

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 596 883**

51 Int. Cl.:

B32B 5/26 (2006.01)
B32B 5/28 (2006.01)
B32B 7/02 (2006.01)
B29C 70/08 (2006.01)
B32B 27/02 (2006.01)
B32B 27/12 (2006.01)
B32B 27/04 (2006.01)
B32B 3/12 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **05.01.2010 PCT/GB2010/000008**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **15.07.2010 WO10079322**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.01.2010 E 10700268 (5)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.07.2016 EP 2385897**

54 Título: **Material compuesto estructural con propiedades acústicas y amortiguadoras de las vibraciones mejoradas**

30 Prioridad:

06.01.2009 US 142857 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
12.01.2017

73 Titular/es:

**CYTEC TECHNOLOGY CORPORATION (100.0%)
300 Delaware Avenue
Wilmington, DE 19801, US**

72 Inventor/es:

**RESTUCCIA, CARMELO LUCA y
LOFARO, CARMELO**

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 596 883 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Material compuesto estructural con propiedades acústicas y amortiguadoras de las vibraciones mejoradas

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

Campo de la invención

5 Se describen materiales compuestos que tienen propiedades acústicas y amortiguadoras de las vibraciones. En particular, son útiles los materiales compuestos que contienen una capa intermedia viscoelástica por ejemplo, en estructuras que se encuentran en las aeronaves, tales como revestimientos de fuselaje, larguerillos y bastidores. También se contemplan métodos de fabricación del material compuesto y las estructuras y aeronaves que contienen el material compuesto.

10 Descripción de la Técnica Relacionada

15 Materiales compuestos de matriz polimérica reforzados con fibras (PMC) son materiales estructurales de alto rendimiento que se utilizan comúnmente en aplicaciones que requieren resistencia a entornos agresivos, de alta resistencia y/o de bajo peso. Ejemplos de tales aplicaciones incluyen componentes de aeronaves (p. ej., colas, alas, fuselajes, hélices), cascos de barcos y los cuadros de bicicletas. Los PMCs puede comprender capas de fibras que están unidas entre sí con un material de matriz, tales como una resina polimérica. Las fibras refuerzan la matriz, portando la mayoría de la carga soportada por el material compuesto, mientras que la matriz porta una porción minoritaria de la carga soportada por el material compuesto y también transfiere carga de fibras rotas a las fibras intactas. De esta manera, los PMCs pueden soportar cargas mayores que la matriz o la fibra puede soportar sola. Además, mediante la adaptación de las fibras de refuerzo a una geometría u orientación particular, el material compuesto puede ser diseñado de manera eficiente para minimizar el peso y el volumen.

20 Se han desarrollado numerosos procesos para la fabricación de PMCs. Ejemplos pueden incluir deposición en húmedo, pre-impregnación y la infusión de líquido. En la deposición en húmedo, la fibra de refuerzo se moja con el material de la matriz, se coloca en una cavidad de molde y se deja endurecer o curar. Este proceso se puede realizar de forma automatizada, por ejemplo con una pistola de corte o una máquina que recibe rollos de fibra secos, los hace pasar a través de un baño de inmersión de resina, y coloca las fibras mojadas en el molde. Alternativamente, la resina puede aplicarse manualmente utilizando cepillos.

25 En la pre-impregnación, componentes de materiales compuestos se fabrican con telas tejidas pre-impregnadas o materiales pre-impregnados. Las fibras de refuerzo se impregnan con la resina de matriz de una manera controlada y se congelan con el fin de inhibir la polimerización de la resina. Los materiales pre-impregnados congelados son enviados y almacenados en estado congelado hasta que se necesiten. En la fabricación de piezas de material compuesto a partir de materiales pre-impregnados, los materiales pre-impregnados se descongelan a temperatura ambiente, se cortan a su tamaño y se colocan en la cavidad del molde. Una vez en su sitio, los materiales pre-impregnados se envasan en bolsas en vacío y se curan bajo presión para lograr la fracción de volumen de fibra requerido con un mínimo de huecos.

30 El uso de materiales compuestos avanzados ha ganado una amplia aceptación en los últimos decenios debido a su alta relación resistencia-peso y relaciones de rigidez a peso. Materiales compuestos avanzados muestran una mayor rigidez, pero un comportamiento a la amortiguación inferior y en comparación con los metales y materiales compuestos de metal-matriz. Por lo tanto, hay una necesidad de materiales compuestos avanzados que tengan una capacidad de amortiguación mejorada de un sistema estructural de material compuesto con una pequeña reducción en la rigidez y fuerza.

SUMARIO DE LA INVENCION

La invención se refiere a un material compuesto estructural, curado o no curado, tal como se reivindica en la reivindicación 1. Realizaciones preferidas se detallan en las reivindicaciones dependientes.

45 En general, el material compuesto estructural, curado o no curado, comprende un componente estructural; un componente de resina; y una capa intermedia viscoelástica; en donde el componente estructural se encuentra en

5 forma de una pluralidad de capas de material textil que comprenden fibras estructurales; en donde la capa intermedia viscoelástica es una fina capa de material no tejido situada entre un par de capas adyacentes del material textil; en donde la capa intermedia viscoelástica y el componente estructural se impregnan parcial o totalmente con el componente de resina; y en donde tras el curado la capa intermedia se integra en el material compuesto estructural. En algunos aspectos, el componente de resina puede ser una composición termoendurecible. En algunos aspectos, las fibras estructurales comprenden fibras de carbono.

10 En algunos aspectos, la capa intermedia no tejida se embebe en la composición de resina antes del proceso de curado. En general, el material no tejido comprende al menos un elastómero termoplástico o una mezcla de los mismos. En algunos aspectos, el material no tejido comprende al menos un polímero o copolímero termoplástico y/o una mezcla de los mismos. En otros aspectos, el material no tejido comprende al menos un copolímero seleccionado del grupo que consiste en elastómeros termoplásticos estirénicos, poliolefinas elastoméricas y una mezcla de los mismos. Además, en otros aspectos, el material no tejido comprende un material termoplástico seleccionado del grupo que consiste en poliésteres, poliamidas, poliolefinas y una mezcla de los mismos.

15 En algunas realizaciones, la capa intermedia viscoelástica puede ser tratada por plasma para lograr una tensión superficial de al menos 35 dinas/cm (0,035 N/m) en ambas caras. En algunos aspectos adicionales, la capa intermedia viscoelástica es co-curada con la pluralidad de capas de material textil. En algunos aspectos, el material no tejido tiene una interfaz controlada con la resina, resultando un valor resistencia al pelado dentro del 70% del valor del material compuesto sin modificar. En otros aspectos, la capa intermedia se coloca en la zona de máximo cizallamiento del material compuesto. En algunos aspectos, la capa intermedia viscoelástica está situada entre cada una de las capas de material textil. La capa intermedia viscoelástica puede estar en el plano medio del material compuesto estructural y/o colocado en zonas próxima al nivel máximo de cizallamiento.

25 La capa intermedia viscoelástica puede comprender modificadores, cargas o inclusiones orgánicas o inorgánicas, y/o compuestos orgánicos y/u otros compuestos inorgánicos tales como aditivos de control de flujo, absorbentes de UV, cargas, partículas de metales, agentes de pérdida de brillo, pigmentos, antioxidantes, retardantes de la llama, diluyentes, estabilizadores, monómeros, prepolímeros, mejoradores de la flexibilidad, coadyuvantes tecnológicos y lubricantes, auxiliares de procesamiento basados en polímeros fluorados, aceites minerales y ceras, agentes de nucleación, hebras de fibras, burbujas de vidrio, cerámicas y poliméricas, partículas de metales, micro- y nano-cargas, partículas de núcleo-envolvente, micro- y nano-partículas elastoméricas, nanocristales magnéticos y dieléctricos, nanotubos de carbono, nanofibras de carbono, nanografito, nanoarcillas, nanosílice, nanoalúmina, nanopartículas de zirconia y titania, nanopartículas de metales nobles y conductoras, nanofibras y nanohebras o una combinación de los mismos.

35 En algunos aspectos, la capa intermedia viscoelástica no provoca una reducción de más del 10% de la temperatura de transición vítrea del material compuesto y/o no provoca una reducción de más del 10% de la compresión después de la resistencia al impacto del material compuesto. En aspectos adicionales, la capa intermedia viscoelástica puede provocar una reducción de al menos 10% del área de daños del material compuesto.

En otros aspectos, la inmersión de MEK durante 1 hora no provoca una reducción de más del 10% en la resistencia al cizallamiento interlaminar del material compuesto modificado no tejido.

En aspectos adicionales, la capa intermedia viscoelástica no provoca una reducción de más del 10% en la resistencia de compresión de agujeros abiertos del material compuesto.

40 En otra realización, un método de fabricación de un material pre-impregnado o el material compuesto estructural comprende co-curar parcial o totalmente la capa intermedia viscoelástica; y un material pre-impregnado que comprende el componente de resina y el componente estructural en una superposición de láminas, en donde la superposición de láminas comprende capas de estratos de material pre-impregnado integrado con la capa intermedia viscoelástica apilada, para formar el material pre-impregnado o el material compuesto estructural. El método también puede comprender, además, la integración de la capa intermedia viscoelástica y estratos apilados del material pre-impregnado para formar una superposición de láminas, en donde la capa intermedia viscoelástica está integrada en zonas seleccionadas de la superposición de láminas. En algunos aspectos, el método puede comprender combinar la capa intermedia viscoelástica y el componente estructural con el componente de resina, tal como por impregnación, inyectar o infundir el componente de resina. Inyectar puede comprender utilizar una bolsa, un mandril y/o un molde y, opcionalmente, utilizar canales para ayudar al flujo. El método puede comprender también curar la superposición de láminas o la combinación durante un periodo adecuado para la gelificación y/o curado del componente de resina.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La Figura 1 es una ilustración de una realización del proceso de fabricación de telas no tejidas relacionadas con el proceso de soplado en estado fundido.

5 La Figura 2 es una ilustración del aparato de ensayo utilizado para medir el factor de pérdida de paneles sin modificar y modificados no tejidos. El factor de pérdida (η) se calcula por los picos de resonancia obtenidos a partir de la relación de amplitud en función de espectro de frecuencias del analizador FFT de canal dual, que analiza las señales de salida de los acelerómetros (relación de la aceleración y diferencia de fase). Los acelerómetros miniatura se utilizan para medir la aceleración del punto de impulsión en el agitador y la respuesta de la muestra de ensayo.

10 La Figura 3 ilustra el comportamiento en la amortiguación de material compuesto no tejido modificado frente a la frecuencia a -20°C tal como se describe en el Ejemplo 4. Cuanto mayor sea factor de pérdida, mayor será la energía disipada. Por lo tanto, el análisis modal mostró propiedades de amortiguación mejoradas en el intervalo de frecuencias entre aproximadamente 100 y aproximadamente 5000 Hz y en un amplio intervalo de temperaturas, por ejemplo, de -50°C a $+20^{\circ}\text{C}$, que incluye el comportamiento a -20°C mostrado.

15 La Figura 4 ilustra la resistencia a los disolventes de laminados modificados no tejidos utilizando un ensayo de cizallamiento de haz corto, que muestra la resistencia interlaminar aparente del material compuesto modificado de la capa intermedia antes y después del acondicionamiento con metil-etil-cetona (MEK) de acuerdo con el Ejemplo 4b. La resistencia al cizallamiento interlaminar aparente no se ve afectada sustancialmente por el acondicionado con metil-etil-cetona (MEK) en condiciones de acondicionamiento de 1 hora a temperatura ambiente.

20 La Figura 5 ilustra que la compresión después de la resistencia al impacto de un material compuesto modificado no tejido de una realización de la invención está casi inalterada en comparación con un material compuesto no modificado tal como se describe en el Ejemplo 4c.

La Figura 6 ilustra que la zona dañada después de un impacto de 30 J de un material compuesto modificado no tejido de una realización de la invención se reduce en comparación con un material compuesto no modificado tal como se describe en el Ejemplo 4c.

25 La Figura 7 ilustra que la resistencia bruta de compresión de los agujeros abiertos de un material compuesto modificado no tejido de acuerdo con una realización de la invención está casi inalterada en comparación con un material compuesto no modificado tal como se describe en el Ejemplo 4d.

30 La Figura 8 ilustra el efecto del laminado modificado no tejido sobre las propiedades térmicas, a saber, la temperatura de transición vítrea (T_g) del laminado, utilizando un análisis dinámico mecánico (DMA) de un laminado sin modificar y una realización de un laminado modificado no tejido de la capa intermedia tal como se describe en el Ejemplo 4. El análisis DMA confirmó que la inserción del material no tejido descrito no afecta sustancialmente a las propiedades térmicas tales como la T_g , del laminado modificado tal como se describe en el Ejemplo 4e.

La Figura 9 ilustra un ejemplo de la configuración de la muestra de ensayo utilizada en la generación de los datos de resistencia al pelado del Ejemplo 5.

35 La Figura 10 ilustra el diagrama del desplazamiento transversal de carga tal como se describe en el Ejemplo 5.

40 La Figura 11 ilustra los datos de resistencia al pelado para una realización del material compuesto amortiguado de la presente descripción y muestras comparativas generadas por el ensayo del pelado descrito en el Ejemplo 5: A) línea base; B) material compuesto modificado de película continua; y C) material compuesto amortiguado de una realización de la presente descripción. Esta figura representa la cantidad de energía, normalizada por el plano de fractura incipiente, que se requiere para iniciar una grieta de delaminación. La estructura de la capa intermedia resultó en valores de resistencia al desprendimiento superiores.

45 La Figura 12 ilustra los datos de resistencia al pelado para la diferente realización tratada con plasma del material compuesto amortiguado de la presente descripción y muestras comparativas generadas por el ensayo de pelado descrito en el Ejemplo 6. Se lograron incrementos entre el 20 y 100% para materiales compuestos modificados no tejidos tratados con plasma si se compara con el laminado sin modificar.

La Figura 13 ilustra la eficiencia de una estructura no tejida integrada para procesos de infusión de resina (A) en comparación con la estructura modificada de película continua (B). Se ha obtenido una penetración de la resina perfecta en el caso de la realización no tejida descrita, mientras que las zonas secas anchas son claramente visibles para el panel de película continua.

- 5 La Figura 14 ilustra una vista en perspectiva de una sección de una de las estructuras de sándwich descritas en la presente invención

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA REALIZACIÓN PREFERIDA

10 El reciente aumento en el uso de materiales avanzados en la industria aeroespacial ha conducido a un renovado interés en la amortiguación acústica y de las vibraciones de aeronaves comerciales y militares y estructuras primarias y secundarias de naves espaciales. Los materiales compuestos son inherentemente más ligeros y más rígidos que los metales, tendiendo, por lo tanto, a ser más susceptibles y a experimentar niveles indeseables de vibraciones y ruidos.

15 Se han desarrollado técnicas y dispositivos activos y pasivos de amortiguación para mejorar el comportamiento en el área de reducción de carga dinámica, la reducción de las vibraciones y del ruido en estructuras compuestas. Disoluciones estándares incluyen estructuras restringidas que contienen capas de amortiguación pasiva formadas de materiales viscoelásticos (VEMs) que están unidas a la superficie emisora y están rigidizadas por una capa de material compuesto/metal exterior. Estas estructuras restringidas amortiguan las vibraciones y el ruido desplazando la fase de carga de la de la estructura subyacente, a través de una combinación de tensión/compresión a granel y deformación por cizallamiento localizado dentro del material aplicado en la interfaz de la estructura subyacente.

20 Una desventaja del uso de VEMs es el peso considerable añadido a la estructura subyacente, dando como resultado una pobre eficiencia de peso en sistemas de aeronaves y naves espaciales y en los costes de montaje y de mano de obra adicionales.

25 La industria del automóvil ha utilizado ampliamente accesorios de capas múltiples, en contraste con los dispositivos integrados, de amortiguación acústica para reducir el ruido, mejorar la comodidad de crucero en los vehículos. Se han utilizado para estas aplicaciones películas continuas viscoelásticas, espumas y telas no tejidas con diferente composición y que contienen varios aditivos. Se han presentado materiales reductores del ruido que comprenden un laminado reductor del ruido compuesto de múltiples capas, en donde el laminado reductor del ruido incluye material acústico compuesto de una capa de tela no tejida de fibras orgánicas y superpuesta a al menos una superficie principal del mismo, material del revestimiento, y en donde la capa de aire está dispuesto entre el laminado reductor del ruido y una parte plana de la carrocería del coche (documento WO2007/026411A1). En este caso ondas sonoras longitudinales son atenuadas por una serie de mecanismos de reflexión-transmisión debido a la estructura no homogénea, mientras que las ondas transversales apenas se disipan. Se han propuesto microfibras orgánicas y fibras cortadas activadas por calor con suficiente integridad estructural sin el uso de una segunda capa para electrodomésticos grandes, paredes de casas, aeronaves (en cabina de doble pared o entre el motor y la cabina) y barcos (documentos EP0833973B1 y WO97/00989). Se han propuesto combinaciones de filamentos que tienen diferentes respuestas de amortiguación a las vibraciones mecánicas y que están embebidas en una matriz de resina para carcasas de máquinas y aplicaciones deportivas (documento EP0310203).

40 Materiales compuestos para amortiguación acústica y mecánica que contienen una pluralidad de capas de material fibroso embebido en un material de matriz estructural y que contienen entre ellos películas de material perforado viscoelásticas se discuten en la Solicitud de Patente de EE.UU. 2007/0071957. En este caso la matriz estructural es continua a través de las perforaciones entre las capas adyacentes de material fibroso embebidas en la matriz estructural. Por lo tanto, la naturaleza al menos parcial continua de la película actúa como una barrera para el flujo de la resina, lo cual no es adecuado para procesos de infusión. Por el contrario, las realizaciones descritas en esta memoria contienen una capa intermedia hecha de un material no tejido discontinuo que no actúa como una barrera para el flujo de resina. En un aspecto, el material no tejido está hecho de fibras aleatorias que permiten que la resina fluya a través de la capa intermedia. Por consiguiente, el material compuesto resultante exhibe una mayor resistencia que un material que tiene una capa intermedia hecha de una película continua o parcialmente continua.

50 La Solicitud de Patente de EE.UU. 2008/0277057 A1 (The Boeing Company) se refiere a un laminado de amortiguación de material compuesto que incluye una capa intermedia que puede incluir un material viscoelástico que tiene un medio de refuerzo, en donde el medio de refuerzo pueden ser fibras embebidas en el material viscoelástico, fibras que por sí mismas pueden estar formadas de un segundo material viscoelástico. El material

viscoelástico en el que se embeben las fibras tiene una temperatura de transición vítrea T_g más baja que las fibras viscoelásticas, que permite que las fibras actúen como un medio de refuerzo. Por el contrario, en las realizaciones descritas en el presente documento, la resina tiene una T_g que es más alta que el material viscoelástico de la capa intermedia. Por lo tanto, un medio de refuerzo no se requiere o no es necesario en las realizaciones descritas en esta memoria. Además, a diferencia de los aspectos de las realizaciones descritas en esta memoria, el material viscoelástico en el que están embebidas las fibras de refuerzo es similar al de las películas viscoelásticas discutidos anteriormente en relación con la Solicitud de Patente de EE.UU. 2007/0071957.

La Solicitud de Patente WO 2008/147754 A1 (The Boeing Company) describe una estructura de material compuesto amortiguada, formada de un material de matriz y una pluralidad de fibras de alambre de aleación con memoria de forma, mantenida en una matriz de material para la amortiguación de la estructura. El material de la matriz puede incluir una capa de resina que contiene una capa intermedia de material viscoelástico en la que está embebido un grupo de fibras de alambre. Las fibras de alambre se añaden desventajosamente al peso del material. Además, el material es difícil de fabricar. Por el contrario, las realizaciones en esta memoria no requieren fibra de alambre para lograr la amortiguación.

La solicitud de patente EP 1500494 A2 se refiere a una estructura de laminado de material compuesto que tienen características de amortiguación mejoradas, que comprende una lámina de amortiguación que tiene una fracción en masa de 40% a 70% de fibras impregnadas con una primera matriz de resina termoendurecible; una lámina estructural que tiene una fracción en masa de 40% a 70% de fibras impregnadas con una segunda matriz de resina termoendurecible; en donde la primera resina está presente en el estado viscoelástico y/o se encuentra por encima de su temperatura de vitrificación y en donde la segunda resina está presente en el estado vítreo y/o reside por debajo de su temperatura de vitrificación, y a un método de fabricación de una estructura de laminado de este tipo formando una lámina de amortiguación por impregnación de una capa de fibras con una primera matriz de resina termoendurecible que tiene una fracción de masa de contenido de plastificante de entre 12% y 35% basado en la masa de la primera resina; formando una lámina estructural por impregnación de una capa de fibras con una segunda matriz de resina termoendurecible que tiene una fracción de masa de plastificante de menos de 10%, basado en la masa de la segunda resina; estratificar las láminas de amortiguación y estructurales; y curar las resinas.

La solicitud de patente de EE.UU. 2006/0252334 A1 se refiere a un elemento de endurecimiento termoplástico para la fabricación de material compuesto, que comprende una pluralidad de fibras termoplásticas solubles en resina, que están dispuestas preferiblemente en forma de un velo.

La patente JP 3375728 B se refiere a una composición de resina termoendurecible que comprende una fibra hecha de un copolímero de bloques o su producto de hidrogenación, y una resina termoendurecible. El copolímero de bloques comprende un bloque A polimérico de al menos un monómero vinilaromático (estireno) e isopreno o butadieno, y bloques B poliméricos a base de isopreno, polímeros que pueden estar hidrogenados, y que tienen una temperatura pico de la curva de $\tan \delta$ (ángulo de pérdida) frente a la temperatura de más de -20°C . La resina termoendurecible puede ser cualquiera de poliéster insaturado, resina epoxídica, resina de melamina, resina alquídica, resina de fenol, etc. El copolímero de bloques se puede convertir en una fibra por los métodos comúnmente aplicados tales como hilatura en masa fundida, sin necesidad de estiramiento. Se mencionan fibras multi-componentes tales como fibras de núcleo y envoltura, junto con otros materiales termoplásticos. Las fibras obtenidas se pueden convertir en tejidos textiles, redes, esteras y telas no tejidas, determinándose la forma por el uso previsto. Estos artículos textiles pueden estar impregnados con una resina termoendurecible licuada, y pueden ser prensados y endurecidos mediante calentamiento. Tales piezas se pueden utilizar como materiales de revestimiento en embarcaciones marinas, tales como barcos, en bicicletas, automóviles, artículos deportivos, raquetas de tenis, vástagos de máquinas, circuitos impresos electrónicos, como materiales de construcción, con materiales metálicos, y en una forma laminada.

La solicitud de patente de EE.UU. 2008/0152854 (3M Innovative Properties Company) recoge una cinta de amortiguación, que comprende: 1) un respaldo que comprende una película termoplástica que tiene superficies principales frontal y posterior y una lámina de fibras elásticas que tiene partes de anclaje unidas a la película en posiciones de unión espaciadas a lo largo de la superficie frontal del soporte y partes arqueadas que se proyectan desde la superficie frontal del respaldo entre las posiciones de unión, y 2) una capa de adhesivo que cubre partes significativas de la superficie posterior del respaldo. Esta cinta de amortiguación no está integrada con el resto de la estructura, a diferencia de las realizaciones descritas en esta memoria.

Estructuras sándwich con propiedades acústicas/amortiguadoras de las vibraciones se desarrollaron para varios componentes de aviones tales como góndolas de motores, paneles de piso y carenas de ala-a-cuerpo.

5 Paneles sándwich acústicos que comprenden una capa resistiva que forma una cara frontal receptor de ondas del panel, una estructura compartimentada formada al menos por dos núcleos de nido de abeja separados por una capa porosa y un reflector trasero se comentan en la solicitud de patente de EE.UU. 2002/0078569 A1 (Airbus France). En este caso, la capa porosa está dotada de una serie de guías tubulares en cada una de sus caras a algunas de las celdas de los núcleos compartimentados.

10 En la Patente de EE.UU. 7434659 B2 (Hexcel Corporation) se describe una estructura acústica que incluye un núcleo de nido de abeja que tiene celdas en las que se ubican las tapas de septo. La tapa tiene una parte de resonador que se extiende transversalmente a través de dicha celda y una parte de anclaje que está anclada a las celdas de nido de abeja mediante un adhesivo.

15 La solicitud de patente de EE.UU. 2007/0102239 (The Boeing Company) recoge un panel de suelo de aeronaves de material compuesto integralmente amortiguado que comprende un elemento de núcleo de panel sellado por una lámina frontal superior impregnada con una resina epoxídica superior y una cara frontal de amortiguación inferior impregnada con una resina epoxídica inferior altamente amortiguada.

La solicitud de patente de EE.UU. 2009/0184200 (The Boeing Company) se refiere a una estructura que comprende un núcleo de nido de abeja, que contiene espuma amortiguadora y partículas, emparedadas entre laminados de material compuesto.

20 Las soluciones de materiales tradicionales no cumplen todos los requisitos actuales de material compuesto. Ejemplos de tales requisitos pueden incluir el peso, la flexibilidad del material, la moldeabilidad, capacidad de amoldarse, manipulabilidad, capacidad de procesamiento y la idoneidad para la fabricación de material compuesto (incluyendo procesos de infusión y automatizados de colocación de fibras). Estas soluciones son limitadas en términos de ahorro de peso y formas que pueden adoptar debido a la naturaleza inherente de los materiales utilizados (principalmente caucho vulcanizado). Estos materiales tienen que aplicarse manualmente a la estructura, resultando mano de obra adicional, tiempo y costes de mantenimiento. Además, algunos materiales pueden provocar una reducción significativa (más de 20%) en una o más propiedades mecánicas.

25 En una realización de la invención, una solución de material puede ser fabricada fácilmente en cualquier forma y característica requerida (p. ej., diámetro de la fibra, relación área a peso, espesor, permeabilidad al aire y propiedades de tracción) y se integra en la estructura que ha de ser amortiguada. Tales soluciones son adecuadas para los actuales procesos de fabricación de material compuesto, incluyendo la infusión y la colocación de fibras automatizada. El material de amortiguación puede ser aplicado durante la fabricación del revestimiento del fuselaje monolítica o de sándwich y bastidores de fuselaje sin etapas adicionales de producción y, si es necesario, se puede aplicar únicamente a las partes críticas de los componentes finales, reduciendo el peso y los costes.

30 Un material estructural integrado que tiene propiedades mejoradas de amortiguación acústica puede incluir un laminado de material compuesto que tiene un material viscoelástico en la zona de cizalladura máxima. Los tratamientos de superficie, la posición y los mecanismos de corte maximizan la disipación de ondas acústicas/vibraciones en calor. Tanto la composición del material viscoelástico, como su posicionamiento pueden contribuir a las propiedades acústicas y mecánicas del material compuesto. En una realización, una interfaz controlada entre la capa intermedia viscoelástica y la resina resulta en un rendimiento excelente.

35 Una interfaz controlada, tal como se utiliza en esta memoria, tiene su definición ordinaria, como es conocida por los expertos de la técnica y se refiere a una estructura integrada con las siguientes características: 1) Un valor resistencia al pelado dentro del 70% del valor del material compuesto no modificado; y 2) Un material no tejido que mantiene un cierto nivel de integridad de las propiedades de amortiguación acústica a pesar de alguna interacción con la matriz de resina. El material no tejido mantiene una cierta interconectividad y no da lugar a parches aislados.

45 Los términos "aproximadamente", "alrededor de" y "sustancialmente" tal como se utilizan en esta memoria representan una cantidad cercana a la cantidad indicada que todavía realiza la función deseada o logra el resultado deseado. Por ejemplo, los términos "aproximadamente", "alrededor de" y "sustancialmente" pueden referirse a una cantidad que está dentro de menos de 10%, dentro de menos de 5%, dentro de menos de 1%, dentro de menos de 0,1% y dentro de menos de 0,01% de la cantidad indicada.

5 El término "parcialmente" o la expresión "al menos una parte de", tal como se utilizan en esta memoria, representa una cantidad de un todo que comprende una cantidad del todo que puede incluir el todo. Por ejemplo, la expresión "una parte de" puede referirse a una cantidad que es mayor que 0,01%, mayor que 0,1%, mayor que 1%, mayor que 10%, mayor que 20%, mayor que 30%, mayor que 40%, mayor que 50%, mayor que 60%, mayor que 70%, mayor que 80%, mayor que 90%, mayor que 95%, mayor que 99% y 100% del todo.

10 El término "integrado", tal como se utiliza en esta memoria, tiene su significado ordinario tal como es conocido por los expertos en la técnica y se refiere a estructuras amortiguadas que contienen una combinación de elementos en una estructura que funciona en cooperación y en el que cualquier elemento es una parte íntima de la estructura principal y no es fácilmente separable, y en un aspecto no puede ser separado de manera alguna. En algunas realizaciones, una estructura amortiguada integrada incluye materiales compuestos que son co-curados con el material de amortiguación no tejido. En otras realizaciones, el componente de resina penetra en el material no tejido parcial o sustancialmente por completo. Por lo tanto, la composición de resina estructural es continua o parcialmente continua a lo largo de toda la estructura compuesta. Tras el calentamiento, se puede obtener una difusión parcial y la entremezcladura de la capa intermedia dentro de la matriz de resina, mejorando adicionalmente la resistencia del material compuesto final y para formar una estructura integrada.

20 El término "co-curado", tal como se utiliza en esta memoria, tiene su significado ordinario tal como es conocido por los expertos en la técnica e incluye material que es curado en una sola etapa. Por ejemplo, un material pre-impregnado que tiene una capa intermedia parcial o completamente impregnada con resina puede ser co-curado o curado en una sola etapa. En algunas realizaciones, el co-curado de la capa intermedia que tiene el material no tejido con el resto de los componentes en el material compuesto resulta en una estructura integrada.

El material no tejido se puede utilizar para diferentes procesos de fabricación. El material no tejido puede también ser utilizado para hacer materiales pre-impregnados.

25 En una realización, el material viscoelástico no tejido y la fibra o preforma se pueden infundir con resina de forma simultánea o durante el mismo proceso de infusión, proporcionando una estructura integrada. En esta realización, la capa viscoelástica no es una película continua o una película parcialmente continua que actúa como una barrera de flujo que está embebida en una estructura.

La expresión "componente estructural", tal como se utiliza en esta memoria, tiene su significado ordinario tal como es conocido por los expertos en la técnica e incluye un material que comprende fibras estructurales y que está en forma de una pluralidad de capas de material textil tales como tejido de fibras de carbono.

30 La expresión "fibra estructural", tal como se utiliza en esta memoria, incluye fibras que se suman a la resistencia del material compuesto final, tales como fibras de vidrio o de carbono y que, por lo tanto, tienen un módulo de elasticidad mayor que 50 GPa.

35 La expresión "componente de resina", tal como se utiliza en esta memoria, tiene su significado ordinario tal como es conocido por los expertos en la técnica e incluye una composición de resina estructural adecuada para la fabricación de revestimientos de fuselajes, largueros y bastidores.

40 Los términos "matriz", "resina" y la expresión "resina de matriz", tal como se utilizan en esta memoria, tienen su significado ordinario tal como es conocido por los expertos en la técnica y pueden incluir uno o más compuestos que comprenden materiales termoestables y/o termoplásticos. Ejemplos pueden incluir, pero no se limitan a epóxidos, agentes de curado epoxi, compuestos fenólicos, fenoles, cianatos, imidas (p. ej., poliimidas, bismaleimida (BMI), polieterimidas), poliésteres, benzoxazinas, polibencimidazoles, polibenzotiazoles, poliamidas, poliamidimidas, polisulfonas, poliéter-sulfonas, policarbonatos, poli(tereftalatos de etileno) y poliéter-cetonas (p. ej., poliéter-cetona (PEK), poliéter-éter-cetona (PEEK), poliéter-cetona-cetona (PEKK) y similares), combinaciones de los mismos y precursores de los mismos.

45 De forma beneficiosa, el uso de una estructura amortiguada integrado resulta en un importante ahorro de peso del elemento de amortiguación, y reduce los costos de mantenimiento, el número de componentes y los costes de trabajo. Además, la reducción de ruido puede resultar en ahorros adicionales de peso y coste, minimizando los tratamientos de amortiguación secundarios utilizados en un fuselaje de aeronave tales como mantas de lana de vidrio de gran tamaño, guarniciones y otros dispositivos de instalación.

5 Los términos "amortiguado" o "amortiguación", tal como se utilizan en esta memoria, tienen su significado ordinario tal como es conocido por los expertos en la técnica e incluye la disipación de la energía mecánica de una estructura vibrante. La disipación de energía puede incluir la conversión de energía mecánica en energía térmica que luego se pierde en el entorno de una estructura. En una realización, la amortiguación es la amortiguación de material a base de pasivo o la amortiguación viscoelástica. En una realización, el laminado de material compuesto muestra propiedades de alta amortiguación, por ejemplo, una alta pérdida de factor de η , a lo largo de un amplio intervalo de frecuencias y temperaturas. Frecuencias adecuadas incluyen alrededor de 200 a 5000 Hz. Temperaturas adecuadas incluyen alrededor de -50°C a + 20°C, tal como -40°C a + 10°C, -30°C a + 20°C, -20°C a + 10°C, -10°C a + 20°C o 0°C a + 10°C.

10 La expresión "material pre-impregnado", tal como se utiliza en esta memoria, tiene su significado ordinario tal como es conocido por los expertos en la técnica, tal como se describe anteriormente. Materiales pre-impregnados incluyen hojas o láminas de fibras que han sido impregnadas con un material de matriz dentro de al menos una parte de su volumen. La matriz puede estar presente en un estado parcialmente curado. En una realización, el material pre-impregnado tiene una fracción de volumen de fibra de entre alrededor de 0,50 a 0,60% en vol. sobre la base del volumen total del material pre-impregnado.

15 Los términos "curación" y "curado", tal como se utilizan en esta memoria, tienen su significado ordinario tal como es conocido para los expertos en la técnica y pueden incluir procedimientos de polimerización y/o reticulación. El curado puede realizarse por procedimientos que incluyen, pero no se limitan a calentamiento, exposición a luz ultravioleta y exposición a radiación. En determinadas realizaciones, el curado puede tener lugar dentro de la matriz. Antes del curado, la matriz puede comprender, además, uno o más compuestos que son, a aproximadamente la temperatura ambiente, líquidos, semi-sólidos, sólidos cristalinos y combinaciones de los mismos. En realizaciones adicionales, la matriz dentro del material pre-impregnado se puede curar parcialmente con el fin de presentar una pegajosidad o adherencia seleccionada.

20 La expresión "materiales compuestos", tal como se utiliza en esta memoria, tiene cada uno su significado ordinario tal como es conocido por los expertos en la técnica, tal como se describe anteriormente. Materiales compuestos pueden incluir una pluralidad de materiales pre-impregnados. Los materiales pre-impregnados pueden ser consolidados en materiales compuestos mediante la aplicación de al menos una de calor, vacío y presión externa. Los materiales compuestos resultantes se pueden utilizar en (pero no se limitan a) aplicaciones aeroespaciales.

25 Realizaciones de los materiales compuestos descritos en esta memoria tienen una aparente resistencia al cizallamiento interlaminar que no se ve sustancialmente afectada por el acondicionamiento con disolvente metil-etil-cetona (MEK). En algunas realizaciones, el 90% de esta resistencia al cizallamiento se conserva después del acondicionamiento con MEK, p. ej., 90%, 91%, 92%, 93%, 94%, 95%, 96%, 97%, 98%, 99% o 100%. Por ejemplo, en una realización, la resistencia al cizallamiento interlaminar de un material compuesto antes del acondicionamiento con MEK es de alrededor de 84,59 y después del tratamiento con metiletilcetona es de alrededor de 83,34.

30 La frase "resistencia al cizallamiento", tal como se utiliza en esta memoria, tiene su significado ordinario tal como es conocido por los expertos en la técnica. Las muestras pueden ser testadas en cizallamiento de una diversidad de maneras. En una realización, la resistencia al cizallamiento aparente es el esfuerzo de cizalla máximo calculado a la mitad de espesor de una muestra de ensayo en el momento del primer fallo y se puede medir a través de flexión tal como el doblado por 3-puntos. La resistencia a la cizalla en el doblado por 3-puntos puede ser dada por

$$\tau = 3 \cdot P_R /$$

$$4 \cdot b \cdot h$$

40 en donde P_R es la fuerza máxima en el momento del primer fallo, b es la anchura de la muestra y h es el espesor de la muestra.

45 El término "fibra", tal como se utiliza en esta memoria, tiene su significado ordinario tal como es conocido por los expertos en la técnica y puede incluir uno o más materiales fibrosos adaptados para el refuerzo de materiales compuestos. Las fibras pueden adoptar la forma de cualquiera de las partículas, escamas, monocristales, fibras cortas, fibras continuas, láminas, estratos y combinaciones de los mismos. Fibras continuas pueden adoptar, además, cualquiera de configuraciones unidireccionales, multi-dimensionales (p. ej., bi- o tri-dimensional), no tejidas, tejidas, de punto, cosidas, bobinadas y trenzadas, así como estructuras de estera arremolinada, estera de fieltro y

5 estera picada. Estructuras de fibra tejida pueden comprender una pluralidad de haces de hilos tejidos que tiene menos de alrededor de 1000 filamentos, menos de alrededor de 3000 filamentos, menos de alrededor de 6000 filamentos, menos de alrededor de 12.000 filamentos, menos de alrededor de 24.000 filamentos, menos de alrededor de 48.000 filamentos, menos de alrededor de 56000 filamentos, menos de alrededor de 125.000 filamentos y más de alrededor de 125.000 filamentos. En realizaciones adicionales, los haces de hilos tejidos se pueden mantener en posición mediante puntadas de haces de hilos tejidos cruzados, puntadas de punto de inserción de trama, o una pequeña cantidad de resina, tales como un encolado.

10 La composición de las fibras se puede variar, según sea necesario. Realizaciones de la composición de fibras pueden incluir, pero no se limitan a vidrio, carbono, aramida, cuarzo, polietileno, poliéster, poli-p-fenileno-benzobisoxazol (PBO), boro, carburo de silicio, poliamida y grafito, y combinaciones de los mismos. En una realización, la fibra es de carbono, fibra de vidrio, aramida u otros materiales termoplásticos. Las fibras de refuerzo pueden ser orgánicas o inorgánicas. Además, las fibras pueden incluir arquitecturas textiles incluidas las que son continuas o discontinuas en la forma.

15 La expresión "no tejido", tal como se utiliza en esta memoria, tiene su significado ordinario tal como es conocido por los expertos en la técnica y puede incluir una banda de auto-unión, fibrosa, que no está tejida. En una realización, "no tejido" se refiere a cualquier material que haya sido formado sin el uso de procesos de tejeduría textil que produce una estructura de fibras individuales que están entretejidas de una manera identificable. La tela no tejida se puede hacer de fibras cortas o largas. El material no tejido puede ser adecuado para procesos de infusión de resina, dado que el material no tejido permite que la resina fluya debido a la permeabilidad controlada del material no tejido.

20 En contraposición, películas de VEM continuas o perforadas crean una barrera física al flujo de resina. Los materiales no tejidos incluyen estructuras tendidas en húmedo, tendidas en seco (cardadas, tendidas al aire), hiladas en estado fundido (tendidas en estado hilado, sopladas en estado fundido), hiladas de forma instantánea, hiladas de forma electrostática, punzonadas con chorro de agua, punzonadas con aguja. Polímeros representativos para el material no tejido incluyen poliolefinas tales como polipropileno de baja, media y alta densidad, polietileno de baja, media y alta densidad, polipropileno atáctico, sindiotáctico o isotáctico y mezclas de los mismos, poli(alcohol vinílico y etileno) y mezclas de los mismos, polibutileno tal como poli(1-buteno) y poli(2-buteno), poli(3-metil-1-buteno), poli(4-metil-1-penteno), poli(1-hexeno), poli(1-hepteno), poli(1-octeno), poli(1-noneno), poli(1-deceno), copolímeros poliolefinicos y elastómeros termoplásticos poliolefinicos y mezclas de los mismos; poliésteres tales como poli(tereftalato de etileno) (PET) y poli(tereftalato de butileno) (PBT), copolímeros de poliéter-éster; poliamidas tales como nilón 6 o nilón 66, copolímeros de poliamida-poliéter; poliuretanos y elastómeros termoplásticos de poliuretano a base de poliéter-éster; copolímeros de bloques de poliestireno que contienen polibutadieno, poliisopreno, polibutadieno hidrogenado, poliisopreno hidrogenado o una combinación de los mismos; polímeros y copolímeros de vinilo tales como poli(cloruro de vinilo), poli(cloruro de vinilideno), poli(alcohol vinílico) y poli(etileno-acetato de vinilo), polímeros y copolímeros acrílicos, policarbonatos, politetrafluoroetileno, y otros polímeros ahora conocidos o desarrollados más adelante y mezclas de los mismos.

35

Las microfibras no tejidas pueden estar constituidas por fibras bi- o multi-componentes. Las microfibras pueden tener estructuras más complejas tales como envoltura/núcleo, cara/cara, segmentos de estratos, islas-en-la-mar y que pueden estar hechas de diferentes polímeros o mezclas de los mismos. Las microfibras de polímero puede contener cargas o modificadores orgánicos o inorgánicos.

40 La superficie del material no tejido puede estar sujeta a un pre-tratamiento tal como un tratamiento químico, un tratamiento con plasma, un tratamiento de descarga corona, un tratamiento a la llama, chorro de arena o una combinación de los mismos con el fin de mejorar o aumentar la fuerza adhesiva y mecanismos de enclavamiento mecánicos. En algunos aspectos, la capa intermedia viscoelástica es tratada por plasma para lograr la tensión superficial de al menos 35 dinas/cm (0,035 N/m) en ambas caras.

45 La expresión "capa intermedia", tal como se utiliza en esta memoria, tiene su significado ordinario tal como es conocido por los expertos en la técnica e incluye una capa colocada entre otras capas. En una realización, la capa intermedia puede estar situada en el medio de un plano de un material compuesto. En otra realización, el estrato central comprende la zona de máximo cizallamiento. En un caso sencillo, el cizallamiento y la flexión se pueden determinar mediante análisis del esfuerzo de la estructura. Por ejemplo, en el caso de una viga cargada en flexión, la zona de cizallamiento máximo está en el eje neutro. En estructuras más complejas se requieren cálculos adicionales para determinar el esfuerzo y para identificar la zona de cizallamiento máximo.

50

En otra realización, la capa intermedia tiene un espesor de 20-2000 μm , preferiblemente entre 50-700 μm y más preferiblemente entre 100-300 μm .

La expresión "plano medio", tal como se utiliza en esta memoria, tiene su significado ordinario tal como es conocido por los expertos en la técnica e incluye la parte de en medio de un estrato de un material compuesto que puede estar situada a una distancia de aproximadamente 40 a 60% del espesor del material compuesto de una o más superficies del material compuesto.

5 La expresión "cizallamiento máximo", tal como se utiliza en esta memoria, tiene su significado ordinario tal como es conocido por los expertos en la técnica e incluye una fuerza interna tangencial a la sección sobre la que actúa resultante de las fuerzas aplicadas que provoca o tiende a hacer que dos capas contiguas se deslicen relativamente para llegar a otra en la dirección paralela a su plano de contacto. El esfuerzo de cizallamiento de flexión es máximo en el plano medio de la viga en el eje neutro. En algunas realizaciones, la capa intermedia está situada entre las
10 capas de material textil en el plano medio del material compuesto amortiguado integrado, y en algunos aspectos tal posicionamiento crea una estructura más eficiente en el peso y la amortiguación en zonas seleccionadas en el nivel de cizallamiento.

En algunas realizaciones, la capa intermedia puede estar colocada en cualquier capa que constituye la estructura de material compuesto, y en otras realizaciones la capa intermedia puede estar colocada en zonas específicas de los
15 materiales compuestos y, en algunos aspectos, la capa intermedia puede estar colocada en zonas seleccionadas en el nivel de cizallamiento para crear una estructura más eficiente en el peso y la amortiguación.

En una realización, la capa intermedia, que puede ser una capa viscoelástica discontinua, está situada en un material compuesto de tal manera que se consigue una "interfaz controlada".

20 El término "embebido", tal como se utiliza en esta memoria, tiene su significado ordinario tal como es conocido por los expertos en la técnica e incluye una capa intermedia que está totalmente incluida dentro de la estructura compuesta. En algunos aspectos, la capa intermedia es una parte integral de la estructura compuesta.

El término "viscoelástico", tal como se utiliza en esta memoria, tiene su significado ordinario tal como es conocido por los expertos en la técnica y puede incluir un material que tenga características tanto viscosas como elásticas cuando se somete a deformación. Materiales viscoelásticos tienen elementos de estas dos clases de polímeros y, como tales, exhiben un esfuerzo dependiente del tiempo de exposición. Mientras que la elasticidad es habitualmente el resultado del estiramiento del enlace a lo largo de planos cristalográficos en un sólido ordenado, la viscoelasticidad es el resultado de la difusión de los átomos o moléculas en el interior de un material amorfo.
25

Los elastómeros son habitualmente termoestables en que las cadenas largas de polímeros se reticularan durante el curado (proceso de vulcanización). La elasticidad se deriva de la capacidad de las cadenas largas de reconfigurarse por sí mismas para distribuir un esfuerzo aplicado. Las reticulaciones covalentes aseguran que el elastómero volverá a su configuración original cuando se elimina la tensión. Como resultado de esta extrema flexibilidad, los elastómeros se pueden extender de forma reversible 5-800%, dependiendo del material específico. Sin las reticulaciones o con cadenas cortas, inquietantemente reconfiguradas, el esfuerzo aplicado daría lugar a una deformación permanente.
30

Los elastómeros termoplásticos (TPE) son una clase de copolímeros o una mezcla física de polímeros que muestran propiedades tanto termoplásticas como elastoméricas. Aunque la mayoría de los elastómeros son materiales termoestables, termoplásticos son, por el contrario, relativamente fáciles de utilizar en la fabricación, por ejemplo, mediante moldeo por inyección y soplado en estado fundido. Los elastómeros termoplásticos muestran ventajas típicas tanto de los materiales cauchoides como de los materiales plásticos. La principal diferencia entre los
35 elastómeros termoestables y los elastómeros termoplásticos es el tipo de reticulación. La reticulación en polímeros termoestables es un enlace covalente creado durante el proceso de vulcanización. Por otro lado, la reticulación en los polímeros elastómeros termoplásticos es un enlace dipolo o hidrógeno más débil o tiene lugar en sólo en una de las fases del material.
40

Telas no tejidas típicas de las realizaciones descritas en esta memoria están hechas de materiales que exhiben un comportamiento viscoelástico. En particular, la tangente de pérdida ($\tan \delta$) es uno de los factores utilizados para determinar la eficiencia de amortiguación del sonido y las vibraciones. Así, dado que la composición de la tela no tejida de alta amortiguación tiene una cifra más alta del factor, una energía dinámica es absorbida y disipada en forma de energía eléctrica o térmica, y la capa intermedia exhibe excelentes características mecánicas tales como propiedades acústicas de absorción, o propiedades amortiguadoras de las vibraciones. Se requiere que una
45 composición del material de la capa intermedia de elevada amortiguación convencional tenga una tangente de pérdida superior a 1,0 y preferiblemente entre 1,5 y 2,0.
50

Además, la composición de la capa intermedia se elige para garantizar la idoneidad de los procedimientos industriales no tejidos, una baja absorción de la humedad y una resistencia a los disolventes y fluidos agresivos.

5 En una realización, se pueden utilizar elastómeros termoplásticos para proporcionar un equilibrio entre la procesabilidad y las propiedades de compatibilidad/mecánicas/ de resistencia a los disolventes. En una realización, el material viscoelástico es un elastómero termoplástico estirénico. El material viscoelástico puede ser un dibloque o tribloque de poliestireno y de bloque elastomérico flexible. Otros materiales viscoelásticos incluyen copolímeros de tipo bloque de estireno, por ejemplo los que tienen bloques de poliestireno y poli-isopreno rico unido a vinilo. Un ejemplo de ello puede incluir el copolímero de tres bloques Hybrar 7311.

10 En una realización, el material viscoelástico comprende elastómeros termoplásticos estirénicos (TPE-S). Elastómeros termoplásticos de tipo S son una clase de copolímeros de bloques que contienen dos bloques incompatibles, a saber, un segmento elastomérico con una Tg inferior y segmentos estirénicos con una alta Tg, que forman una estructura separada en microfase a temperatura ambiente. El material puede ser considerado como una matriz elastomérica vulcanizada físicamente por la agregación de bloques extremos de poliestireno (PS), que también actúan como carga de refuerzo. Elastómeros termoplásticos de tipo S proporcionan oportunidades de mejora de la amortiguación a lo largo de un amplio intervalo de temperaturas y frecuencias, ya que el comportamiento de microseparación tiene un impacto positivo en la amortiguación.

15 TPE-S tiene excelentes propiedades de amortiguación a lo largo de un amplio intervalo de temperaturas y frecuencias. Copolímeros de bloques de estireno que tiene un bloque flexible pueden incluir poli(estireno-b-isopreno-b-estireno) (SEPS) hidrogenado, un copolímero de un poliestireno y etileno-butileno (SEBS), un copolímero de un poliestireno y etileno-etileno-propileno (SEEPS), un copolímero de un poliestireno e isopreno (SIS), un copolímero de un poliestireno y butadieno (SBS), y un copolímero de un poliestireno e isopreno-butadieno (SIBS) o una mezcla de los mismos.

20 Realizaciones de la capa intermedia descritas en esta memoria se pueden fabricar en diversas formas que tienen diversas características tales como diámetro de la fibra, área/peso, espesor, permeabilidad al aire y propiedades de tracción. Por ejemplo, el diámetro de la fibra en el material compuesto puede ser de alrededor de 10 a 20 μm , y en otras realizaciones de 3-7 μm , 20-40 μm , o de 40-60 μm . Además, la masa por unidad de superficie de la capa intermedia puede ser de alrededor de 50-150 g/m^2 , y en otras realizaciones 10-50 g/m^2 , 150-300 g/m^2 o 300-500 g/m^2 . También, el espesor de la capa intermedia puede ser de alrededor de 100-400 μm y en otras realizaciones de 50-100 μm , 400-600 μm o 600-1000 μm . La permeabilidad al aire de la capa intermedia puede ser de alrededor de 40-100 $\text{cm}^3/\text{cm}^2/\text{s}$, y de 5 a 40 $\text{cm}^3/\text{cm}^2/\text{s}$, y en otra realización de 100 a 400 $\text{cm}^3/\text{cm}^2/\text{s}$. Por ejemplo, la resistencia a la tracción en la MD (dirección de la máquina) de la capa intermedia puede ser de alrededor de 2-10 N/1,5 cm, y en otras realizaciones de 10-20 N/1,5 cm, 20-60 N/1,5 cm o 60-100 N/1,5 cm.

25 En una realización, la inserción de la capa intermedia viscoelástica en el laminado de material compuesto no afecta significativamente a las propiedades térmicas (Tg), las propiedades termomecánicas o las propiedades ambientales (humedad, disolventes y resistencia a fluidos agresivos) del estratificado de material compuesto. En otra realización, las propiedades de resistencia a la compresión de los agujeros abiertos y la compresión después del impacto están sólo ligeramente afectadas o no están afectadas por la inserción de la capa intermedia viscoelástica en el laminado de material compuesto.

30 La expresión "superposición de láminas", tal como se utiliza en esta memoria, tiene su significado ordinario tal como es conocido por los expertos en la técnica y puede incluir uno o más materiales preimpregnados que están colocados uno junto a otro. En determinadas realizaciones, los materiales preimpregnados dentro de la superposición de láminas se pueden disponer en una orientación seleccionada con respecto a la otra. En una realización adicional, los materiales preimpregnados pueden opcionalmente ser cosidos junto con un material de enhebrado con el fin de inhibir su movimiento relativo de una orientación seleccionada. En realizaciones adicionales, "superposición de láminas" pueden comprender cualquier combinación de materiales preimpregnados totalmente impregnados, materiales preimpregnados parcialmente impregnados y materiales pre-impregnados perforadas tal como se comenta en esta memoria. Superposiciones de láminas se pueden fabricar por técnicas que pueden incluir, pero no se limitan a, superposición de láminas a mano, superposición de cintas automatizada (ATL), colocación de fibras avanzadas (AFP) y bobinado de filamentos.

35 Las expresiones "revestimiento del fuselaje", "larguerillos del fuselaje" y "bastidor del fuselaje", tal como se utilizan en esta memoria, tienen su significado ordinario tal como es conocido por los expertos en la técnica y se refieren, respectivamente, a los paneles de cuerpo principales de las aeronaves, creando los bastidores circunferenciales su

5 esqueleto y los miembros de refuerzo de rigidización longitudinales. La combinación de bastidores y largueros se utiliza para dar al fuselaje de la aeronave la rigidez requerida y una cantidad suficiente de material para sostener toda la carga de la aeronave tanto desde un punto de vista estático como de fatiga. Para los elementos del larguero, en particular, el objetivo principal es dividir la superficie del panel de revestimiento en una configuración óptima, de modo que se evite la deformación de la superficie. Los largueros también contribuyen a la prevención de la propagación de grietas en el panel del revestimiento. Ejemplos de bastidores del fuselaje incluyen bastidores IST, bastidores flotantes C con lazos de cizallamiento y bastidores flotantes Z con lazos de cizallamiento.

10 Las expresiones "modificadores orgánicos", "cargas orgánicas", "modificadores inorgánicos" y "cargas inorgánicas", tal como se utilizan en esta memoria, tienen su significado ordinario tal como es conocido por los expertos en la técnica y pueden incluir compuestos orgánicos e inorgánicos tales como aditivos de control de flujo, absorbentes UV, cargas tales como sílice, grafito y nitrato de boro, arcillas tales como mica, talco y vermiculita, partículas de metales, agentes de pérdida de brillo, pigmentos, antioxidantes, retardantes de llama, diluyentes, estabilizadores, monómeros, prepolímeros, mejoradores de la flexibilidad, coadyuvantes de tratamiento y lubricantes (incluidos los coadyuvantes de tratamiento a base de fluoropolímeros, aceites minerales y ceras), agentes de nucleación, hilos de
15 fibras, polímeros, vidrio, burbujas de material cerámico y poliméricas, micro- y nano-cargas de partículas de metales tales como partículas de núcleo-envuelta, nanocristales magnéticos y dieléctricos, nanotubos de carbono, nanofibras de carbono, nanografito, nanoarcillas, nanosílice, nanoalúmina, nanopartículas de zirconia y titania, nanopartículas de metales nobles, micro- y nano-partículas conductoras, nanofibras y nanohebras o una combinación de las mismas añadidas a un material no tejido, habitualmente para mejorar sus propiedades.

20 Se pueden utilizar procedimientos de fabricación estándares para la fabricación de materiales compuestos. Por ejemplo, en una realización, el material compuesto se realiza utilizando un procedimiento de fabricación del revestimiento/bastidor del fuselaje típico.

Ejemplos

Ejemplo 1

25 Varios elastómeros termoplásticos disponibles comercialmente han sido evaluados para determinar sus intervalos de eficiencia de amortiguación. Una breve lista de los materiales estudiados y sus propiedades correspondientes se presentan en la Tabla 1.

30

35

Tabla 1

Nombre comercial	Calidad	Tipo de polímero	Tg. (°C)	Tan δ
Arnitel	EL630	TPC-E	20,56	0,05
Arnitel	EL550	TPC-E	-80	0,05
Arnitel	EL630	TPE-E	-60,5	0,05
Estane	58245	TPE-U	-22,7	0,40
Hybrar	7311	TPE-S	-13,6	2,10
Hybrar	7125	TPE-S	10,9	1,20
Hytrel	G3078	TPC-ET	-40,4	0,40
Hytrel	4056	TPC-ET	-20,32	0,20
Hytrel	4556	TPC-ET	-40,43	0,16
Hytrel	5526	TPC-ET	-8,06	0,14
Kraton	FG1924 X	TPE-S	-41,1	1,50
Kraton	MD-6455P	TPE-S	-60,1	2,00
Kraton	G-1730M	TPE-S	-38,8	0,90
Kraton	G1642M	TPE-S	-31,2	1,50
Kraton	D1113BT	TPE-S	-48,9	2,30
Mobilon	MF100T	TPE-E	-54,8	0,45
Mobilon	MF100T-TB	TPE-E	-17,6	0,32
Onflex	U3565A	TPE-U	-19,0	0,30
Onflex	V3085	TPE-V	-28,3	0,20
Onflex	V 5355A	TPE-U	-11,2	0,40
Onflex	V1045A	TPE-V	-41,8	0,40
Pebax	MX 1205	TPE-E	-55,5	0,17
Pebax	3533	TPE-E	-60,6	0,17
Pebax	2533	TPE-E	-62,5	0,15
Pebax	4033	TPE-E	-63,5	0,10
Septon	2002	TPE-S	-35,1	0,60
Septon	2063	TPE-S	-38,15	1,60
Septon	8076	TPE-S	-31,84	0,30

Los polímeros fueron seleccionados de acuerdo a sus valores tan δ y el intervalo de temperaturas de transición vítrea. Se seleccionaron los polímeros con valores tan mayores que 1,0, preferiblemente entre 1,0 y 1,6 y lo más preferiblemente de más de 2.

5 Ejemplo 2

Un elastómero termoplástico estirénico y, en particular, un copolímero de estireno hidrogenado que contiene unidades flexibles de etileno-propileno tales como Kuraray Septon 2063, se utilizó como componente principal para la fabricación de telas no tejidas descrito en este ejemplo. Diferentes porcentajes de polipropileno (PP), poliamida 6 (Nilón 6) o poli(tereftalato de butileno) (PBT) se combinaron con el elastómero termoplástico seleccionado (Septon 2063). Para la fabricación de telas no tejidas se ha seleccionado un proceso de soplado de masa fundida. Una representación esquemática del proceso se recoge en la Figura 1. Una lista de las telas no tejidas y sus correspondientes composiciones y propiedades se presentan en la Tabla 2.

15

Tabla 2

Código de material no tejido	Composición	Peso (g/m ²)	Espesor s (µm)	Resistencia a la tracción (N/5 cm) MD	Permeabilidad al aire cm ³ /cm ² /s)
1	50:50 p/p Septon 2063/Polipropileno	77,9	394	24,1	18,3
2	50:50 p/p Septon 2063/Polipropileno	134,3	614	8,0	45,7
3	50:50 Septon 2063/Polipropileno	79,2	403	12,2	42,7
4	50:50 p/p Septon 2063/Polipropileno	85,1	350	17,1	60
5	50:50 p/p Septon 2063/Polipropileno	80,9	301	10,7	52,8
6	50:50 p/p Septon 2063/Polipropileno	48,9	175	9,1	57,1
7	50:50 p/p Septon 2063/Polipropileno	48,5	206	8,0	85,8
8	50:50 p/p Septon 2063/Polipropileno	78,6	330	10,0	82,5
9	70:30 p/p Septon 2063 / Poli(tereftalato de butileno)	162,7	774	3,1	165
10	70:30 p/p Septon 2063/Nilón 6	196,8	1510	2,1	586

Ejemplo 3

5 En este ejemplo se demuestra la idoneidad del material de amortiguación acústica integrada para procesos de infusión. En este ejemplo probetas fueron realizadas por infusión de resina a granel utilizando CYCOM 977-2 1000gsm HM Film y preformas trenzadas de fibras de carbono triaxiales.

Tres calidades diferentes de telas no tejidas (3, 6 y 7 en la Tabla 2), caracterizadas por una relación de área/peso entre 48,5 y 79,2 gsm y una permeabilidad al aire entre 40,3 y 85,8 cm³/cm²/s, se seleccionaron para el ejemplo descrito.

10 Cuatro probetas fueron fabricadas utilizando un método de superposición de láminas estrato-por-estrato (Tabla 4). La capa intermedia se colocó en el plano medio de las probetas. Las dimensiones de las probetas se reseñan en la Tabla 3. La probeta 1 se fabricó sin capa intermedia viscoelástica alguna y se codificó como línea base sin modificar.

Tabla 3

Dimensiones de la probeta	
Longitud	~ 250 mm
Espesor	~ 3 mm
Anchura	~ 160 mm

15 Para cada una de las probetas, se ha calculado el tamaño de la carga de resina para cumplir con un contenido de resina de la pieza acabada de 35 ± 5 por ciento en peso.

Los experimentos demostraron que las telas no tejidas seleccionadas fueron adecuadas para el proceso de infusión. Se consiguió una penetración completa de la resina. No se observaron zonas secas en las probetas. El contenido correcto de resina se logró para todos las probetas manufacturadas tal como se muestra en la Tabla 4.

Tabla 4

Probeta	Material no tejido	Contenido en resina (%) en la probeta de infusión
1	=	33,78
2	3	35,41
3	6	34,85
4	7	35,66

Ejemplo 4

Se ha evaluado el impacto de la disolución de material no tejido preferido en las siguientes propiedades del compuesto:

- 5 a) Amortiguación acústica
- b) Resistencia aparente al cizallamiento de la capa intermedia
- c) Compresión después de la resistencia al impacto
- d) Resistencia a la compresión de agujeros abiertos
- e) Temperatura de transición vítrea

10 Se llevaron a cabo mediciones de absorción como función de la temperatura por un método de resonancia. Una representación esquemática del sistema de medición se muestra en la Figura 2.

15 La muestra es forzada a vibrar en una configuración libre en una cámara termostática. Se utilizan acelerómetros miniatura para medir la aceleración del punto de impulsión en el agitador y la respuesta de la probeta de ensayo. Las señales de salida de los acelerómetros son analizadas por un analizador de un espectro de una transformada rápida de Fourier de doble canal. El analizador determina la relación de la aceleración y la diferencia de fase de los dos acelerómetros, y también proporciona una fuente de ruido aleatorio para impulsar el agitador en un intervalo de frecuencias de 30 Hz a 10 kHz. Los datos medidos siempre se muestrean y se promedian. La relación de amplitud exhibida frente a la frecuencia resulta en un cierto número de picos de resonancia a partir de los cuales se computa la absorción (factor de pérdida). Las mediciones se realizaron a lo largo de un intervalo de temperaturas de -50°C a + 20°C a intervalos de 10°C.

Los paneles de ensayo se prepararon de acuerdo con EN2565. Las dimensiones de las probetas se presentan en la Tabla 5.

Antes de someter a ensayo, muestras curadas se almacenaron a $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$ y $(50 \pm 5)\%$ de humedad de acuerdo con EN2743.

25

Tabla 5

Dimensiones de la probeta	
Longitud	600 ± 1 mm
Anchura	200 ± 1 mm
Espesor	$\sim 1,65$ mm
Superposición de láminas	Casi-isotrópica

30 Probetas para ensayos acústicos se fabricaron a partir de cinta unidireccional CYCOM® 977-2-34-24IMS. Material no tejido 3 (Tabla 2) fue seleccionado como capa intermedia para el ejemplo y se pre-impregnó con una película CYCOM 977-2 HM 94gsm. A continuación, la capa intermedia pre-impregnada fue depositada en el plano medio de la probeta. Para fines de comparación se fabricó una muestra que no contiene capa intermedia alguna y se codificó como "línea base sin modificar."

La probeta de material integrado no tejido descrita resultó en un excelente comportamiento de amortiguación acústica en el intervalo de temperaturas entre -50°C y 20°C y en el intervalo de frecuencias entre 30 y 5000 Hz, tal como se muestra en la Tabla 6. La disolución de material integrado mostró una mejora significativa en las

propiedades de amortiguación acústica si se compara con la línea base no modificada tal como se muestra en la Figura 3.

Tabla 6

Frecuencia (Hz)	η (factor de pérdida)							
	-50 ° C	-40 ° C	-30 ° C	-20 ° C	-10 ° C	0 ° C	10 ° C	20 ° C
30	0,029659	0,024884	0,021369	0,017299	0,017796	0,016919	0,018449	0,022231
50	0,024247	0,02382	0,020797	0,015422	0,017421	0,017834	0,019663	0,021713
75	0,017989	0,022756	0,020225	0,015968	0,022802	0,019977	0,021552	0,020834
100	0,013062	0,022484	0,024257	0,020209	0,025529	0,022525	0,022367	0,016263
150	0,01065	0,022091	0,029561	0,026828	0,024995	0,021594	0,022389	0,012501
200	0,011543	0,021701	0,037767	0,033381	0,02447	0,019462	0,022411	0,012673
250	0,012059	0,021756	0,039757	0,033992	0,024211	0,016108	0,020219	0,012845
300	0,012525	0,021789	0,040965	0,032213	0,02323	0,020308	0,021309	0,021263
350	0,011419	0,021097	0,036746	0,031074	0,023759	0,02933	0,024431	0,031797
400	0,011055	0,021613	0,035966	0,036358	0,02941	0,041794	0,028337	0,03069
500	0,010702	0,022691	0,035915	0,045019	0,03781	0,048705	0,029584	0,02682
600	0,01127	0,023633	0,036783	0,057785	0,046602	0,060244	0,032412	0,032344
650	0,011616	0,02385	0,037996	0,068467	0,045692	0,055543	0,035751	0,034929
700	0,011869	0,024018	0,040352	0,074705	0,044889	0,04805	0,036608	0,036295
800	0,011776	0,024154	0,042106	0,07027	0,040032	0,047659	0,031946	0,030918
900	0,011776	0,024041	0,04672	0,064629	0,03821	0,058363	0,027516	0,03181
1000	0,011942	0,024068	0,047204	0,06475	0,035522	0,066499	0,025302	0,032759
1250	0,012236	0,025721	0,050315	0,067795	0,037927	0,062027	0,026946	0,032925
1500	0,012329	0,027786	0,044625	0,068021	0,044035	0,056166	0,02896	0,029003
2000	0,012686	0,030923	0,034065	0,061731	0,048751	0,04987	0,031932	0,027605
2500	0,01367	0,032956	0,028768	0,056415	0,050988	0,046309	0,033678	0,0327
3000	0,015765	0,033758	0,031322	0,052829	0,048099	0,038688	0,035252	0,0388
4000	0,018263	0,031645	0,036402	0,050927	0,046541	0,030753	0,035376	0,042116
5000	0,020243	0,02699	0,038776	0,048757	0,044155	0,023979	0,035966	0,041454

5 La fuerza de cizallamiento aparente de una probeta se testó en la colección como una viga simple de acuerdo con EN2563. Una barra se apoya en dos soportes en la fuerza aplicada por medio de un medio camino de carga de la nariz entre los soportes y se midió de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$\tau = \frac{3 \cdot P_R}{4bh}$$

en que:

10 τ es el esfuerzo de cizallamiento aparente, en MPa
 P_R es la fuerza máxima en el momento del primer fallo, en N
 b es la anchura de la probeta, en mm
 h es el espesor de la probeta, en mm

15 El esfuerzo al cizallamiento aparente de la capa intermedia del laminado modificado no tejido se midió antes y después de la inmersión en MEK. En las condiciones iniciales, las probetas se acondicionaron de acuerdo con EN 2743.

20 Para los ensayos después de la inmersión en MEK, el acondicionamiento se llevó a cabo de acuerdo con EN 2489. Paneles de ensayo fueron fabricados a partir de la cinta unidireccional CYCOM 977-2-34-24IMS. Las muestras de ensayo se tomaron en paneles preparados de acuerdo con EN2565. Las dimensiones de la probeta se reseñan en la Tabla 7. Cinco probetas fueron sometidas a ensayo antes de la inmersión y otras cinco después de la inmersión. La dirección de la longitud de las probetas era paralela a la orientación de las fibras. Material no tejido 3 (Tabla 2) fue

seleccionado como capa intermedia para el ejemplo y se pre-impregnó con película CYCOM 977-2 HM94gsm. A continuación, la capa intermedia pre-impregnada fue tendida en el centro del plano de las probetas.

Tabla 7

Dimensiones de la probeta	
Longitud	20 ± 0,25 mm
Anchura	10 ± 0,2 mm
Espesor	2 ± 0,2 mm

5 El acondicionamiento de la metil-etil-cetona no afectó a la resistencia interlaminar aparente calculada de las probetas modificadas con la capa intermedia. En particular, en una realización, la resistencia al cizallamiento interlaminar era 84,59 MPa, y después de la inmersión durante una hora en disolvente, era 83,34 MPa tal como se muestra en la Figura 3.

10 La compresión después del ensayo de impacto tiene como objetivo determinar las características de resistencia al impacto a baja velocidad de plásticos reforzados con fibras. El método mide la respuesta del material a un conjunto específico de parámetros de impacto para permitir la comparación entre los materiales.

La probeta modificada en la capa intermedia está sujeta a impactar a una energía de impacto definida y la resistencia a la compresión se mide de acuerdo con EN 6038. Se midieron la profundidad de la abolladura y el área determinada.

15 Los paneles de ensayo se fabrican a partir de cinta unidireccional CYCOM 977-2-34-24IMS. Los paneles de ensayo modificados en la capa intermedia fueron preparados de acuerdo con EN 2565 método B para laminados reforzados con carbono. Material no tejido 3 (Tabla 2) fue seleccionado como capa intermedia para el ejemplo y fue pre-impregnado con una película CYCOM 977-2 HM 94gsm. A continuación, la capa intermedia pre-impregnada fue tendida en el plano medio de las probetas. Para el ensayo se utilizó una superposición de láminas casi isotrópica y probetas de aproximadamente 4 mm. Las dimensiones y tolerancias se definen en la Tabla 8.

20 Las probetas modificadas en la capa intermedia se vieron afectadas con una energía de 30 J y se midió la profundidad de la abolladura. La exploración ultrasónica se realizó para determinar la longitud del daño, la anchura y el área.

El acondicionamiento se llevó a cabo después del impacto. El ensayo se realizó a 23 ± 2 mm 50 ± 5% de humedad relativa.

25 Se seleccionó una cruceta de 0,5 mm/min. La carga se registró continuamente como una función del tiempo y la carga al fallo por rotura (P_r). La resistencia a la compresión después del impacto en un nivel de energía de impacto específica E. se define por la siguiente fórmula:

$$\sigma_r = \frac{P_r}{w \cdot t} \text{ (MPa)}$$

30 en que P_r es la carga al fallo por rotura (N)
 w es la anchura de la probeta (mm)
 t es el espesor de la probeta (mm)

Las dimensiones de la probeta se reseñan en la Tabla 8

35

Tabla 8

Dimensiones de la probeta	
Longitud	150 ± 0,2 mm
Anchura	100 ± 0,2 mm
Espesor	~ 4 mm
Superposición de láminas	unidireccional

Material no tejido 3 (Tabla 2) fue tendido en el plano medio de cada una de las probetas.

5 El uso del material no tejido preferido en la estructura compuesta integrada resultó en una caída mínima en la compresión después de la resistencia al impacto tal como se muestra en la Figura 5. Además, la modificación determinaba una reducción en el área dañada en comparación con la probeta no modificada tal como se muestra en la Figura 6.

10 El ensayo de compresión de los agujeros abiertos es un método para determinar la resistencia a la tracción de agujeros abiertos de materiales compuestos con refuerzo unidireccional. Las probetas de agujeros abiertos modificadas en la capa intermedia se someten a ensayo de tensión con el fin de determinar las propiedades mecánicas de tensión del laminado.

Se seleccionó una velocidad de la cruceta de 2 ± 0,2 mm/min. La carga se registró continuamente en función del desplazamiento de la cruceta. La resistencia a la compresión de los agujeros abiertos a la tracción normalizada se calculó por la carga máxima experimentada por la probeta dividida por el área en sección transversal dentro de la longitud de referencia utilizando la fórmula reseñada:

15
$$\sigma_{\text{cltc}} = \frac{P_u}{t_n \cdot W} \text{ (MPa)}$$

en que P_u es la carga máxima (N)

w es la anchura de la probeta (mm)

t_n es el espesor nominal (espesor del estrato curado especificado en la especificación del material pertinente, multiplicado por el número de estratos en el laminado de ensayo) (mm)

20 Los paneles de ensayo se fabrican a partir de cinta unidireccional CYCOM 977-2-34IMS. Los paneles de ensayo se prepararon de acuerdo con EN 2565 método B para laminados reforzados con fibras de carbono.

25 Para el ensayo se utilizaron una superposición de láminas y probetas de aproximadamente 4 mm. La variación en las mediciones de los espesores para cualquier laminado estaba dentro de ± 2% del espesor medio medido. Material no tejido 3 (Tabla 2) fue seleccionado como capa intermedia para el ejemplo y fue pre-impregnado con una película CYCOM 977-2 HM 94gsm. A continuación, la capa intermedia pre-impregnada fue tendida en el plano medio de las probetas. Para fines de comparación probetas que no incluían capa intermedia alguna no tejida se fabricaron y codificaron como línea base no modificada.

Los paneles se sometieron a ensayos no destructivos (NDT) (p. ej., C-scan) para establecer la libertad a partir de defectos detectables.

30 El mecanizado de agujeros cumplía con los requisitos de AIPS 01-02-005. Se sometieron a ensayo seis probetas de ensayo.

Las muestras se ensayaron a (23 ± 2)° y se acondicionaron de acuerdo con EN2823.

Las dimensiones de la probeta se reseñan en la Tabla 9.

Tabla 9

Dimensiones de la probeta	
Longitud	180 ± 0,1 mm
Media longitud	90 ± 0,05 mm
Espesor	~ 4 mm
Anchura	32 ± 0,2 mm
Media anchura	16 ± 0,1 mm
Diámetro del agujero	
Mín.	6,339
Máx.	6,384

La inserción del material no tejido en el plano medio de la estructura compuesta integrada resultó en una caída menor de la resistencia de compresión de los agujeros abiertos si se compara con la línea base no modificada tal como se muestra en la Figura 7.

- 5 El impacto de la capa intermedia no tejida sobre las propiedades térmicas del laminado se evaluó mediante análisis mecánico dinámico (DMA) utilizando un ensayo controlado de la tensión multifrecuencia. Una fuerza sinusoidal deforma la probeta a una amplitud constante a lo largo de una sola frecuencia, mientras que el material se calienta a una velocidad constante. La magnitud del esfuerzo aplicado y la tensión resultante se utiliza para calcular la rigidez y, por lo tanto, el módulo del material bajo esfuerzo. Al medir el intervalo de tiempo en el desplazamiento en comparación con la fuerza aplicada se determinaron las propiedades de amortiguación del material. El lapso de tiempo se reseñó como un retardo de fase (un ángulo). La amortiguación se llama tan δ , lo que representa la tangente del desfase. El DMA se realizó en el intervalo de temperaturas entre aproximadamente 50°C y 260°C, con una velocidad de calentamiento de $5 \pm 0,2^\circ\text{C}/\text{min}$ y alrededor de 1 Hz de frecuencia.

- 15 Los paneles de ensayo se fabricaron a partir de cinta unidireccional CYCOM 977-2-34IMS. Los paneles de ensayo se prepararon de acuerdo con EN2565. Las dimensiones de las probetas se reseñan en la Tabla 10.

Tabla 10

Dimensiones de la probeta	
Longitud	40 ± 0,4 mm
Media longitud	10 ± 0,4 mm
Espesor	2 ± 0,2 mm

Material no tejido 3 (Tabla 2) fue seleccionado como capa intermedia para el ejemplo y fue pre-impregnado con película CYCOM 977-2 HM94gsm. A continuación, la capa intermedia pre-impregnada fue tendida en el plano medio de las probetas.

- 20 Antes del ensayo, probetas curadas se almacenaron a ($23 \pm 2^\circ\text{C}$) y (50 ± 5)% de humedad de acuerdo con EN2743.

La temperatura de transición vítrea se define como la temperatura a la que la muestra exhibe un cambio drástico en el comportamiento mecánico y de amortiguación al aumentar la temperatura cuando se somete a un desplazamiento oscilante. El inicio de la T_g se define como la intersección de la temperatura de las tangentes extrapoladas tomadas de puntos de la curva de módulo de almacenamiento antes y después de la aparición del evento de transición vítrea.

25 El ensayo se realizó utilizando un solo modo de voladizo-flexión. Tres probetas fueron sometidas a ensayo y los resultados de la T_g estaban dentro de $\pm 2^\circ\text{C}$ de su media.

El uso de la disolución no tejida preferida no afecta sustancialmente a la temperatura de transición vítrea de la estructura integrada tal como se muestra en la Figura 8. Se observaron diferencias de menos de 1°C entre probetas no tejidas modificadas y no modificadas.

- 30 Ejemplo 4

El ejemplo comparativo de la resistencia al pelado del material no tejido integrado descrito frente a un material compuesto modificado de película continua Smactane[®] (disponible de Smac Toulon Francia).

El ensayo de pelado mide la fuerza requerida para separar una superficie unida. Después de que la muestra se midió para el espesor, se colocó en un accesorio en un dispositivo de ensayo universal. La probeta fue sacado a la velocidad especificada hasta que falló la pieza o la unión. Los tipos de fallo fueron anotados como cohesivos, adhesivos o fallo del sustrato.

- 5 La probeta pre-agrietada se cargó continuamente por fuerzas de pelado hasta que se logró una longitud total de la grieta propagada de aproximadamente 100 mm. Durante la propagación de las grietas, se registraron de forma continua las cargas y el desplazamiento de la cruceta de la máquina de ensayo. La resistencia al pelado se calculó a partir de la longitud de la grieta propagada y la energía aplicada, determinada a partir del diagrama de desplazamiento de la cruceta de carga tal como se muestra en la Figura 10.
- 10 Las dimensiones de las probetas del Ensayo de Pelado de la Figura 9 se reseña en la Tabla 11.

Tabla 11

Dimensiones de la probeta	
Longitud (L)	205,0 ± 5 mm
Longitud de la grieta inicial (l)	25,0 ± 1 mm
Anchura (w)	25,0 ± 0,2 mm
Espesor (t)	3,0 ± 0,2 mm

La dirección de las fibras de la cinta era 0° a la longitud de la probeta.

- 15 Los paneles de ensayo se fabrican a partir de cinta unidireccional CYCOM 977-2-34-24IMS. Los paneles de ensayo se prepararon de acuerdo con EN2565. Material no tejido 3 (Tabla 2) fue seleccionado como capa intermedia para el ejemplo y fue pre-impregnado con película CYCOM 977-2 HM 94gsm. A continuación, la capa intermedia pre-impregnada fue tendida en el plano medio de las probetas.

La grieta inicial se introdujo utilizando una doble capa de película de liberación de politetrafluoroetileno (PTFE) con dimensiones de la longitud de la grieta colocando en el plano medio del laminado entre la capa intermedia viscoelástica y el estrato de cinta inmediatamente adyacente a la misma.

- 20 La capa intermedia no tejida y la película continua utilizada para el ejemplo comparativo y sus características correspondientes se presentan en la Tabla 12:

Tabla 12

Capa intermedia	Espesor (µm)	Peso g/m2
Smactane®	200	220
Material no tejido 3	403	80

Las probetas se analizaron en seco en el estado curado a temperatura ambiente, después del acondicionamiento según el ensayo de EN 2743.

- 25 **Ensayo**

La probeta fue alineada en el soporte de ensayo. La película de liberación incorporada se cargó hasta que se consiguió una longitud de grieta inicial de aproximadamente 10-15 mm. La probeta se cargó constantemente con una velocidad de la cruceta de 10 mm/min hasta que se alcanzó una longitud total de la grieta de aproximadamente 100 mm. Se registraron la carga y el desplazamiento de la cruceta.

- 30 Se utilizó la siguiente fórmula para calcular la resistencia al pelado.

$$PS = \frac{A}{aw} \times 10^6$$

PS es la resistencia al pelado
 A es la energía para alcanzar el total de longitud de la grieta propagada (Figura 10)
 a es la longitud de la grieta propagada
 w es la anchura de la muestra

5 El uso de una capa intermedia de película continua, como en el caso de la probeta modificada Smactane[®], resulta en una caída significativa de la resistencia al pelado debido a la naturaleza isotrópica de la capa intermedia. La película actúa como una barrera continua en la estructura de material compuesto. Por el contrario, cuando la capa intermedia no tejida preferida se colocó en el plano medio de la probeta, se registraron excelentes valores de resistencia al pelado. La creación de una interfaz a medida entre la resina y el material no tejido resulta en una clara mejora en valores de resistencia a la vez que se mantienen las excelentes propiedades de amortiguación acústica.

Ejemplo 5

En este ejemplo comparativo se utilizaron diferentes tratamientos de plasma para modificar la superficie del material no tejido. Probetas se prepararon como en el Ejemplo 5. La resistencia al pelado se calculó como en el Ejemplo 5.

15 Paneles de ensayo se fabricaron a partir de cinta unidireccional CYCOM 977-2-34-24IMS. Los paneles de ensayo se prepararon de acuerdo con EN2565. Material No tejido 3 (Tabla 2) fue seleccionado como capa intermedia para el ejemplo comparativo y fue pre-impregnado con película CYCOM 977-2 HM 94gsm. A continuación, la capa intermedia pre-impregnada fue tendida en el plano medio de las probetas.

En la Tabla 13 se reseñan las condiciones de tratamiento.

Tabla 13

Condiciones del tratamiento	
Velocidad de la línea	~ 3-10 m / min
Boquilla/hueco de la muestra	~ 10-15 mm
Poder	~ 1-3 KW
Dina	~ 40-70

20 En la Tabla 14 se reseña una lista completa de las probetas analizadas y los tratamientos de plasma.

La tensión superficial después del tratamiento con plasma se midió por las tintas de ensayo. La medida se basa en el principio de que si el líquido moja la superficie después de la aplicación de la tinta, la tensión superficial del material que está siendo testado es mayor que el valor del ensayo correspondiente. El ensayo se repite con el siguiente valor más alto hasta que no se produce la prueba de humectación. Por consiguiente, la tensión superficial del material se corresponde con el valor de la tinta de ensayo que humedeció por última vez a la misma durante al menos 2 segundos.

Tabla 13

Codigo de muestra	Capa Intermedia	Tratamiento con plasma	Gas	Tensión superficial dinas/cm	Resistencia al pelado (J/m ²)
Línea base no modificada	-	-	-	-	500
1	3	Atmosférico	Aire 1	52	600
2	3	Atmosférico	Aire 2	> 70	924
3	3	Atmosférico	Nitrógeno/ Hidrógeno 90:10	54	632

30 Se ha observado una mejora entre el 20 y 96% en la resistencia al pelado para las estructuras intermedias no tejidas de plasma después del tratamiento en comparación con la probeta de línea base no modificada tal como se muestra en la Figura 12.

Ejemplo 6

Ejemplo comparativo del proceso de infusión entre materiales compuestos intermedios de película no tejida y continua.

5 Los procesos de infusión se llevaron a cabo tal como se describe en el Ejemplo 3. Material no tejido 3 (Tabla 2) y una película continua sobre la base de la misma composición de material y el espesor se han utilizado como capa intermedia para las realizaciones descritas en este ejemplo.

10 La película continua actúa como una barrera de flujo y evita la impregnación de la probeta completa. Una zona seca grande es claramente visible en la superficie de la probeta modificada de película continua tal como se muestra en la Figura 13b. Por el contrario, el uso de la disolución del material integrado no tejido preferido resultó en una estructura perfectamente impregnada que contiene el contenido de resina calculado tal como se muestra en la Figura 13a.

REIVINDICACIONES

1. Un material compuesto estructural, curado o no curado, que comprende
- un componente estructural en forma de una pluralidad de capas de material textil que comprende fibras que tienen un módulo de elasticidad mayor que 50 GPa, al que se alude en lo que sigue como fibras estructurales,
 - un componente de resina; y
 - una capa intermedia viscoelástica que tiene un espesor que oscila entre 50 μm y 1000 μm y una masa por unidad de superficie de 10 g/m^2 a 500 g/m^2 , situada entre un par de capas adyacentes de dicho material textil, siendo dicha capa intermedia viscoelástica una delgada capa de material no tejido, que comprende al menos un elastómero termoplástico o una mezcla del mismo, y estando el diámetro de la fibra en la capa intermedia en el intervalo de 3 μm a 7 μm , o de 10 μm a 60 μm ;
- en donde la capa intermedia viscoelástica y el componente estructural están parcial o completamente impregnados con el componente de resina; y
en donde, tras el curado, la capa intermedia viscoelástica está integrada en el material compuesto estructural.
2. El material compuesto estructural según la reivindicación 1, en donde las fibras compuestas comprenden fibras de carbono.
3. El material compuesto estructural de la reivindicación 1, en donde la resina se selecciona del grupo que consiste en epóxidos, agentes de curado epoxi, compuestos fenólicos, fenoles, cianatos, poliimidas, bismaleimida (BMI), polieterimidas, poliésteres, benzoxazinas, polibencimidazoles, polibenzotiazoles, poliamidas, poliamidimidas, polisulfonas, poliéter-sulfonas, policarbonatos, poli(tereftalatos de etileno) y poliéter-cetonas, que pueden ser poliéter-cetona (PEK), poliéter-éter-cetona (PEEK) y poliéter-cetona-cetona (PEKK), combinaciones de los mismos y precursores de los mismos.
4. El material compuesto estructural de la reivindicación 3, en donde la resina se selecciona de resinas epoxídicas.
5. El material compuesto estructural de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que el material no tejido comprende al menos un copolímero seleccionado del grupo que consiste en elastómeros termoplásticos estirénicos, poliolefinas elastoméricas y una mezcla de los mismos.
6. El material compuesto estructural de la reivindicación 5, en donde el material no tejido comprende un elastómero termoplástico estirénico que es un copolímero de bloques que tiene un segmento elastomérico con una T_g baja y segmentos estirénicos con una T_g alta y que forma una estructura separada en microfase a temperatura ambiente.
7. El material compuesto estructural de la reivindicación 1, en donde las fibras estructurales comprenden fibras de vidrio.
8. El material compuesto estructural de la reivindicación 1, en donde las fibras estructurales comprenden fibras de aramida.

Figura 1

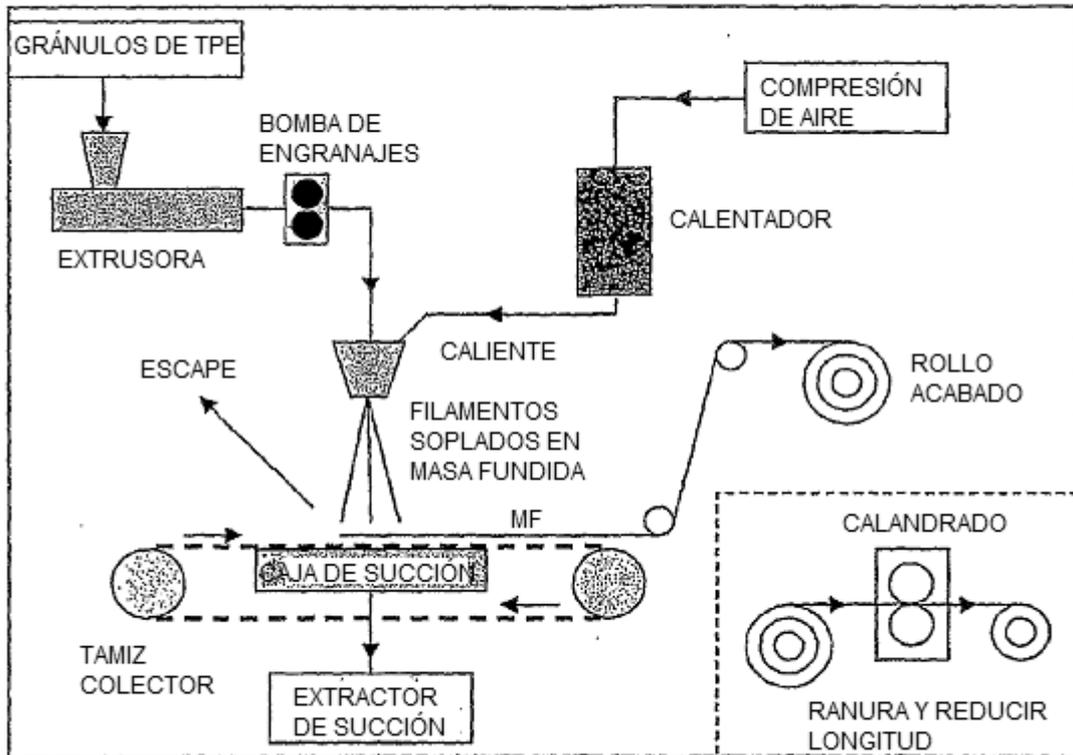


Figura 2

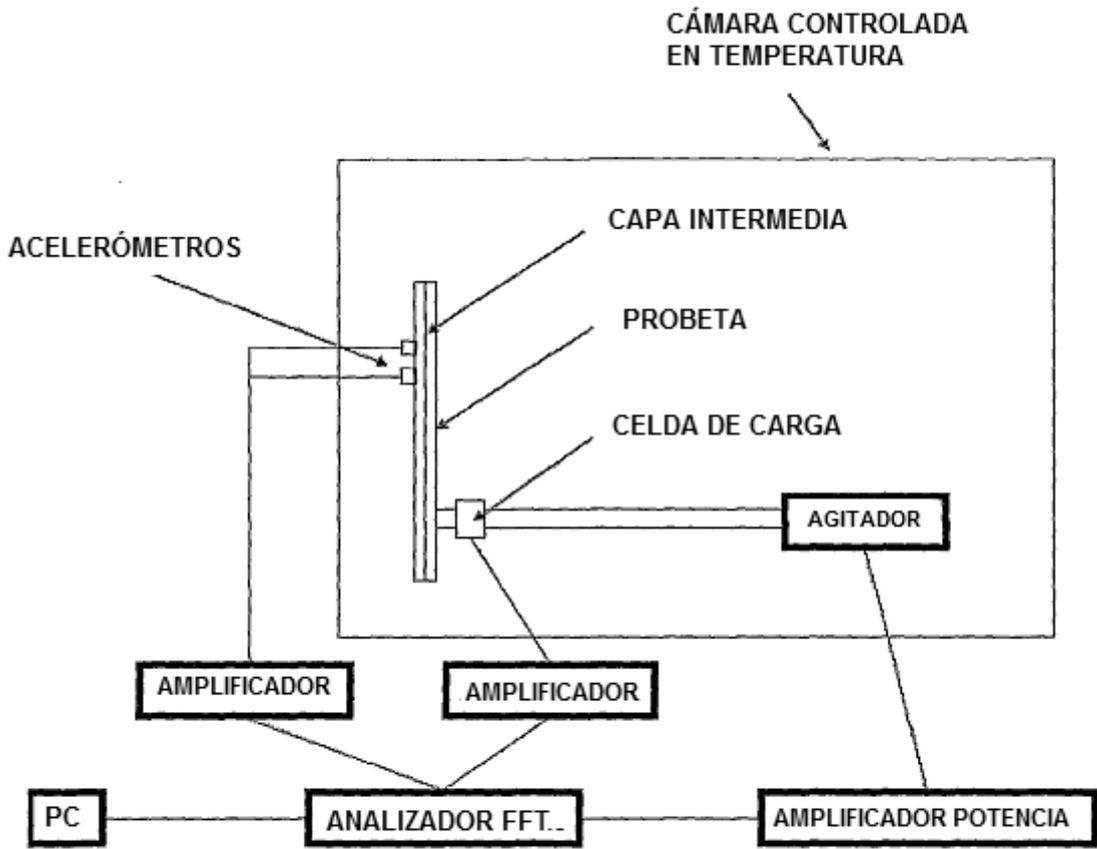


Figura 3

T = -20 °C

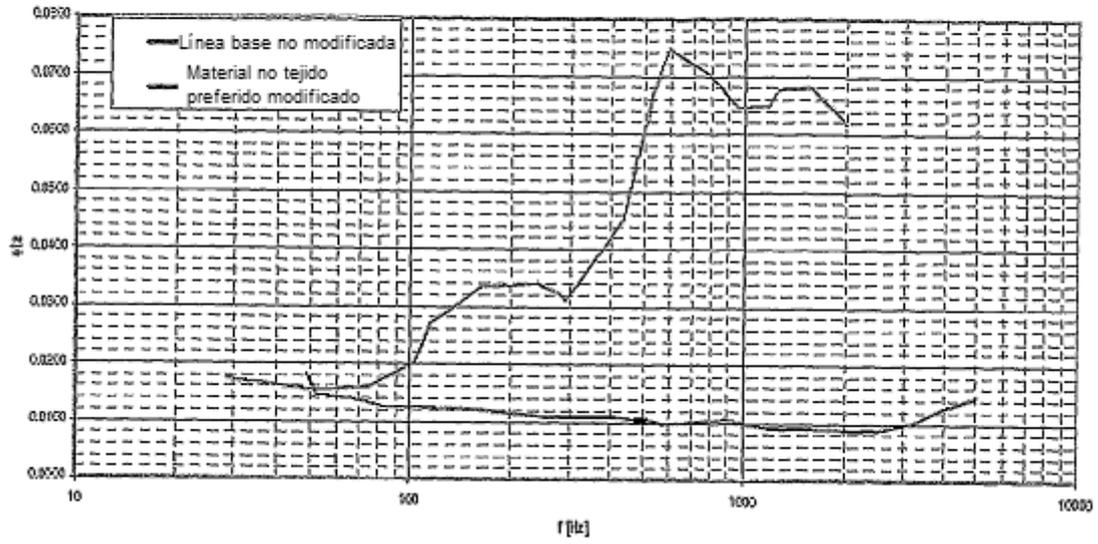


Figura 4

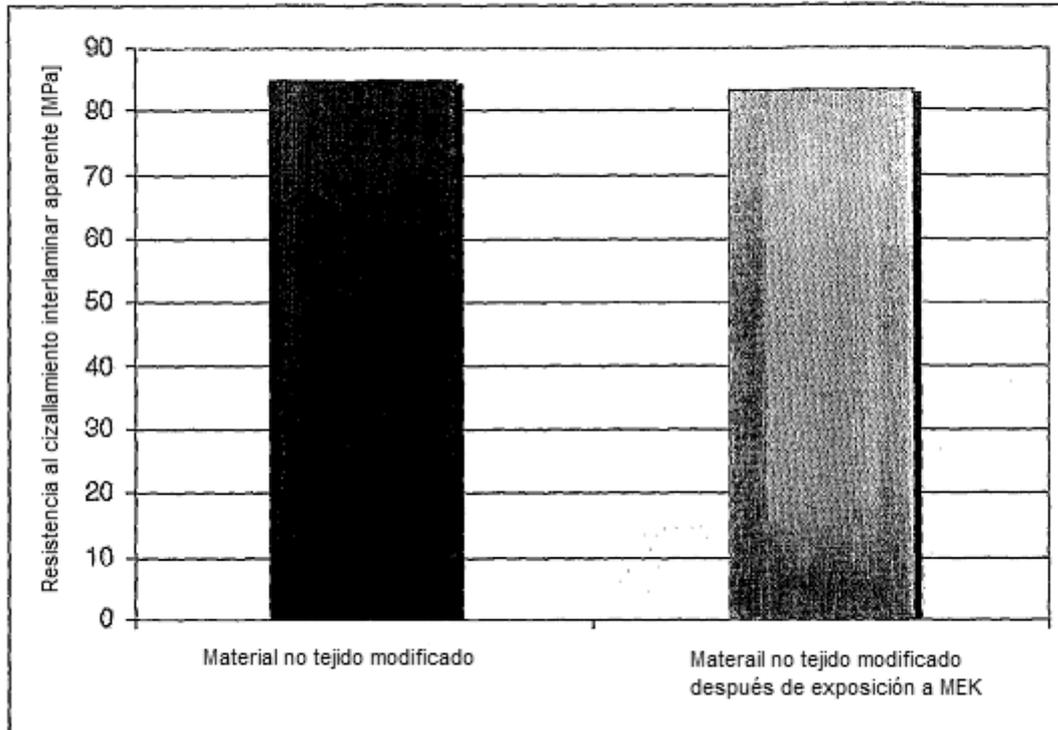


Figura 5

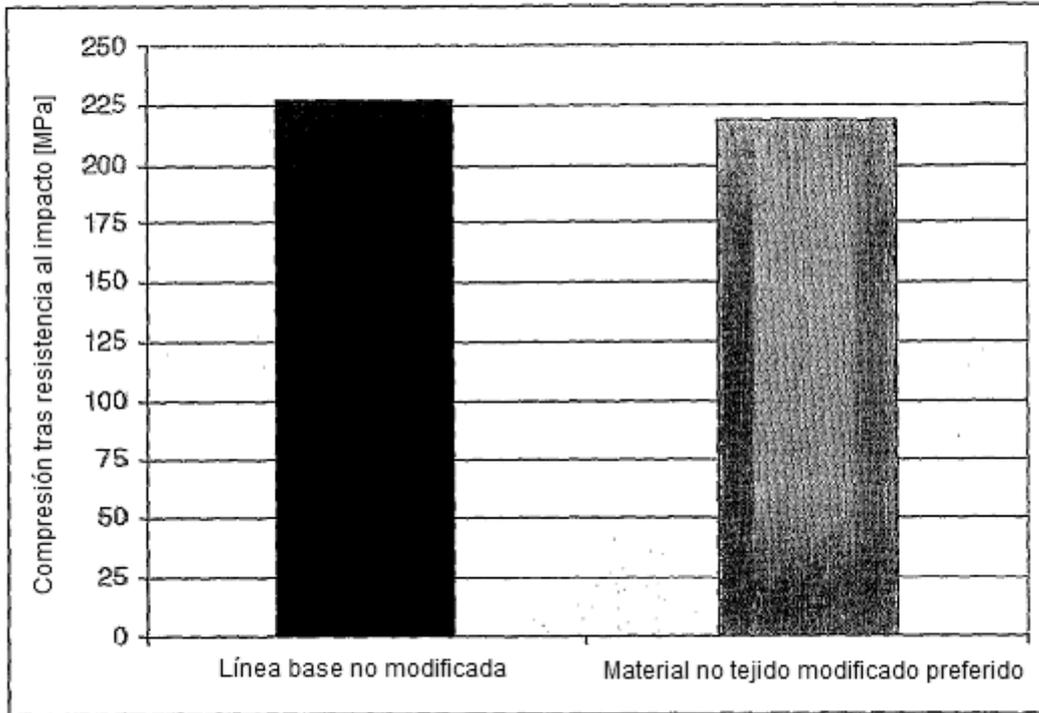


Figura 6

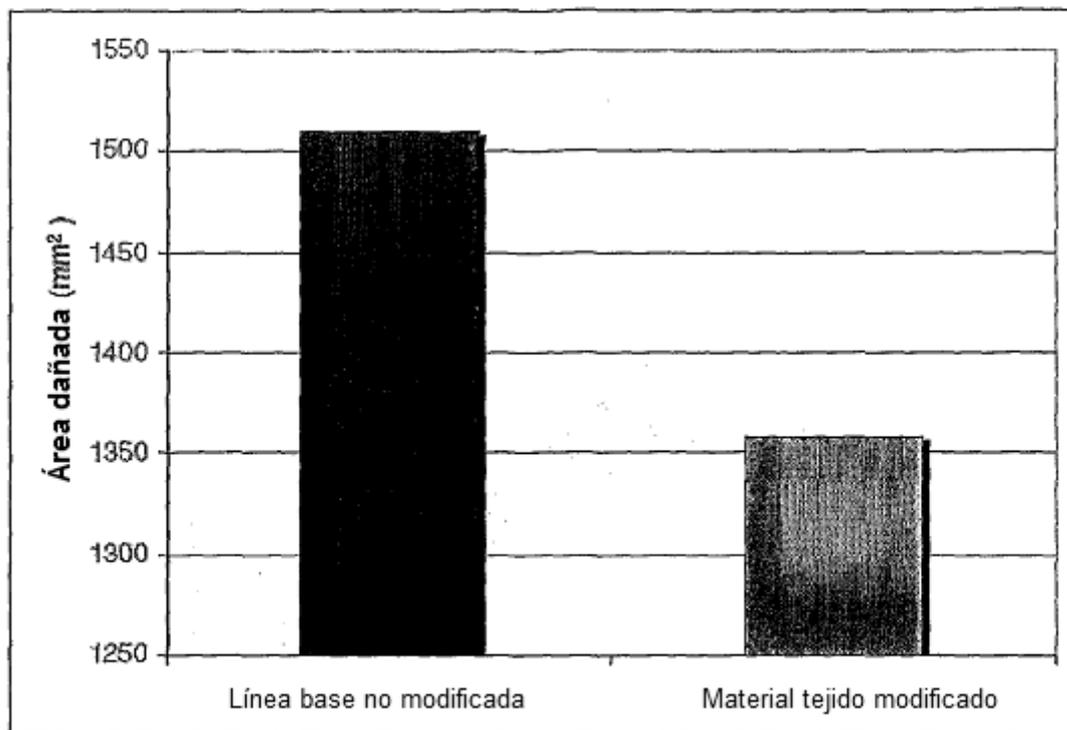


Figura 7

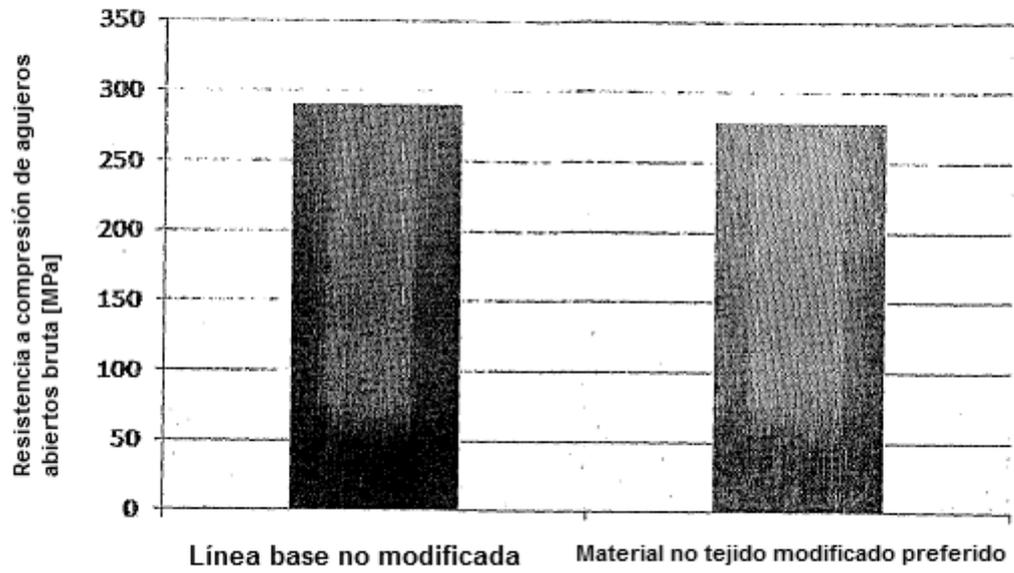


Figura 8

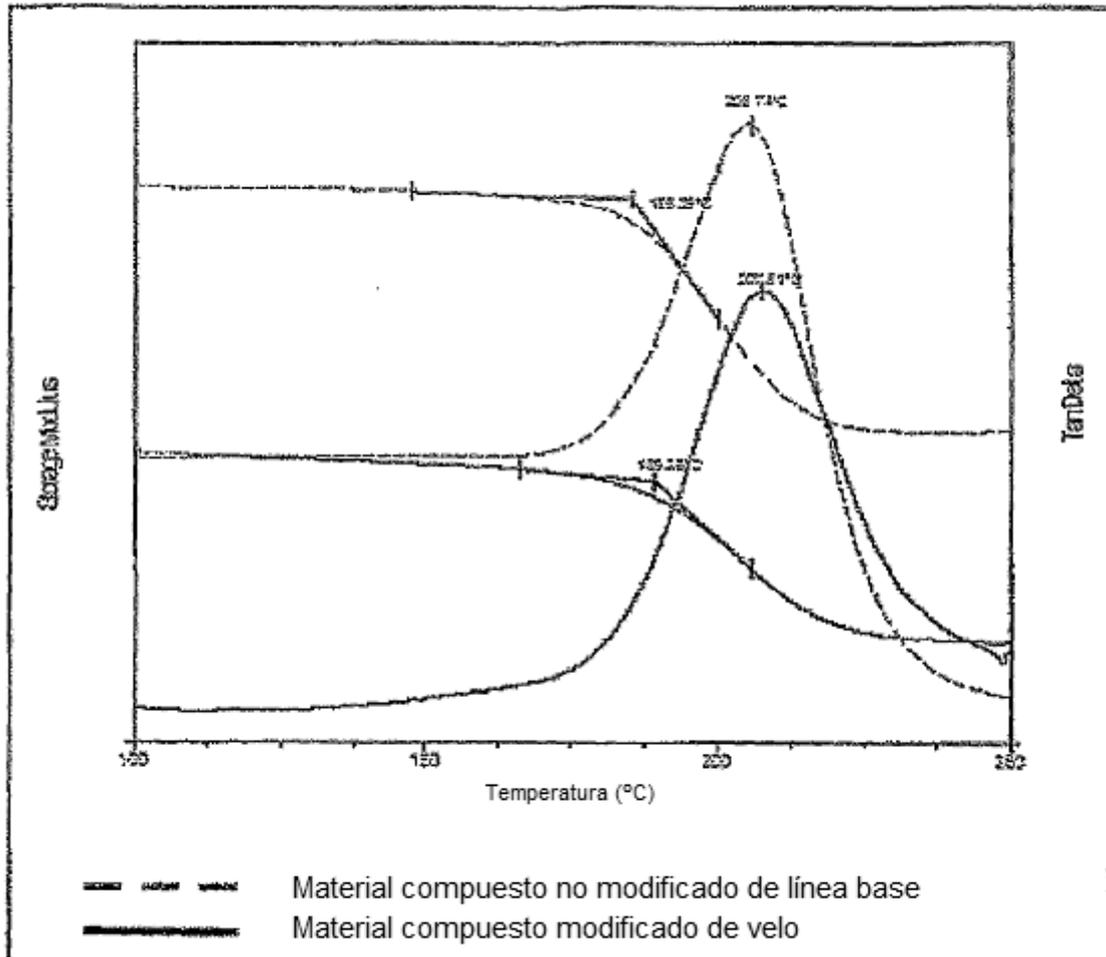


Figura 9

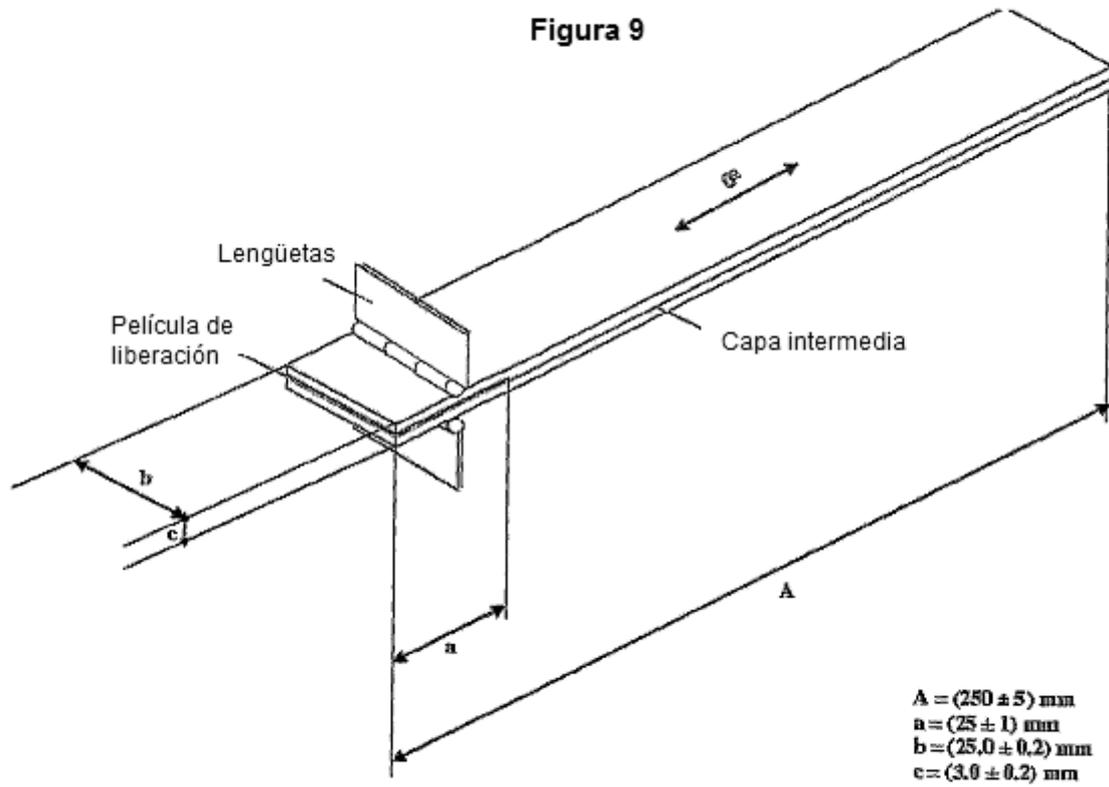
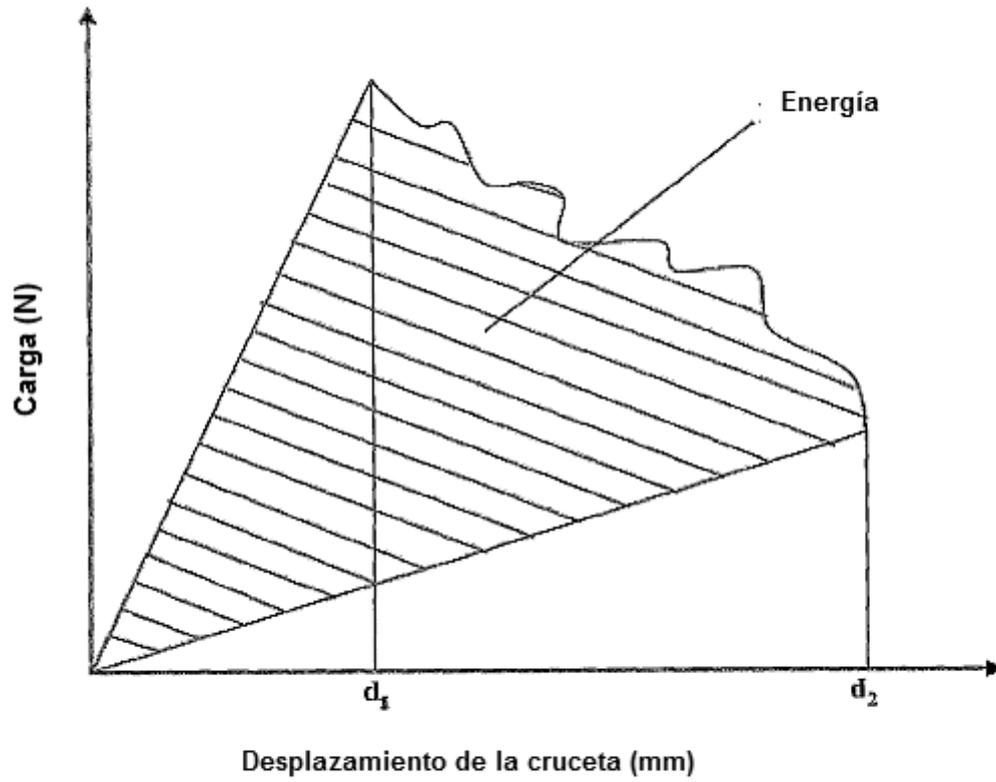


Figura 10



d_1 : Desplazamiento de la cruceta a la longitud inicial de la grieta
 d_2 : Desplazamiento de la cruceta a la longitud final de la grieta

Figura 11

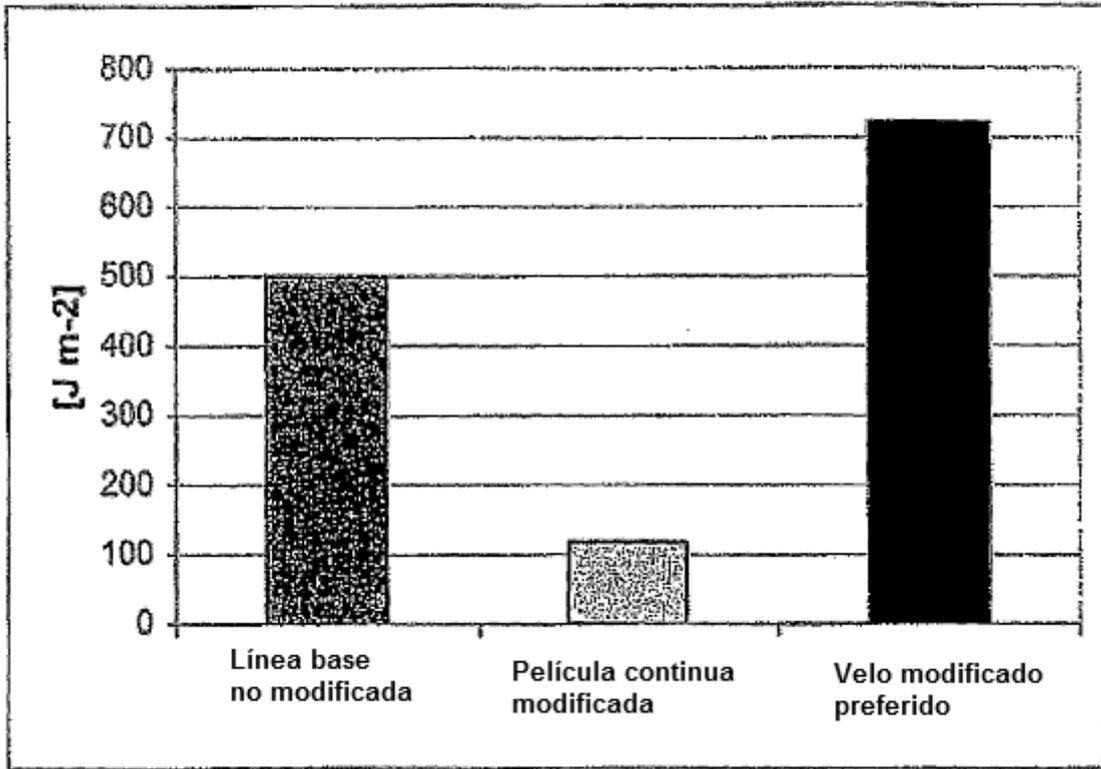


Figura 12

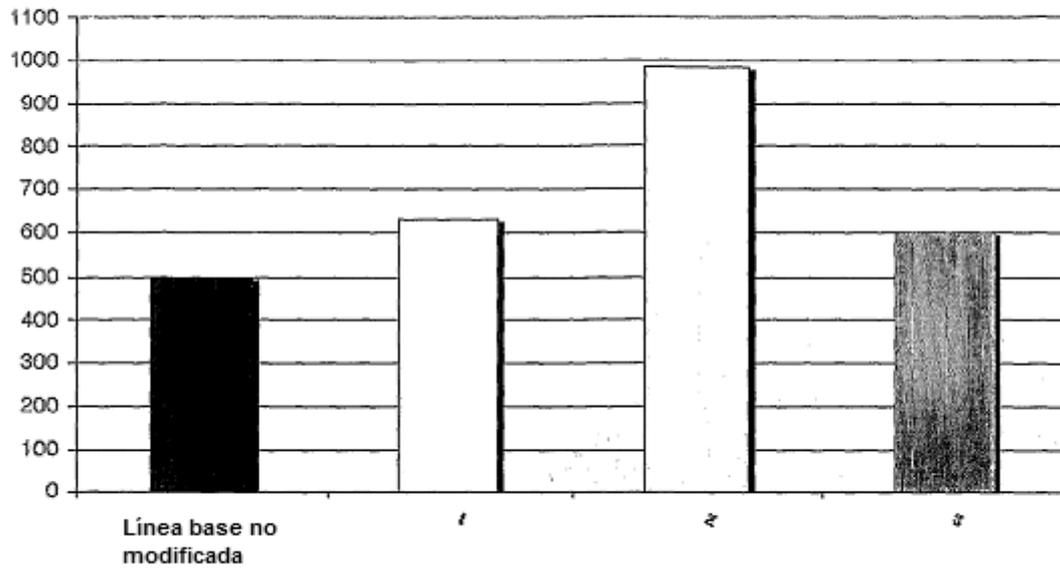


Figura 13

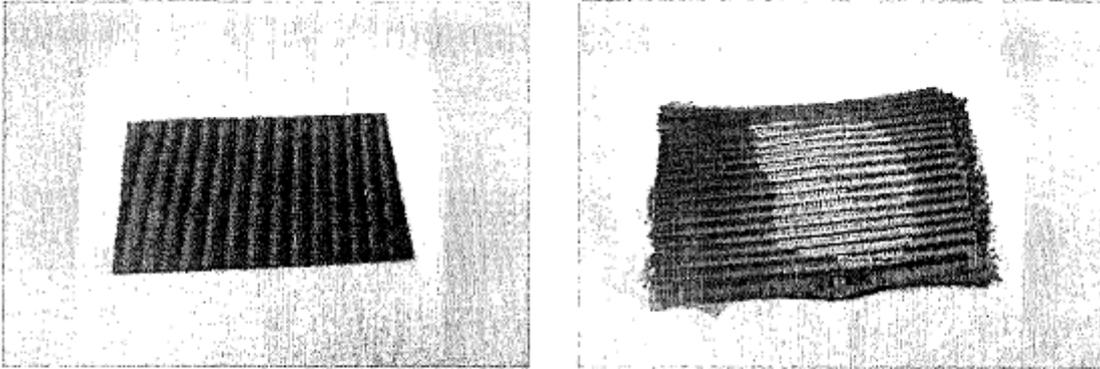


Figura 14

