

Introducción

1. Conceptos previos.

Adhesivos, adherentes y muchos otros términos, es lo que predominará en el texto que a continuación se expone, cuyo objetivo es el estudio del adhesivo como método de unión de materiales compuestos aplicados a la construcción naval.

Desde la revolución industrial, en el siglo XVIII, hasta la actualidad, los métodos de unión en los procesos de construcción industrial han evolucionado constantemente. El avance en los tipos de materiales a unir así como en los sistemas de unión de los mismos, introduce nuevos procesos de fabricación y diseño, con posibilidad de unir materiales disimilares y eliminar problemas derivados de otros métodos de unión.

Los materiales compuestos son cada vez más utilizados en la fabricación de estructuras que precisan elevadas resistencias y durabilidad de los materiales empleados. Los materiales compuestos pueden estar formados por distintas materias primas y procesados de diferentes formas. Esta diversidad de nuevos materiales incrementa la importancia del adhesivo en diferentes sectores industriales, que incorporan en sus procesos de construcción el adhesivo como elemento de unión, soportando esfuerzos de elevadas magnitudes.

1.1 Desarrollo histórico. ⁽¹⁾

Al mirar a nuestro alrededor observamos, que numerosos objetos de los que nos rodean presentan ejemplos de adhesiones. Sin ir más lejos, en el mundo animal encontramos ejemplos sobre el uso de agentes adhesivos: así, por ejemplo, las telas de araña deben su consistencia estructural a la presencia de agentes adhesivos.

El uso de adhesivos por el hombre se remonta a la Prehistoria. Las estatuas Babilonias, que datan del año 4000 AC, dan fe del uso de cementos bituminosos como primeros adhesivos estructurales usados por el hombre. Los egipcios emplearon adhesivos hacia el año 1800 AC para unir láminas de madera. En este caso el adhesivo procedía de la cocción de huesos de animales.

Durante la edad media desaparece el uso masivo de todos estos adhesivos. No es, hasta el siglo XIX, cuando se desarrollan los primeros adhesivos industriales y, en el siglo XX, cuando se comienzan a producir y a emplear de un modo industrial.

Se podría decir, que la primera aplicación industrial que tuvieron los adhesivos, fue en su uso en los sellos de correos. Este invento cuya utilización comenzó hacia 1840, fue tan bien recibido, que aún en la actualidad se sigue empleando.

El uso del adhesivo en otras industrias tiene lugar hacia 1843 cuando Charles Goodyear descubre la vulcanización, como método para mejorar las características mecánicas de los cauchos. Este proceso además permitía la unión de caucho a metal. Más tarde hacia 1897 se desarrollan los adhesivos en base a látex.

El impulso más espectacular que experimentó el adhesivo industrial fue planteado por las necesidades tecnológicas que planteó la industria armamentística durante la II Guerra Mundial. Así durante este periodo se comienzan a comercializar, entre otras resinas, los adhesivos epoxi, cuya patente había aparecido en 1943.

Los adhesivos reforzados con caucho empiezan a emplearse a partir de 1965, pretendiendo cubrir aquellas aplicaciones en las cuales las uniones adhesivas pueden ser sometidas a esfuerzos de pelado.

Finalmente el empleo masivo de adhesivos elásticos, comienza a principios de los años 80, cuando se comprueban los beneficios de tales adhesivos para la construcción de estructuras, que pueden verse sometidas a movimientos relativos de los sustratos.

La química involucrada en la obtención de nuevas familias de adhesivos, fue mayoritariamente desarrollada, durante la primera mitad del siglo XX. En la actualidad, los esfuerzos se centran, mayoritariamente, en la búsqueda de nuevas aplicaciones, de todos los nuevos adhesivos disponibles.

Así, es ampliamente conocido el uso de las resinas epoxi, entre otras en la industria aeronáutica. Formulaciones más recientes, introducen cargas elastoméricas a estos adhesivos, con lo que su aplicación se puede ampliar a uniones que precisan de adhesivos menos rígidos.

También se está avanzando en el desarrollo de nuevos equipos dosificadores, que permite una automatización aún mayor de los procesos de dosificación de los adhesivos.

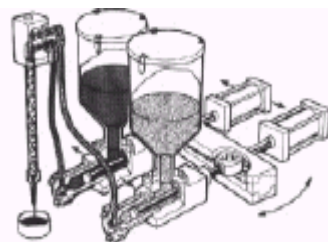


Figura 1.1
Equipo de dosificación y
mezclado automático, para un
adhesivo bicomponente.

Otra línea de desarrollo de nuevos adhesivos, se centra en la eliminación del uso de disolventes en su formulación, debido a los problemas de Seguridad e Higiene de estas sustancias, al margen de su carácter dañino para el medio ambiente.

1.2 Ventajas y desventajas de las uniones por adhesivo.⁽²⁾

Las uniones por adhesivo están usándose cada vez con mayor profusión, dado que la calidad de los adhesivos y el conocimiento técnico que se posee sobre su comportamiento van en aumento en los últimos años. Para centrar el tema, veamos una tabla de ventajas y desventajas de este tipo de unión:

<i>Ventajas</i>	<i>Desventajas</i>
Buena resistencia a la fatiga. Unión de materiales delgados. Disminución del peso. Unión de materiales de distinta naturaleza. Obtención de superficies suaves y lisas. Alta resistencia específica. Buena distribución de esfuerzos. Se obtienen uniones más rígidas. Uniones completamente selladas. Ausencia de problemas de corrosión. No modificación interna de los substratos metálicos durante el pegado y curado. Nula disminución resistente de substratos. Aislamiento eléctrico y térmico. Uniones elásticas. Amortiguamiento de vibraciones.	Resistencia deficiente al pelado. Temperaturas de servicio limitadas. Preparación de las superficies a unir. Puesta en obra dificultosa en ocasiones. Menor resistencia química. Inspección difícil y cara. Dificultad de desmontado de piezas. Caducidad limitada y condiciones especiales de almacenamiento.

A continuación pasaremos a desarrollar brevemente, las principales ventajas y desventajas que presentan las uniones adhesivas.

1.2.1 Ventajas de la unión por adhesivos.^{(1) (2) (3)}

Pueden unirse materiales similares y disimilares.

La unión de materiales disimilares mediante soldadura esta dificultada por sus diferencias entre coeficientes de dilatación y conductividad térmica. Los adhesivos, como materiales poliméricos que son, tienen un comportamiento viscoelástico, y tienen capacidad para absorber las dilataciones y contracciones producidos en los substratos, debido a las variaciones de temperatura. Esto permite unir materiales de diferentes coeficientes de expansión y diferente módulo elástico.

Además, mediante adhesivos se puede proceder a la unión de cualquier material sólido independientemente de la forma y espesor de los substratos a unir.

Permiten la unión de materiales con espesores pequeños.

Cuando los substratos a unir son planchas delgadas y metálicas, debido al calor requerido y a las tensiones residuales, la soldadura puede deformar los substratos. También se eliminan las deformaciones debidas a esfuerzos mecánicos, en los casos de uniones que requieren taladros, avellanados etc.

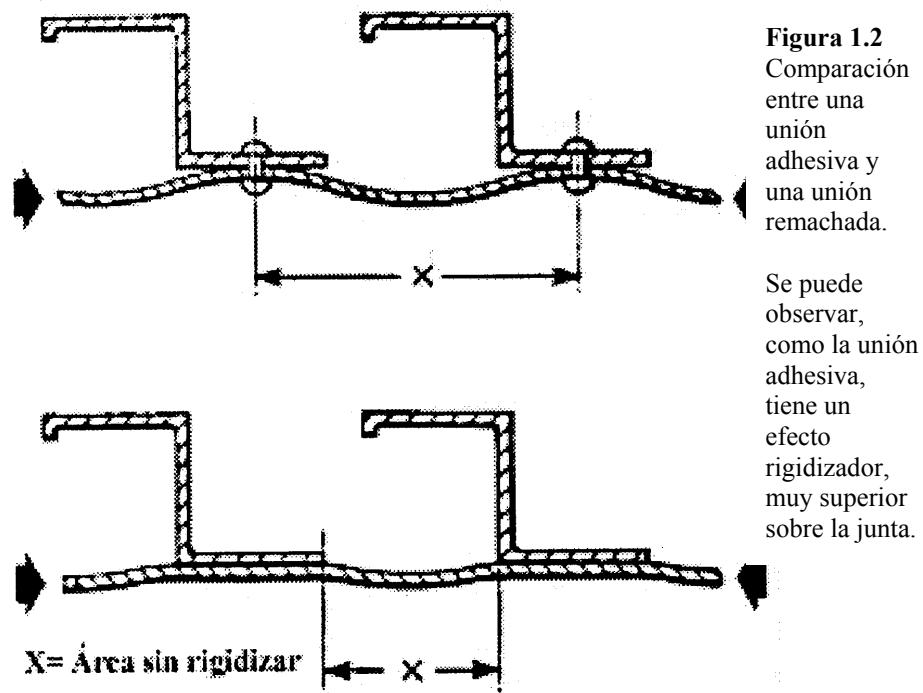
En el caso de estructuras laminadas con fibras de refuerzo, el taladrar en espesores pequeños rompe la continuidad de las fibras y puede ser peligroso en algunas uniones.

Se obtiene una mejor distribución de tensiones.

La unión mediante adhesivos, no crea tensiones en el material que generan las uniones mecánicas roscadas por ejemplo, evitando así la concentración de tensiones. Al igual que se eliminan las tensiones que aparecen cuando la unión precisa la práctica de taladros en los substratos, lo que origina una mayor concentración de tensiones que puede desembocar en la aparición de grietas.

Se obtienen uniones más rígidas.

En casos en que la unión por puntos de soldadura o remaches, no proporcionan una rigidez adecuada de los elementos unidos, la unión por adhesivo es muy ventajosa pues al aumentar la superficie de unión aumenta la rigidez estructural.



Se conservan las propiedades mecánicas de los sustratos.

En las uniones soldadas, los materiales a unir, son sometidos a verdaderos tratamientos térmicos que provocan, en muchos casos, la variación de las propiedades mecánicas, especialmente en las zonas afectadas térmicamente (ZAT). Pero esto, no ocurre con el uso de adhesivos, pues las temperaturas que requieren para su curado son relativamente bajas y no afectan a las propiedades de los materiales.

No les afecta la corrosión.

Los materiales no metálicos solo son atacados por ciertos agentes químicos definidos, y suelen ser resistentes a la acción del agua y la atmósfera. Sin embargo, casi todos los metales sufren corrosión en mayor o menor grado por estos agentes. Además, el ataque de un metal ocurre casi siempre por la acción electroquímica, debido a la estructura característica de los mismos. En los materiales no metálicos esto no sucede, y solo pueden ser atacados por un medio corrosivo que sea capaz de reaccionar químicamente y en ciertas circunstancias.

Los adhesivos no son conductores de la electricidad (solo sí se preparan especialmente para ello por medios de aditivos). Esto elimina un problema muy importante de corrosión, pues cuando se pretenden unir metales de diferentes propiedades electroquímicas, aparece la corrosión galvánica bimetálica.

Confieren a la unión propiedades de aislamiento y sellado.

Debido a las propiedades viscoelásticas de los adhesivos, pueden actuar como amortiguadores de vibraciones y reducir ruido.

A veces se usan para hacer estancas otras uniones mecánicas. Este tipo de uniones en las que se combinan la unión por adhesivo con una unión mecánica o técnica convencional de unión es lo que se conoce como uniones híbridas.

Ventajas de diseño y producción.

La unión con adhesivos permite suavizar los contornos, lo que no es posible introducir en el diseño de uniones remachadas o roscadas. Además, se reducen las operaciones de mecanizado al no tener que realizar orificios para acoplar los elementos de unión.

Un factor muy influyente en cualquier diseño es la relación resistencia-peso de los materiales, lo que denominamos como resistencia específica y se ve muy favorecida con el empleo de adhesivos.

Los procesos de producción también se ven afectados por el uso de adhesivos. Por ejemplo, cuando las superficies a unir son muy grandes el empleo de adhesivo como método de unión se puede reducir en una sola operación, mientras que con otros medios de unión se pueden necesitar varias operaciones que requieren mayor tiempo, mano de obra, herramientas y elementos de unión, aumentando en consecuencia el tiempo de ejecución de la operación.

De lo anterior se concluye que, aún siendo sustancialmente mayor el coste del adhesivo frente a otros elementos de unión, el resultado final del proceso se ve favorecido por la reducción de otros costes indirectos que influyen en la producción.

1.2.2 Desventajas de la unión por adhesivos.

Son uniones fijas.

Los métodos de unión llamados fijos, son los que no son posibles de desmontar. Esto, en algunos casos puede ser la primera característica para no poder aplicar este método de unión.

Las uniones por adhesivo tienen la dificultad de ser reparadas en ciertos casos y esto puede ser desfavorable en uniones de precisión donde no es posible, como en el caso de la soldadura, la posibilidad de reparar los defectos que aparecen.

Requieren una adecuada preparación superficial.

Dependiendo de la naturaleza y condiciones de los sustratos a unir, la preparación superficial variará desde una simple limpieza con disolventes, a operaciones de abrasión mecánica. Es muy importante para conseguir una unión óptima un pretratamiento superficial correcto. Esta necesidad de pretratar los sustratos, conlleva a un incremento de los costes de producción pues, requiere de mano de obra y en algunos casos de productos especializados.

Tienen limitadas sus condiciones de servicio por la temperatura.

La mayoría de los adhesivos están formados por materiales poliméricos, que se ven afectados por la temperatura. Por ejemplo, un aumento de temperatura por encima de la de trabajo puede afectar al grado de entrecruzamiento entre cadenas, y causar degradación en el adhesivo, y modificando las propiedades provocando fragilidad en el adhesivo.

La temperatura media de trabajo puede oscilar entre los 20 –175°C. Este intervalo de temperaturas variará según la naturaleza de cada adhesivo pero, como se ha dicho, las temperaturas de trabajo son bastante inferiores a las de otros materiales de unión.

Los agentes químicos que existen en el medio ambiente pueden afectar también a la calidad del adhesivo; así, como una elevada humedad actuando junto con una tensión continua, puede resultar muy perjudicial para el adhesivo, (solo algunos adhesivos están preparados para ello).

Resumiendo, la pérdida de resistencia se ve incrementada cuando la unión está sometida a tensión continua o a elevadas temperaturas.

La sollicitación a pelado puede dañar la unión adhesiva.

En algunos o la mayoría de los adhesivos estructurales, la resistencia es direccional, lo que deriva en que trabajen mejor cuando las sollicitaciones son a cortadura ó tracción, que cuando son de clivaje o pelado.

Estas tensiones pueden ser reducidas con un cuidadoso diseño de la unión dependiendo directamente del tipo de adhesivo y sustrato.

Se requiere un estricto control del proceso.

A la hora de realizar la unión adhesiva, hay numerosos factores a tener en cuenta que serán decisivos para lograr una correcta unión.

Comenzando por el adecuado tratamiento superficial de los sustratos que, como se ha dicho, es un factor decisivo en la unión mediante adhesivo. Si el adhesivo tiene múltiples componentes las partes deben ser cuidadosamente pesadas y mezcladas. La operación de pegado puede requerir la aplicación de calor y presión, por lo que además de requerir un tiempo y temperatura determinados de curado, precisan de un utillaje para mantener unidos los adherentes.

Limpieza en la aplicación.

La limpieza es un factor de coste, especialmente donde adhesivos mal aplicados pueden estropear el aspecto final de producto o dañar las superficies contiguas.

Efectos nocivos para la salud.

La composición química de los adhesivos, puede ser elevadamente tóxica para el operario, por lo que se recomienda siempre evitar la manipulación, sin tomar las debidas precauciones (guantes, mascarillas, incluso protección ocular). La manipulación de adhesivos puede parecer un proceso sencillo a primera vista, pero por ejemplo, en adhesivos de curado instantáneo hay que mantener precauciones adicionales.

Caducidad limitada y condiciones de almacenamiento.

Los adhesivos por ser materiales susceptibles de curado, presentan un tiempo de caducidad. También requieren un almacenaje bajo ciertas condiciones, ya que fluctuaciones de temperatura pueden dañar las propiedades de los mismos.

1.3 Aplicaciones industriales de los adhesivos. ⁽³⁾

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. Ciertos ejemplos de aplicaciones, donde la unión adhesiva es un método práctico de unión, se muestran en la tabla siguiente:

Áreas de aplicación	Ejemplos
Materiales disimilares.	Combinaciones de metales, elastómeros, plásticos, espumas estructurales, tejidos, vidrios, madera y cerámicas.
Materiales disimilares que constituyen pilas galvánicas de corrosión.	Hierro con cobre o latón.
Materiales sensibles al calor.	Termoplásticos, materiales magnéticos y vidrios.
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 requiera 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 dismantelar la unión mas 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.

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

1.3.1 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 presenta 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.

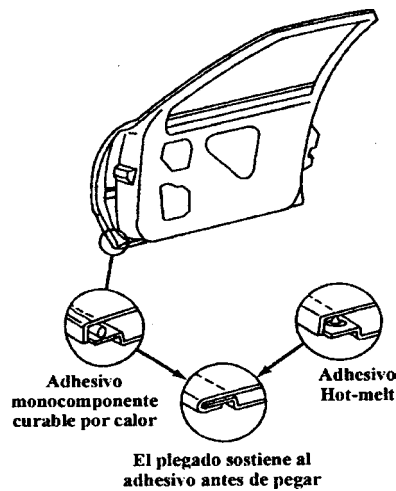


Figura 1.3
Plegado y unión con adhesivos en la puerta de un automóvil.

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.

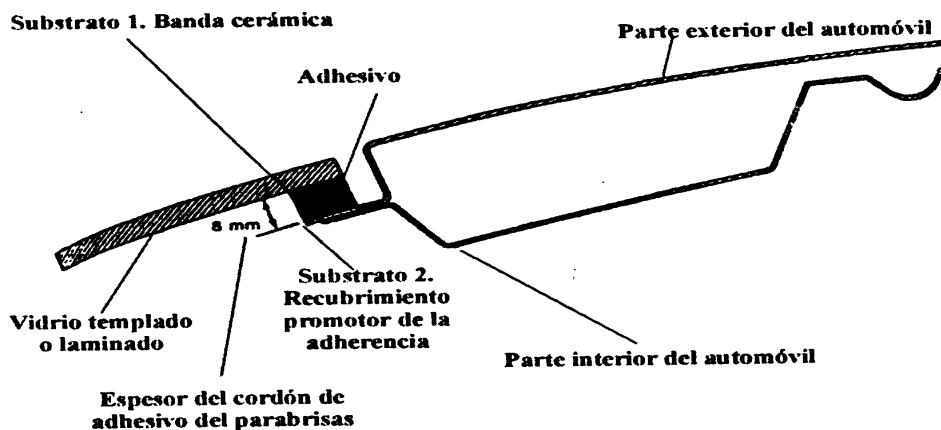


Figura 1.4
Diseño de unión en el montaje de un parabrisas.

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.

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.
- Un adhesivo anaeróbico penetrante sella aquellas piezas de fundición, cuyas porosidades pueden provocar pérdidas de aire y fluidos.

1.3.2 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 sandwich, y en las uniones básicas de los materiales compuestos entre sí y con otros materiales.

La estructura sandwich esta 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.

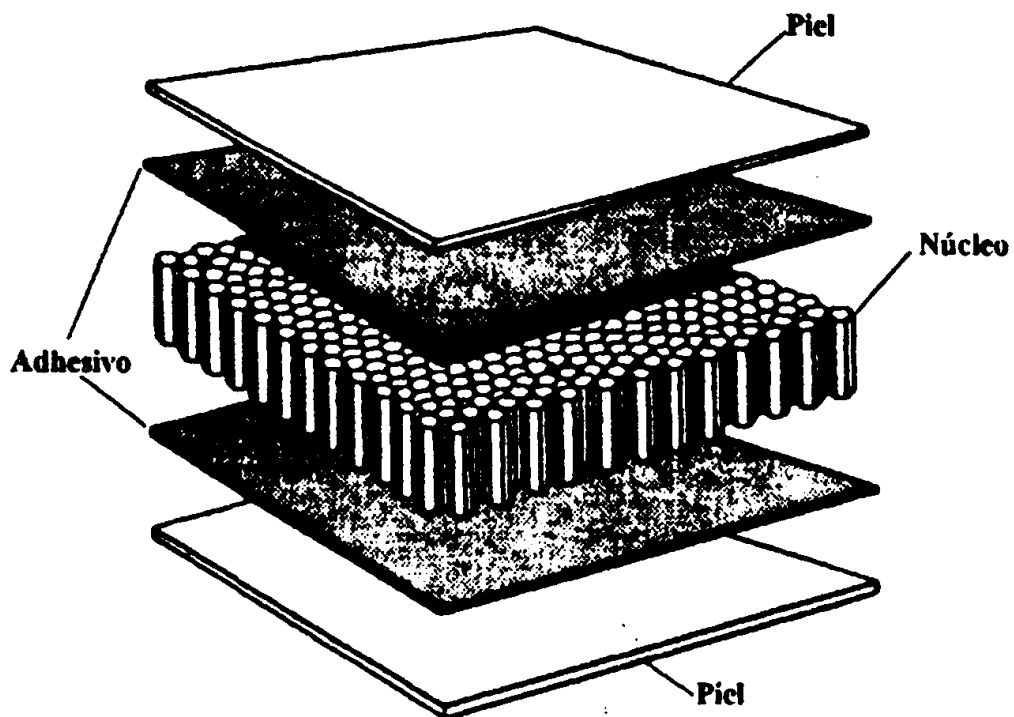


Figura1. 5 Estructura sandwich de núcleo de panal de abeja.

1.3.3 Industria de la Construcción.^{(4) (5)}

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

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.



Figura 1. 6
Reparación de Estructuras de hormigón con laminados de fibra de carbono. Reparación del tablero del puente de la Avda de S.Luis, sobre la M-30.

1.3.4 Ingeniería Naval y Oceánica.

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 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 mas utilizados para construir cascos de embarcaciones deportivas, es sin duda alguna, el proceso sandwich. 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.

La unión de la cubierta al casco se realiza por medio de adhesivo. Para realizar la unión es necesario controlar numerosos factores; para que la unión sea correcta, hay que calcular las cantidades de adhesivo, el tiempo de vida útil del mismo así como tener mano de obra suficiente para realizar la unión en el mínimo tiempo posible. Esta unión requiere de un estricto control del proceso, y de un procedimiento operatorio que garantice la máxima calidad de la unión.

La cantidad de adhesivo requerida para unir la cubierta al casco, suele ser elevada, por lo que existen máquinas mezcladoras de adhesivo que facilitan la mezcla y aseguran las cantidades correctas de los componentes de la misma. El uso de estas máquinas mezcladoras, permite disponer de un menor número de operarios y un mayor control del proceso.

El proceso de pegado de la cubierta al casco, requiere de una coordinación de los operarios, pues una vez aplicado el adhesivo en la zona de unión, hay que situar la cubierta, y asegurar su correcta ubicación en una sola operación y seguidamente disponer los elementos y utensilios de sujeción y presión. Una vez fijada la cubierta al casco hay que procurar que las vibraciones interiores producidas por los operarios sean mínimas, para evitar cualquier desplazamiento indeseado de los elementos de sujeción y presión. Por ello el proceso de eliminación del sobrante de adhesivo, que es imprescindible realizar antes del curado del adhesivo, debe ser realizado con una delicadeza extrema. Es muy importante retirar correctamente el sobrante de adhesivo antes del curado del mismo para así evitar posteriores operaciones, que pueden dañar los materiales.

A continuación vamos a ver algunos ejemplos, de las aplicaciones de los adhesivos en la construcción de embarcaciones de recreo, que se utilizan en el Astillero Sinergia Composites de Cartagena, donde realicé las practicas previas a la realización del presente trabajo.

Quizás, entre otras muchas aplicaciones quizás, la más interesante de señalar sea la unión del casco y la cubierta, la cual requiere un estricto control del proceso, y una coordinación del personal que lo realiza. Previamente a la aplicación del adhesivo, hay que proteger el casco para evitar que el sobrante de adhesivo pueda dañarlo, hay que preparar todas las herramientas necesarias para el proceso de pegado, así como los elementos de sujeción y presión necesarios. Es imprescindible que esté todo dispuesto para la correcta realización de la unión, tanto herramientas como mano de obra, debidamente coordinada.

Así podemos resumir la operación de pegado de casco y cubierta en tres fases:

- Preparación de superficies a pegar.
- Aplicación del adhesivo y colocación de la cubierta.
- Colocación de los elementos de sujeción y presión.



Figura 1.7.a) : Cubierta vista por proa.

Figura 1.7.b) : Cubierta vista por popa.

Figura 1.7: Cubierta antes de ensamblarla al casco.



Figura 1.8.a) : Casco visto por proa.

Figura 1.8.b) : Casco visto por popa.

Figura 1.8.b) : Casco antes de ensamblar la cubierta.



Figura 1.9: Aplicación de adhesivo.

Una vez aplicado el adhesivo en todo el perímetro de la unión, se procede a la colocación de la cubierta.



Figura 1.10: Unión de la cubierta al casco.



Figura 1.11: Cubierta unida al casco.