículas producidas.
- 4 – Lavar con agua destilada.
- 5 – Secado rápido a unos 50°C.



Alumno:

F.S.M.

Especialidad:

I.T. Naval Estructuras Marinas

16/02/2010

TRATAMIENTOS SUPERFICIALES

Pág. 122

Acetal-copolimero.

- 1 – Desengrasado con Metil estil cetona.
- 2 – Aplicar acido cromico concentrado a temperatura ambiente durante 10 a 15 seg.
- 3 – Lavado con agua destilada.
- 4 – Secado a unos 40°C.

Policarbonatos.

- 1 – Desengrasado con alcohol isopropilo.
- 2 – Lijado con papel de esmeril o chorreado con arena ligero.
- 3 – Restregar con un limpiador abrasivo no clorado.
- 4 – Lavado con agua destilada.
- 5 – Secado a temperatura ambiente.

Polietilenos.

- 1 – Desengrasado con acetona.
- 2 – Inmersión durante 5 o 10 minutos en una solución a 70°C compuesta de:
 - Dicromato-sódico.....15 partes en peso.
 - Acido sulfúrico concentrado.....250 partes en peso.
 - Agua destilada.....25 partes en peso.
- 3 – Aclarado con agua destilada.
- 4 – Secado de 15 a 30 minutos a unos 45°C.



Alumno:

F.S.M.

Especialidad:

I.T. Naval Estructuras Marinas

16/02/2010

TRATAMIENTOS SUPERFICIALES

Pág. 123

Polipropileno.

- 1 – Desengrasado con acetona.
- 2 - Inmersión durante 3 a 10 minutos en una solución a 80°C
 - Dicromato-sódico.....20 partes en peso.
 - Acido sulfúrico concentrado.....200 partes en peso.
 - Agua destilada.....25 partes en peso.
- 3 – Aclarado con agua destilada.
- 4 – Secado durante 15 a 30 minutos a unos 50°C.

PVC (cloruro de polivinilo).

- 1 – Desengrasado con tricloroetileno.
- 2 – Lijado con papel esmeril.
- 3 – Limpiar de nuevo con tricloroetileno.
- 4 – Secado.



Alumno:

F.S.M.

Especialidad:

I.T. Naval Estructuras Marinas

16/02/2010

ALMACENAMIENTO Y CONSERVACION DE LOS ADHESIVOS.

Pág. 124

8. CONSERVACIÓN.



Alumno:

F.S.M.

Especialidad:

I.T. Naval Estructuras Marinas

16/02/2010

ALMACENAMIENTO Y CONSERVACION DE LOS ADHESIVOS.

Pág. 125

8. Almacenamiento y conservación de los adhesivos.

Los adhesivos como se ha dicho son materiales poliméricos, que tienen temperaturas de reacción limitadas y las condiciones de su almacenamiento es un factor a destacar. Los adhesivos pueden tener un aspecto de trabajo que sean las esperadas, pero al haber estado expuestos a cambios bruscos de temperatura, puede ocurrir que las propiedades mecánicas y la resistencia en general del adhesivo sea menor a la esperada. Esto puede que en trabajos de poca importancia (trabajos a modo particular y no de responsabilidad) pueda ser factible, pero cuando hablamos del uso de adhesivos para uniones en elementos de producción deben estar en sus condiciones óptimas para asegurar la calidad del producto final.

En resumen no se deben exponer a fluctuaciones de temperatura. La temperatura de almacenamiento será la que se indique en el producto. Además, los envases que se abran tendrán una caducidad que habrá de tener en cuenta, y también la caducidad del adhesivo deberá ser controlada para lograr la calidad de las uniones mediante adhesivos.



Alumno:	F.S.M.	Especialidad:	I.T. Naval Estructuras Marinas	16/02/2010
CONTROL DE CALIDAD Y ENSAYOS				Pág. 126

9. ENSAYO Y CONTROL DE CALIDAD.



Alumno:	F.S.M.	Especialidad:	I.T. Naval Estructuras Marinas	16/02/2010
CONTROL DE CALIDAD Y ENSAYOS				Pág. 127

9.1. Control de calidad.

El nivel de calidad de la unión variará de industria a industria y dependerá de “cuánto” de crítica sea esa unión para una aplicación determinada.

Una vez conformada la unión adhesiva es difícil realizar un control de calidad de la misma.

Su inspección se limita a la comprobación de las dimensiones del producto y si efectivamente las piezas están unidas.

A partir de aquí se requiere de técnicas de inspección no destructiva (END) cuya finalidad es detectar defectos en la unión, determinar las propiedades del adhesivo y asegurar el rendimiento de la unión adhesiva.

La inspección debe llevarse a cabo por dos métodos: destructivos y no destructivos.

Un plan a seguir en los procesos de control de calidad de las uniones por adhesivos puede ser el siguiente:



Fig.9.1. Plan de control de calidad.



9.2. Ensayos no destructivos.

Los ensayos no destructivos son como su propio nombre indica los que utilizamos para la inspección y evaluación de las juntas adhesivas sin alterar las propiedades de los materiales. Los más usuales son:

Inspección Visual	<ul style="list-style-type: none">• Se realiza con la ayuda de una luz potente.• Se puede utilizar para detectar algunas grietas, principalmente si éstas son grandes. Lo más difícil es detectar los defectos relacionados con un inadecuado curado o tratamiento superficial.
Métodos Ultrasónicos	<ul style="list-style-type: none">• Se basan en la respuesta de la unión a energías de bajo poder ultrasónico (entre 2.25 y 10 MHz).• Estos métodos se utilizan principalmente para detectar desuniones entre el adherente y el adhesivo.• La mayor limitación de los métodos de ultrasonidos es la aparición de interferencias debidas al espesor del adhesivo o de los sustratos, y que pueden hacer creer al usuario que existen despegues donde no los hay.• Entre los métodos ultrasónicos para la caracterización de uniones se pueden citar:<ul style="list-style-type: none">- Eco de un pulso de contacto: se emplea el mismo transductor para emitir y detectar la reflexión del pulso de ultrasonidos.- Transmisión por contacto: el detector del pulso se coloca al lado opuesto del emisor del pulso de ultrasonidos.- Método de inmersión: la unión se sumerge en un tanque de agua. El pulso se detecta por reflexión, por transmisión o empleando una placa reflectora.
Radiografías	<ul style="list-style-type: none">• Es un método caro pero permite realizar inspecciones en un solo barrido.• Es capaz de detectar discontinuidades, variaciones de densidad y variaciones de absorción de rayos-X en los materiales.
Líquidos Penetrantes	<ul style="list-style-type: none">• Se emplean para un examen local.• Primeramente la superficie debe limpiarse y desengrasarse. Los líquidos penetrantes se aplican a la unión. Por acción capilar estos líquidos se van introduciendo en las zonas donde existen defectos. Aplicando un revelador se podrán distinguir los defectos.

Tabla 9.1. Ensayos no destructivos.



Alumno:

F.S.M.

Especialidad:

I.T. Naval Estructuras Marinas

16/02/2010

CONTROL DE CALIDAD Y ENSAYOS

Pág. 129

9.3. Ensayos destructivos.

Los ensayos destructivos que se realizan en los adhesivos estructurales vienen determinados por la normativa europea, aprobada por el CEN (centro europeo de normalización), estos ensayos son utilizados para preparar y evaluar superficies y para determinar las características generales de los adhesivos estructurales.

Todos los requisitos impuestos por estas normas serán de obligatorio cumplimiento por todos los tipos y marcas de adhesivos estructurales.

A continuación se nombran las normas actuales que tendrán que ser de obligatorio cumplimiento para todos los adhesivos estructurales. Se han suprimido las concernientes a materiales aeroespaciales ya que no son objeto de nuestro estudio.

NORMA	TITULO
EN 542	Adhesivos. Determinación de la densidad.
EN 543	Adhesivos. Determinación de la densidad aparente de adhesivos en polvo y en granza.
EN 827	Adhesivos. Determinación del contenido en sólidos convencional y del contenido en sólidos a masa constante
EN 828	Adhesivos. Mojabilidad. Determinación por medida del ángulo de contacto y de la tensión superficial crítica <i>de la superficie sólida</i> .
EN 923:1998	Adhesivos. Términos y definiciones.
EN 924	Adhesivos. Adhesivos en base disolvente y adhesivos libres de disolvente. Determinación del punto de inflamación.



Alumno:	F.S.M.	Especialidad:	I.T. Naval Estructuras Marinas	16/02/2010
CONTROL DE CALIDAD Y ENSAYOS				Pág. 130

NORMA	TITULO
EN 1067	Adhesivos. Examen y preparación de muestras para ensayo.
EN 1066	Adhesivos. Toma de muestras.
EN 1966	Adhesivos estructurales. Caracterización de una superficie mediante la medida de la adhesión por el método <i>de flexión en tres puntos</i> .
EN 1465	Adhesivos. Determinación de la resistencia a la cizalladura por tracción de juntas pegadas de sustratos <i>rígidos</i> .
EN 1967	Adhesivos estructurales. Evaluación de la efectividad de las técnicas de tratamiento superficial para aluminio <i>usando un ensayo de pelado húmedo en combinación con el método del rodillo móvil</i> .
EN 1245	Adhesivos. Determinación del pH. Método de ensayo.
EN 1965-1	Adhesivos estructurales. Corrosión. Parte 1: Determinación y clasificación de la corrosión de un sustrato <i>de cobre</i> .
EN 1965-2	Adhesivos estructurales. Corrosión. Parte 2: Determinación y clasificación de la corrosión de un sustrato <i>de latón</i> .
EN 1464	Adhesivos. Determinación de la resistencia al pelado en juntas pegadas de alta resistencia. Método del rodillo móvil (<i>ISO 4578:1990 modificada</i>).



Alumno:

F.S.M.

Especialidad:

I.T. Naval Estructuras Marinas

16/02/2010

CONTROL DE CALIDAD Y ENSAYOS

Pág. 131

NORMA	TITULO
EN 1244	Adhesivos. Determinación del color y/o cambios de color de revestimientos adhesivos bajo la influencia de <i>la luz</i> .
EN 1239	Adhesivos. Estabilidad congelación-descongelación.
prEN 3003	Adhesivos estructurales. Método de ensayo para la determinación de la masa por unidad de área de películas <i>de adhesivos</i> .
EN 12092	Adhesivos. Determinación de la viscosidad.
EN 12701	Adhesivos estructurales. Almacenamiento. Determinación de vocablos y frases relativas al tiempo de vida <i>de los adhesivos estructurales y materiales relacionados</i> .
EN 13887	Adhesivos estructurales. Guía para la preparación de superficies de metales y de plásticos previamente al <i>encolado con adhesivos</i> .
EN 14173	Adhesivos estructurales. Ensayo de pelado en T para uniones encoladas flexible sobre flexible <i>(ISO 11339:1993 modificada)</i> .
EN 14022	Adhesivos estructurales. Determinación de la vida útil (vida de trabajo) de adhesivos multicomponentes.
prEN ISO 10354	Adhesivos. Caracterización de la durabilidad de las uniones encoladas de adhesivos estructurales. <i>Ensayo de ruptura en cuña (ISO 10354:1992)</i> .



Alumno:

F.S.M.

Especialidad:

I.T. Naval Estructuras Marinas

16/02/2010

CONTROL DE CALIDAD Y ENSAYOS

Pág. 132

NORMA	TITULO
EN 26922	Adhesivos. Determinación de la resistencia a la tracción de uniones a tope.
EN 28510-1	Adhesivos. Ensayo de pelado para una unión encolada de adherente flexible sobre rígido. Parte 1: pelado a 90º.
EN 28510-2	Adhesivos. Ensayo de pelado para una unión encolada de adherente flexible sobre rígido. Parte 2: pelado a 180º.
EN ISO 9142	Adhesivos. Guía para la selección de condiciones de envejecimiento normalizadas de laboratorio para someter a ensayo juntas pegadas.
EN ISO 9653	Adhesivos. Método de ensayo de la resistencia a la cizalladura por impacto en juntas pegadas (ISO 9653:1998).
EN ISO 291	Plásticos. Atmósferas normalizadas para acondicionamiento y ensayos (ISO 291:1997).
EN ISO 868	Plásticos y ebonita. Determinación de la dureza de indentación por medio de un durómetro (dureza Shore) (ISO 868:2003).
EN ISO 10365	Adhesivos. Designación de los principales modelos de rotura (ISO 10365:1992).
EN ISO 6721-2	Plásticos. Determinación de las propiedades mecano-dinámicas. Parte 2: Ensayo del péndulo de torsión (ISO 6721-2:1994 incluye Corrigendum Técnico 1:1995).



Alumno:

F.S.M.

Especialidad:

I.T. Naval Estructuras Marinas

16/02/2010

CONTROL DE CALIDAD Y ENSAYOS

Pág. 133

NORMA	TITULO
EN ISO 9664	Adhesivos. Métodos de ensayo para la resistencia a la fatiga por esfuerzo de cizalla de adhesivos <i>estructurales (ISO 9664:1993)</i> .
EN ISO 10964	Adhesivos. Determinación del par de desmontaje en elementos de fijación roscados encolados con <i>adhesivos anaeróbicos (ISO 10964:1993)</i> .
prEN 14869-1	Adhesivos. Determinación del comportamiento en cizallamiento de adhesivos estructurales. Parte 1: <i>Método de ensayo de torsión de cilindros huecos pegados a tope 5)</i> .
prEN 14869-2	Adhesivos. Determinación del comportamiento en cizallamiento de adhesivos estructurales. Parte 2: <i>Método de ensayo en tracción de adherentes gruesos 6)</i> .
prEN ISO 14678	Adhesivos. Determinación de la resistencia al flujo (ISO/DIS 14678).
EN 14493	Adhesivos estructurales. Determinación de la resistencia dinámica al agrietamiento de uniones adhesivas <i>de alta resistencia bajo condiciones de impacto. Método de impacto en cuña (ISO 11343:1993 modificada)</i> .
EN ISO 527	Plásticos. Determinación de las propiedades en tracción (Cinco partes).
EN ISO 604	Plásticos. Determinación de las propiedades en compresión.



Alumno:

F.S.M.

Especialidad:

I.T. Naval Estructuras Marinas

16/02/2010

CONTROL DE CALIDAD Y ENSAYOS

Pág. 134

NORMA	TITULO
ISO 760	Determinación del agua. Método de Kart Fischer (Método general).
ISO 4578	Adhesivos. Determinación de la resistencia al pelado en juntas pegadas de alta resistencia. Método del rodillo móvil.
ISO 4588	Adhesivos. Directrices para la preparación de las superficies metálicas.
ISO 10123	Adhesivos. Determinación de la resistencia al cizallamiento de adhesivos anaeróbicos en juntas tipo eje <i>anillo</i> .
CEI 60112	Método de determinación de los índices de resistencia y de prueba a la formación de caminos conductores <i>de los materiales aislantes sólidos</i> .
ISO 14615	Adhesivos. Durabilidad de juntas adhesivas estructurales. Exposición a humedad y a temperatura bajo <i>carga</i> .

Tabla 9.2. Normativa para consulta.

A continuación entraremos más a fondo en las normas UNE-EN 1465:1994 (Adhesivos. Determinación de la resistencia a la cizalladura por tracción de juntas pegadas de sustratos *rígidos*), UNE-EN 26922:1993 (Adhesivos. Determinación de la resistencia a la tracción de uniones a tope), UNE-EN 1464: 1994. (Adhesivos. Determinación de la resistencia al pelado en juntas pegadas de alta resistencia. Método del rodillo móvil).

Veremos estas normas ya que son las que ensayan los tres tipos de tensiones principales que puede sufrir una unión adhesiva que como veíamos en el capítulo 3 eran tracción, cizallamiento y peladura, en cuanto al esfuerzo de desgarramiento no se hace referencia en la normativa por lo que no la veremos en este apartado.



Alumno:

F.S.M.

Especialidad:

I.T. Naval Estructuras Marinas

16/02/2010

CONTROL DE CALIDAD Y ENSAYOS

Pág. 135

- UNE-EN 1465:1994 (Adhesivos. Determinación de la resistencia a la cizalladura por tracción de juntas pegadas de sustratos rígidos).

Esta norma especifica un método para determinar la resistencia a la cizalladura por tracción en juntas pegadas, resultantes del solapamiento de sustratos rígido-rígido, cuando se ensayan probetas normalizadas y bajo condiciones específicas de preparación y ensayo.

La norma bajo la que se realizan los ensayos, especifica que la fuerza aplicada sobre la junta de ensayo, ha de aumentar a una velocidad constante, es decir, uniforme. Esta velocidad será tal que la media de las juntas rompa en un periodo de 65 ± 20 segundos. Para conseguir asegurar que las probetas rompen en este periodo de tiempo, se realizan varios ensayos previos hasta conseguir la velocidad, que aseguren la rotura en este periodo de tiempo. Finalmente la velocidad estimada para los ensayos de cizalladura, fue de 5 mm / min.

Hay que tener precaución de alinear las probetas, de tal forma que estén lo más alineadas posibles, para evitar la desalineación de la aplicación de la carga, lo que da lugar a la aparición de momentos flectores en la unión. La distancia inicial entre las mordazas de ensayo se mide, para así poder calcular posteriormente, la deformación nominal en tracción (ϵ).

De todos los ensayos realizados, se descartan inicialmente, los ensayos de mayor y menor valor de fuerza de rotura, así como todos los que no rompen dentro del periodo de tiempo establecido por la norma seguida para el procedimiento de ensayo. De los restantes ensayos, se realiza la desviación estándar (valor estadístico), y el criterio de repetitibilidad, es decir, la diferencia entre dos fuerzas de rotura cualesquiera, para aceptar como válido el resultado del ensayo, ha de ser menor que 2,5 la desviación estándar.



Alumno:	F.S.M.	Especialidad:	I.T. Naval Estructuras Marinas	16/02/2010
CONTROL DE CALIDAD Y ENSAYOS				Pág. 136

Antes de estudiar los valores reflejados en los ensayos, definiremos los términos que vamos a utilizar:

1-Esfuerzo de tracción (σ).

$$\sigma = F / A$$

σ , es el esfuerzo de tracción, expresado en megapascuales (MPa) o en (N / mm²).

F, es la fuerza medida en newton (N).

A, es el área de la sección transversal de la zona de solape, en milímetros cuadrados (mm²).

2-Deformación (ϵ).

$$\epsilon (\%) = 100 * \Delta L / L_0$$

$$\Delta L = L_f - L_0$$

ϵ , es el incremento de longitud por unidad de longitud inicial, de la longitud de referencia, expresada como una relación sin dimensiones o en porcentaje.

ΔL , es el incremento de longitud, en mm.

L_0 , es la distancia inicial de la probeta entre las mordazas, en mm.

L_f , es el desplazamiento de las mordazas durante el ensayo.



Alumno:	F.S.M.	Especialidad:	I.T. Naval Estructuras Marinas	16/02/2010
CONTROL DE CALIDAD Y ENSAYOS				Pág. 137

Veamos una curva típica de los ensayos de cizalladura de uniones adhesivas:

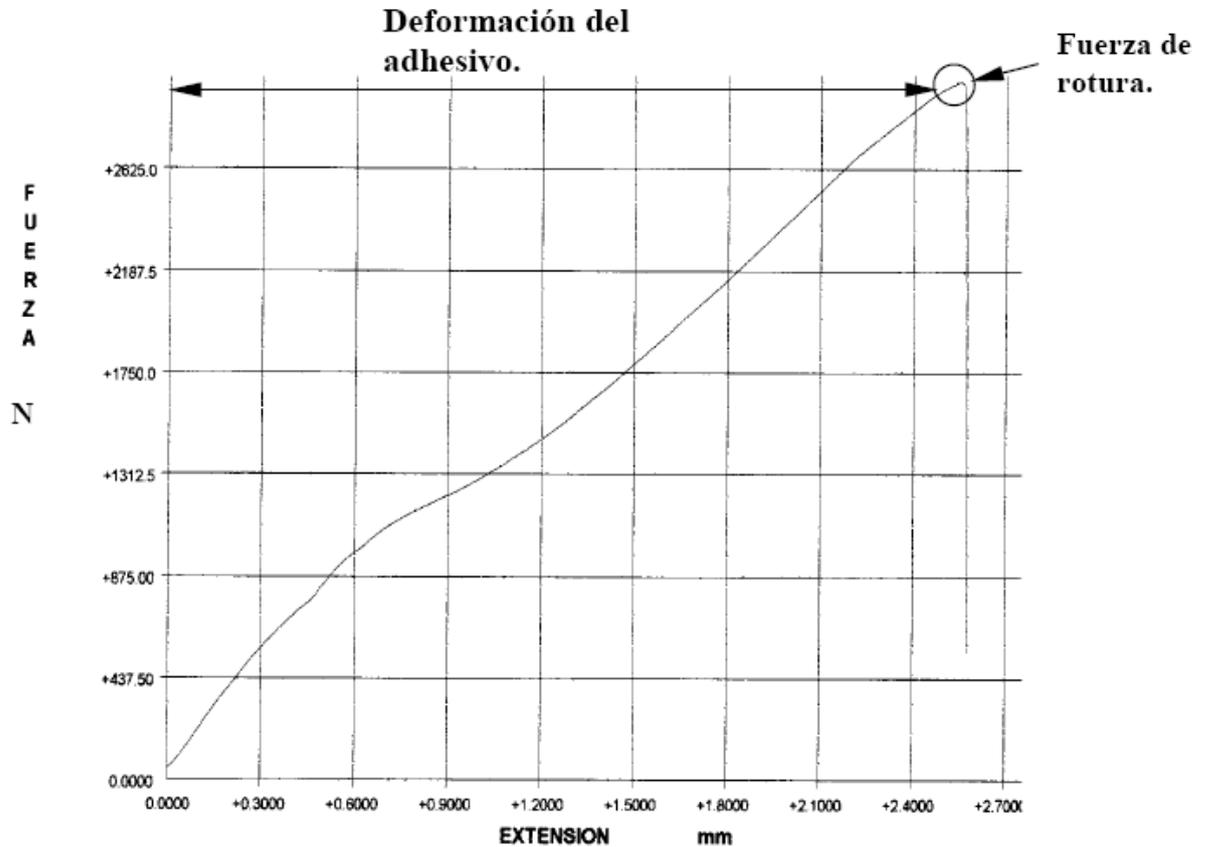


Fig.9.2. Grafica de deformación del adhesivo ensayado a cizalladura.

- UNE-EN 26922:1993 (Adhesivos. Determinación de la resistencia a la tracción de uniones a tope).

Esta norma especifica un método de determinación de la resistencia a la rotura de una unión a tope con adhesivos, cuando está sometida a un esfuerzo de tracción. El método puede ser aplicado a todo tipo de adhesivos. Aunque en principio está determinado para ser aplicado bajo condiciones ambientales normales. El método requiere adherentes rígidos que puedan ser mecanizados a las tolerancias dimensionales requeridas y así mismo, soportar los esfuerzos aplicados sobre ellos durante toda la duración del ensayo.



Alumno:

F.S.M.

Especialidad:

I.T. Naval Estructuras Marinas

16/02/2010

CONTROL DE CALIDAD Y ENSAYOS

Pág. 138

Una unión formada por dos adherentes (substratos), en forma de barras o varillas encoladas por sus caras normales a su longitud, está sometida a tensión hasta la rotura de la probeta, por una fuerza de tracción aplicada según el eje más largo de la probeta de ensayo. El resultado obtenido es la fuerza de rotura observada.

Procedimiento de ensayo.

Se coloca la probeta simétricamente en las mordazas de la máquina de ensayo. La norma bajo la que se realizan los ensayos, especifica que la fuerza aplicada sobre la junta de ensayo, ha de aumentar a una velocidad constante, es decir, uniforme. Esta velocidad será tal que la unión rompa en un periodo de 60 ± 20 segundos. Para conseguir asegurar que las probetas rompen en este periodo de tiempo, se realizan varios ensayos previos hasta conseguir la velocidad, que aseguren la rotura en este periodo de tiempo. Finalmente la velocidad estimada para los ensayos de tracción de uniones a tope, es de 2 mm / min.

De todos los ensayos realizados, se descartan inicialmente, los ensayos de menor y mayor valor de fuerza de rotura, todos los que no rompen dentro del periodo de tiempo establecido por la norma seguida para el procedimiento de ensayo. De los restantes ensayos, se realiza la desviación estándar (valor estadístico), y el criterio de repetitibilidad, es decir, el valor entre dos fuerzas de rotura, obtenidos con una muestra de adhesivo en el mismo sistema de adherentes, debe ser inferior a 2,5 veces la desviación estándar para cinco ensayos.



Alumno:	F.S.M.	Especialidad:	I.T. Naval Estructuras Marinas	16/02/2010
CONTROL DE CALIDAD Y ENSAYOS				Pág. 139

A continuación se muestra un gráfico tipo del ensayo de tracción de uniones adhesivas a tope, de los que se obtuvieron:

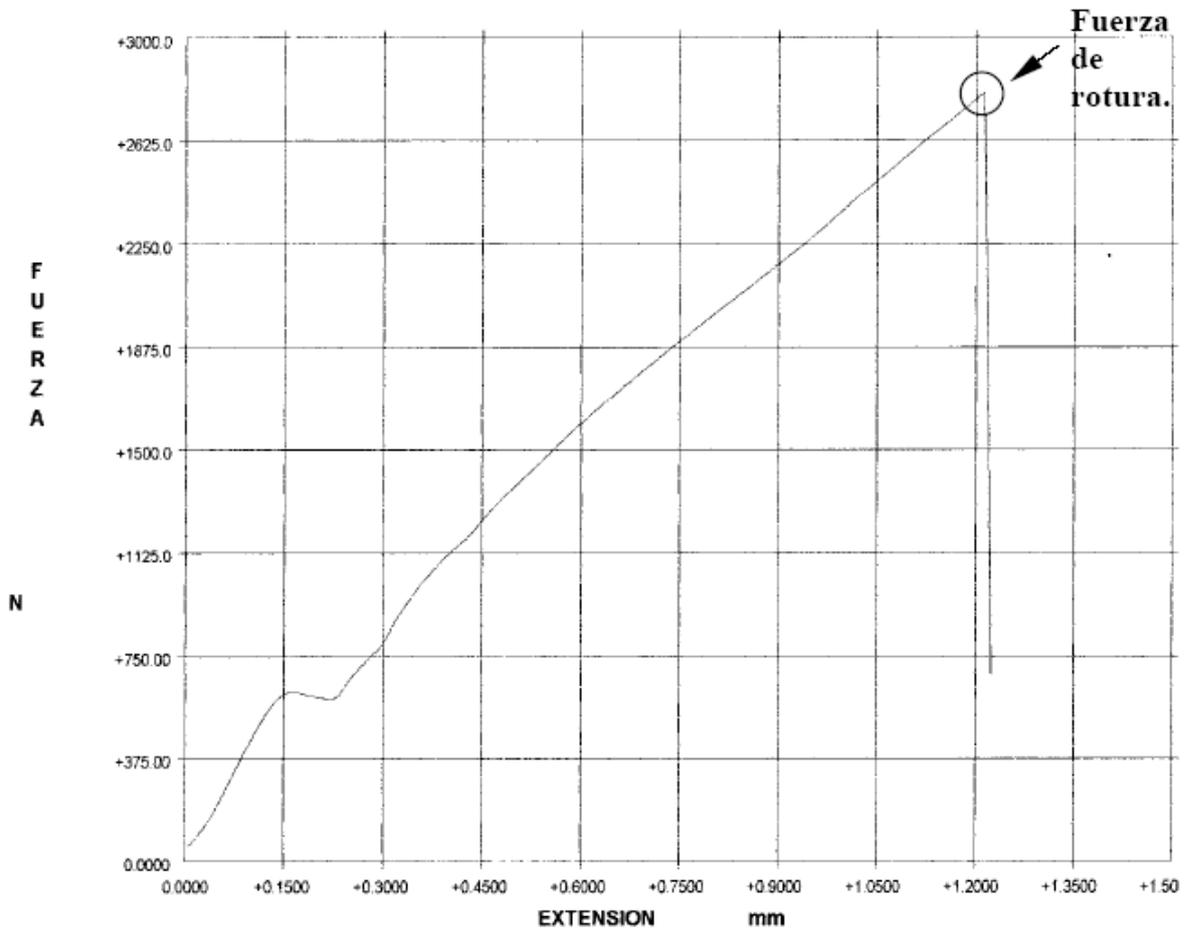


Fig.9.3. Ensayo de tracción de una unión adhesiva a tope.

- UNE-EN 1464: 1994. (Adhesivos. Determinación de la resistencia al pelado en juntas pegadas de alta resistencia. Método del rodillo móvil).

Esta norma especifica un método de rodillo móvil para la determinación de la resistencia al pelado de juntas pegadas de alta resistencia, entre un substrato rígido y otro flexible. La utilización de este sistema (de un rodillo móvil), produce datos numéricos más constantes que otros métodos de pelado, como el método de pelado en T u otros.



Alumno:	F.S.M.	Especialidad:	I.T. Naval Estructuras Marinas	16/02/2010
CONTROL DE CALIDAD Y ENSAYOS				Pág. 140

Los principales objetivos de este ensayo consisten en el cálculo de: - Fuerza al pelado promedio o Resistencia al pelado: La fuerza media por unidad de anchura de la probeta, medida a lo largo de la línea de encolado, necesaria para separar progresivamente los dos miembros de una probeta bajo condiciones de ensayo especificadas. Durante el ensayo de pelado, se realiza un registro gráfico de la fuerza en función del desplazamiento de la mordaza, fuerza en función de la longitud pelada, en una longitud de al menos 115 mm, no considerando los 25 mm iniciales de pelado.

- Fuerza máxima: Fuerza necesaria para iniciar el despegue de la unión.
- Fuerza mínima: Fuerza o carga de rotura final de la unión.

A continuación se muestra un gráfico característico, de los ensayos de pelado realizados:

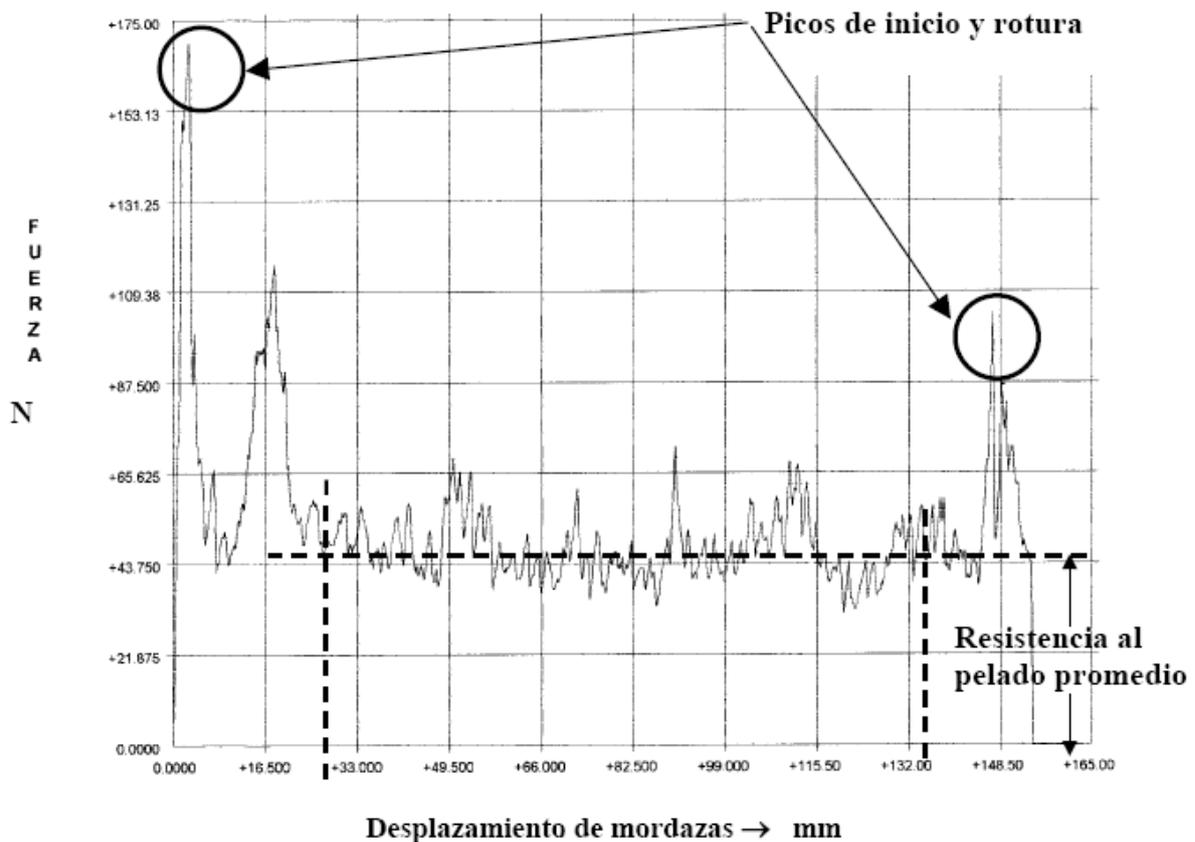


Fig.9.4. Registro de un ensayo de pelado.



Alumno:	F.S.M.	Especialidad:	I.T. Naval Estructuras Marinas	16/02/2010
CONTROL DE CALIDAD Y ENSAYOS				Pág. 141

Procedimiento de ensayo.

Se coloca la probeta en el dispositivo, como se indica en la figura 4, con el extremo del substrato flexible sujeto a la mordaza de la máquina de ensayo. La norma recomienda pelar la probeta a una velocidad constante de 100 ± 5 mm/min, de separación de la mordaza.

Si el substrato se curva o se deforma durante el ensayo, se recomienda preparar una nueva probeta, con un substrato suficientemente rígido para asegurar un pelado correcto. Se deben desestimar los resultados si la rotura ocurre fuera de la zona de pelado, esta zona de pelado se muestra en la figura siguiente:

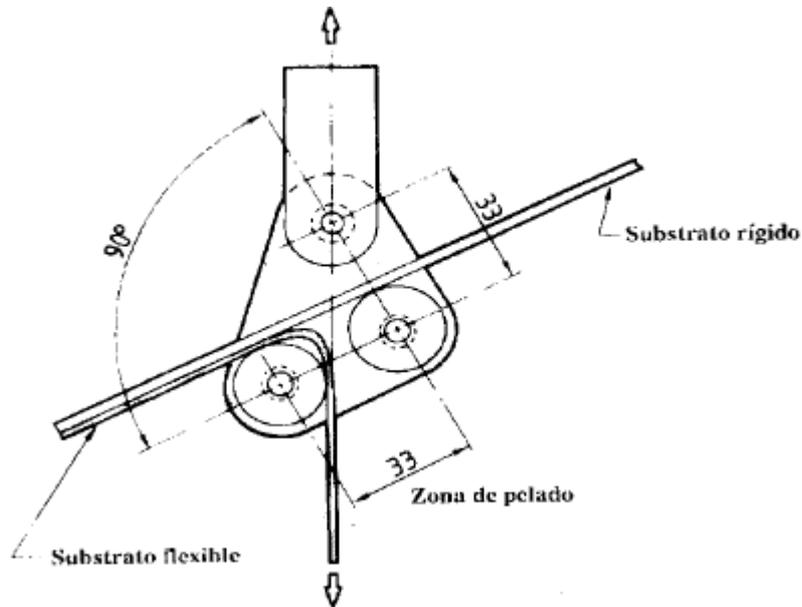


Fig.9.5. Dispositivo para ensayo de pelado sujetando la probeta.



Alumno:	F.S.M.	Especialidad:	I.T. Naval Estructuras Marinas	16/02/2010
CONSIDERACIONES FINALES				Pág. 142

10. CONSIDERACIONES. FINALES.



Alumno:	F.S.M.	Especialidad:	I.T. Naval Estructuras Marinas	16/02/2010
CONSIDERACIONES FINALES				Pág. 143

Resumiremos las conclusiones finales de este proyecto en las distintas ventajas e inconvenientes que tienen los adhesivos.

Las uniones por adhesivos presentan una serie de ventajas con respecto a otros métodos de ensamblado.

- Permite la unión de materiales de diferente naturaleza, forma y/o espesor.
- Se obtiene una mejor distribución de tensiones. Se eliminan las puntas de tensión que aparecen en otros métodos de unión como los taladros roscados o la soldadura por resistencia o por puntos.
- No se produce distorsión del sustrato. No se produce deformación ya que no se alcanzan elevadas temperaturas.
- Su utilización es normalmente mucho más barata.
- Uniones selladas: los adhesivos actúan también como selladores.
- Eliminación de los problemas de corrosión: Los adhesivos permiten la unión de materiales con diferentes propiedades electroquímicas.
- Aspecto mejorado: las uniones adhesivas son más lisas mejorando la estética del conjunto.
- Uniones híbridas: los adhesivos pueden ser combinados con otros métodos de unión mecánico mejorando el rendimiento global de la junta.

	Alumno:	F.S.M.	Especialidad:	I.T. Naval Estructuras Marinas	16/02/2010
	CONSIDERACIONES FINALES				Pág. 144

Como desventajas de los adhesivos se pueden destacar:

- En muchos casos es necesario realizar una preparación superficial que puede ser larga y costosa.
- Se puede generalizar diciendo que prácticamente todos los adhesivos están dirigidos al fracaso cuando se aplican tensiones de pelado, o impacto principalmente.
- Las uniones adhesivas pueden ser difíciles de desmontar.
- Los adhesivos tienen limitadas sus condiciones de servicio en función de la temperatura. Esto es lógico ya que están formados por materiales orgánicos en los que la degradación tiene lugar aproximadamente a 250 °C.
- Determinación de la durabilidad de las uniones adhesivas: existen ensayos normalizados para comprobar la durabilidad de las uniones adhesivas. Esto nos permite comparar entre sí diferentes adhesivos, de modo que con una información técnica adecuada podemos decidir, a priori, qué adhesivo soportará mejor las condiciones de trabajo de nuestra aplicación.



Alumno:

F.S.M.

Especialidad:

I.T. Naval Estructuras Marinas

16/02/2010

BIBLIOGRAFÍA

Pág. 145

11. BIBLIOGRAFÍA.

	Alumno:	F.S.M.	Especialidad:	I.T. Naval Estructuras Marinas	16/02/2010
	BIBLIOGRAFÍA				Pág. 146

❖ **BIBLIOGRAFIA.**

- Adhesivos industriales. F. Liesa y L Bilurbina. MARCOMBO, S.A., 1990.
- Uniones Adhesivas Estructurales. Suarez y López. Laboratorio de unión y adhesivos. Universidad de Alicante. 2000.
- Applied Adhesive Bonding. Berd Habenicht.
- Seminario sobre adhesivos. Mario Madrid Vega. Loctite. Madrid. 2000.
- I. Díez de Ulzurrun, F. López y J. C. Suárez. Ensayos de uniones adhesivas estructurales casco-cubierta en embarcaciones de GFRP.
- Normativa UNE para adhesivos.
- Crystic Crestomer® Adhesivos estructurales para la unión de materiales compuestos FRP. Gama y manual de aplicación.
- Sika Fórum. 1/2002. Revista para clientes industriales y comercio. Pegado de la cubierta al casco.
- <http://pinmar.com/sikaflex/3.htm>.
- I Máster en dirección de la producción en el sector metal mecánico. Procesos de unión para materiales plásticos. Enero 2002.
- Artículo revista Ingeniería Naval. Uniones adhesivas. Antonio Conesa Maestro, Licenciado en C.C. Químicas. Antonio Martín Meizoso, Doctor Ingeniero Naval.
- Loctite worldwide design handbook. Loctite European Group. Munich. 1998.



Alumno:

F.S.M.

Especialidad:

I.T. Naval Estructuras Marinas

16/02/2010

BIBLIOGRAFÍA

Pág. 147