

# Tema 5.1. Introducción a las tecnologías de unión – uniones adhesivas

## Contenido

1. Introducción a las tecnologías de unión .....	2
2. Tipos de uniones .....	3
3. Consideraciones en las uniones .....	3
4. Uniones adhesivas.....	5
5. Partes en una unión adhesiva .....	7
6. Propiedades del adhesivo .....	8
7. Diseño de la unión.....	8
A. Consideraciones mecánicas.....	8
B. Otras consideraciones .....	10
C. Fallos más comunes en uniones adhesivas .....	10
D. Uniones en materiales compuestos .....	11
8. Fabricación de la unión .....	12
A. Preparación superficial.....	12
9. Adhesivos .....	14
A. Adhesivos base epoxi .....	14
B. Otros adhesivos .....	15
C. Adhesivos en estructuras sándwich .....	16



Cartagena99

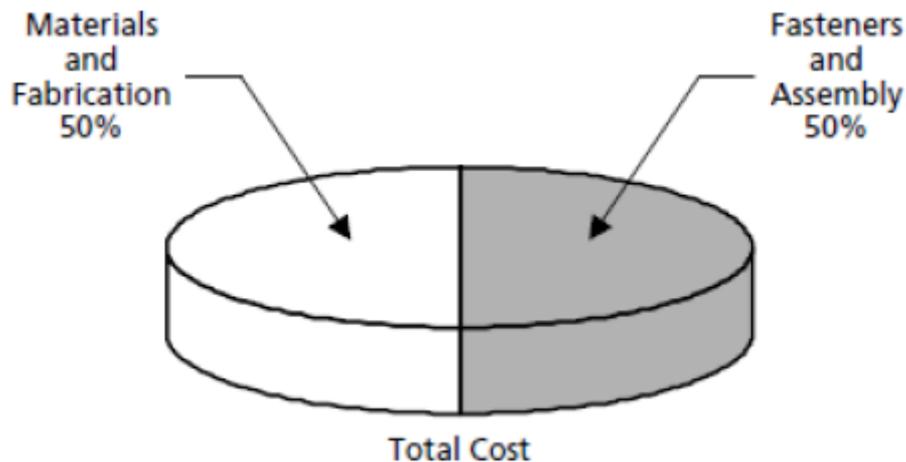
**CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70**

---

**ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70**

## 1. Introducción a las tecnologías de unión

- Las **uniones** son **operaciones secundarias**. Las operaciones de unión y ensamblaje pueden suponer el 50% de los costes totales de fabricación, siendo el otro 50% los costes de materiales y fabricación.



- El **coste de unión** dependerá de la **tecnología empleada** y del **número de piezas a unir**.
- Las tendencias en tecnologías de fabricación tienden a reducir el número de operaciones de ensamblaje y tener en cuenta las mismas durante el diseño de la estructura (**DFA**).
- El número de operaciones implicadas en las tecnologías de unión son múltiples:
  - **Posicionamiento:** La tecnología empleada para ello dependerá de la holgura permitida. Se puede utilizar el posicionamiento láser (funciona con control numérico), posicionamiento manual
  - **Limpieza:** Es muy importante cuando se habla de adhesivo.
  - **Preparación superficial:**
  - **Aplicación de adhesivos:**
  - **Operaciones de taladro:**

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

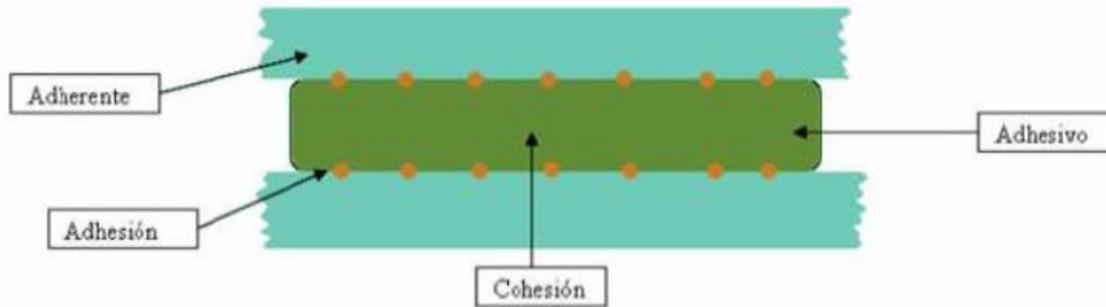
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99

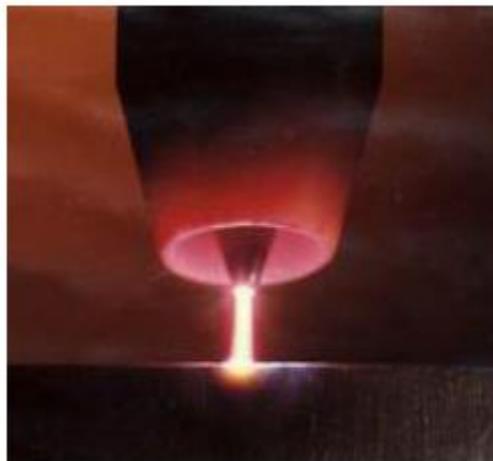
## 2. Tipos de uniones

Existen 3 maneras de unir:

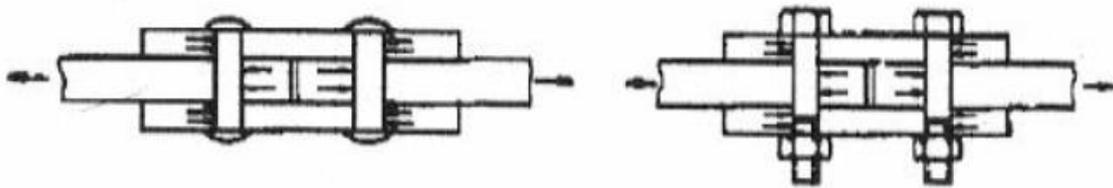
1. **Unión adhesiva:** Se emplea un adhesivo.



2. **Unión por soldadura:**



3. **Unión mecánica:** Aplicación de tornillería, remaches, etc.



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

- Las uniones entre **materiales disimilares** deben tener en cuenta diferentes consideraciones:
  - a. **Coefficiente de expansión térmica:** Si se pretende unir 2 piezas con un adhesivo que cura a temperatura y una pieza se dilata mucho más que la otra, puede haber complicaciones a la hora de unir las. También puede haber diferencias en el CET entre las piezas y la unión (adhesivo, remache, etc.), pudiendo quedar tensionadas las piezas y dar problemas.
  - b. **Creación de pares galvánicos:** Fenómenos de corrosión electroquímica. Basta con poner en contacto dos metales con diferente potencia de reducción para que uno tienda a oxidarse y el otro a reducirse. El medio (humedad, etc.) puede favorecer la formación del par galvánico (p.ej.: farolas se corroen por la humedad).
    - i. Ej.: Si se une aluminio y acero con adhesivo, este último es el que menos sufre de corrosión por ser un no conductor eléctrico (aislante eléctrico), con lo que va a aislar que toque el acero y aluminio y evitar la formación de un par galvánico. Las **uniones adhesivas no sufren corrosión.**
    - ii. Las **uniones mecánicas sufren mucho de corrosión.** Si se tiene un tornillo y una chapa que atornillar, ¿qué pieza sería de cobre y cuál de acero, siendo más noble el cobre que el acero?

#### PREGUNTA DE EXAMEN.

1. La peor situación es el tornillo largo como ánodo (acero) y la chapa como cátodo (cobre). La velocidad de corrosión será muy grande, pudiéndose corroer todo el agujero del tornillo.
2. La mejor situación es el tornillo de cobre (cátodo) y la chapa de acero (ánodo). Se irá corroyendo la chapa por zonas,

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

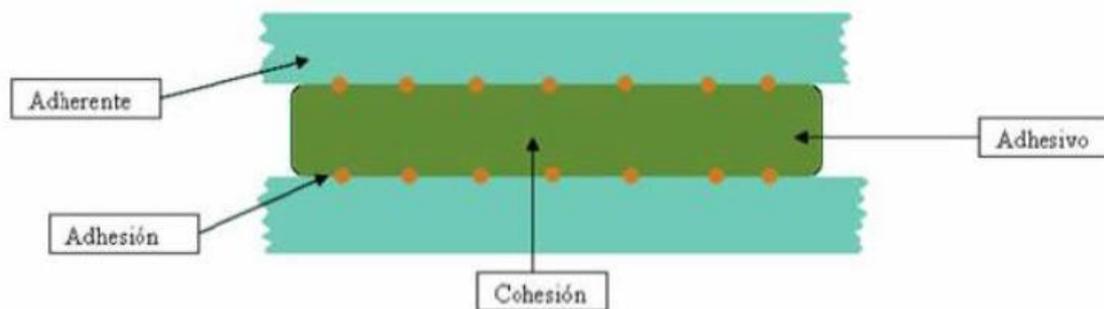
- - -

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

The logo for Cartagena99 features the text 'Cartagena99' in a stylized, blue, serif font. The '99' is significantly larger and more prominent than the 'Cartagena' part. The text is set against a light blue background with a subtle gradient and a soft shadow effect.

del material, cambia la microestructura de la zona fundida, por lo que no será el mismo material todo el rato.

- c. **Modificación de las propiedades durante la unión:** Si se mete un remache, se pueden generar grietas al taladrar, deformar plásticamente al apretar, cambiar la microestructura al soldar, etc.
- i. Las **uniones mecánicas y por soldadura** son más propensas a modificar las propiedades de las piezas que unen.
  - ii. Las **uniones adhesivas** no modifican las propiedades de las piezas. No obstante, la unión adhesiva (pegamento) no va a tener las mismas propiedades que los adherentes (piezas unidas).



#### 4. Uniones adhesivas

- **Ventajas de las uniones adhesivas:**
  - **Distribución más uniforme de las tensiones:** Como el adhesivo se echa sobre las dos piezas, la distribución de las tensiones está más o menos distribuida. En un tornillo, las tensiones están localizadas en el tornillo.
  - **Se evitan concentradores de tensiones:** Como no se crean orificios, se evita la concentración de tensiones.
  - **Incremento del área de unión:** Ya que se considera todo el área pegada y no sólo la zona del tornillo.

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

tornillos, remaches, soldaduras, etc.).<sup>1</sup> En la unión adhesiva, va por dentro el adhesivo y en caso de que salga, se puede limpiar, lijar, reparar, etc.

- **Mayor ligereza:** Son ligeros porque son polímeros (baja densidad).
- **Se evitan posibles problemas de corrosión galvánica:** Ya que separan los dos materiales que pueden presentar diferentes potenciales de reducción.
- **Mejoran la resistencia a fatiga de la unión:** La fatiga se sufre por cargas cíclicas. Por las cargas cíclicas aunque las tensiones sean más pequeñas que la tensión de rotura, pueden provocar la rotura del material. El adhesivo no sufre tanto respecto a las uniones mecánicas (actúan como concentradores de tensiones) y a las soldaduras (se generan zonas con tensiones residuales que pueden favorecer la rotura por fatiga).
- **Inconvenientes de las uniones adhesivas:**
  - **Unión permanente:** Hay que romper la unión para separar las piezas unidas. Las uniones no permanentes son la mayoría de uniones mecánicas (excepto remaches). Las soldaduras y adhesivos son permanentes.
  - **Requiere preparación superficial:** Hay que preparar superficialmente las piezas a unir, lo que añade una etapa al proceso de unión.
  - **Adhesivos son perecederos:** Tienen una vida útil.
  - **Durabilidad de la unión limitada:** Los adhesivos pueden absorber humedad, se desgastan, etc.
- **Ventajas/inconvenientes según aplicación:**
  - **Diseño de uniones eléctrica o térmicamente aislantes:** Los polímeros son aislantes eléctricos y térmicos. Puede ser bueno para aislar, pero dos zonas por las que se quiere que pase la corriente no se pueden unir con

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

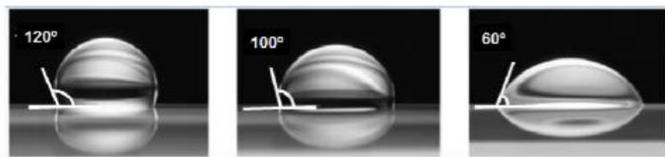
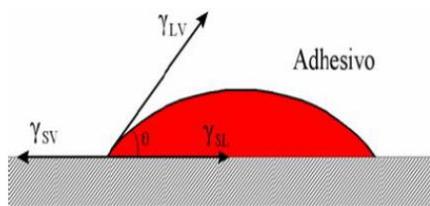
---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99

## 5. Partes en una unión adhesiva

- Se distingue entre:
  - **Adherente:** Es lo que se está pegando.
  - **Adhesivo:** Es lo que se va a echar para pegar los adherentes.
- Del **adherente** hay que vigilar la **calidad superficial**. Para ello, influirá:
  - **Limpieza:** Hay que limpiar bien la superficie del adherente para que no haya grasa, polvo, etc. que haga que el adhesivo se pegue a eso y no al adherente, provocando que la unión no sea permanente.
  - **Rugosidad superficial:** Favorece la adherencia, y por tanto, la unión adhesiva. Interesa la máxima rugosidad para que exista una mayor superficie de contacto y se ancle mecánicamente el adhesivo.
- NOTA: El número en una lija indica el número de granos que hay. Cuanto menos hay, más gruesos son los granos y lijas más. A menor número, la lija hace un lijado de desbaste. A mayor número, la lija hace un lijado de acabado o pulido.
- En el **adhesivo** interesa sobre todo la **mojabilidad** (cómo va a mojar de bien la superficie). Se mide con el ángulo de contacto y depende de:
  - **Tensión superficial del adhesivo:** Que forme una gota mejor o peor sobre un sustrato. Hay gotas que cubren muy bien la superficie (ángulo de contacto pequeño) y gotas que cubren peor la superficie (ángulo de contacto grande).
  - **Reología:** Hace referencia a la viscosidad. Cambiando la viscosidad se puede hacer que moje mejor o peor el sustrato.



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99

## 6. Propiedades del adhesivo

- La **resistencia** y la **durabilidad** estarán determinadas por diferentes parámetros tanto de la **configuración de la unión** como del **proceso de unión**.
- ¿Cómo será mejor o peor la unión adhesiva? Según:
  - **Características del adhesivo.**
  - **Diseño de la unión.**
  - **Intercara.**
  - **Trasferencia de carga.**
- Lo que se va a **controlar** será:
  - **Composición química del adhesivo:** No es lo mismo utilizar una resina epoxi, un cianocrilato, pegamento de barra o superglú.
  - **Preparación y control de la superficie:** Para mejorar la mojabilidad del adhesivo.
  - **Aplicación del adhesivo:** Es importante cómo se aplique el adhesivo.
  - **Utillaje y posicionamiento de las partes a unir:** Que estén bien posicionadas las partes a unir.
  - **Proceso de curado:** Siempre lo requiere, ya sea a temperatura ambiente o a alta temperatura. Por ejemplo, en algunos adhesivos pone que la máxima resistencia se adquiere 48 horas después de la unión.

## 7. Diseño de la unión

### A. Consideraciones mecánicas

- Los adhesivos deben trabajar bajo cargas de **cortadura/cizalla**, ya que es como mejor trabajan (a y b). Se tiene que evitar para despegue o peladura.
- También funciona bien a tensión-compresión, según el área de adhesivo. A mayor área, mejor.

The logo for Cartagena99 features the text 'Cartagena99' in a stylized, blue, serif font. The '99' is significantly larger and more prominent than the rest of the text. The logo is set against a light blue background with a white starburst shape behind the text.

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

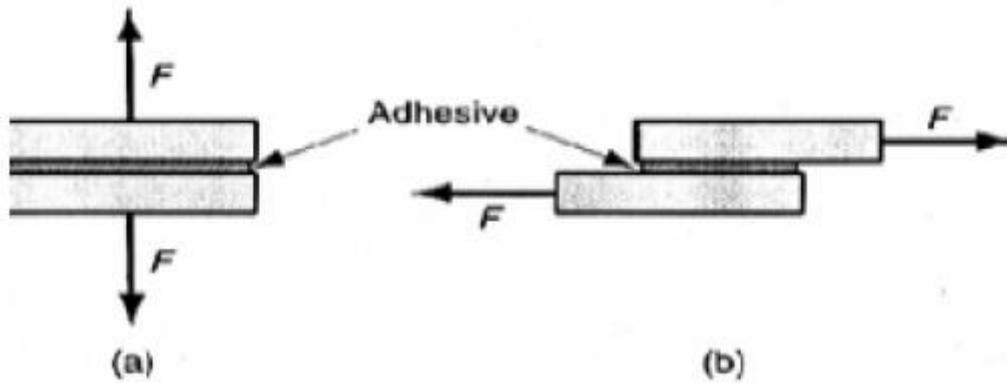


Ilustración 2. A) Tensión transversal. B) Tensión de cizalla (corte)

- Las peores condiciones de trabajo para los adhesivos son las de **despegue** (c y d).

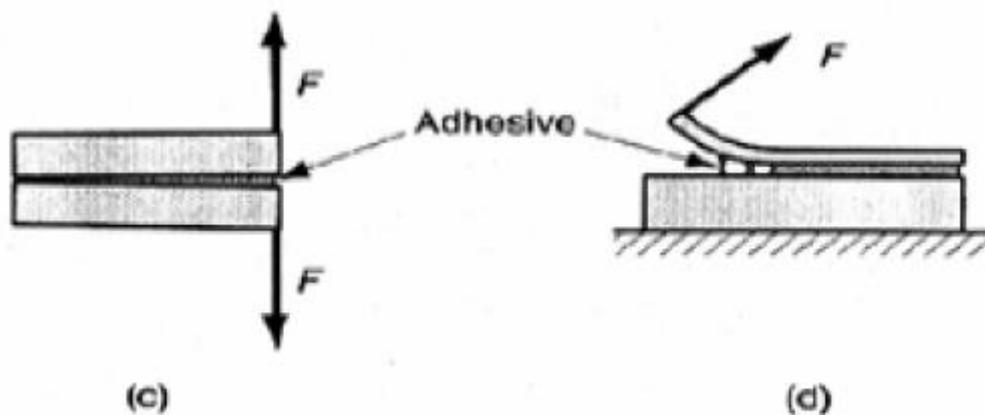


Ilustración 3. C) Tensión de hendidura. D) Tensión de desprendimiento

- En el caso de **tracción/compresión** no funcionan mal: depende del área de la unión (área que ocupe el adhesivo). Si toda el área está pegada, funcionará bastante bien a tracción porque hay mucha área distribuyendo la tensión, por lo que la fuerza que soportan es muy baja.
- El resto de modos de carga deben reducirse.

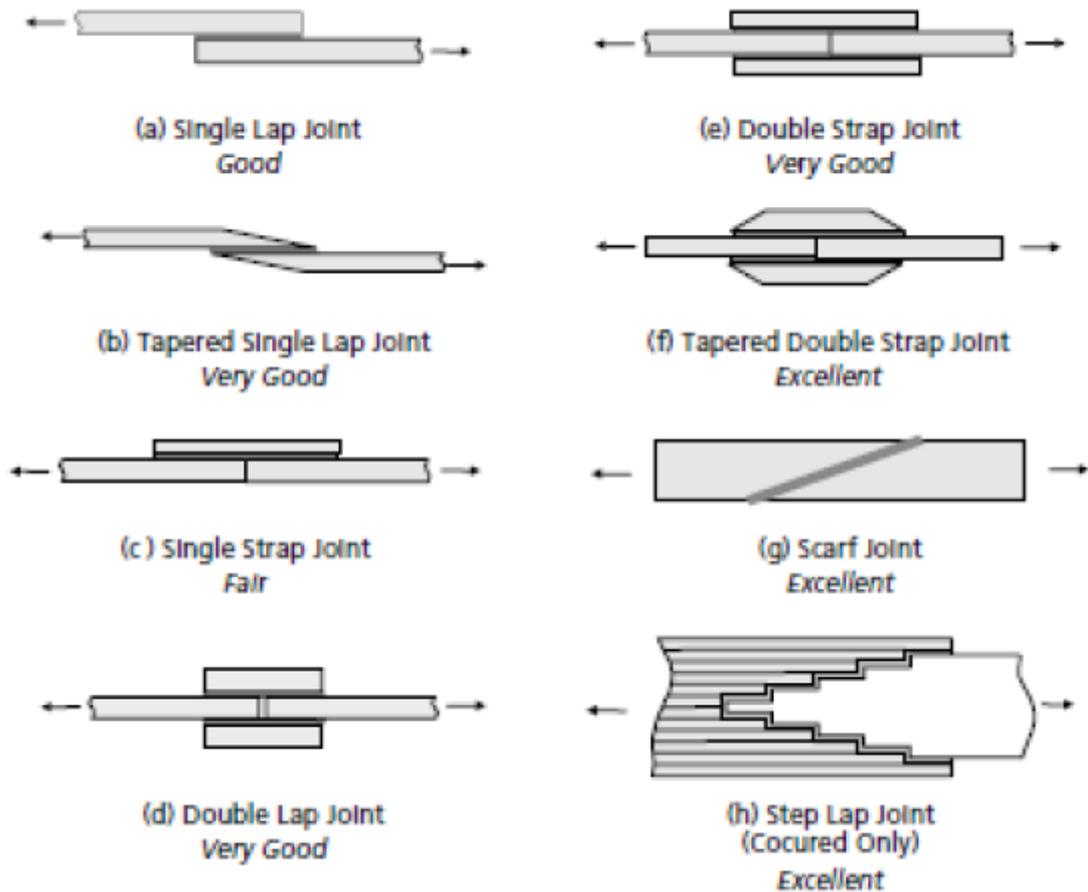
**PREGUNTA DE EXAMEN DEL AÑO PASADO:** Puso 4 métodos o tipos de esfuerzos y había que decir cuál era bueno para la unión adhesiva.

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



### B. Otras consideraciones

Otras consideraciones en el diseño de la unión:

- **CET o Coeficiente de expansión térmica:**
- **Diseño de la unión:** Para evitar tensiones de pelado.
- **Durabilidad del adhesivo:**
- **Inspección de las uniones:** Uno de los problemas que presentan las uniones y por lo que se usan adhesivos es que no se sabe si está bien pegado o no hasta que no se rompe. La única manera es hacer inspecciones con ensayos no destructivos (ultrasonidos, etc.).

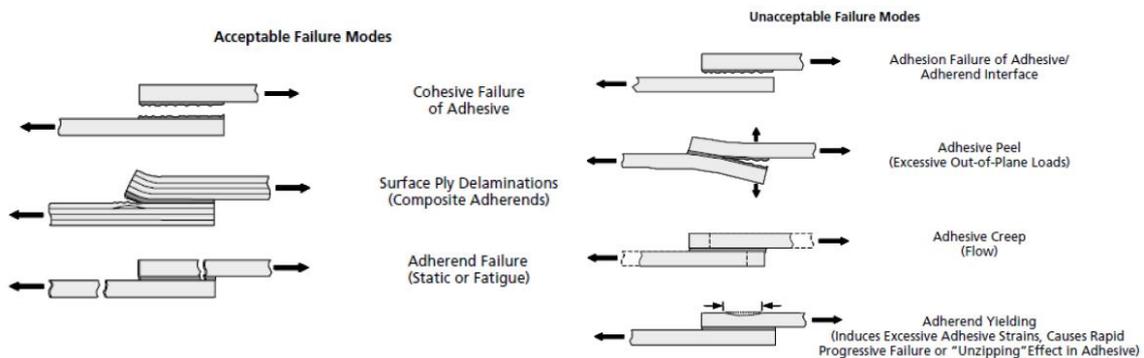
Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

- **Solución:** Se puede solucionar cambiando el adhesivo empleado, curando más tiempo, etc. Pero NO con un tratamiento superficial, ya que el fallo no es culpa de la adhesión adhesivo-adherente, sino de las condiciones de uso.
- **Fallo adhesivo:** Cuando rompe la unión entre adhesivo y adherente. No es aceptable, ya que se rompe antes de que falle el adhesivo, por lo que se debe a una mala adhesión entre adhesivo y adherente (intercara).
  - Al romper, queda adhesivo sólo en una de las superficies de unión.
  - **Solución:** Merece la pena hacer un tratamiento superficial para evitar este fallo.
- **Fallo adherente:** Cuando rompe el adherente o sustrato que se está pegando. Tercero de la izquierda. Rompe la pieza antes que el pegamento, por lo que no tiene sentido.
- **Fallos mixtos:** Combinaciones de los anteriores.



#### D. Uniones en materiales compuestos

- La unión adhesiva de materiales compuestos requiere de consideraciones especiales.
- Los adhesivos fallaban por cortadura interlaminar (despegue entre láminas), por lo que habrá que tener cuidado al diseñar uniones no vaya a ser que la propia

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

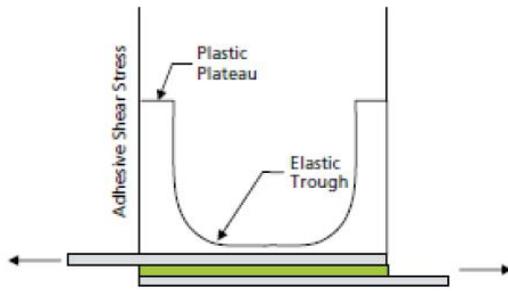
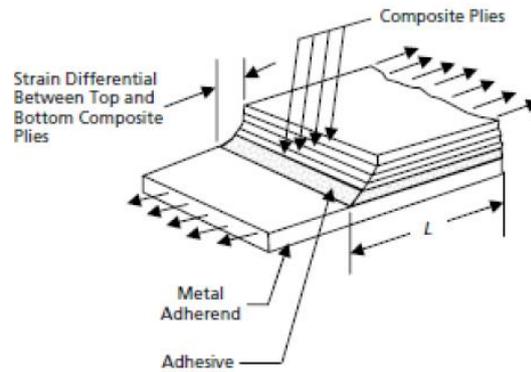


Fig. 8.3. Typical Bondline Shear Stress Distribution<sup>1</sup>



NO METERSE MUCHO

## 8. Fabricación de la unión

### A. Preparación superficial

- La **preparación superficial** es el paso previo a la aplicación del adhesivo. Es básico y de gran importancia, ya que afecta a la **resistencia de la unión**, a su **estabilidad** y **durabilidad**.
- **Pasos para la preparación superficial:**
  - a. **Tratamiento abrasivo de la superficie:** Con un granallado, lijado, etc. que de una cierta rugosidad y textura que facilite la adherencia.
    - i. Hay que evitar superficies completamente lisas.
    - ii. Cuando se aplica a metales, no hay ningún problema.
    - iii. Cuando se hace con Composites de matriz polimérica (CFRPs), puede haber problemas si se penetra en exceso. Cuando se empieza a lijar, lo primero que se quita es la resina que hay arriba del composite. La resina se quita muy fácil, pero si se sigue, se llegará a la fibra, lo que puede provocar daños en la fibra por tratamiento abrasivo que provocarán pérdida de propiedades.
  - b. **Limpieza posterior** para evitar la presencia de posibles contaminantes.

En CFRPs existen alternativas al tratamiento abrasivo de la superficie (ya se evitar

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99

pequeña que favorecerá la adherencia. Esa rugosidad la dejará el propio antiadherente (pelable) que se emplee en la fabricación del Composite CFRP.

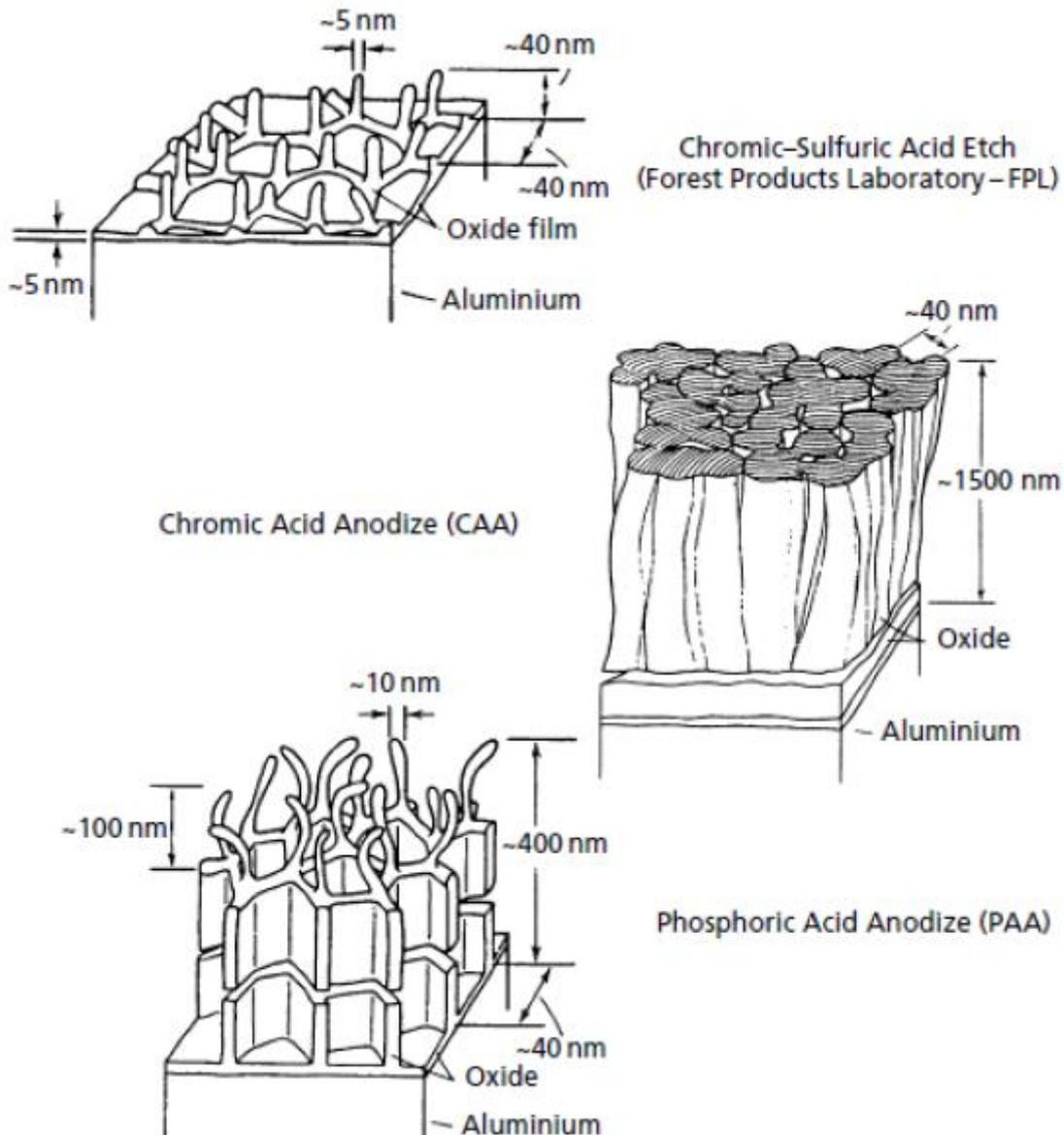
- **Consideraciones especiales en CFRPs:**
  - Los CFRPs, en concreto, la **resina, absorbe humedad**. Hay que tenerlo en cuenta a la hora de diseñar la unión.
  - Si se opta por un **tratamiento abrasivo**, hay que tener un **control estricto de todos los parámetros** DUDA.
- **Químicamente**, se puede atacar materiales como el Aluminio o el Titanio:
  - El Aluminio tiene una capa de óxido superficial compacta que protege muy bien frente a la corrosión, pero que no favorece la adherencia. Lo primero que se haría es un **desengrasado con vapor** para quitar la suciedad. Luego se haría una **limpieza con disolución alcalina** para quitar la capa de óxido. A continuación, con el **anodizado**, se creará otra capa de óxido pero sin dejar que selle, ya que se quiere que quede una **capa de óxido porosa** que favorezca el **anclaje mecánico** en la **unión adhesiva**.
  - Algo similar sucede con el Titanio.

The logo for Cartagena99 features the text 'Cartagena99' in a stylized, blue, serif font. The '99' is significantly larger and more prominent than the rest of the text. The logo is set against a light blue background with a white arrow pointing to the right, and a yellow and orange gradient bar at the bottom.

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



## 9. Adhesivos

### A. Adhesivos base epoxi

- Existe una amplia variedad de formulación epoxi empleadas.
- La selección de la formulación adecuada será según requerimiento: temperatura de curado, propiedades mecánicas, temperatura en servicio, viscosidad, tiempo

**CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70**

---

**ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70**

**Cartagena99**

- Buena durabilidad.
- **Ventajas de adhesivos base epoxi:**
  - **Resistencia química:** Buena resistencia química.
  - **Buena adhesividad:**
  - **Volátiles en el curado:** Emite pocos volátiles en el curado, por lo que casi no huele. En bueno porque va a dejar poca porosidad.
  - **Contracción:** Baja contracción comparado con otros adhesivos (cianoacrilato), ya que la contracción con es buena.
  - **Resistencia mecánica:** Alta resistencia mecánica.
- **Inconvenientes de adhesivos base epoxi:**
  - **Absorción de humedad:** No absorben mucha humedad, pero absorben.
  - **Proceso de curado:** Los epoxi con muy buenas propiedades mecánicas o con un amplio rango de temperaturas de uso suelen curar a alta temperatura o a altos tiempos, por lo que requieren un alto consumo de tiempo y/o energía.
  - **Coste:** Son caras.
  - **Fragilidad:** Aunque tiene una buena resistencia mecánica, son frágiles.

## B. Otros adhesivos

La mayoría se usan para unir partes. P.ej.: Silicona para sellar.

- **Cianoacrilatos:**
  - Son adhesivos monocomponente con una elevada velocidad de curado a temperatura ambiente.
  - Existen numerosos ejemplos con diferentes viscosidades y aditivos para mejorar su fragilidad y para aplicaciones alternativas.
  - Desventajas: Fragilidad, baja resistencia a pelado, elevado coste.
- **Anaeróbicos:**



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

- Su curado es más lento si no se le añaden aditivos o temperatura y presentan ciertos inconvenientes en su manejo (toxicidad, inflamabilidad, desprenden olores).
- Empiezan a curar cuando están sellados (ausencia de oxígeno).
- **Silicona:**
  - Buena capacidad de sellado y cierta flexibilidad.
  - Curan a partir de la humedad ambiente, pudiendo unir muy diferentes tipos de materiales (vidrios, metales, plásticos).
  - Su resistencia mecánica no es muy elevada.
  - Su velocidad de curado es relativamente lenta.
- **Adhesivos termofusibles:**
  - Son resinas termoplásticas que son sólidas a temperatura ambiente, pero que funden a partir de 100 – 150°C.
  - Suelen tener una buena capacidad de sellado. Sin embargo, su temperatura de uso es muy limitada.
- **Acrílicos:**
- **Uretanos:**

### SABÉRSELO POR ENCIMA

#### C. Adhesivos en estructuras sándwich

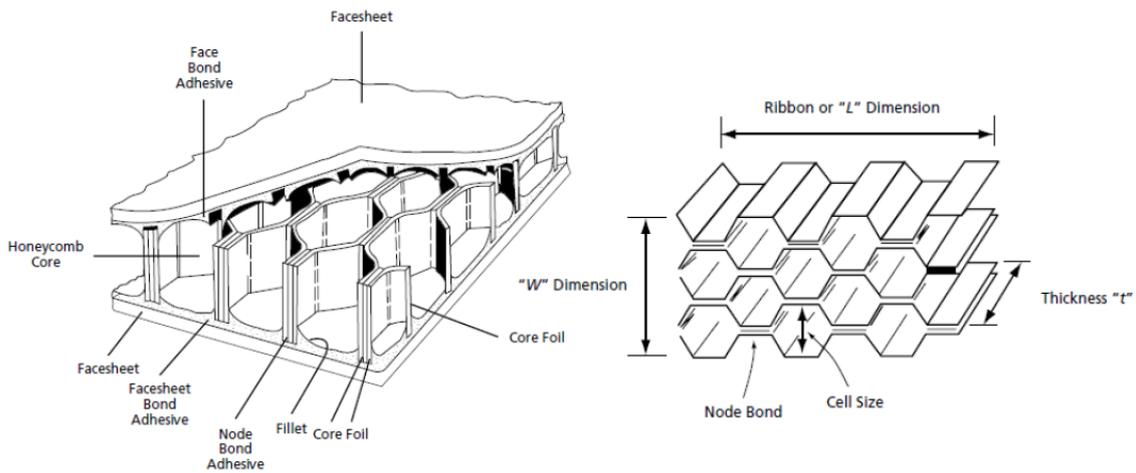
- Los adhesivos se emplean en estructuras de tipo sándwich tanto para unir las láminas de las celdas de los núcleos de panal de abeja como para unir dichos núcleos con las pieles de la estructura sándwich.
- Las estructuras tipo sándwich se emplean mucho en compuestos CFRP.

The logo for Cartagena99 features the text 'Cartagena99' in a stylized, blue, serif font. The '99' is significantly larger and more prominent than the 'Cartagena' part. The text is set against a light blue background with a subtle gradient and a soft shadow effect.

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



## 10. Alternativas en uniones adhesivas en CFRPs

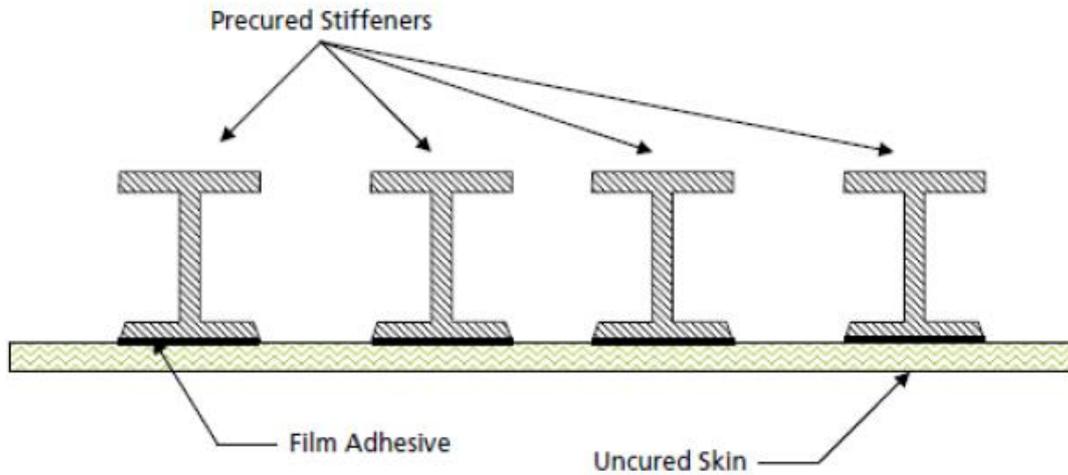
- Las uniones adhesivas en compuestos tienen una importancia especial, ya que no sólo sirven para unir la pieza, sino que se tiene diferentes alternativas:
  - **Unión secundaria:** Es igual que con otro tipo de materiales distintos a los Composites. El adhesivo se aplica sobre las superficies de las 2 piezas a unir.
  - **Co-pegado:** Unión de varios elementos en los que al menos uno de ellos está curado y otro sin curar. De esta forma, se aprovecha el ciclo de curado para hacer la unión.
    - Evita problemas de incompatibilidades en los curados de las piezas.
    - Requiere la preparación superficial de una de las piezas.
    - En ocasiones, se añade adhesivo –si la resina que tiene la pieza que está sin curar no basta para pegar ambos elementos cuando cura-.
  - **Co-curado:** La acción de curado del CFRP ocurre simultáneamente con la unión de ambos componentes sin curar entre sí o entre dos pieles y el núcleo (madera de balca, aluminio, etc.)

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

- Ej.: Para pegar los larguerillos de un avión se utiliza co-pegado.



#### A. Estructuras co-curadas

- El co-curado es posible en estructuras fabricadas totalmente en CFRPs.
- El curado y la unión se produce simultáneamente, por lo que se reducen las operaciones secundarias de ensamblaje.
- Ejemplo: Zona del estabilizador horizontal de un avión en la cola o timón de cola. Se emplean elementos en forma de C como rigidizadores o larguerillos entre dos pieles de compuestos. Se pueden emplear también remaches (*mechanical fasteners*) para unir las pieles.

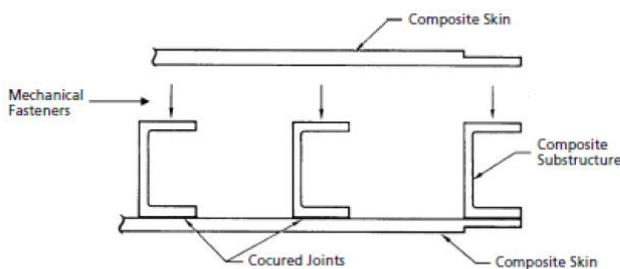


Ilustración 4. Por la imagen no se podría saber si es co-curado o co-pegado, pero Alberto piensa que es co-pegado, porque las C están ya pegadas y por lo tanto curadas.

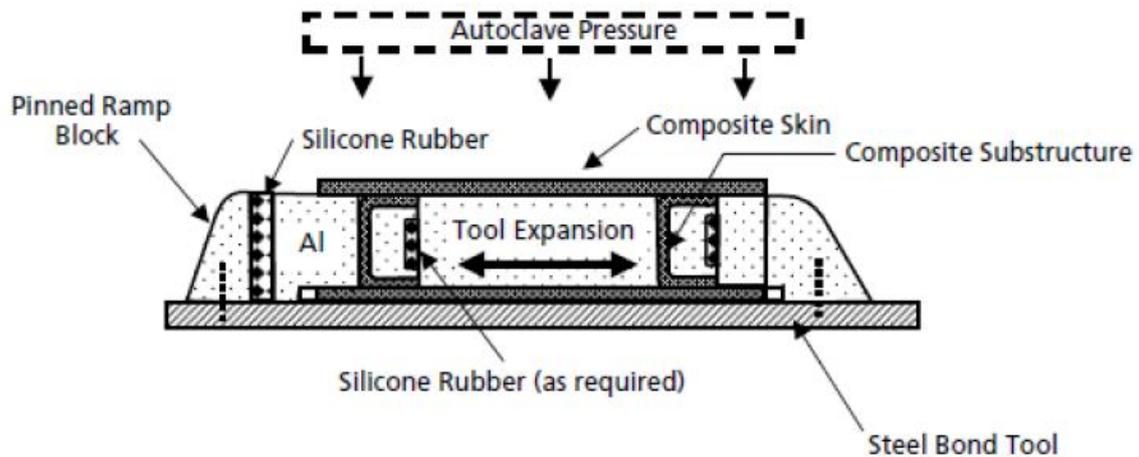
**CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70**

---

**ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70**

Cartagena99

- **Menor número de piezas por estructura:**
- Otro ejemplo: Se tiene 2 pieles de material compuesto unidas por rigidizadores (C's). Si se quiere co-curar todo a la vez, habría que poner unas herramientas que aprieten las C para que no se doblen ni se cierren (distorsión en la geometría del rigidizador). Se podría emplear espuma de aluminio, gomas de silicona para que las C's se mantuviesen rígidas y que no se cerrasen.



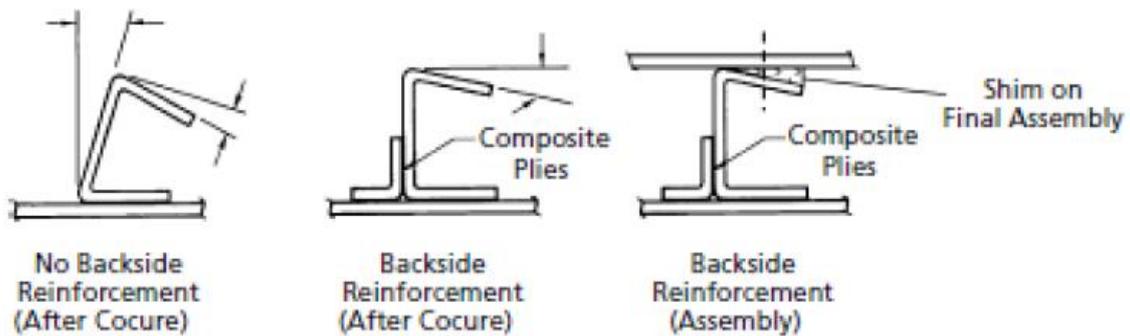
- Los **problemas del co-curado** son:
  - **Recuperación elástica o springback:** Si no se utilizan herramientas (como herramientas de expansión) o refuerzos, se produce distorsión de la geometría de los rigidizadores. Una vez curado, al ser termoestables, no se puede volver a aplicar temperatura (se degrada) ni fuerza (se delamina) para enderezar la pieza. Habría que echar rellenos (adhesivos, espumas, etc.) que rellenen el hueco y evitar que se pliegue la pieza.
    - **PREGUNTA DE EXAMEN:** En una unión remachada de aluminio, se puede apretar todo lo que se quiera. En co-curado no se puede aplicar fuerza una vez curado porque la resina es frágil y romperá.
  - **Precisión/mayor complejidad del utillaje:**

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



### B. Alternativas para realizar el co-curado

- Existen diferentes alternativas para realizar el co-curado: **tecnologías de preimpregnados** (vía seca), **tecnologías de co-inyección** (vía húmeda) y **tecnologías mixtas**.
- Es más fácil utilizarlo en vía seca. En vía húmeda, la resina va a llegar a la estructura por dos zonas, por lo que en algún momento se van a mezclar las resinas y habrá que ver la compatibilidad entre ambas resinas.

#### 1) Tecnologías preimpregnado (vía seca):

- Se pueden emplear diferentes composiciones de preimpregnado, ya que se parte de dos piezas preimpregnadas que pueden tener igual o distintas características (grado de curado, tipo de resina, etc.)
- Hay que asegurarse que la temperatura del horno sea suficiente para curar ambas piezas preimpregnadas (ya que pueden ser de diferente composición).
- En caso de aplicarlo, hay que controlar las posibles incompatibilidades, ya que puede haber flujo de resina en la zona de unión de los preimpregnados.

Assembly 1: Prepreg type A Profile

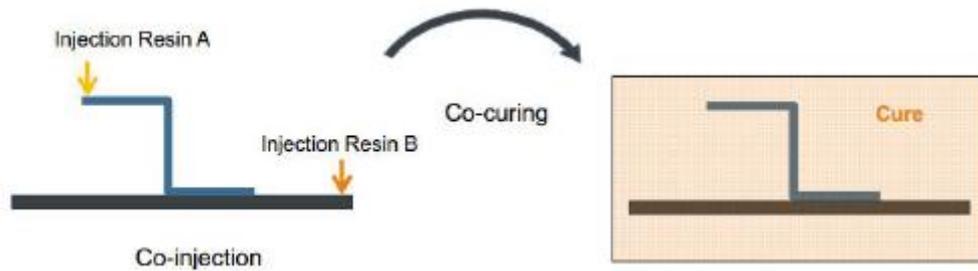


CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

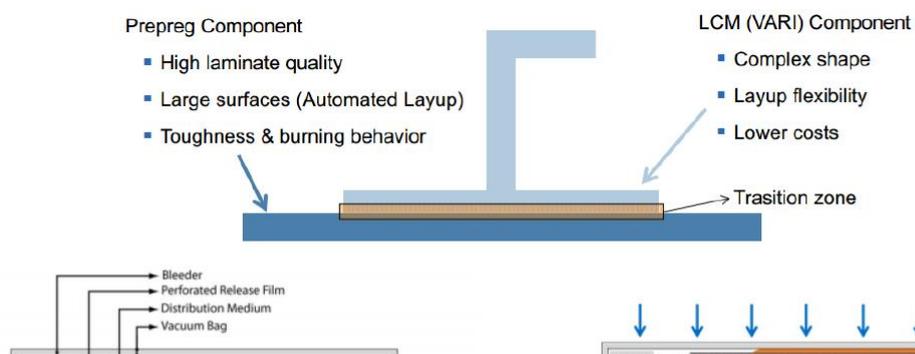
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

- Se parte de dos piezas (fibras) secas, a las que se le inyecta distintas resinas impregnando cada parte.
- Hay que estudiar las posibles incompatibilidades en el uso de diferentes resinas, ya que en algún punto se van a mezclar las distintas resinas inyectadas en cada pieza.
- Hay que diseñar los parámetros de inyección teniendo en cuenta las propiedades de cada resina.



### 3) Tecnologías mixtas o combinadas:

- Se utiliza un preimpregnado (vía seca) para la parte más simple y la parte más compleja se hace con una tecnología de vía húmeda (VARIM/VARTM, RFI, RTM, etc.).
- Cuando se inyecta resina en la vía húmeda, un poco o bastante de la resina penetra en el preimpregnado, por lo que hay que estudiar la compatibilidad de las resinas.



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70