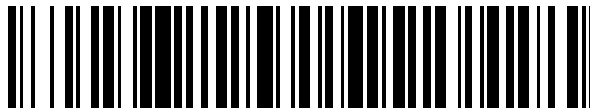


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 798 250**

51 Int. Cl.:

**B32B 5/26** (2006.01)

**B32B 5/28** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **16.12.2011 PCT/EP2011/073021**

87 Fecha y número de publicación internacional: **05.07.2012 WO12089534**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.12.2011 E 11802897 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.03.2020 EP 2658712**

54 Título: **Estructuras de gradiente de composición y de múltiples capas con propiedades de amortiguación mejoradas**

30 Prioridad:

**28.12.2010 US 201061427776 P**

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

**10.12.2020**

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**RESTUCCIA, CARMELO, LUCA y  
FRULLONI, EMILIANO**

74 Agente/Representante:

**LEHMANN NOVO, María Isabel**

ES 2 798 250 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**

Estructuras de gradiente de composición y de múltiples capas con propiedades de amortiguación mejoradas

Antecedentes de la invención

Campo de la invención

5 Se dan a conocer materiales compuestos que tienen propiedades de amortiguación acústicas y de vibración favorables, al tiempo que mejoran otras propiedades mecánicas compuestas. En particular, son materiales útiles compuestos que contienen capas intermedias no tejidas de múltiples capas de material textil no tejido con un gradiente de composición, por ejemplo, en estructuras encontradas en aeronaves, tales como revestimientos de fuselaje, largueros y armazones. También se contemplan métodos de realización del material compuesto y las  
10 estructuras y aeronaves que contienen el material compuesto.

Descripción de la técnica relacionada

Los compuestos de matriz polimérica con refuerzo de fibra (PMC) son materiales estructurales de alto rendimiento que se usan habitualmente en aplicaciones que requieren resistencia a entornos agresivos, una fuerza elevada, y/o un bajo peso. Ejemplos de tales aplicaciones incluyen componentes de aeronave (por ejemplo, colas, alas, fuselajes, propulsores), casco de hidroavión, y armazones de bicicleta. Los PMC pueden comprender capas de fibras que se ligan en conjunto con un material de matriz, tal como una resina polimérica. Las fibras refuerzan la matriz, soportando la mayor parte de la carga soportada por la estructura compuesta, al tiempo que la matriz soporta la menor parte de la carga soportada por la estructura compuesta y también transfiere carga procedente de fibras rotas a fibras intactas. De esta manera, los PMC pueden soportar cargas mayores de lo que o bien la matriz o la fibra pueden soportar por sí solas. Además, al personalizar las fibras de refuerzo en una geometría u orientación particular, la estructura compuesta puede diseñarse de manera eficaz para minimizar el peso y el volumen.  
15  
20

Se han desarrollado numerosos procedimientos para la fabricación de los PMC. Ejemplos pueden incluir estratificación húmeda, preimpregnado, e infusión líquida. En la estratificación húmeda, la fibra de refuerzo está húmeda con el material de matriz, se coloca en una cavidad de molde, y se permite que se endurezca o cure. Este procedimiento puede realizarse de forma automática, tal como con un dispositivo 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 humedecidas en el molde. Alternativamente, la resina puede aplicarse manualmente usando cepillos.  
25

En el preimpregnado, los componentes compuestos se fabrican con materiales preimpregnados o material textil tejido preimpregnado. Las fibras de refuerzo se impregnan con la resina de matriz de forma controlada y se congelan con el fin de inhibir la polimerización de la resina. Entonces, los materiales preimpregnados congelados se envían y almacenan en el estado congelado hasta que sea necesario. Cuando se fabrican partes compuestas a partir de materiales preimpregnados, los materiales preimpregnados, atemperados a temperatura ambiente, se cortan, y se colocan en la cavidad de molde. Una vez en su sitio, los materiales preimpregnados se someten a bolsa de vacío y se curan a presión para lograr la fracción de volumen de fibra requerida con un mínimo de orificios.  
30

El uso de materiales compuestos avanzados ha ido ganando una mayor aceptación durante las últimas décadas debido a sus relaciones de alta resistencia con respecto a peso y rigidez con respecto a peso. Los materiales compuestos avanzados muestran una rigidez elevada, pero un rendimiento de amortiguación inferior y en comparación con metales y compuestos de matriz de metal. Por tanto, existe una necesidad de materiales compuestos avanzados que tienen una capacidad de amortiguación mejorada de un sistema estructural compuesto con poca reducción de rigidez y resistencia.  
35  
40

El documento US2006/264142 describe un material no tejido que incluye primeras fibras de efecto, primeras fibras de ligadura, segundas fibras de ligadura, y fibras de volumen. El material no tejido tiene una primera zona plana con un recubrimiento exterior, y una zona de volumen. La primera zona plana incluye una mayor concentración de primeras fibras de efecto y primeras fibras de ligadura. La zona de volumen incluye una mayor concentración de fibras de volumen y segundas fibras de ligadura. Las primeras fibras de efecto pueden ser fibras ignífugas. El documento US2010/170746 describe material compuesto que comprende una capa no tejida que tiene una lámina intermedia viscoelástica, que puede colocarse entre los pliegos en la misma. La solicitud estadounidense n.º 12/683105 (publicación n.º 20100170746), que se presenta por los mismos beneficiarios que la presente solicitud, se refiere a un material compuesto que comprende una capa no tejida que tiene una lámina intermedia viscoelástica, que puede colocarse entre los pliegos en la misma. Aunque este material tiene propiedades de amortiguación acústicas y de vibración mejoradas con respecto a los materiales convencionales, en la industria existe la necesidad de un material con propiedades de amortiguación acústicas y de vibración y, al mismo tiempo, con propiedades mecánicas compuestas mejoradas tales como la resistencia a la delaminación para hacer avanzar la tecnología y satisfacer a los consumidores. Además, resultaría útil si las propiedades de amortiguación acústicas y de vibración pudieran lograrse sin tratamiento de plasma, que es un tratamiento complejo, costoso y posiblemente agresivo que puede presentar un efecto posiblemente dañino sobre otras propiedades mecánicas.  
45  
50  
55

Compendio de la invención

Estas y otras propiedades se logran mediante las composiciones novedosas en el presente documento, que incluyen material compuesto estructural curado o sin curar.

5 Un material compuesto estructural curado o sin curar comprende un componente estructural, tal como fibras de carbono; un componente de resina; y una capa intermedia que comprende al menos dos tipos de material no tejido en una o más capas no tejidas; en donde el componente estructural presenta la forma de una pluralidad de capas de material textil que comprenden fibras estructurales; en donde la capa intermedia que comprende al menos dos tipos de material no tejido en una o más capas no tejidas se coloca entre un par de capas adyacentes del material textil; en donde un primer tipo de material no tejido comprende una parte de núcleo de la capa intermedia y en donde un  
10 segundo tipo de material no tejido comprende partes exteriores de la capa intermedia en cada lado de una parte de núcleo; y en donde tras el curado de la lámina intermedia comprende una gradiente de interpenetración de resina entre el material no tejido en las partes exteriores y de núcleo en la dirección z en el material compuesto estructural.

15 La composición comprende un componente de resina; y una lámina intermedia que comprende al menos dos tipos de material no tejido en una o más capas no tejidas; en donde un primer tipo de material no tejido se encuentra en una parte de núcleo de la capa intermedia y en donde un segundo tipo de material no tejido se encuentra en partes exteriores de la capa intermedia en cada lado de una parte de núcleo; en donde tras el curado de la lámina intermedia comprende un gradiente de interpenetración de resina entre el material no tejido en las partes exteriores y de núcleo en la dirección z en un material compuesto estructural.

20 Tras el curado, las partes exteriores de la lámina intermedia se encuentran más interpenetradas con el componente de resina que la parte de núcleo.

25 La lámina intermedia comprende al menos tres capas de material no tejido; en donde la parte de núcleo comprende una capa del primer tipo de material no tejido; en donde las partes exteriores son capas exteriores del segundo tipo de material no tejido; y en donde la capa de núcleo se coloca entre las capas exteriores. Sin embargo, también se contempla una única capa, en donde la lámina intermedia comprende una capa de material no tejido que tiene un gradiente de composición; y en donde el gradiente de composición varía progresivamente de la parte de núcleo a las partes exteriores de la lámina intermedia. El material no tejido puede preimpregnarse parcial o totalmente con el componente de resina antes del curado. Además, la superficie de la lámina intermedia puede tratarse previamente para mejorar adicionalmente la adhesión de la lámina intermedia con respecto al componente estructural. El material  
30 no tejido comprende al menos un elastómero termoplástico o una mezcla del mismo; y al menos un polímero o copolímero termoplástico y/o una mezcla de los mismos. El elastómero termoplástico puede comprender al menos un copolímero seleccionado del grupo que consiste en elastómeros termoplásticos de estireno, elastómeros termoplásticos a base de poliolefina y una mezcla de los mismos. El termoplástico puede seleccionarse del grupo que consiste en poliésteres, poliamidas, poliolefinas, uno de sus copolímeros y una mezcla de los mismos.

La lámina intermedia puede comprender, además, compuestos o rellenos orgánicos e inorgánicos.

35 El componente de resina es una composición termoendurecible.

La lámina intermedia puede integrarse en el componente de resina antes del procedimiento de curado.

Estas y otras realizaciones se dan a conocer en el presente documento.

Breve descripción de los dibujos

40 La Figura 1 representa realizaciones de estructuras de múltiples capas descritas en el presente documento. La estructura 1 ilustra una realización en donde las capas no tejidas están totalmente preimpregnadas con resina. La estructura 2 ilustra una realización en donde las capas no tejidas están parcialmente preimpregnadas con resina.

La Figura 2 es una gráfica que compara compuestos modificados con múltiples velos, que ilustran el factor de pérdida promedio en el intervalo 100-3000Hz en función de la temperatura.

45 La Figura 3 muestra microscopía de fluorescencia y de campo brillante de secciones ampliadas del plano intermedio en estructuras laminadas modificadas de múltiples capas.

La Figura 4 es una gráfica que ilustra el factor de pérdida en función de frecuencia a -30°C.

La Figura 5 es una gráfica que ilustra la pérdida de transmisión promedio en función de frecuencia a 25°C.

Descripción detallada de la realización preferida

50 Puede obtenerse un rendimiento de amortiguación elevado al tiempo que se mejora adicionalmente otras propiedades mecánicas compuestas tales como la resistencia a la delaminación usando un velo de múltiples capas no tejido o una lámina intermedia que tiene un gradiente de composición que forma parte de un material compuesto. Los materiales no tejidos en una secuencia son suficientemente similares para impedir que la incompatibilidad de

5 material entre las capas o partes de una lámina intermedia, tal como entre una posición o capa de núcleo y partes o capas exteriores adyacentes, pero al mismo tiempo sean lo suficientemente diferentes de modo que las partes o capas exteriores presenten una mejor interpenetración de resina en comparación con partes o capas de núcleo adyacentes tras el curado. Una secuencia de este tipo forma una morfología interlaminar peculiar que presenta una combinación de propiedades ventajosas, que, de otro modo, son difíciles de lograr simultáneamente cuando se usa un único material no tejido, o cuando se usa una secuencia de capas no deseada.

Estas propiedades son importantes en la industria aeroespacial, que se centra en mejorar el rendimiento de sus productos, lo que conlleva un aumento constante del uso de materiales compuestos avanzados para las estructuras principales y secundarias de las aeronaves.

10 Las principales ventajas de los compuestos en diseños de aeronave son su relación de alta resistencia con respecto a peso, un excelente aguante a la fatiga, resistencia a la corrosión y flexibilidad, lo que permite una reducción significativa de cantidad de partes de componentes y la necesidad de elementos de sujeción y juntas.

Sin embargo, la rigidez de los materiales compuestos da como resultado una eficacia inferior para atenuar el ruido, la vibración y la fatiga resultante sobre la estructura si se compara con los metales.

15 Las soluciones habituales para mejorar el rendimiento acústico incluyen el uso de técnicas de control activas, semiactivas o pasivas.

20 Un mecanismo común usado para hacer frente a los problemas de vibración/ruido en estructuras compuestas se basa en la amortiguación viscoelástica. En este caso, debe aplicarse un gran número de dispositivos "adicionales" sin limitar o limitados a la superficie de vibración/emisión. En el primer caso, una capa de amortiguación se liga directamente a la superficie de vibración disipando la energía a través de una serie de deformaciones de tensión/compresión cíclicas, junto con la flexión de la estructura. En el segundo caso, una capa viscoelástica/elastomérica combinada con una capa compuesta/de metal de limitación se liga a la superficie de emisión facilitando la disipación de la energía de deformación de vibración/acústica para dar calor a través de un mecanismo de deformación de cizalladura cíclico.

25 Se han usado materiales de absorción de sonido adicionales de múltiples capas para aplicaciones interiores de automoción para proporcionar una mejora en la reducción de ruido y comodidad de crucero. Se desarrollaron diferentes combinaciones de núcleos, espumas, películas continuas viscoelásticas y material textil no tejido con composición, grosor, peso, rendimiento acústico y capacidad de fabricación diferentes para estas aplicaciones. Se dieron a conocer estructuras que contienen una secuencia de barrera impermeable al aire, núcleos de refuerzo permeables al aire, espumas de celdas abiertas permeables al aire, almohadillas de fibras y membranas resistentes a flujo de aire semipermeables para mejorar el rendimiento acústico del interior de coche (documento US7320739A2). Se han presentado materiales de absorción de sonido leve que comprenden una pluralidad de capas compuestas por un material de membrana de superficie rígida estratificado en un lado de una capa de material textil no tejido de fibra orgánica y unido a una parte de cuerpo de coche que interpone una capa de aire entre las dos últimas capas (solicitud internacional WO2007/026411A1). Habitualmente, una capa adhesiva se aplica sobre la superficie de las películas de amortiguación hacia la parte que va a amortiguarse para facilitar la colocación del dispositivo y la adhesión a la superficie global. Se dieron a conocer láminas de amortiguación adicionales de múltiples capas que contienen una serie de películas perforadas, porosas y continuas (documento US 6953105 B2) para mejorar el rendimiento de amortiguación y la adhesión a los paneles de techo y cuerpo de coche. También se desarrollaron soluciones que incluyen películas termoplásticas soportadas por fibras de fijación y combinadas con películas adhesivas (documento US 2008/0152854 A1). El documento US 2009/0075052 A1 describe una cinta adhesiva para soldadura térmica que comprende un sustrato polimérico ligado revestido con un adhesivo sensible a la presión a base de caucho natural o de acrilato mezclado con fibras. Se han usado de manera creciente arquitecturas complejas que comprenden una secuencia específica de películas elásticas y materiales no tejidos para aplicaciones de materiales textiles, ropa y pañales para mejorar las propiedades estéticas y de sensación al tacto al tiempo que se mantiene la flexibilidad y adecuación del producto (documento US 2008/004138) o mostrando capacidad de estirado latente (documento US 2008/0095978).

50 Recientemente, se ha desarrollado un segundo enfoque basándose en el uso de películas viscoelásticas curadas de manera conjunta interpuestas en la estructura laminada compuesta para minimizar el efecto del ruido y la fatiga. El documento US2007/0071957, por ejemplo, da a conocer el uso de materiales estructurales compuestos que contienen una pluralidad de materiales fibrosos integrados en un material de matriz estructural y que contienen entre los mismos películas perforadas de amortiguación. También se dieron a conocer las estructuras compuestas laminadas que incluyen fibra preimpregnada con una matriz de resina termoendurecible por encima de su Tg (en el estado viscoelástico) (documento US 6764754) o películas viscoelásticas soportadas por fibras curadas conjuntamente (documento US2008/0277057).

También se presentó una solución alternativa basada en el uso de una estructura compuesta que comprende un material de matriz y una pluralidad de fibras de cable de aleación con memoria de forma (solicitud internacional WO 2008/147754).

La solicitud de patente estadounidense n.º 12/683105 (publicación n.º 20100170746) se refiere a un material compuesto que comprende una capa no tejida que tiene una lámina intermedia viscoelástica, que puede colocarse entre los pliegos en la misma.

5 Aunque las soluciones de material habituales pueden mejorar parcialmente el rendimiento de amortiguación de los compuestos, estos siguen presentando limitaciones sustanciales en cuanto al coste, peso, rendimiento mecánico y flexibilidad/adecuabilidad de los procedimientos de fabricación. La naturaleza química (principalmente elastómeros vulcanizados) y la forma de producto (principalmente películas continuas) de los materiales de la técnica anterior limita su aplicación a procedimientos de colocación de fibra automáticos o de infusión. La mayoría de los amortiguadores 'adicionales' deben aplicarse manualmente a la superficie de emisión, dando como resultado costes de instalación, trabajo y mantenimiento adicionales. Por tanto, sigue habiendo una fuerte necesidad de una solución de material que supere la mayor parte de las limitaciones técnicas y de coste, que pueda integrarse en las estructuras compuestas que usan procedimientos de fabricación actuales y que pueda adaptarse fácilmente a aplicaciones específicas.

15 La integración en zonas específicas de una estructura compuesta (tal como entre los pliegos en la misma) de un material de múltiples capas no tejido forma una estructura interlaminar controlada durante el ciclo de curado dando como resultado un gradiente de interpenetración de resina en la dirección z. La dirección z se entiende habitualmente en la técnica de los materiales no tejidos e incluye una dirección generalmente "fuera de plano", o perpendicular a los planos de las diversas capas en un material compuesto estructural. Una integración de este tipo de un material de múltiples capas no tejido puede dar como resultado una mejora sustancial de su atenuación de ruido/vibración al tiempo que mantiene o mejora sus propiedades mecánicas. La capa intermedia tiene una pluralidad de capas adyacentes en donde el material no tejido usado en dos capas adyacentes es lo suficientemente similar para ser compatible pero lo suficientemente diferente de modo que el nivel de interpenetración de resina para cada material da como resultado una amortiguación y unas propiedades mecánicas favorables tras el curado. Por ejemplo, estas propiedades pueden lograrse usando capas exteriores que tienen un mejor nivel de interpenetración de resina tras el curado en comparación con una capa de núcleo entre las capas exteriores. Durante el ciclo de curado, la composición, grosor y permeabilidad al aire de las capas exteriores no tejidas permite que penetre más resina en la estructura de múltiples velos no tejida debido a su capacidad para conservar su forma y limitar el hinchado del material no tejido, tal como las microfibras. Por el contrario, la capa de núcleo presentará una composición y permeabilidad al aire ligeramente diferentes porque es capaz de permitir un hinchado más acentuado y controlado del material no tejido (tal como las microfibras) reduciendo, por tanto, ligeramente el espacio disponible para que la resina interpenetre. Al controlar la interpenetración de resina en la estructura usando diferentes materiales no tejidos y usando los materiales en una secuencia particular, se logran una resistencia interlaminar y propiedades de amortiguación mejoradas. Por tanto, una estructura en la que partes exteriores que contienen zonas interpenetradas que contienen más resina, en comparación con el núcleo, da como resultado un excelente rendimiento mecánico y de amortiguación. Este efecto también puede lograrse mediante un material de única capa que tiene un gradiente de composición en la dirección z. Por el contrario, una estructura con un núcleo altamente permeable que se interconecta con capas exteriores altamente permeables, no logrará unas propiedades de amortiguación y de resistencia interlaminar tan favorables. En la configuración 2, mostrada en la Tabla 2 a continuación, se usa el mismo grado de velo, lo que permite mayores niveles de interpenetración de resina para las tres capas de la estructura de múltiples velos. En este caso, se obtiene una interpenetración de resina uniforme en la dirección z de la estructura de múltiples velos. La morfología peculiar lograda en los aspectos de la invención no puede crearse tras el curado y esta configuración da como resultado unas propiedades mecánicas y de amortiguación peores. Por tanto, se muestra la configuración 2 en el ejemplo para ilustrar que, si se usan tres materiales aleatorios con la misma composición, no se crea la morfología peculiar lograda en los aspectos de la invención.

La capa de núcleo o parte de núcleo crea una red casi continua con las otras capas o partes debido al efecto de hinchado e interpenetración controlados en la superficie de contacto entre los materiales no tejidos (tal como las microfibras) en las capas o partes adyacentes. Este comportamiento es debido a la diferencia muy limitada en la composición entre las capas o partes, lo que impide problemas de incompatibilidad de materiales.

50 Por tanto, tanto la composición como los parámetros físicos de los diversos materiales no tejidos usados, y la secuencia específica en la que se colocan las capas no tejidas o las partes de capa intermedia, puede determinar el contenido de resina tras el curado, el efecto sobre la amortiguación, y el rendimiento mecánico del material compuesto resultante.

55 Los materiales pueden someterse a prueba fácilmente por un experto en la técnica para comparar la interpenetración de resina y la compatibilidad entre diversos materiales no tejidos.

60 Las composiciones no tejidas compatibles pueden caracterizarse por niveles reducidos de tensión interfacial y una alta adhesión interfacial en el estado sólido como efectos de fuerzas covalentes, iónicas, intermoleculares, dipolo-dipolo, ion-dipolo, de enlace de H o van der Waals. Las composiciones no tejidas compatibles no se separan de fase de manera tosca para dividirse en componentes individuales durante el ciclo de curado y no pierden propiedades tecnológicas útiles en las condiciones de funcionamiento compuestas. Pueden usarse diversas técnicas térmicas, de dispersión, espectroscópicas, microscópicas, cromatográficas e interfaciales para evaluar el nivel de compatibilidad

de diferentes composiciones no tejidas. La elección de la técnica característica se lleva a cabo, principalmente, por las composiciones no tejidas y el tipo de interacción entre los diferentes polímeros constitutivos de las mezclas.

5 Los valores de permeabilidad al aire de materiales no tejidos pueden medirse según ASTM D737-04(2008). Las capas no tejidas que tienen unos valores de permeabilidad al aire elevados (tales como  $\geq 70 \text{cc/cm}^2/\text{s}$ ) pueden usarse para las capas exteriores no tejidas de la estructura de múltiples velos o para las partes exteriores del velo que tienen un gradiente de composición en la dirección z dentro de su estructura. Las capas no tejidas que tienen unos valores de permeabilidad al aire bajos (tales como  $< 70 \text{cc/cm}^2/\text{s}$ ) pueden usarse para la capa de núcleo no tejida de la estructura de múltiples capas dada a conocer o para la parte central del material no tejido que tiene un gradiente de composición en la dirección z y dentro de su estructura.

10 Los niveles de permeabilidad al aire óptimos se seleccionan, habitualmente, basándose en la composición no tejida, factor de hinchado de microfibras, composición de resina y ciclo de curado.

15 Los niveles de interpenetración de resina y de comportamiento de hinchado en material no tejido pueden observarse y cuantificarse analizando una pequeña parte de material no tejido impregnado o parcialmente impregnado usando un microscopio óptico equipado con un sistema de platina caliente y que reproduce las condiciones del ciclo de curado. Los materiales no tejidos constituidos por microfibras que se hinchan mínimamente (menos del 50% de su volumen inicial) o no se hinchan en el sistema de resina son adecuados para las capas exteriores no tejidas de la estructura de múltiples velos o para las partes exteriores del velo que presentan un gradiente de composición en la dirección z dentro de su estructura. Los materiales no tejidos constituidos por microfibras que se hinchan más del 50% y más específicamente entre el 50 y el 200% de su volumen inicial pueden usarse para la capa de núcleo no tejida de la estructura de múltiples capas dada a conocer o para la parte central del material no tejido que tiene un gradiente de composición en la dirección z y dentro de su estructura.

20 El velo de múltiples capas y la combinación de resina pueden fabricarse fácilmente garantizando diversos grados de flexibilidad para satisfacer cualquier forma, arquitectura y requisito de especificación (composición de capas, diámetro de fibra, peso, grosor, permeabilidad al aire/resina y propiedades mecánicas). Pueden desarrollarse diferentes arquitecturas y secuencias de capa para cumplir los requisitos de temperatura y amortiguación de frecuencia específicos. El material es adecuado para la mayoría de los procedimientos de fabricación de compuestos que incluyen colocación de fibra automática y de infusión. El uso de estructuras de gradiente de composición y de múltiples capas puede dar como resultado una reducción significativa de la cantidad de partes, peso, complejidad de estructura y costes de trabajo/instalación/mantenimiento. El material puede integrarse durante la fabricación del revestimiento de fuselaje/armazones/largueros sin necesidad de etapas adicionales. La solución puede aplicarse fácilmente solo a zonas específicas de la estructura, lo que contribuye adicionalmente a la eficacia de amortiguación y al ahorro de peso. Al mejorar el rendimiento de atenuación de sonido de las estructuras compuestas, se prevén reducciones adicionales de coste y peso debido a la reducción de tamaño y peso de los tratamientos de amortiguación secundarios instalados entre el revestimiento y los paneles interiores.

35 Se demostró que los elastómeros termoplásticos y mezclas de los mismos en combinación con polímeros, copolímeros termoplásticos o mezclas de los mismos que proporcionan un buen equilibrio entre, capacidad de procedimiento, coste y propiedades termomecánicas en aplicaciones de amortiguación acústica. Los materiales no tejidos realizados mediante ingeniería pueden integrarse en zonas seleccionadas de estructuras compuestas para mejorar su rendimiento de amortiguación frente a ruido y vibración. Los parámetros tales como la composición, permeabilidad al aire, A/W, diámetro y grosor de fibra pueden ajustarse de manera muy precisa para lograr niveles de interpenetración de resina adecuados/deseados y, por tanto, elevados valores de resistencia al arrancado y a fallos cohesivos. Por el contrario, un alto contenido en resina en la estructura de lámina intermedia puede limitar el potencial de amortiguación de laminado.

45 Las películas elastoméricas continuas intercaladas de manera individual o en combinación con adhesivos pueden mejorar el rendimiento acústico compuesto. La naturaleza inherente de los materiales usados (principalmente cauchos vulcanizados) limita su adhesión a las capas adyacentes, reduciendo en gran medida el rendimiento mecánico y su potencial uso para componentes estructurales y estructuras de aeronaves.

50 Aspectos de las soluciones descritas en el presente documento que se crean durante el ciclo de curado de una estructura controlada con un gradiente de interpenetración de resina en la dirección z pueden maximizar tanto el rendimiento de amortiguación como la resistencia al arrancado de los compuestos interpuestos al tiempo que mantienen o mejoran sus propiedades mecánicas.

55 El término "integrado" tal como se usa en el presente documento tiene su significado habitual tal como se conoce por los expertos en la técnica y se refiere a estructuras amortiguadas que contienen una combinación de elementos en una estructura que funcionan de manera conjunta y en donde cualquier elemento forma parte íntima de la estructura principal y no puede separarse fácilmente, y en un aspecto no puede separarse de ningún modo. Una estructura amortiguada integrada incluye compuestos que se curan en conjunto con el material de amortiguación de material no tejido. En otras realizaciones, el componente de resina penetra en el material no tejido parcialmente o sustancialmente por completo. Por tanto, la composición de resina estructural es continua o parcialmente continua en la totalidad de la estructura compuesta. Tras el calentamiento, puede obtenerse una difusión parcial y un

entremezclado de la lámina intermedia dentro de la resina matriz, lo que mejora adicionalmente la resistencia del compuesto final y forma una estructura integrada.

5 El término “curado conjuntamente” tal como se usa en el presente documento tiene su significado habitual tal como se conoce por los expertos en la técnica e incluye material que se cura en una única etapa. Por ejemplo, en un preimpregnado que tiene una lámina intermedia parcial o completamente impregnada con resina puede curarse conjuntamente o curarse en una única etapa. La curación conjunta de la capa intermedia que tiene el material no tejido con el resto de los componentes en el material compuesto da como resultado una estructura integrada.

10 El material no tejido puede usarse para diferentes procedimientos de fabricación. El material no tejido también puede usarse para realizar materiales preimpregnados. El material no tejido y la fibra o preforma pueden infusionarse con resina simultáneamente o durante el mismo procedimiento de infusión, produciendo una estructura integrada. En esta realización, la capa no es una película continua o una película parcialmente continua que actúa como una barrera de flujo que está integrada en una estructura.

15 El término “componente estructural” tal como se usa en el presente documento tiene su significado habitual tal como se conoce por los expertos en la técnica e incluye un material que comprende fibras estructurales y que presenta la forma de una pluralidad de capas de material textil, tal como material textil de fibra de carbono tejido.

El término “fibra estructural” tal como se usa en el presente documento incluye fibras que se añaden a la resistencia del compuesto final tal como fibras de carbono o de vidrio y que, por tanto, tienen un módulo de elasticidad mayor que 50 GPa.

20 El término “componente de resina” tal como se usa en el presente documento tiene su significado habitual tal como se conoce por los expertos en la técnica e incluye una composición de resina estructural adecuada para realizar revestimientos de fuselaje, largueros y armazones.

25 Los términos “matriz,” “resina,” y “resina de matriz” tal como se usa en el presente documento tienen su significado habitual tal como se conoce por los expertos en la técnica y pueden incluir uno o más compuestos que comprenden un elemento termoendurecible. Ejemplos pueden incluir, pero no se limitan a, epoxis, agentes de curado de epoxi, fenólicos, fenoles, cianatos, imidas (por ejemplo, poliimidas, bismaleimida (BMI), polieterimidas), poliésteres, benzoxazinas, polibenzimidazoles, polibenzotiazoles, poliamidimididas, polisulfonas, poliéter sulfonas, tereftalatos de polietileno, y poliétercetonas (por ejemplo, poliétercetona (PEK), poliéter éter cetona (PEEK), poliéter cetona cetona (PEKK) y similares), combinaciones de los mismos, y precursores de los mismos.

30 De manera beneficiosa, el uso de una estructura integrada amortiguada da como resultado unos ahorros de peso significativos del elemento de amortiguación, y reduce los costes de mantenimiento, la cantidad de partes y los costes de trabajo. Además, la reducción de ruido puede dar como resultado unos ahorros de peso y coste adicionales minimizando los tratamientos de amortiguación secundarios usados en un fuselaje de aeronave, tal como mantas de fibra de vidrio de gran tamaño, recortes, y otros dispositivos de instalación.

35 Los términos “amortiguado” o “amortiguación” tal como se usan en el presente documento tienen su significado habitual tal como se conoce por los expertos en la técnica e incluyen la disipación de energía mecánica de una estructura vibratoria. La disipación de energía puede incluir la conversión de energía mecánica en energía térmica que a continuación se pierde en un entorno de la estructura. En una realización, la amortiguación es una amortiguación de material de base pasiva. En una realización, la estructura laminada compuesta muestra unas elevadas propiedades de amortiguación, por ejemplo, un elevado factor de pérdida,  $\eta$ , a través de un amplio intervalo de frecuencias y temperaturas. Frecuencias adecuadas incluyen aproximadamente 200-5000 Hz. Temperaturas adecuadas incluyen aproximadamente  $-50^{\circ}\text{C}$  a  $+20^{\circ}\text{C}$ , tal como  $-40^{\circ}\text{C}$  a  $+10^{\circ}\text{C}$ ,  $-30^{\circ}\text{C}$  a  $+20^{\circ}\text{C}$ ,  $-20^{\circ}\text{C}$  a  $+10^{\circ}\text{C}$ ,  $-10^{\circ}\text{C}$  a  $+20^{\circ}\text{C}$ , o  $0^{\circ}\text{C}$  a  $+10^{\circ}\text{C}$ .

45 El término “preimpregnado” tal como se usa en el presente documento tiene su significado habitual tal como se conoce por los expertos en la técnica tal como se describió anteriormente. Los materiales preimpregnados incluyen hojas o láminas de fibra que se han impregnado previamente 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 preimpregnado tiene una fracción de volumen de fibra entre aproximadamente el 0,50 y el 0,60% en vol., en base al volumen total del preimpregnado.

50 Los términos “curar” y “curado” tal como se usan en el presente documento tienen su significado habitual tal como se conoce por los expertos en la técnica y pueden incluir procedimientos de polimerización y/o de reticulado. El curado puede realizarse mediante procedimientos que incluyen, pero no se limitan a, calentamiento, exposición a luz ultravioleta, y exposición a radiación. El curado puede llevarse a cabo dentro de la matriz. Antes del curado, la matriz puede comprender, además, uno o más compuestos que son, a aproximadamente temperatura ambiente, líquidos, semisólidos, sólidos cristalinos, y combinaciones de los mismos. En realizaciones adicionales, la matriz dentro del preimpregnado puede curarse parcialmente con el fin de mostrar una adhesividad o pegajosidad seleccionada.

El término “compuestos” tal como se usa en el presente documento tiene su significado habitual tal como se conoce por los expertos en la técnica tal como se describió anteriormente. Los compuestos pueden incluir pluralidad de

materiales preimpregnados. Los materiales preimpregnados pueden consolidarse para dar compuestos aplicando al menos uno de calor, vacío, y presión externa. Los compuestos resultantes pueden usarse en (pero no se limitan a) aplicaciones aeroespaciales.

5 Realizaciones de los compuestos descritos en el presente documento tienen una resistencia a la cizalladura interlaminar aparente que no se ve sustancialmente afectada por el acondicionamiento de metililcetona (MEK) de disolvente. El 90% de esta resistencia a la cizalladura se conserva tras el acondicionamiento de MEK, por ejemplo, el 90%, el 91%, el 92%, el 93%, el 94%, el 95%, el 96%, el 97%, el 98%, el 99%, o el 100%.

10 La frase "resistencia a la cizalladura" tal como se usa en el presente documento tiene su significado habitual tal como se conoce por los expertos en la técnica. Las muestras pueden someterse a pruebas de cizalladura de varias maneras. En una realización, la resistencia a la cizalladura aparente es la tensión de cizalladura máxima calculada en la mitad del grosor de una muestra de prueba en el momento de un primer fallo y puede medirse a través de flexión, tal como flexión en tres puntos. La resistencia a la cizalladura en la flexión en tres puntos puede proporcionarse mediante

$$\tau = \frac{3 \cdot P_R}{4 \cdot b \cdot h}$$

15 en donde PR es la fuerza máxima en el momento del primer fallo, b es la anchura de la muestra, y h es el grosor de la muestra.

El término "fibra" tal como se usa en el presente documento tiene su significado habitual tal como se conoce por los expertos en la técnica y puede incluir uno o más materiales fibrosos adaptados para el refuerzo de compuestos. Las fibras pueden adoptar la forma de cualquiera de las partículas, copos, filamentos, fibras cortas, fibras continuas, láminas, pliegos, y combinaciones de los mismos. Las fibras continuas pueden adoptar adicionalmente cualquiera de configuraciones unidireccionales, multidimensionales (por ejemplo, bi o tridimensionales), no tejidas, tejidas, tricotadas, cosidas, enroscadas, y trenzadas, así como estructuras de estera de remolinos, estera de fieltro, y estera cortada. Las estructuras de fibra tejidas pueden comprender una pluralidad de estopas tejidas que tienen menos de aproximadamente 1000 filamentos, menos de aproximadamente 3000 filamentos, menos de aproximadamente 6000 filamentos, menos de aproximadamente 12000 filamentos, menos de aproximadamente 24000 filamentos, menos de aproximadamente 48000 filamentos, menos de aproximadamente 56000 filamentos, menos de aproximadamente 125000 filamentos, y más de aproximadamente 125000 filamentos. En realizaciones adicionales, las estopas pueden mantenerse en posición mediante puntadas de estopa cruzada, puntadas de tricotado de inserción de trama, o una pequeña cantidad de resina, tal como una porción.

30 La composición de las fibras puede variar, según sea necesario. Las realizaciones de la composición de fibra 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 de material textil que incluyen aquellas que son o bien continuas o no continuas en forma.

El término "material no tejido" tal como se usa en el presente documento tiene su significado habitual tal como se conoce por los expertos en la técnica y puede incluir una red fibrosa, autoligante que no está tejida. En una realización, "material no tejido" se refiere a cualquier material que se ha formado sin el uso de procedimientos de tejido de material textil que produce una estructura de fibras individuales que están entretejidas de manera identificable. El material textil no tejido puede realizarse a partir de fibras cortas o largas. El material no tejido puede ser adecuado para procedimientos de infusión de resina dado que el material no tejido permite que la resina fluya debido a la permeabilidad controlada del material no tejido. Por el contrario, las películas de VEM continuas o perforadas crean una barrera física frente al flujo de resina. Los materiales no tejidos incluyen estructuras dispuestas en húmedo, dispuestas en seco (cardado, creada mediante chorro de aire), de hilado de fusión (hilado de no tejido, soplado por fusión), hilado rápido, hilado electrostático, perforado por chorro de agua, perforado por aguja.

Polímeros representativos para el material no tejido incluyen a) al menos un elastómero termoplástico o una mezcla del mismo y b) un polímero o copolímero termoplástico y/o mezcla de los mismos.

50 Elastómeros termoplásticos incluyen elastómeros termoplásticos de estireno que contienen polibutadieno, poliisopreno, polibutadieno hidrogenado, poliisopreno hidrogenado o una combinación de los mismos, elastómeros termoplásticos a base de halógeno de poliolefina que contienen elastómeros termoplásticos poliolefinicos, elastómeros termoplásticos de poliuretano, copolímeros poliéter de poliamida, elastómeros termoplásticos de copoliéster, elastómeros termoplásticos a base de poliacrilato y mezclas de los mismos. Un elastómero termoplástico de estireno tal como un copolímero que contiene unidades flexibles de etileno-propileno hidrogenados (SEPS) y bloques duros de estireno, tales como Kuraray Septon 2063 o Kraton FG1924X, o unidades flexibles de etileno-butadieno hidrogenados (SEBS) y bloques duros de estireno tales como Polimeri Europa Europrene o Alpha Gary Evoprene pueden seleccionarse como componente principal para la formulación de las capas no tejidas.



5 Polímero o copolímero termoplástico incluye: poliésteres tales como tereftalato de polietileno (PET), tereftalato de polibutileno (PBT), copoliésteres o mezclas de los mismos; poliamidas tales como nailon 6 o nailon 66, poliarilamidas, poliamidamidas; polímeros olefínicos tales como polipropileno de baja, media y alta densidad, polietileno de baja, media y alta densidad, polipropileno isotáctico, sindiotáctico o atáctico, y mezclas de los mismos, alcohol de polietileno y vinilo y mezclas de los mismos, poli(1-buteno), 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), poli(1-dodeceno); poli(1-tetradeceno), poli(1-hexadeceno), poli(1-octadeceno), copolímeros y mezclas de los mismos; copolímeros olefínicos y mezclas de los mismos; polímeros y copolímeros de vinilo tales como cloruro de polivinilo, cloruro de polivinilideno, alcohol de polivinilo y acetato de polietileno y vinilo, polímeros y copolímeros acrílicos; poliuretanos y otros polímeros conocidos en la actualidad o que se desarrollen a posteriori y mezclas de los mismos.

10 Diferentes porcentajes de polipropileno (PP) y de una poliolefina con temperatura de fusión elevada, por ejemplo, un copolímero 4 metil-1 penteno comercialmente disponible de Mitsui Chemicals en diferentes grados con la denominación comercial de TPX®, pueden crear un compuesto con el elastómero termoplástico seleccionado para formar uno de los materiales no tejidos en la estructura de múltiples capas.

15 La relación del/de los elastómero(s) termoplástico(s) con respecto a polímero(s)/copolímero(s) termoplástico(s) es de aproximadamente 95:5 con respecto a 5:95, tal como 10:90, 15:85, 20:80, 25:75, 30:70, 36:65, 40:60, 45:55, 50:50, 55:45, 60:40, 65:35, 70:30, 75:25, 80:20, 85:15, o 90:10, en peso tal como 40:60 o 30:70, dependiendo de la amortiguación de temperatura/frecuencia deseada y las propiedades termomecánicas del material compuesto resultante. La relación de elastómero(s) termoplástico(s) con respecto a polímero(s)/copolímero(s) termoplástico(s) es de 70:30 en peso. Por ejemplo, un elastómero termoplástico tal como unidades flexibles de etileno-propileno hidrogenados (SEPS) y bloques duros de estireno, tales como Kuraray Septon 2063 pueden estar presentes en un material no tejido en una cantidad del 70% en peso. El polímero termoplástico puede estar presente en un material no tejido en una cantidad del 30% en peso, tal como polipropileno (PP). En otros aspectos, un polímero termoplástico y un copolímero termoplástico en conjunto pueden estar presentes en un material no tejido en una cantidad del 30% en peso, tal como PP y un copolímero de 1-penteno, tal como 4 metil-1 penteno-1 deceno. En otra realización, un elastómero termoplástico (el 70% en peso) puede modificarse usando el 30% en peso de un copolímero de 4-metil 1-penteno tal como copolímero de 4 metil-1-penteno-1hexadeceno-1octadeceno.

20 La relación del/de los polímero(s) termoplástico(s) con respecto a los copolímero(s) termoplástico(s) puede oscilar entre 0:100 y 100:0, tal como 5:95, 10:90, 15:85, 20:80, 25:75, 30:70, 36:65, 40:60, 45:55, 50:50, 55:45, 60:40, 65:35, 70:30, 75:25, 80:20, 85:15, 90:10 o 95:5, tal como 70:30, 60:40, 50:50, 45:55, 55:45, 60:40, 40:60, o 30:70 del/de los polímero(s) termoplástico(s) con respecto a copolímero(s) termoplástico(s) en peso dependiendo de las propiedades deseadas del material compuesto resultante tal como será evidente para un experto en la técnica. Un polímero termoplástico tal como el polipropileno (PP) y un copolímero termoplástico tal como uno que tiene una poliolefina con una temperatura de fusión elevada, por ejemplo, un copolímero de 1-penteno, tal como un copolímero de 4 metil-1 penteno-1 deceno, pueden usarse en una relación de 50:50 en peso.

25 Por tanto, dependiendo de factores tales como: la composición de la capa intermedia tal como la composición y propiedades físicas cada capa; el sistema de resina; y el ciclo de curado; el mismo material puede comportarse de manera diferente en el sistema. La misma composición no tejida puede dar como resultado diferentes comportamientos de hinchado e interpenetración dependiendo del sistema de resina y perfil de curado.

30 Las microfibras del material no tejido pueden estar constituidas por fibras de dos o de múltiples componentes. Las microfibras pueden tener estructuras más complejas tales como recubrimiento/núcleo, lado/lado, segmentos de tarda, islas en el mar y pueden estar realizadas de diferentes polímeros o mezclas de los mismos. Las microfibras de polímero pueden contener rellenos o modificadores orgánicos o inorgánicos.

35 La superficie del material no tejido puede someterse a un tratamiento previo tal como un tratamiento químico, un tratamiento por plasma, un tratamiento de descarga de corona, un tratamiento con llamas, voladura o una combinación de los mismos con el fin de mejorar o potenciar adicionalmente la resistencia adhesiva y los mecanismos de interbloqueo mecánicos. Sin embargo, este tratamiento no es necesario para lograr una resistencia a la delaminación elevada y, por tanto, un tratamiento tal como el tratamiento por plasma no se usa debido a la naturaleza compleja, costosa y posiblemente agresiva de tal tratamiento. Los tratamientos químicos o mecánicos pueden dañar la integridad de las microfibras y, por tanto, modificar la amortiguación y los comportamientos termomecánicos de la estructura.

40 El término "lámina intermedia" o "capa intermedia" tal como se usa en el presente documento tiene su significado habitual tal como se conoce por los expertos en la técnica e incluye una capa colocada entre otras capas. En una realización, la lámina intermedia puede colocarse en la parte intermedia de un plano de un compuesto. En otra realización, la zona entre los pliegos comprende la zona de cizalladura máxima. En un caso sencillo, la cizalladura y la flexión pueden determinarse por análisis del esfuerzo de la estructura. Por ejemplo, en el caso de una viga cargada en flexión la zona de cizalladura máxima se encuentra en el eje neutral. En estructuras más complejas se requieren cálculos adicionales para determinar el esfuerzo y para identificar la zona de cizalladura máxima.

5 Cada "lámina intermedia" o "capa intermedia" puede comprender una pluralidad de capas para formar una única capa intermedia. El preimpregnado o estructura compuesta puede comprender más de una capa intermedia, pero las capas intermedias están separadas a menudo por capas de material estructural tales como las capas de material textil usadas para formar la estructura compuesta. La pluralidad de capas incluye al menos tres capas de manera que se forma un gradiente de resina interpenetrada en la dirección z debido al uso de diferentes composiciones tras el curado. Por ejemplo, una capa intermedia puede comprender tres capas, dos capas exteriores que se encuentran más interpenetradas y una capa de núcleo menos interpenetrada.

10 Las capas individuales tienen un gradiente de composición en la dirección ortogonal a las fibras de refuerzo de manera que se forma un gradiente de resina interpenetrada en la dirección z tras el curado. Por ejemplo, la capa individual puede comprender una parte central caracterizada por un núcleo menos interpenetrado y partes exteriores más interpenetradas.

El término "gradiente de composición" tal como se usa en el presente documento tiene su significado habitual tal como se conoce por los expertos en la técnica e incluye materiales caracterizada por una diferencia progresiva en la composición desde el núcleo/parte central hasta las partes exteriores de su estructura.

15 En otra realización, la lámina intermedia tiene un grosor de 20-2000  $\mu\text{m}$ , preferiblemente entre 50-700  $\mu\text{m}$  y lo más preferiblemente entre 100-300  $\mu\text{m}$ .

20 El término "plano intermedio" tal como se usa en el presente documento tiene su significado habitual tal como se conoce por los expertos en la técnica e incluye la parte intermedia de un pliego de un compuesto que puede ubicarse a una distancia de aproximadamente el 40 al 60% del grosor del compuesto desde una o más superficies del compuesto.

25 El término "cizalladura máxima" tal como se usa en el presente documento tiene su significado habitual tal como se conoce 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 provocan o tienden a provocar dos capas contiguas para deslizarse una con respecto a otra en la dirección paralela a su plano de contacto. La tensión de cizalladura de la flexión es máxima en el plano intermedio de la viga en el eje neutral. La lámina intermedia se coloca entre capas de material textil en el plano intermedio del material compuesto amortiguado integrado, y tal colocación crea una estructura más eficaz en peso y amortiguación en zonas seleccionadas a nivel de cizalladura.

30 La lámina intermedia puede colocarse en cualquier capa constituyendo la estructura compuesta, y en otras realizaciones la lámina intermedia puede colocarse en zonas específicas de los compuestos y la lámina intermedia puede colocarse en zonas seleccionadas a nivel de cizalladura para crear una estructura más eficaz en peso y amortiguación.

El término "integrada" tal como se usa en el presente documento tiene su significado habitual tal como se conoce por los expertos en la técnica e incluye una lámina intermedia que está incluida por completo dentro de la estructura compuesta. La lámina intermedia es una parte integrante de la estructura compuesta.

35 Los elastómeros, habitualmente, son termoendurecibles en los que se reticulan los polímeros de cadena larga durante el curado (procedimiento de vulcanización). La elasticidad se deriva de la capacidad de las cadenas largas para reconfigurarse a sí mismas para distribuir un esfuerzo aplicado. Las reticulaciones covalentes garantizan que el elastómero volverá a su configuración original cuando se elimina el esfuerzo. Como resultado de esta flexibilidad extrema, los elastómeros pueden extenderse de manera reversible entre el 5-800%, dependiendo del material específico. Sin las reticulaciones o con cadenas coartas, que se reconfiguran de una manera no sencilla, el esfuerzo aplicado daría como resultado una deformación permanente.

40 Los elastómeros termoplásticos (TPE) son una clase de copolímeros o una mezcla física de polímeros que muestran tanto propiedades termoplásticas como elastoméricas. Aunque la mayoría de los elastómeros son termoendurecibles, los termoplásticos, por el contrario, son relativamente fáciles de usar en fabricación, por ejemplo, mediante moldeo por inyección y soplado por fusión. Los elastómeros termoplásticos muestran tanto ventajas típicas de materiales de caucho como de materiales de plástico. La principal diferencia entre elastómeros termoendurecibles y elastómeros termoplásticos es el tipo de reticulación. La reticulación en polímeros termoendurecibles es un enlace covalente creado durante el procedimiento de vulcanización. Por otro lado, la reticulación en polímeros termoplásticos elastómeros es un dipolo más débil o enlace de hidrógeno o se lleva a cabo solo en una de las fases del material.

45 La tangente de pérdidas ( $\tan \delta$ ) es uno de los factores usados para determinar la eficacia de amortiguación de sonido y vibración. Por tanto, como la composición no tejida de amortiguación elevada tiene una figura superior del factor, una energía dinámica se absorbe y se disipa en forma de energía térmica o eléctrica, y la lámina intermedia muestra unas excelentes características mecánicas tales como propiedades de absorción acústica, o propiedades de amortiguación de vibración. Se requiere una composición de material de lámina intermedia de amortiguación elevada convencional para tener una tangente de pérdidas mayor que 1,0 y preferiblemente entre 1,5 y 2,0.

Además, la composición de lámina intermedia puede elegirse para garantizar la adecuabilidad para los procedimientos de fabricación de material no tejido, baja absorción de humedad y resistencia a fluidos agresivos y disolvente.

5 Realizaciones de la lámina intermedia descritas en el presente documento pueden fabricarse para dar diversas formas que tienen diversas características, tales como diámetro de fibra, área/peso, grosor, permeabilidad al aire y propiedades de tracción. Por ejemplo, el diámetro de fibra de la fibra en el compuesto puede ser de aproximadamente 10-20  $\mu\text{m}$ , y en otras realizaciones 3-7  $\mu\text{m}$ , 20-40  $\mu\text{m}$ , o 40-60  $\mu\text{m}$ . Además, la masa por área unitaria de lámina intermedia puede ser de aproximadamente 50-150  $\text{g}/\text{m}^2$ , y en otras realizaciones 10-50  $\text{g}/\text{m}^2$ , 150-300  $\text{g}/\text{m}^2$ , o 300-500  $\text{g}/\text{m}^2$ . Asimismo, el grosor de la lámina intermedia puede ser de aproximadamente 100-400  $\mu\text{m}$  y en otras realizaciones 50-100  $\mu\text{m}$ , 400-600  $\mu\text{m}$ , o 600-1000  $\mu\text{m}$ . La permeabilidad al aire de la lámina intermedia puede ser de aproximadamente 40-100  $\text{cc}/\text{cm}^2/\text{sec}$  y de 5 a 40  $\text{cc}/\text{cm}^2/\text{sec}$  y en otra realización de 100 a 400  $\text{cc}/\text{cm}^2/\text{sec}$ . Por ejemplo, la resistencia a la tracción MD de la lámina intermedia puede ser de aproximadamente 2-10 N/1,5 cm, y en otras realizaciones 10-20 N/1,5 cm, 20-60 N/1,5 cm, o 60-100 N/1,5 cm.

15 En una realización, la inserción de la lámina intermedia en la estructura laminada compuesta no afecta significativamente a las propiedades térmicas ( $T_g$ ), a las propiedades termomecánicas, o a las propiedades ambientales (humedad, resistencia a disolvente y fluidos agresivos) de la estructura laminada compuesta. En otra realización, las propiedades de resistencia a la compresión de orificio abierto y a la compresión tras impacto solo se ven ligeramente afectadas o no se ven afectadas por la inserción de la lámina intermedia en la estructura laminada compuesta.

20 El término "estratificación" tal como se usa en el presente documento tiene su significado habitual tal como se conoce por los expertos en la técnica y puede incluir uno o más materiales preimpregnados que se colocan adyacentes entre sí. En determinadas realizaciones, los materiales preimpregnados dentro de la estratificación pueden colocarse en una orientación seleccionada uno con respecto a otro. En una realización adicional, los materiales preimpregnados pueden coserse, opcionalmente, en conjunto con un material para coser con el fin de inhibir su movimiento relativo desde una orientación seleccionada. En realizaciones adicionales, las "estratificaciones" pueden comprender cualquier combinación de materiales preimpregnados totalmente impregnados, materiales preimpregnados parcialmente impregnados, y materiales preimpregnados perforados tal como se comenta en el presente documento. Las estratificaciones pueden fabricarse mediante técnicas que pueden incluir, pero no se limitan a, estratificación a mano, estratificación de cinta automática (ATL), colocación avanzada de fibra (AFP), y bobinado de filamentos.

35 Los términos "revestimiento de fuselaje", "larguero de fuselaje" y "armazón de fuselaje" tal como se usan en el presente documento tienen su significado habitual tal como se conoce por los expertos en la técnica y se refieren respectivamente a los paneles de cuerpo principales de aeronave, creando los armazones circunferenciales su esqueleto y los elementos de refuerzo para rigidez longitudinal. La combinación de armazones y largueros se usa para proporcionar al fuselaje de la rigidez requerida y la 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 de larguero, en particular, el fin principal es dividir la superficie de panel de revestimiento en una configuración óptima de modo que se evita la deformación de la superficie. Los largueros también contribuyen a impedir que grietas se extiendan por el panel de revestimiento. Ejemplos de armazones de fuselaje incluyen armazones de IST, armazones en C flotantes con sujeciones de cizalladura y armazones en Z flotantes con sujeciones de cizalladura.

45 Los términos "modificadores orgánicos", "rellenos orgánicos", "modificadores inorgánicos" y "rellenos inorgánicos" tal como se usan en el presente documento tienen su significado habitual tal como se conoce por los expertos en la técnica y pueden incluir compuestos orgánicos e inorgánicos tales como aditivos de control de control, absorbedores de UV, rellenos tales como nitrato de sílice, grafito y boro, arcillas tales como mica, talco, y vermiculita, partículas de metal, agentes de lijado, pigmentos, antioxidantes, retardantes de llama, diluyentes, estabilizadores, monómeros, prepolímeros, mejoradores de flexibilidad, sustancias y lubricantes de procesamiento (que incluyen sustancias, aceites minerales y ceras de procesamiento a base de fluoropolímero), agentes cristalizadores, tiras de fibra, polímeros, vidrio, burbujas de cerámica y poliméricas, micro y nanorellenos de partículas de metal tales como partículas de carcasa de núcleo, nanocristales magnéticos y dieléctricos, nanotubos de carbono, nanofibras de carbono, nanografito, nanoarcillas, nanosílice, nanoalúmina, nanopartículas de circonia y titania, nanopartículas de metal noble, micro y nanopartículas conductoras, nanofibras y nanotiras o una combinación de los mismos añadida a un material no tejido, habitualmente para mejorar sus propiedades.

55 Los procedimientos de fabricación habituales para realizar materiales compuestos pueden usarse. Por ejemplo, en una realización, el compuesto se realiza usando un procedimiento de revestimiento de fuselaje/fabricación de armazón habitual.

**Ejemplos**

**Ejemplo 1 – Preparación de muestras**

Se seleccionaron diferentes grados de material para evaluar el efecto de la composición de capas no tejidas, contenido de resina, A/W, AP y distribución en estructuras compuestas.

5 Se seleccionó un elastómero termoplástico de estireno y en particular un copolímero que contiene unidades flexibles de etileno-propileno hidrogenados (SEPS) y bloques duros de estireno, tales como Kuraray Septon 2063 o Kraton FG1924X, como componente principal para la formulación de las capas no tejidas. Se crearon compuestos de diferentes porcentajes de polipropileno (PP) y de una poliolefina con una temperatura de fusión elevada (copolímero de 4 Metil-1 penteno) tal como TPX DX231 o DX820 de Mitsui Chemicals, con el elastómero termoplástico  
10 seleccionado y a continuación se usaron para fabricar cuatro grados de material no tejido usando un procedimiento de soplado por fusión. Una lista completa se informa en la Tabla 1.

Tabla 1. Composición de materiales no tejidos, propiedades mecánicas y físicas

Código tejido	no	Composición SEPS:PP:TPX	Peso de velo (gsm)	Grosor (mm)	Permeabilidad al aire (cc/cm <sup>2</sup> /s)	Resistencia a la tracción (N/1,5cm)	Alargamiento (%)
1		70:30:30	50	0,2	85,8	8	843
2		70:30:30	79	0,4	43	12	547
3		70:15:15	83	0,34	23	13	163
4		70:15:15	75	0,44	80	7	188

15 Se eligieron dos configuraciones de múltiples capas, parcial o totalmente preimpregnadas con resina CYCOM® 977-2 HM (Figura 1), para estudiar el efecto de la distribución y contenido de la resina (configuración 1-5, Tabla 2) sobre las propiedades mecánicas y de amortiguación de las estructuras laminadas modificadas.

Tabla 2. Configuración de múltiples velos, secuencia de acumulación y contenido de resina

Configuración de múltiples capas	Estructura	Material textil no tejido A	Material textil no tejido B	Contenido de resina (gsm)
1	1	3	2	74
2	1	3	3	74
3	2	3	1	74
4	2	3	2	74
5	2	3	3	74

20 Las configuraciones de múltiples capas 2 y 5 (comparativa) no logran los excelentes resultados logrados con la configuración de múltiples capas 4 porque los materiales en ambas capas adyacentes de las estructuras de múltiples capas 1 y 2 tal como se ilustra en la Figura 1 son los mismos. La configuración de múltiples capas 4 tiene una capa de núcleo de material no tejido que se diferencia de las capas exteriores de material no tejido, lo que afecta a las propiedades del material compuesto tal como se comenta a continuación en más detalle. Por tanto, el tipo de materiales no tejidos usados, la secuencia de los materiales no tejidos en la capa intermedia, y el contenido de resina relativo en las  
25 capas afecta a la morfología interlaminar peculiar que puede lograrse. Si la estructura peculiar en la que un núcleo menos permeable se interconecta con capas exteriores más permeables, pueden no lograrse unas excelentes propiedades de amortiguación y de resistencia interlaminar.

**Ejemplo 2 – Análisis microscópico y mecánico dinámico (DMA)**

30 Se estudió la eficacia de amortiguación de muestras de prueba compuestas intercaladas llevando a cabo una serie de experimentos de múltiples frecuencias de DMA (0,01 a 100 Hz) en el intervalo de temperaturas entre -50°C y +20°C a intervalos de 10°C.

35 Se fabricaron los paneles de prueba de DMA a partir de la resina unidireccional CYCOM® 977-2- 34%-198-24K IMS usando un método de estratificación de pliego por pliego. Se usaron diferentes configuraciones de múltiples capas preimpregnadas (Tabla 2) como lámina intermedia y se estratificaron en el plano intermedio de la muestra. Con fines de comparación, se fabricó y codificó una muestra que no contiene ninguna lámina intermedia como "línea de referencia sin modificar". Una lista completa de las muestras de prueba evaluadas se informa en la Tabla 3.

Tabla 3. Código de paneles y configuración de lámina intermedia correspondiente

Código de paneles	Lámina intermedia
Línea de referencia sin modificar	No
Multi 1	Configuración de múltiples capas 1
Multi 2	Configuración de múltiples capas 2
Multi 3	Configuración de múltiples capas 3
Multi 4	Configuración de múltiples capas 4
Multi 5	Configuración de múltiples capas 5

Las dimensiones de la muestra de prueba se informan en la Tabla 4.

- 5 Antes de la prueba, se almacenaron las muestras curadas a (23±2°C) y (50±5)% de humedad.

Tabla 4. Dimensiones de muestra de DMA

Longitud	40±0,4 mm
Anchura	10±0,4 mm
Grosor	~2 mm
Estratificación	Casi isotrópica

- 10 Se usaron la magnitud del esfuerzo aplicado y la deformación resultante para calcular la rigidez y, por tanto, el módulo del material sometido a esfuerzo. Al medir el desfase de tiempo en el desplazamiento en comparación con la fuerza aplicada, se determinaron las propiedades de amortiguación del material. Se informó el desfase de tiempo como un desfase de fase (un ángulo). La amortiguación se denomina tan δ, que representa la tangente del desfase de fase. Se generaron master curves elaborando datos según la ecuación de WLF (Williams-Landel-Ferry) en base a al principio de TTS (superposición temperatura-tiempo). A continuación, se añadieron a la gráfica los valores de tanδ promedio en el intervalo de frecuencia entre 100 y 3000 Hz en función de la temperatura para comparar el rendimiento de diferentes soluciones de material (Figura 2).

15 Se logró un excelente rendimiento de amortiguación para todas las estructuras de múltiples capas en el intervalo de temperaturas y frecuencias evaluado. En particular, las configuraciones usadas en los paneles “Multi 1” y “Multi 4” obtuvieron los mejores resultados, logrando unos valores de tanδ de hasta 0,27 a -30°C.

- 20 La mejora significativa es el resultado de la morfología peculiar y controlada creada en la región interlaminar en el plano intermedio laminado.

Al controlar la composición no tejida, pueden obtenerse parámetros físicos y secuencia, zonas exteriores altamente interpenetradas por resina y partes de núcleo menos permeables tal como se muestra en la Figura 3. Durante el ciclo de curado, la capa de núcleo crea una red casi continua, determinando las capas exteriores la microestructura de velo/resina peculiar.

- 25 Por el contrario, cuando se logran niveles de resina mucho mayores, se reduce la posible amortiguación de la estructura de múltiples capas (configuraciones de múltiples capas 2 y 5 (comparativa)).

**Ejemplo 3 – Resistencia interlaminar a la cizalladura**

- 30 Se sometió a prueba la resistencia a la cizalladura aparente de una muestra en resumen como una viga sencilla según EN2563. Una barra descansa sobre dos soportes sobre la fuerza aplicada por medio de una nariz de carga a medio camino entre los soportes y se midió según la siguiente formula:

$$\tau = \frac{3 \times PR}{4 \times b \times h}$$

en donde:

$\tau$  es la tensión de cizalladura aparente, en MPa

PR es la fuerza máxima en el momento del primer fallo, en N

B es la anchura de la muestra, en mm

5 h es el grosor de la muestra, en mm

Se midió la resistencia a la cizalladura interlaminar aparente de las estructuras laminadas modificadas de múltiples capas antes y después de su inmersión en MEK. En las condiciones iniciales, las muestras se acondicionaron según EN 2743. Para las pruebas después de la inmersión en MEK, el acondicionamiento se llevó a cabo según EN 2489.

10 Los paneles de prueba se fabricaron a partir de cinta unidireccional CYCOM® 977-2-34%-198-24KIMS. Se seleccionó la configuración de múltiples capas 4 (Tabla 2) como lámina intermedia para el ejemplo y se estratificó en el plano intermedio de las muestras. Se tomaron las muestras de prueba en paneles preparados según EN2565. Las dimensiones de muestra se informan en la Tabla 5.

Tabla 5. Dimensiones de muestra de I.L.S.S.

Longitud (L)	20±0,25 mm
Anchura (w)	10±0,2 mm
Grosor (t)	2±0,2 mm

15 El acondicionamiento de metiletilcetona no afectó a la resistencia interlaminar aparente calculada de las muestras modificadas por las múltiples capas preferidas (configuración 4). En particular, en una realización, la resistencia a la cizalladura interlaminar fue de 69,24 MPa, y tras la inmersión durante una hora en disolvente fue de 69,14 MPa.

**Ejemplo 4 – Tenacidad a la fractura interlaminar – modo I**

20 Los paneles de prueba se fabricaron a partir de cinta unidireccional CYCOM® 977-2-34%-198-24KIMS según EN2565. Se seleccionó la configuración de múltiples capas 2 y 4 (Tabla 2) como lámina intermedia y se estratificó en el plano intermedio de las estructuras laminadas.

25 Se cargaron de manera continua las muestras de prueba previamente agrietadas mediante fuerzas de arrancado en un dispositivo de prueba universal a 10 mm/min hasta que se logró una longitud de grieta propagada total de aproximadamente 100 mm al tiempo que se recogieron de manera continua desplazamiento de cabezal transversal de máquina de prueba y carga.

Se calculó  $G_{Ic}$  a partir de la longitud de grieta propagada y la energía aplicada determinada a partir del diagrama de desplazamiento de cabezal transversal de carga y según la siguiente fórmula.

$$G_{Ic} = \frac{A}{a \times w} \times 10^6$$

en donde:

30 PS es la resistencia a arrancado

A es la energía para lograr la longitud de grieta propagada total

a es la longitud de grieta propagada

w es la anchura de la muestra

las dimensiones de muestra se informan en la Tabla 6.

35 Tabla 6. Dimensiones de muestra de  $G_{Ic}$

Longitud (L)	250,0 ± 5 mm
Longitud de grieta inicial (l)	25,0 ± 1 mm
Anchura (w)	25,0 ± 0,2 mm
Grosor (t)	3,0 ± 0,2 mm

- 5 Tal como se muestra en la Tabla 7, la introducción de la configuración de múltiples capas 2 dio como resultado una disminución mínima en la resistencia interlaminar si se compara con la línea de referencia sin modificar. Cuando las múltiples capas preferidas (configuración 4) se usan para modificar una estructura laminada compuesta, puede lograrse un aumento de casi el 200% en cuanto a resistencia. La configuración de múltiples capas cuatro presenta una clara mejora en delaminación recta en comparación con la Figura 11 de la publicación de patente estadounidense n.º 2010/0170746. Tales valores de resistencia a la delaminación más elevados se lograron sin el uso de tratamiento por plasma, que es un tratamiento costoso y agresivo que, posiblemente, puede tener un efecto dañino con respecto a otras propiedades mecánicas.
- 10 En ambos casos se lograron unos buenos niveles de interpenetración de resina y se observaron modos de fallo de cohesión. Los valores de  $G_{Ic}$  elevados pueden explicarse basándose en la energía adicional disipada para dar calor debido a la arquitectura de lámina intermedia seleccionada y a la morfología interlaminar peculiar obtenida tras el curado.

Tabla 7. Fractura interlaminar - Modo I valores de resistencia

Código de panel	Lámina intermedia	$G_{Ic}$ [J/m <sup>2</sup> ]
Línea de referencia sin modificar	No	344
Multi 2	Configuración de múltiples capas 2	321
Multi 4	Configuración de múltiples capas 4	949

- 15 La configuración de múltiples capas 4 presenta una resistencia a la laminación significativamente mejorada en comparación con el material ilustrado en la Figura 11 de la publicación de patente estadounidense n.º 2010/0170746.

**Ejemplo 5 – Tenacidad a la fractura interlaminar – Modo II**

- 20 Los paneles de prueba se fabricaron a partir de cinta unidireccional CYCOM® 977-2-34%-198-24KIMS unidireccionales EN2565. Las configuraciones de múltiples capas 2, 4 y 5 (Tabla 2) se estratificaron en el plano intermedio de la estructura laminada.
- Se sometieron a prueba las muestras de prueba en condiciones secas/RT y tras haberse acondicionado según EN2743.
- 25 Las muestras previamente agrietadas se cargaron en un elemento fijo de tres puntos de flexión hasta el comienzo de la propagación de grietas según prEN 6034. La carga aplicada a la muestra y el desplazamiento del cabezal transversal de la máquina de prueba se recogieron de manera continua durante la prueba. La energía de tenacidad a fractura total se calcula según la siguiente fórmula:

$$G_{IIc} = \frac{9 \times P \times a^2 \times d \times 1000}{2 \times w \times \left( \frac{1}{4L^3} + 3a^2 \right)}$$

- 30 en donde:

G es la energía de tenacidad a la fractura [J/m<sup>2</sup>]

D es el desplazamiento de cabezal transversal al comienzo de la delaminación de grietas [mm]

P es la carga crítica para comenzar el agrietado [N]

a es la longitud de grieta inicial [mm]

- 35 w es la anchura de la muestra [mm]

L es la longitud abarcada [mm]

Tabla 8. Tenacidad a la fractura interlaminar - Modo II valores de resistencia

Código de panel	Lámina intermedia	G <sub>iiic</sub> [J/m <sup>2</sup> ]
Línea de referencia sin modificar	No	911
Multi 2	Configuración de múltiples capas 2	7479
Multi 4	Configuración de múltiples capas 4	5505
Multi 5	Configuración de múltiples capas 5	7118

La introducción de las soluciones de lámina intermedia seleccionadas determinó hasta un aumento de 7 flexiones en los valores G<sub>iiic</sub> medidos si se comparan con la línea de referencia sin modificar.

5 **Ejemplo 6 – Compresión tras impacto**

La prueba de compresión tras impacto tiene como objetivo determinar las características de resistencia a impacto a baja velocidad de estructuras compuestas laminadas.

Se sometieron muestras modificadas de múltiples capas a impacto a una energía de impacto definida (30J) y se midió la resistencia a compresión según EN 6038.

10 Los paneles de prueba se fabricaron a partir de cinta unidireccional CYCOM® 977-2-34%-198-24KIMS. Los paneles de prueba de lámina intermedia modificada se prepararon según el método B de EN 2565. La configuración de múltiples capas 4 (Tabla 2) se estratificó en el plano intermedio de las muestras. Se usó una estratificación casi isotrópica y muestras de aproximadamente 4 mm para la prueba. Las dimensiones y tolerancias se definen en la Tabla 9.

15 Se impactó a línea de referencia y a las muestras modificadas de múltiples capas con 30J de energía y se midió la profundidad de impacto. Se realizó una exploración ultrasónica para determinar la longitud, anchura y zona dañadas.

El acondicionamiento se llevó a cabo tras el impacto. La prueba se realizó a 23±2 mm 50±5 % de humedad relativa.

20 Se seleccionó un cabezal transversal de 0,5 mm/min. Se registró de manera continua una carga en función de tiempo y la carga de rotura (Pr). La resistencia a compresión tras impacto a un nivel de energía de impacto específico E se define por la siguiente formula:

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

en donde:

Pr es la carga de rotura (N)

w es la anchura de muestra (mm)

25 t es el grosor de la muestra (mm)

Las dimensiones de la muestra se informan en la Tabla 9:

Tabla 9. Dimensiones de muestra de CAI

Longitud (L)	150,0 ± 0,2 mm
Anchura (w)	100,0 ± 0,2 mm
Grosor (t)	4,0 mm
Estratificación	Casi isotrópica

30 El uso de la configuración de múltiples capas preferida en la estructura integrada compuesta dio como resultado una caída mínima de la resistencia a compresión tras impacto al tiempo que se redujo la zona dañada si se compara con la muestra de prueba sin modificar.



Tabla 10. Resistencia de CAI y valores de zona dañada y profundidad de impacto correspondiente tras el impacto de 30J:

Código de panel	Lámina intermedia	Resistencia de CAI [MPa]	Profundidad de impacto [mm]	Zona dañada [mm <sup>2</sup> ]
Línea de referencia sin modificar	No	226	-0,16	1853
Multi 4	Configuración de múltiples capas 4	197	-0,19	1570

**Ejemplo 7 – Mediciones de factor de pérdida compuesto**

5 Se llevaron a cabo mediciones del factor de pérdida,  $\eta$ , según ASTM E-756-05.

Se hicieron vibrar muestras en una configuración libre-libre en una cámara ambiental. Se usaron dos tipos de transductores para la prueba: un agitador para aplicar una fuerza de excitación a través de un intervalo de frecuencia entre 30Hz y 10000Hz; y varios acelerómetros para medir la respuesta de la muestra a la fuerza aplicada. Al medir diversas resonancias de la muestra vibratoria, puede establecerse el efecto de frecuencia sobre las propiedades de amortiguación del material. Al operar el dispositivo de prueba en el interior de una cámara ambiental a través de un intervalo entre - 50±0,5°C y +20±0,5°C a intervalos de 10°C, se investigaron los efectos de la temperatura sobre las propiedades del material.

15 Se analizaron las señales de salida procedentes de los acelerómetros mediante un analizador de espectro de transformada de Fourier rápido de canal doble. El analizador determina la relación de aceleración y la diferencia de fase de los dos acelerómetros, y también proporciona una fuente de ruido aleatoria para accionar el agitador. La relación amplitud frente a frecuencia mostrada da como resultado varios picos resonantes a partir de los que se calculó el factor de pérdida modal por medio del método de banda ancha de mitad de potencia.

20 Se fabricaron muestras de prueba acústicas a partir de cinta unidireccional CYCOM® 977-2- 34%-198-24K IMS según el método B de EN2565. Se seleccionó la configuración de múltiples capas 4 (Tabla 2) como lámina intermedia para el ejemplo y se estratificó en el plano intermedio de la secuencia de apilado de panel. Con fines comparativos, se fabricó una muestra que no contiene ninguna lámina intermedia y se codificó como "línea de referencia sin modificar".

Las dimensiones de muestra se informan en la Tabla 11.

25 Antes de la prueba se almacenaron las muestras curadas a (23±2)°C y (50±5)% de humedad. Se acondicionaron las muestras a cada temperatura durante al menos 30 minutos antes de someterse a prueba.

Tabla 11. Dimensiones de muestra de medición de factor de pérdida

Longitud	600 ± 1 mm
Anchura	200 ± 1 mm
Grosor	~165 mm
Estratificación	Casi isotrópica

30 Tal como se muestra en la Tabla 12, la muestra de material integrado de múltiples capas dado a conocer dio como resultado un excelente rendimiento acústico de amortiguación en el intervalo de temperatura entre -50°C y 20°C y en el intervalo de frecuencia entre 30 y 10000Hz.

# ES 2 798 250 T3

Tabla 12. Pérdida promedio de factor de pérdida en función de temperatura

$\eta$ (Factor de pérdida)								
Frecuencia (Hz)	-50°C	-40°C	-30°C	-20°C	-10°C	0°C	10°C	20°C
30	0,0104	0,0179	0,0170	0,0150	0,0125	0,0139	0,0127	0,0149
50	0,0101	0,0185	0,0191	0,0170	0,0136	0,0151	0,0137	0,0153
75	0,0097	0,0194	0,0229	0,0197	0,0159	0,0166	0,0151	0,0163
100	0,0095	0,0190	0,0267	0,0234	0,0188	0,0177	0,0156	0,0163
150	0,0098	0,0193	0,0313	0,0322	0,0231	0,0184	0,0164	0,0162
200	0,0097	0,0202	0,0378	0,0412	0,0287	0,0190	0,0174	0,0160
250	0,0097	0,0211	0,0450	0,0505	0,0348	0,0196	0,0172	0,0158
300	0,0104	0,0216	0,0494	0,0595	0,0383	0,0207	0,0164	0,0150
350	0,0109	0,0232	0,0533	0,0668	0,0416	0,0230	0,0165	0,0147
400	0,0109	0,0243	0,0585	0,0652	0,0423	0,0269	0,0165	0,0152
500	0,0112	0,0258	0,0595	0,0642	0,0423	0,0312	0,0176	0,0159
600	0,0115	0,0277	0,0591	0,0628	0,0417	0,0350	0,0206	0,0172
650	0,0111	0,0297	0,0607	0,0631	0,0445	0,0376	0,0242	0,0187
700	0,0109	0,0310	0,0634	0,0639	0,0478	0,0403	0,0276	0,0202
800	0,0109	0,0335	0,0622	0,0689	0,0528	0,0402	0,0311	0,0216
900	0,0114	0,0350	0,0618	0,0717	0,0567	0,0418	0,0329	0,0228
1000	0,0126	0,0354	0,0607	0,0722	0,0603	0,0439	0,0338	0,0246
1250	0,0139	0,0354	0,0590	0,0670	0,0594	0,0470	0,0359	0,0286
1500	0,0155	0,0354	0,0528	0,0599	0,0562	0,0483	0,0390	0,0336
2000	0,0180	0,0329	0,0479	0,0504	0,0497	0,0510	0,0425	0,0385
2500	0,0202	0,0303	0,0170	0,0414	0,0432	0,0496	0,0467	0,0433
3000	0,0216	0,0277	0,0191	0,0150	0,0125	0,0461	0,0495	0,0463
4000	0,0233	0,0249	0,0229	0,0170	0,0136	0,0398	0,0490	0,0452
5000	0,0244	0,0217	0,0267	0,0197	0,0159	0,0340	0,0459	0,0415

La solución de múltiples velos seleccionada “configuración de múltiples capas 4” en la Tabla 2 dio como resultado una mejora de factor de pérdida promedio de hasta el 600% si se compara con la línea de referencia sin modificar.

Como ejemplo, la Figura 4 muestra el rendimiento de  $\eta$  a  $-30^{\circ}\text{C}$  de un panel modificado con la configuración de múltiples capas 4 (Tabla 2) en el intervalo entre 30 y 5000Hz. Se obtuvieron unas excelentes propiedades de amortiguación en todo el espectro de frecuencias con picos por encima de 1000Hz.

**8 – Análisis de pérdida de transmisión**

Se llevaron a cabo mediciones de pérdida de transmisión de sonido según ASTM E-90 en dos salas de reverberación adyacentes según el método de presión. Se construyeron y sellaron paneles a ambos lados y se instalaron en correspondencia con una abertura entre las salas. Se generó un campo de sonido de difusión en la sala fuente mediante una fuente de emisión de ruido rosa con un espectro plano en el intervalo de frecuencia 0-12800 Hz. Se midieron los niveles de presión en las bandas de un tercio de octava que pertenecen al intervalo 250-10000 Hz.

Las muestras de prueba acústicas se fabricaron a partir de tira unidireccional CYCOM® 977-2-34%-198-24K IMS. Se insertó la estructura de múltiples capas preferida (configuración de múltiples capas 4 en la Tabla 2) como pliego intermedio en la secuencia de apilado de estructura laminada y la secuencia de apilado se curó a  $180^{\circ}\text{C}$  durante 3 horas. Con fines comparativos, se fabricó una muestra que no contiene ninguna lámina intermedia y se codificó como “línea de referencia sin modificar.” Las dimensiones y características de la muestra se informan en la Tabla 13.

Tabla 13. Dimensiones de muestra de pérdida de transmisión

	Modificada por múltiples velos	Línea de referencia sin modificar
Longitud	$600 \pm 1 \text{ mm}$	$600 \pm 1 \text{ mm}$
Anchura	$200 \pm 1 \text{ mm}$	$200 \pm 1 \text{ mm}$
Grosor	$\sim 1,45$	$\sim 1,85$
Estratificación	Casi isotrópica	Casi isotrópica

Se determinó la absorción total en base a las mediciones del tiempo de reverberación en la cámara de recepción según la siguiente formula:

$$L_{pTL} = 10 \log \frac{1}{\tau} = L_{p\text{fuente}} = L_{p\text{recepción}} + 10 \log \frac{S}{A}$$

en donde:

$L_{p\text{fuente}}$  es el nivel de presión de sonido promedio de espacio/tiempo en la cámara fuente [dB];

$L_{p\text{recepción}}$  es el nivel de presión promedio de espacio/tiempo en la cámara de recepción [dB];

S es el área de superficie de la muestra [ $\text{m}^2$ ];

A es la absorción total en la cámara de recepción con la muestra de prueba en su sitio [ $\text{m}^2$ ].

A puede expresarse en función de la constante de retardo de tiempo, en cuanto al tiempo de reverberación de la sala de recepción medido con la muestra de prueba instalada, T60.

$$A = \frac{55.3 \times V_2}{c_0 \times T_{60}}$$

Dado que los resultados del experimento confirmaron que la influencia de la muestra sobre T60 es insignificante por encima de 500 Hz, se usó el mismo factor de corrección para calcular los dos paneles TL.

Tal como se muestra en la Figura 5, el panel modificado con la configuración de múltiples capas 4 (Tabla 2) mostró un excelente rendimiento de reducción de ruido en el intervalo de frecuencia entre 630 y 10000 Hz. Específicamente, se observó una reducción de ruido entre 1 y 6dB. No se esperaba ningún cambio de rendimiento por debajo de este intervalo de frecuencias debido a la geometría del instrumento de prueba y a las limitaciones de dimensión.

**REIVINDICACIONES**

1. Un material compuesto estructural curado o sin curar que comprende un componente estructural;  
un componente de resina; y
- 5 una capa intermedia que comprende al menos dos tipos de material no tejido en una o más capas no tejidas en donde un primer tipo de material no tejido comprende una parte de núcleo de la capa intermedia y en donde un segundo tipo de material no tejido comprende partes exteriores de la capa intermedia en cada lado de una parte de núcleo;
- 10 en donde el componente estructural presenta la forma de una pluralidad de capas de material textil que comprenden fibras estructurales;  
en donde la capa intermedia que comprende al menos dos tipos de material no tejido en una o más capas no tejidas se coloca entre un par de capas adyacentes del material textil;
- y
- 15 en donde tras el curado la capa intermedia comprende un gradiente de interpenetración de resina entre el material no tejido en partes exteriores y de núcleo en la dirección z en el material compuesto estructural,  
en donde el material no tejido comprende al menos un elastómero termoplástico o una mezcla del mismo; y al menos un polímero o copolímero termoplástico y/o una mezcla de los mismos,  
en donde el componente de resina es una composición termoendurecible,  
y en donde:
- 20 - o bien la capa intermedia comprende al menos tres capas de material no tejido; en donde la parte de núcleo comprende una capa del primer tipo de material no tejido; en donde las partes exteriores son capas exteriores del segundo tipo de material no tejido; y en donde la capa de núcleo se coloca entre las capas exteriores de manera que se forma un gradiente de resina interpenetrada en la dirección z debido al uso de diferentes composiciones tras el curado,
- 25 - o bien la capa intermedia comprende una capa de material no tejido que tiene un gradiente de composición; y en donde el gradiente de composición varía progresivamente desde la parte de núcleo hasta las partes exteriores de la capa intermedia de manera que se forma un gradiente de resina interpenetrada en la dirección z tras el curado.
2. El material compuesto estructural curado o sin curar según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el material no tejido está parcial o totalmente preimpregnado con el componente de resina antes del curado.
- 30 3. El material compuesto estructural curado o sin curar según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la superficie de la capa intermedia se trata previamente para mejorar adicionalmente la adhesión de la capa intermedia al componente estructural.
4. El material compuesto estructural curado o sin curar según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde las fibras estructurales comprenden fibras de carbono.
- 35 5. El material compuesto estructural curado o sin curar según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la capa intermedia se integra en el componente de resina antes del procedimiento de curado.
6. El material compuesto estructural curado o sin curar según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el material no tejido comprende al menos un copolímero seleccionado del grupo que consiste en elastómeros termoplásticos de estireno, elastómeros termoplásticos a base de poliolefina y una mezcla de los mismos.
- 40 7. El material compuesto estructural curado o sin curar según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el material no tejido comprende un termoplástico seleccionado del grupo que consiste en poliésteres, poliamidas, poliolefinas, uno de sus copolímeros y una mezcla de los mismos.
8. El material compuesto estructural curado o sin curar según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la capa intermedia comprende además, compuestos o rellenos orgánicos e inorgánicos.
- 45

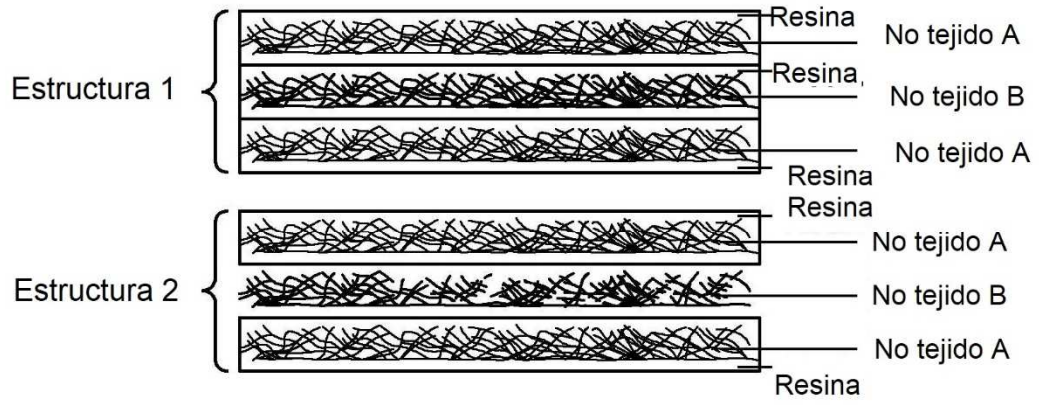


FIG. 1

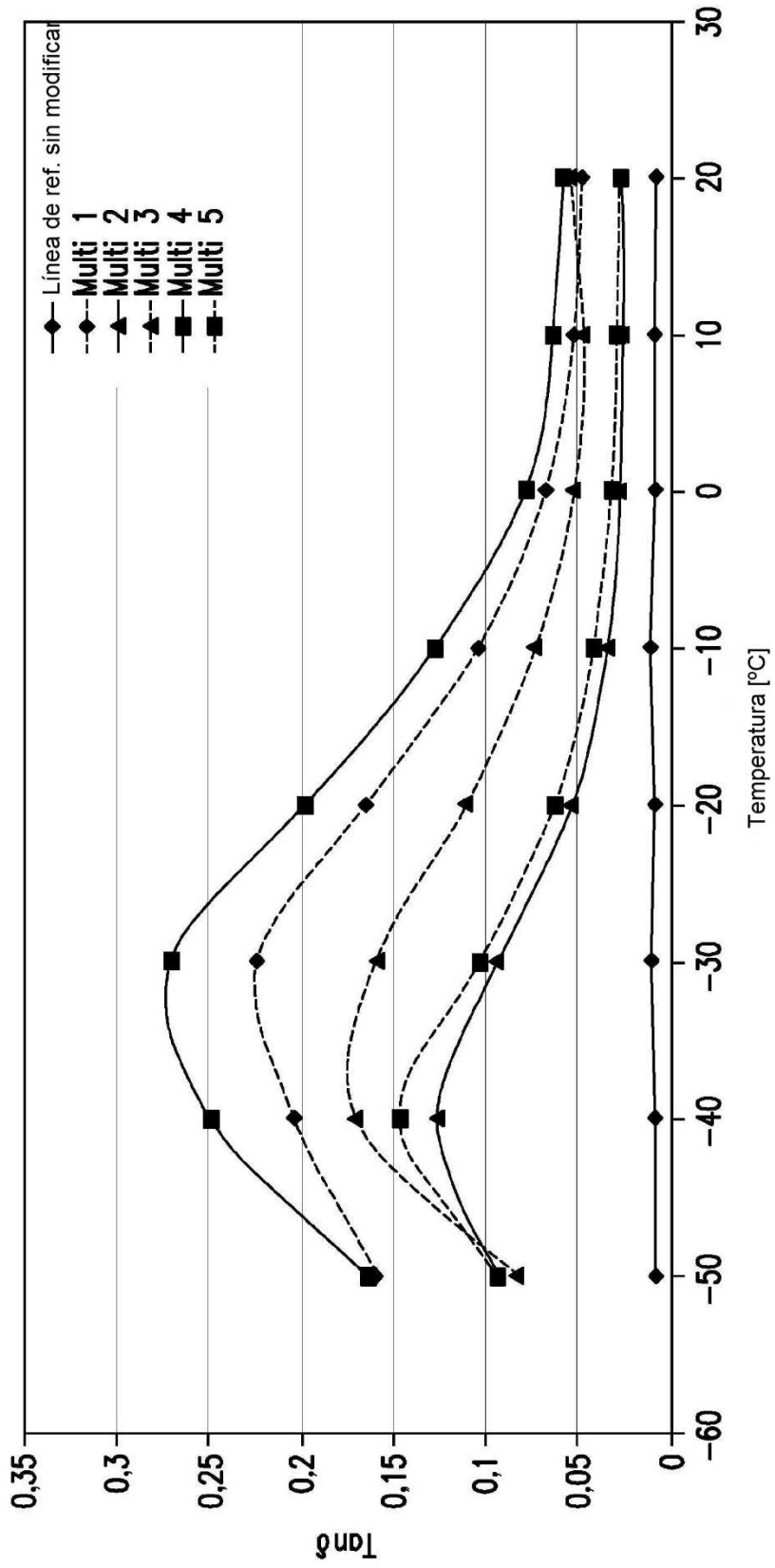


FIG.2

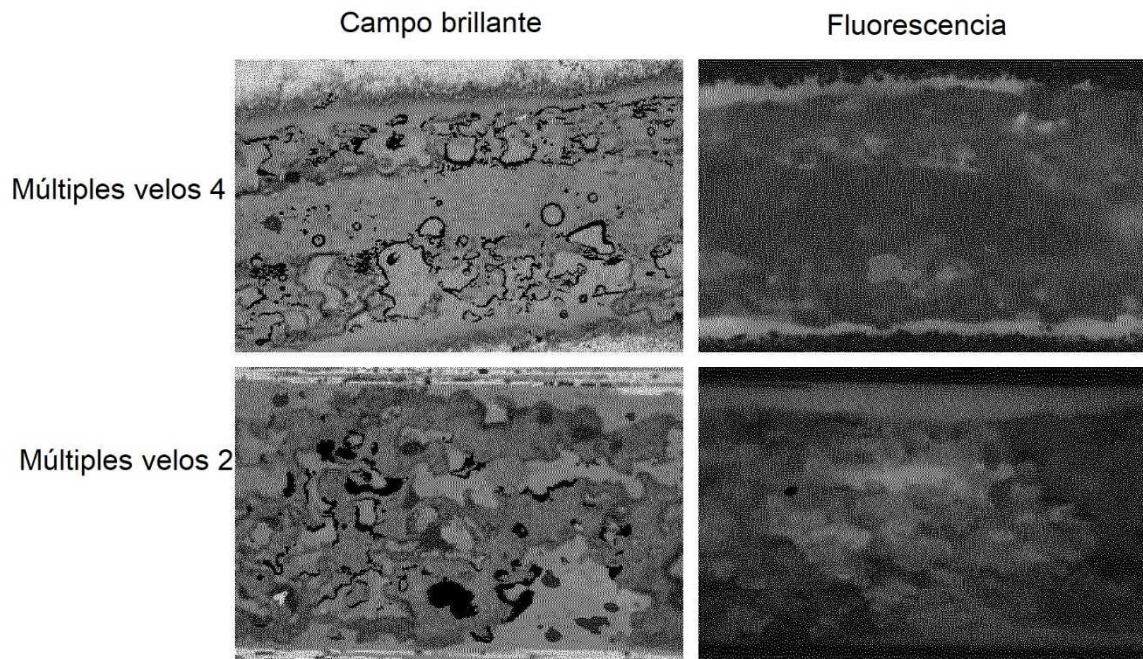


FIG.3

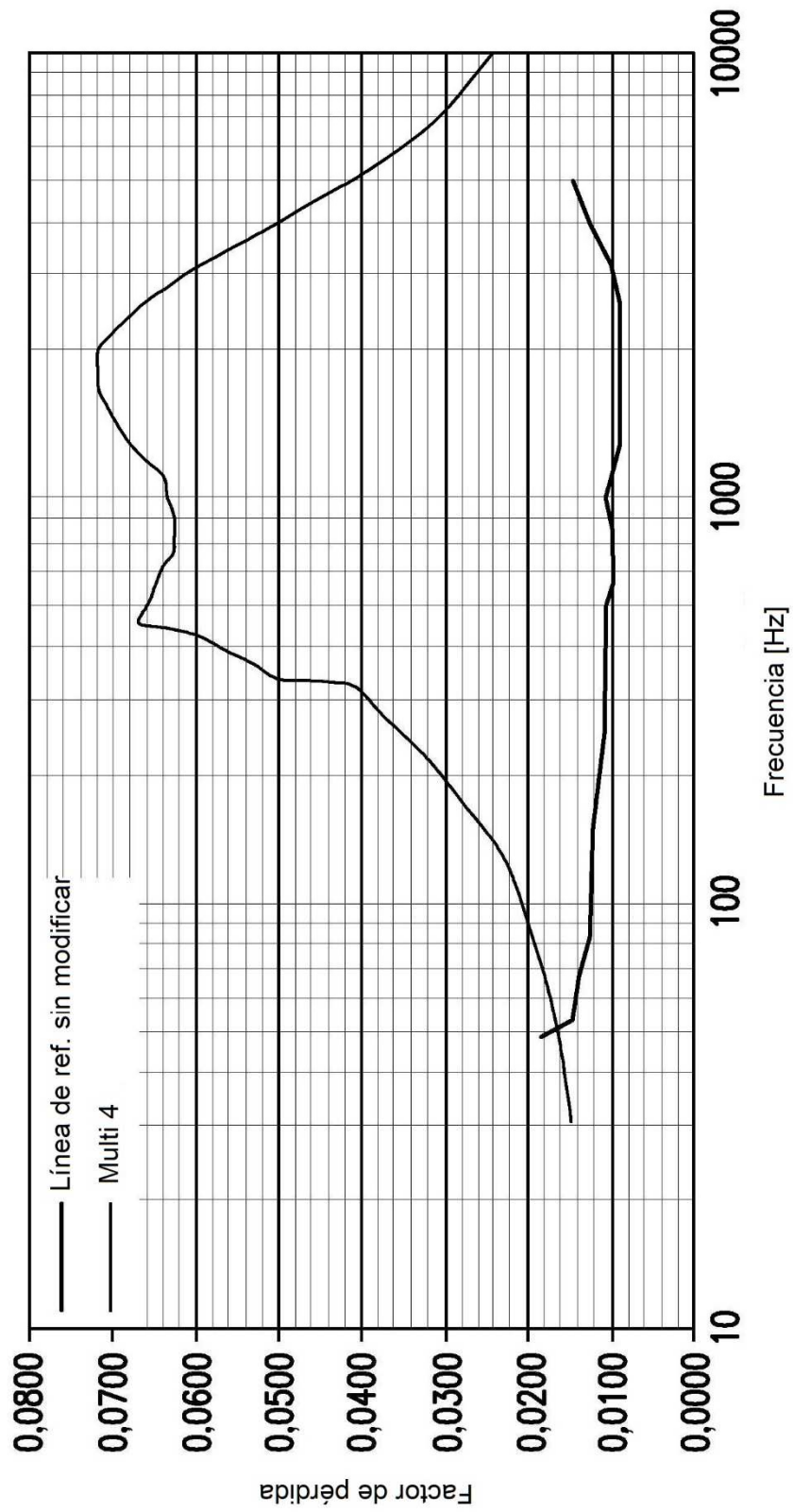


FIG.4



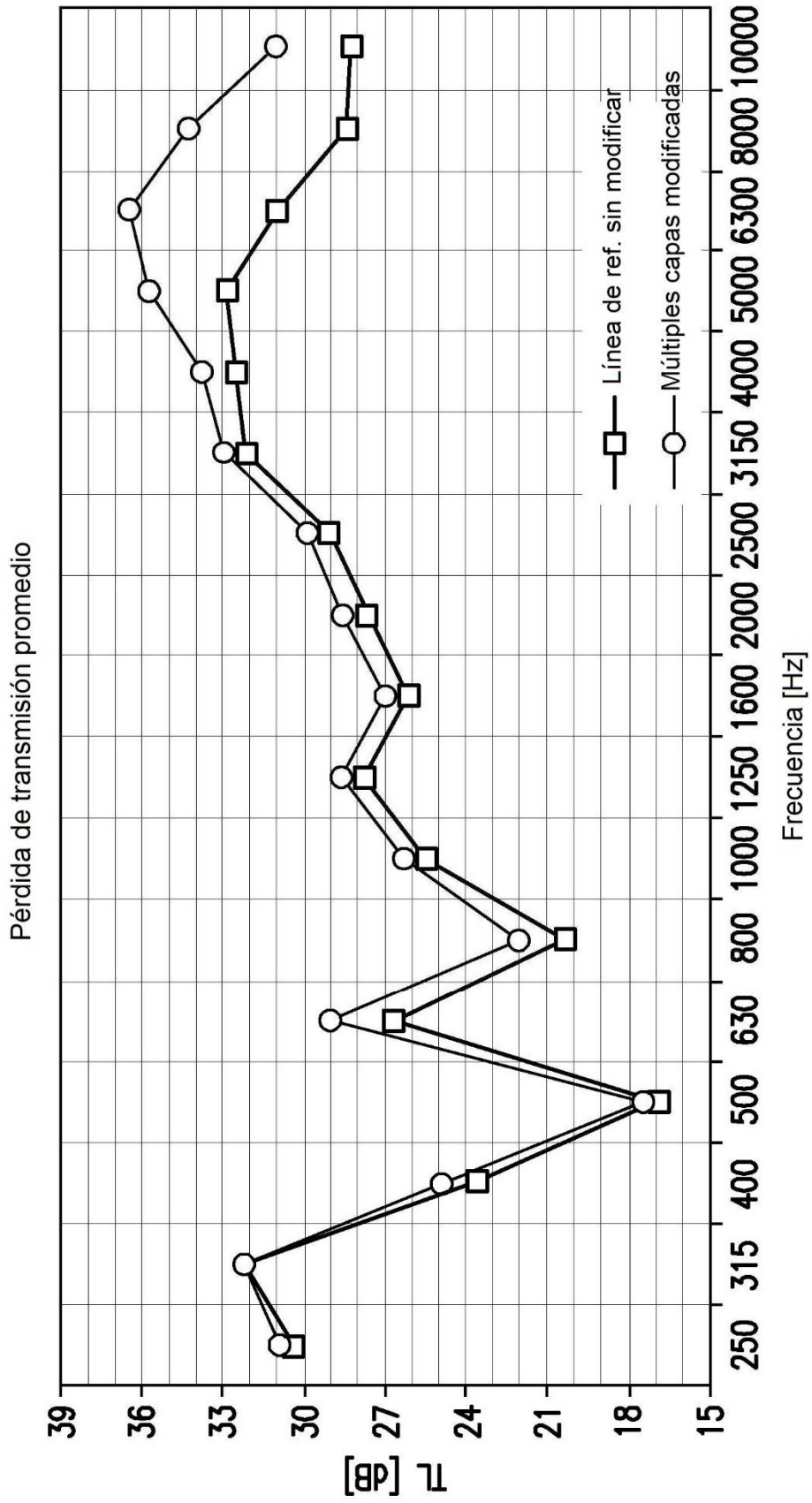


FIG.5