

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 715 826**

51 Int. Cl.:

B64C 3/18 (2006.01)

B64C 1/26 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.01.2014 E 14151732 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.12.2018 EP 2759470**

54 Título: **Estructuras de caja para llevar cargas y métodos para fabricarlas**

30 Prioridad:

26.01.2013 US 201313756086

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

06.06.2019

73 Titular/es:

**THE BOEING COMPANY (100.0%)
100 North Riverside Plaza
Chicago, IL 60606-1596, US**

72 Inventor/es:

**MARCOE, JEFFERY L;
NORDMAN, PAUL S;
BROWN, STEPHEN T;
REESELER, WILLIAM G;
ISOMURA, TERRY K y
WESTRE, WILLARD N**

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 715 826 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 caja para llevar cargas y métodos para fabricarlas

Antecedentes

1) Campo de la invención

- 5 La divulgación se refiere en general a las estructuras de caja de aeronave para llevar cargas y métodos para fabricarlas, y más particularmente, a estructuras de caja de aeronave unidas compuestas y a métodos para fabricarlas.

2) Descripción de la técnica relacionada

- 10 Las estructuras compuestas, tales como las estructuras compuestas de plástico reforzado por fibra de carbono (CFRP), se utilizan en una amplia variedad de aplicaciones, incluyendo en la fabricación de aeronaves, naves espaciales, giroaviones, automóviles, embarcaciones y otros vehículos y estructuras, debido a sus altas relaciones de resistencia al peso, resistencia a la corrosión y otras propiedades favorables. Por ejemplo, en una construcción de aeronave, las estructuras compuestas se utilizan en cantidades crecientes para formar las alas, secciones de cola, fuselaje y otros componentes.

- 15 Las estructuras existentes de alas de transporte de aeronave compuestas y de cajas estabilizadoras pueden utilizar estructuras de paneles integralmente rígidas que consisten en paneles exteriores de revestimiento de alas compuestos, es decir, "revestimientos", fijados o unidos mecánicamente a un armazón de ala interna. El armazón de ala interna puede consistir típicamente en estructuras de refuerzo tales como largueros, nervaduras y larguerillos para mejorar la resistencia, rigidez, resistencia al pandeo y estabilidad de los revestimientos.

- 20 Dichas estructuras de alas de transporte de aeronave compuestas y de cajas estabilizadoras están fabricadas típicamente en tres secciones separadas, incluyendo el ala o estabilizador exterior del lado izquierdo, el ala o estabilizador exterior del lado derecho, y la sección central y dichas secciones se ensamblan después entre sí. El proceso de fabricación puede implicar mucho tiempo y mano de obra manual para ensamblar gran cantidad de componentes, y esto puede resultar en un aumento de los costes de fabricación. Además, dichas secciones pueden unirse con numerosos sujetadores mecánicos, tales como sujetadores de ajuste de interferencia, para propósitos de unión primaria. Dichos sujetadores pueden estar hechos de materiales fuertes y pesados para impartir suficiente resistencia a las secciones, mantener las secciones juntas durante la operación de la aeronave, y soportar diversas cargas y tensiones aerodinámicas. Sin embargo, el uso de numerosos sujetadores pesados puede añadir peso a la aeronave, que, a su vez, puede disminuir el rendimiento de la aeronave y puede resultar en un aumento del combustible requerido para un perfil de vuelo dado. Este aumento en el requerimiento de combustible puede, a su vez, dar como resultado mayores costes de combustible. Además, dichos sujetadores pueden requerir un sellado hermético adicional al combustible que puede aumentar el tiempo de fabricación, la mano de obra y el coste, y que, a su vez, puede aumentar los costes de fabricación y de operación generales. Además, el uso de numerosos sujetadores hechos de metal instalados a través de los paneles externos de revestimiento de ala compuesto puede dar como resultado un mayor riesgo de un rayo en el ala.

- 40 Además, las estructuras existentes de alas de transporte de aeronave compuestas y de cajas estabilizadoras pueden típicamente seguir la distribución de la carga primaria conocida semi-monocasco de la caja del ala metálica. Tal como se usa en el presente documento, "semi-monocasco" significa un enfoque de construcción que soporta cargas estructurales utilizando un revestimiento exterior o externo de un objeto y larguerillos, en lugar de utilizar un armazón interno que se cubre después con un revestimiento que no lleva carga. Este enfoque típicamente requiere orientaciones de superposición de capas casi tradicionales $0^\circ/\pm 45^\circ/90^\circ$ (cero grados/más o menos cuarenta y cinco grados/noventa grados) casi-isotrópicas (por ejemplo, orientación de fibras en varias o más direcciones en el plano), axialmente rígidas que distribuyen la curvatura y la torsión del ala de transporte de aeronave y de la caja estabilizadora en los revestimientos y larguerillos para proporcionar múltiples trayectorias de carga a prueba de fallos. Sin embargo, dicho enfoque puede comprometer la eficacia de los componentes compuestos y puede aumentar significativamente el recuento de piezas en las nervaduras y fijaciones de los sujetadores para mantener la estabilidad de la estructura del ala de transporte de aeronave compuesta y de la caja estabilizadora.

Por consiguiente, existe una necesidad en la técnica de estructuras de cajas de aeronave compuestas mejoradas y métodos para fabricarlas que proporcionan ventajas sobre las estructuras y métodos conocidos.

- 50 El documento WO2008/100299 A2 se refiere a un dispositivo de montaje en una aeronave. Se divulga un método para ensamblar un miembro de fijación metálico del dispositivo de montaje. Se divulga un dispositivo de montaje. Se divulga un método para instalar y usar un dispositivo de montaje en una aeronave.

5 En el documento US 4 565 595 A, se describe un par de juntas de revestimiento-larguero especialmente reforzadas en combinación con un núcleo de panal de abeja utilizado para construir un larguero de ala para un ala de aeronave compuesta. Una serie de mandriles contorneados con una cubierta de material resistente al combustible y un plástico reforzado envuelto se alinean uno sobre el otro. Los materiales de larguero de ala se colocan entre los mandriles, el núcleo de panal de abejas se ubica a lo largo, así como los revestimientos del ala para formar una acumulación del ala. La acumulación se coloca en un molde, se aplica presión a cada mandril forzando todas las piezas juntas y la acumulación se calienta para curar las resinas y formar una estructura de ala compuesta.

Sumario

10 Esta necesidad de estructuras mejoradas de cajas de aeronave unidas compuestas y métodos para fabricarlas está satisfecha. Como se ha discutido en la descripción detallada a continuación, las realizaciones de las estructuras mejoradas de alas de transporte de aeronave unidas compuestas y de cajas estabilizadoras y métodos para fabricarlas proporcionan ventajas significativas con respecto a las estructuras y métodos existentes.

De acuerdo con la presente invención, se proporciona una estructura de caja de aeronave para llevar carga y un método para fabricar una estructura de caja de aeronave unida, como se expone en las reivindicaciones adjuntas.

15 Las características, funciones y ventajas que se han discutido pueden lograrse independientemente en varias realizaciones de la divulgación o pueden combinarse en otras realizaciones cuyos detalles adicionales pueden observarse con referencia a la siguiente descripción y dibujos.

Breve descripción de los dibujos

20 La divulgación se puede entender mejor con referencia a la descripción detallada siguiente tomada en conjunto con los dibujos adjuntos que ilustran las realizaciones preferentes y ejemplares, pero que no están necesariamente dibujadas a escala, en donde:

La figura 1A es una ilustración de una vista en perspectiva de un vehículo aéreo que incorpora las realizaciones de una estructura de caja de la divulgación;

25 La figura 1B es una ilustración de una vista de atrás hacia adelante en perspectiva de una de las realizaciones de una estructura de caja de la divulgación;

La figura 2A es una ilustración de una vista en planta superior de una superficie superior de una de las realizaciones de una estructura de caja de la divulgación;

La figura 2B es una ilustración de una vista en sección transversal tomada a lo largo de las líneas 2B-2B de la figura 2A que muestra una realización de un panel sándwich integrado de la divulgación ligado a un larguero;

30 La figura 2C es una ilustración de una vista en planta parcial de una superficie inferior de una de las realizaciones de una estructura de caja de la divulgación que muestra las aberturas de acceso;

La figura 3A es una ilustración de una vista en perspectiva parcial de una de las realizaciones de una estructura de caja de la divulgación que tiene múltiples configuraciones de larguero;

35 La figura 3B es una ilustración de una vista en sección transversal tomada a lo largo de las líneas 3B-3B de la figura 3A que muestra vistas de primer plano de configuraciones múltiples de larguero;

La figura 3C es una ilustración de una vista en sección transversal de primer plano del círculo 3C de la figura 3B;

La figura 3D es una ilustración de una vista en sección transversal de primer plano del círculo 3D de la figura 3B;

La figura 3E es una ilustración de una vista en sección transversal de primer plano del círculo 3E de la figura 3B;

40 Las figuras 4-10 son ilustraciones de varias realizaciones de juntas de cierre de larguero que pueden utilizarse con realizaciones de la estructura de caja de la divulgación;

La figura 11 es una ilustración de un diagrama de flujo de un método de producción de aeronave y de servicio;

La figura 12 es una ilustración de un diagrama de bloques de una aeronave; y,

la figura 13 es una ilustración de un diagrama de flujo que ilustra una realización de un método de la divulgación.

Descripción detallada

Las realizaciones divulgadas se describirán ahora más detalladamente a continuación con referencia a los dibujos adjuntos, en los que se muestran algunas, pero no todas las realizaciones divulgadas. De hecho, varias realizaciones diferentes pueden proporcionarse y no deben considerarse limitadas a las realizaciones expuestas en el presente documento. Más bien, estas realizaciones se proporcionan para que esta divulgación sea exhaustiva y transmita completamente el alcance de la divulgación a los expertos en la materia.

Ahora con referencia a las figuras, la figura 1A es una ilustración de una vista en perspectiva de un vehículo aéreo 10, tal como una aeronave, que incorpora realizaciones de una estructura de caja de aeronave 12 hecha o fabricada por una de las realizaciones de un método 300 (véase la figura 13) de la divulgación. Como se muestra en la figura 1A, el vehículo aéreo 10 comprende una estructura de ala de transporte 13 que tiene un bastidor aerodinámico 14. El bastidor aerodinámico 14 incluye un borde delantero 15, una primera punta 16, un borde trasero 17, una segunda punta 18, y una pluralidad de superficies de control 19. En una realización, como se muestra en la figura 1A, la estructura de caja 12 puede comprender una estructura de caja de ala de transporte 12a que puede fijarse o incorporarse en el bastidor aerodinámico 14 de la estructura de ala de transporte 13. La estructura de caja de ala de transporte 20 puede fijarse a una parte superior 20 (véase figura 1A), a través de una parte media 21 (véase figura 1A), o fijarse a una parte inferior (no mostrada) de un fuselaje 22 del vehículo aéreo 10. Como se muestra en la figura 1A, el vehículo aéreo 10 comprende además una o más estructuras estabilizadoras 24 que comprenden unos estabilizadores horizontales 24a y un estabilizador vertical 24b. La estructura estabilizadora 24, tales como los estabilizadores horizontales 24a, en combinación, pueden tener un bastidor aerodinámico 14a que tiene una primera punta 16a y una segunda punta 18a. En otra realización, como se muestra en la figura 1A, la estructura de caja 12 puede comprender una estructura de caja estabilizadora 12b que puede fijarse o incorporarse en el bastidor aerodinámico 14a de una o más de las estructuras estabilizadoras 24. Preferentemente, la estructura de caja 12 está unida, tiene una configuración unitaria (en una pieza) 26 (véase la figura 1A) y proporciona una o más trayectorias de carga continuas 28 a través de la estructura de caja 12.

En una realización de la divulgación, como se muestra en las figuras 1A-2C, se proporciona una estructura de caja de aeronave 12 para llevar la carga. Como se mencionó anteriormente, la estructura de caja 12 puede comprender en una realización, como se muestra en la figura 1A, una estructura de caja de ala de transporte 12a, y en otra realización puede comprender una estructura de caja estabilizadora 12b. En particular, la estructura de caja 12 puede, por ejemplo, comprender una estructura de caja de ala de aeronave, una estructura de caja estabilizadora que incluye un estabilizador horizontal, un estabilizador vertical, un plano de cola, y un mando delantero, una pala de rotor de giroavión, una pala de helicóptero, una estructura en voladizo de vehículo aéreo o una estructura de caja de torsión de vehículo aéreo. Aunque el vehículo aéreo 10 mostrado en la figura 1A es generalmente representativo de una aeronave de pasajeros comercial, la una o más realizaciones de la estructura de caja 12, como se divulga en el presente documento, puede también emplearse en otros tipos de vehículos aéreos. Más específicamente, las enseñanzas de las realizaciones divulgadas pueden aplicarse a otras aeronaves de pasajeros, aeronaves de carga, aeronaves militares, giroaviones y otros tipos de vehículos aéreos que tienen una arquitectura de estructura de caja, tal como un tipo de estructura de caja de torsión.

La figura 1B es una ilustración de una perspectiva de una vista de atrás hacia adelante de una de las realizaciones de la estructura de caja 12, tal como en la forma de estructura de caja de ala de transporte 12a. Como se muestra en las figuras 1A-1B, la estructura de caja 12 tiene preferentemente un primer extremo 30, un segundo extremo 32, un cuerpo 34 (véase la figura 1A), un borde delantero 36 (véase la figura 1A), y un borde trasero 38 (véase la figura 1A). La estructura de caja 12 tiene además una superficie superior 11a (véase la figura 2A) y una superficie inferior 11b (véase la figura 2C). La figura 2A es una ilustración de una vista en planta parcial de la superficie superior 11a de una de las realizaciones de la estructura de caja 12 de la divulgación. La figura 2C es una ilustración de una vista en planta parcial de la superficie inferior 11b de una de las realizaciones de la estructura de caja 12 de la divulgación.

Como se muestra en las figuras 1B y 2A, la estructura de caja 12 comprende una pluralidad de largueros 40 y una pluralidad de nervaduras estabilizadoras 48 unidas o ligadas a y dispuestas entre un par de paneles sándwich integrados 62. Como se muestra en la figura 3A, cada larguero 40 comprende un alma 112 y fijaciones de alma 114 y tiene una longitud de larguero en la dirección axial. Como se muestra además en las figuras 1B y 2A, la pluralidad de largueros 40 preferentemente comprende tres largueros 40, incluyendo un larguero frontal 42, un larguero posterior 44, y un larguero intermedio 46. El larguero frontal 42 está preferentemente posicionado a lo largo de la envergadura del borde delantero 36 de la estructura de caja 12. El larguero posterior 44 está preferentemente posicionado a lo largo de la envergadura del borde posterior 38 de la estructura de caja 12. El larguero intermedio 46 está preferentemente posicionado centralmente a lo largo de la envergadura del cuerpo 34 de la estructura de caja 12. La pluralidad de largueros 40 puede construirse con una configuración curvada 41 (véase la figura 1B). Como se muestra en la figura 1B, la pluralidad de largueros 40 son preferentemente continuos entre la primera punta 16 y la segunda punta 18 del bastidor aerodinámico 14, y el larguero frontal 42 y el larguero posterior 44 son preferentemente continuos desde la primera punta 16 hasta la segunda punta 18 del bastidor aerodinámico 14. La pluralidad de largueros 40 puede proporcionar resistencia a la estructura de caja 12 y puede llevar fuerzas axiales y momentos de flexión.

En una realización, la pluralidad de largueros 40 puede estar formada con una construcción de sándwich de larguero 97 (véase la figura 10) que comprende una parte de núcleo 66 intercalada entre al menos dos láminas frontales de larguero 98. Cada lámina frontal de larguero 98 preferentemente tiene una superposición de las capas compuestas de las láminas frontales de larguero 103 (véase la figura 10) que consta de un laminado de cintas compuestas sustancialmente casi-isotrópicas 87 (véase la 10). En una realización, la pluralidad de nervaduras estabilizadoras 48 puede estar formada con una construcción de sándwich similar a la construcción de sándwich de larguero 97 (véase la figura 10) que comprende una parte de núcleo intercalada entre al menos dos láminas frontales. Cada lámina frontal de nervadura (no mostrada) tiene preferentemente una superposición de las capas compuestas de las láminas frontales de nervaduras (no mostrada) que consta de un laminado de cintas compuestas sustancialmente casi-isotrópicas 87 de la superposición de las capas compuestas de las láminas frontales de larguero 103 (véase la figura 10).

Como se muestra además en las figuras 1B y 2A, la pluralidad de nervaduras estabilizantes 48 proporcionan soporte a la estructura de caja 12a y tanques de combustible individuales separados dentro de la estructura de ala de transporte 13 (véase la figura 1A). La pluralidad de nervaduras estabilizantes 48 preferentemente se intersecan con la pluralidad de largueros 40 en el cuerpo 34 de la estructura de caja 12. Como se muestra en las figuras 1B y 2A, la pluralidad de nervaduras estabilizantes 48 puede comprender preferentemente nervaduras de extremo de tanque 50 adyacentes a los tanques de combustible de equilibrio 52 e intersecándose entre el larguero frontal 42 y el larguero posterior 44. Como se muestra en las figuras 1B y 2A, la pluralidad de nervaduras estabilizantes 48 puede comprender además preferentemente nervaduras de unión de puntal 54 que se intersecan entre el larguero frontal 42 y el larguero intermedio 46 o que se intersecan entre el larguero posterior 44 y el larguero intermedio 46. Como se muestra en las figuras 1B y 2A, la pluralidad de nervaduras estabilizantes 48 puede comprender además preferentemente una corredera de aleta y nervaduras de terminación de larguero intermedio 56 que se intersecan entre el larguero frontal 42, el larguero intermedio 46 y el larguero posterior 44. Como se muestra en las figuras 1B y 2A, la pluralidad de nervaduras estabilizantes 48 puede comprender además preferentemente un lado de las nervaduras de integración de fuselaje 58 cerca de la nervadura de la línea central 60 de la estructura de caja 12 y que interseca entre el larguero frontal 42, el larguero intermedio 46 y el larguero posterior 44. Las nervaduras estabilizantes 48 pueden transferir la carga entre la pluralidad de largueros 40 y los paneles de sándwich integrados 62.

Como se muestra en las figuras 2A, 2B, 2C, la estructura de caja 12 comprende un par de paneles sándwich integrados 62. Preferentemente, los paneles sándwich integrados 62 son paneles sándwich integrados compuestos. El par de paneles sándwich integrados 62 son preferentemente continuos desde la primera punta 16 hasta la segunda punta 18 del bastidor aerodinámico 14 (véase la figura 1A) a la que se puede fijar la estructura de caja 12. Los paneles sándwich integrados 62 preferentemente comprenden un panel sándwich integrado superior 62a (véase la figura 2A) y un panel sándwich integrado inferior 62b (véase la figura 2C). La figura 2B es una ilustración de una vista en sección transversal tomada a lo largo de las líneas 2B-2B de la figura 2A que muestra una realización del panel sándwich integrado 62 ligado a un larguero 40.

Como se muestra en la figura 2B, cada panel sándwich integrado 62 tiene una construcción en sándwich que proporciona una mayor estabilización del panel sándwich integrado 62. Como se muestra además en la figura 2B, cada uno de los paneles sándwich integrados 62 comprende las láminas frontales 70 (véase la figura 2B), tales como las láminas frontales de revestimiento compuestas, intercalando una o más partes de núcleo 66 y los paquetes densos adyacentes 80 orientados en una dirección axial. Como se muestra en la figura 2B, la parte de núcleo 66 y el paquete denso 80 se intercalan entre dos láminas frontales 70. Un revestimiento compuesto 64 (véase la figura 2B) está preferentemente formado intercalando la parte de núcleo 66 entre al menos dos láminas frontales 70, tales como dos láminas frontales de revestimiento compuestas. La parte de núcleo 66 preferentemente comprende un núcleo de panel de abejas 68 (véase la figura 2B). Sin embargo, la parte de núcleo 66 puede comprender también un núcleo de espuma, un núcleo de espuma con refuerzo de fibras, una espuma de células cerradas, una estructura de armadura, u otro material o estructura de núcleo adecuado como se apreciará por los expertos en la materia. El paquete denso 80 es un tipo de tapa de larguero 108 (véase la figura 2B). Tal como se usa en el presente documento, "paquete denso" significa un tipo de tapa de larguero que está unida a las láminas frontales, como las láminas frontales de revestimiento compuestas, de los paneles sándwich integrados y que actúa como una tapa de larguero. Como se muestra en la figura 3A, la pluralidad de largueros 40 se conectan a los paneles sándwich integrados 62 con las fijaciones de alma 114 situadas en los paquetes densos 80.

Como se muestra además en la figura 2B, las láminas frontales 70 pueden comprender una lámina frontal externa 72 y una lámina frontal interna 74. Como se muestra en la figura 2B, en una realización, las láminas frontales 70, como en la forma de una lámina frontal externa 72 y lámina frontal interna 74, cada una tiene una superposición de las capas compuestas de las láminas frontales 76 que consta sustancialmente de capas inclinadas 86. Tal como se usa en el presente documento, "capas inclinadas" significa cualquier capa en ángulos distintos de cero grados (0°) o de aproximadamente cero grados (0°), y distintos de noventa grados (90°), y como se utiliza en el presente documento "aproximadamente cero grados (0°)" significa un intervalo de cero grados (0°) a diez grados (10°). Preferentemente, las capas inclinadas 86 comprenden capas con fibras orientadas a más o menos cuarenta y cinco grados ($\pm 45^\circ$) o aproximadamente más o menos cuarenta y cinco grados ($\pm 45^\circ$). Como se utiliza en el en el presente documento

"aproximadamente más o menos cuarenta y cinco grados ($\pm 45^\circ$)" significa un intervalo de desde más o menos cuarenta grados ($\pm 40^\circ$) hasta más o menos cincuenta grados ($\pm 50^\circ$). Más preferentemente, la superposición de las capas compuestas de las láminas frontales 76 puede comprender un 70 %-80 % de capas inclinadas 86 con fibras orientadas a más o menos cuarenta y cinco grados ($\pm 45^\circ$) o aproximadamente más o menos cuarenta y cinco grados ($\pm 45^\circ$); un 10 %-20 % de capas con fibras orientadas a noventa grados (90°) o aproximadamente noventa grados (90°) donde "aproximadamente noventa grados (90°)" significa un intervalo de ochenta y cinco grados (85°) a noventa y cinco grados (95°); y un 0 %-20 % de capas unidireccionales 85 (véase la figura 2B) con fibras unidireccionales orientadas a cero grados (0°) o aproximadamente cero grados (0°). Más preferentemente, la superposición de las capas compuestas de las láminas frontales 76 puede comprender un 80 % de capas inclinadas 86 con fibras orientadas a más o menos cuarenta y cinco grados ($\pm 45^\circ$) o aproximadamente más o menos cuarenta y cinco grados ($\pm 45^\circ$); un 10 % de las capas con fibras orientadas a noventa grados (90°) o aproximadamente noventa grados (90°); y un 10 % de capas unidireccionales 85 con fibras unidireccionales orientadas a cero grados (0°) o aproximadamente cero grados (0°). Las láminas frontales 70 se configuran para llevar principalmente cargas de torsión y presión en cizallamiento y cargas axiales no significativas. La superposición de las capas compuestas de las láminas frontales 76 está preferentemente diseñada para permitir que las láminas frontales 70 proporcionen solo trayectorias de carga de torsión, de cizallamiento y de presión continuas 28 (véase la figura 1A) a través de la estructura de caja 12 (véase la figura 1A) y a través de la estructura de ala de transporte 13 (véase la figura 1A) o las estructuras estabilizadoras 24 (véase la figura 1A).

Las láminas frontales 70, como en la forma de láminas frontales de revestimiento compuestas, pueden formarse extendiendo las capas inclinadas 86, y preferentemente las capas inclinadas 86 con las fibras orientadas a más o menos cuarenta y cinco grados ($\pm 45^\circ$) o aproximadamente más o menos cuarenta y cinco grados ($\pm 45^\circ$), las capas con fibras orientadas a noventa grados (90°) o aproximadamente noventa grados (90°), y/o las capas unidireccionales 85 con fibras unidireccionales orientadas a cero grados (0°) o aproximadamente cero grados (0°), en una herramienta, como una herramienta de moldeo, en la superposición de las capas compuestas de las láminas frontales 76 deseada y disponiendo las láminas frontales 70, para definir un espacio entre ellas para rellenarse con la parte de núcleo 66, o alternativamente, disponiendo las láminas frontales 70 sobre la parte de núcleo 66 para intercalar la parte de núcleo 66.

Como se muestra además en la figura 2B, cada panel sándwich integrado 62 comprende además paquetes densos 80 adyacentes a una o más partes de núcleo 66 y ligados a, preferentemente mediante unión, e integrados con las láminas frontales 70. Como se muestra en la figura 2B, en una realización, cada paquete denso 80 preferentemente tiene una superposición de las capas compuestas de los paquetes densos 82 que consta de un laminado de cintas compuestas unidireccionales sustancialmente ortogonales 84 que consta de capas unidireccionales orientadas a cero grados (0°) o aproximadamente cero grados (0°). Como se utiliza en el presente documento "aproximadamente cero grados (0°)" significa un intervalo de cero grados (0°) a diez grados (10°). En otra realización, más preferentemente, la superposición de las capas compuestas de los paquetes densos 82 puede comprender un 70 %-100 % de laminado de cintas compuestas unidireccionales sustancialmente ortogonales 84 que consta de capas unidireccionales 85 con fibras unidireccionales orientadas a cero grados (0°) o aproximadamente cero grados (0°); un 0 %-25 % de capas inclinadas 86 con fibras orientadas a una orientación en un intervalo de más o menos cincuenta grados ($\pm 50^\circ$) hasta más o menos setenta y cinco grados ($\pm 75^\circ$), y más preferentemente a más o menos sesenta y cinco grados ($\pm 65^\circ$); y un 0 %-10 % de capas con fibras orientadas a noventa grados (90°). Más preferentemente, la superposición de las capas compuestas de los paquetes densos 82 puede comprender un 80 % de capas unidireccionales sustancialmente ortogonales con fibras unidireccionales orientadas a cero grados (0°) o aproximadamente cero grados (0°); un 20 % de capas inclinadas con fibras orientadas en una orientación en un intervalo de más o menos cincuenta grados ($\pm 50^\circ$) hasta más o menos setenta y cinco grados ($\pm 75^\circ$), y más preferentemente a más o menos sesenta y cinco grados ($\pm 65^\circ$); y un 0 % de capas con fibras orientadas a noventa grados (90°).

Los paquetes densos 80 están configurados para llevar toda la curvatura significativa de la caja en las cargas de tensión y compresión axiales. La superposición de las capas compuestas de los paquetes densos 82 está diseñada para permitir que los paquetes densos 80 proporcionen todas las trayectorias de carga de curvatura y axiales continuas significativas 28 (véase la figura 1A) a través de la estructura de caja 12 (véase la figura 1A) y a través de la estructura de ala de transporte 13 (véase la figura 1A) o las estructuras estabilizadoras 24 (véase la figura 1A). Los paquetes densos 80 son preferentemente continuos entre la primera punta 16 (véase la figura 1A) y la segunda punta 18 (véase la figura 1A) del bastidor aerodinámico 14 (véase la figura 1A).

El material compuesto utilizado para hacer los componentes de la estructura de caja 12, tales como los paneles sándwich integrados 62, largueros 40, y/o nervaduras estabilizantes 48 pueden comprender materiales compuestos conocidos tales como carbón, vidrio, o fibras de poliamida en configuraciones tejidas, no tejidas y trenzadas. En la etapa de materia prima, las fibras pueden estar formadas en cintas, filamentos y/o láminas de tela que pueden estar preimpregnadas con resina sin curar. Las materias primas pueden estar hechas en componentes de la estructura de caja 12 extendiéndolas y/o laminándolas sobre una superficie, y después aplicando calor y presión para curar la resina y endurecer el laminado. Los ejemplos de materiales compuestos adecuados adicionales que se pueden utilizar incluyen material compuesto de fibra de carbono; material polimérico reforzado con fibra de carbono que

incluye sulfuro de polifenileno (PPS) reforzado con fibra de carbono, polieteretercertona (PEEK) reforzada con fibra de carbono, polietercetonacetona (PEKK) reforzada con fibra de carbono, y polietilenimina (PEI) reforzada con fibra de carbono; nailon u otro material compuesto adecuado como apreciarán los expertos en la materia. El material compuesto puede estar en la forma de material de cinta compuesta, una cinta unidireccional preimpregnada, una
5 tela preimpregnada u otro material compuesto adecuado.

La incorporación de la estructura de caja 12 en un bastidor aerodinámico 14 (véase la figura 1B) de una estructura de ala de transporte 13 (véase la figura 1A) permite una reducción significativa en el número de nervaduras estabilizantes 48 (véase las figuras 1B, 2A) dispuestas entre los paneles sándwich integrados 62 desde la primera punta 16 (véase la figura 1B) hasta la segunda punta 18 (véase la figura 1B) del bastidor aerodinámico 14 (véase la figura 1B). Preferentemente, la reducción en el número de nervaduras estabilizantes 48 (véase las figuras 1B, 2A) dispuestas entre los paneles sándwich integrados 62 desde la primera punta 16 (véase la figura 1B) hasta la segunda punta 18 (véase la figura 1B) del bastidor aerodinámico 14 (véase la figura 1B) puede estar en un intervalo de desde aproximadamente un 50 % hasta aproximadamente un 90 % en comparación con los bastidores aerodinámicos sin las realizaciones de la estructura de caja 12 divulgada en el presente documento. Cada panel sándwich integrado 62 preferentemente tiene una relación de rigidez de panel aumentada debido a los paquetes densos duros axialmente rígidos 80 que están totalmente estabilizados por el panel sándwich integrado 62 y las almas de larguero 112. Las láminas frontales 70 del panel sándwich integrado 62 son preferentemente blandas y los paquetes densos 80 del panel sándwich integrado 62 son preferentemente duros y axialmente rígidos.

La estructura de caja 12 puede comprender además un elemento de unión 88 (véase la figura 2B) configurada para unir de manera secundaria la pluralidad de largueros 40 y nervaduras estabilizantes 48 a cada panel sándwich integrado 62. Como se muestra en la figura 2B, el larguero 40 está unido de manera secundaria al panel sándwich integrado 62 con el elemento de unión 88. En particular, el larguero 40 está unido de manera secundaria a la lámina frontal interna 74 del panel sándwich integrado 62 en una junta 96 (véase la figura 2B). Preferentemente, el elemento de unión 88 comprende un material adhesivo 90 (véase la figura 2B), tal como un epoxi, un acrílico, un poliuretano u otro material adhesivo adecuado como se apreciará por los expertos en la materia.

La estructura de caja 12 puede comprender además uno o más elementos de detención de daños 92 (véase la figura 2B). Preferentemente, el uno o más elementos de detención de daños 92 comprende uno o más sujetadores mecánicos 94 (véase la figura 2B), tales como pernos, abrazaderas, remaches u otros sujetadores mecánicos adecuados como apreciarán los expertos en la materia. El uno o más elementos de detención de daños 92 pueden configurarse para sujetar la pluralidad de nervaduras estabilizantes 48 a cada panel sándwich integrado 62, pueden estar configurados para sujetar la pluralidad de largueros 40 a cada panel sándwich integrado 62, o pueden estar configurados para sujetar la pluralidad de largueros 40 y la pluralidad de nervaduras estabilizantes 48 a cada panel sándwich integrado 62. Como se muestra en la figura 2B, el larguero 40 se sujeta al panel sándwich integrado 62 con el elemento de detención de daños 92. En particular, el larguero 40 se sujeta a la lámina frontal interna 74 del panel sándwich integrado 62.

Como se muestra en la figura 2C, las aberturas de acceso 110 pueden estar posicionadas en varias ubicaciones a lo largo de la superficie inferior 11b de la estructura de caja 12. Dichas aberturas de acceso 110 pueden necesitarse para acceder a las estructuras internas tal como para la fabricación, servicio y reparación. Preferentemente, la superficie inferior 11b puede tener aberturas de acceso 110 debido a la reducción en la pluralidad de nervaduras estabilizantes 48 (véase la figura 2A) que permite un acceso interno aumentado. El número reducido de aberturas de acceso 110 corresponde preferentemente al número reducido de nervaduras estabilizantes 48. Esto puede ser el resultado de un acceso de tanque de combustible interno aumentado que resulta del número reducido de nervaduras estabilizantes 48.

Las figuras 3A-3E son ilustraciones de varias realizaciones de configuraciones de largueros para largueros 40 que se pueden utilizar con realizaciones de la estructura de caja 12 de la divulgación. La figura 3A es una ilustración de una vista en perspectiva parcial de una de las realizaciones de la estructura de caja 12 de la divulgación que tiene largueros 40 con múltiples configuraciones de larguero, tales como, por ejemplo, una primera configuración de larguero 40a, una segunda configuración de larguero 40b, una tercera configuración de larguero 40c y/o configuraciones de larguero adecuadas adicionales. La figura 3A muestra la estructura de caja 12 que comprende los paneles sándwich integrados 62 que tienen láminas frontales 70 que intercalan una o más partes de núcleo 66 y paquetes densos adyacentes 80, y muestra los largueros 40 cada uno con un alma 112 y fijaciones de alma 114. Los paneles sándwich integrados 62 están conectados, preferentemente por unión, a los largueros 40 con las fijaciones de alma 114 situadas en los paquetes densos 80, comprendiendo los paquetes densos 80 un tipo de tapa de larguero 108.

La figura 3B es una ilustración de una vista en sección transversal tomada a lo largo de las líneas 3B-3B de la figura 3A que muestra vistas de primer plano de las configuraciones de largueros 40a, 40b, 40c. Como se muestra en la figura 3B, la primera configuración de larguero 40a puede estar en forma de una configuración en sección I que tiene un alma 112 con fijaciones de alma 114. Como se muestra además en la figura 3B, el alma 112 puede comprender un elemento de núcleo de alma 112a, tal como un elemento de núcleo de panel de abejas, para estabilizar el alma

112. Como se muestra además en la figura 3B, las fijaciones de alma 114 pueden comprender bridas de fijación del alma 114a. Las bridas de fijación del alma 114a están unidas preferentemente a los paquetes densos 80 de los paneles sándwich integrados 62.

5 La figura 3C es una ilustración de una vista en sección transversal en primer plano del círculo 3C de la figura 3B. Como se muestra en la figura 3C, las fijaciones del alma 114, tales como en la forma de bridas de fijación del alma 114a, de la primera configuración del larguero 40a, pueden unirse a los paquetes densos 80 (comprendiendo un tipo de tapa de larguero 108) por medio de un elemento de unión 116 que forma líneas de unión 116a entre las bridas de fijación del alma 114a y los paquetes densos 80. La figura 3C muestra además las láminas frontales 70 y las partes de núcleo 66 adyacentes a los paquetes densos 80. El alma 112, tal como en la forma del elemento de núcleo de alma 112a, puede comprender además una construcción en sándwich del alma 118a con una o más láminas frontales del alma 120a que intercalan el elemento de núcleo de alma 112a.

15 Como se muestra además en la figura 3B, una segunda configuración de larguero 40b puede estar en la forma de una configuración de sección en I que tiene un alma 112 con fijaciones de alma 114. Como se muestra además en la figura 3B, el alma 112 puede comprender un elemento de núcleo de alma 112b, tal como un elemento de núcleo de panal de abejas, para estabilizar el alma 112. Como se muestra además en la figura 3B, las fijaciones de alma 114 pueden comprender bridas de línea central de fijación del alma 114b. Las bridas de línea central de fijación del alma 114b están fijadas preferentemente a los paquetes densos 80 de los paneles sándwich integrados 62.

20 La figura 3D es una ilustración de una vista en sección transversal en primer plano del círculo 3D de la figura 3B. Como se muestra en la figura 3D, las fijaciones del alma 114, tal como en la forma de bridas de línea central de fijación del alma 114b, de la segunda configuración de larguero 40b pueden unirse a los paquetes densos 80 (que comprenden un tipo de tapa de larguero 108) por medio de un elemento de unión 116 que forma líneas de unión 116b entre las bridas de línea central de fijación del alma 114b y los paquetes densos 80. La figura 3D muestra además las láminas frontales 70 y las partes de núcleo 66 adyacentes a los paquetes densos 80. El alma 112, tal como en la forma del elemento de núcleo de alma 112b, puede comprender además una construcción en sándwich del alma 118b con una o más láminas frontales del alma 120b que se intercalan en el elemento de núcleo de alma 112b.

30 Como se muestra además en la figura 3B, una tercera configuración de larguero 40c puede estar en la forma de una configuración de sección en C que tiene un alma 120 con fijaciones de alma 114. Como se muestra además en la figura 3B, el alma 112 puede comprender un elemento de cuerpo del alma 112c. Como se muestra además en la figura 3B, las fijaciones de alma 114 pueden comprender extremos de fijación del alma 114c. Los extremos de fijación del alma 114c están fijados preferentemente a los paquetes densos 80 de los paneles sándwich integrados 62.

35 La figura 3E es una ilustración de una vista en sección transversal en primer plano del círculo 3E de la figura 3B. Como se muestra en la figura 3E, las fijaciones del alma 114, tal como en la forma de extremos de fijación del alma 114c, de la tercera configuración de larguero 40c pueden unirse a los paquetes densos 80 (que comprenden un tipo de tapa de larguero 108) por medio de un elemento de unión 116 que forma líneas de unión 116c entre los extremos de fijación del alma 114c y los paquetes densos 80. La figura 3E muestra además las láminas frontales 70 y las partes de núcleo 66 adyacentes a los paquetes densos 80.

40 Como se mencionó anteriormente, para los paneles sándwich integrados 62, la pluralidad de paquetes densos 80 puede estar integrada con y unida a las láminas frontales 70 que intercalan la una o más partes de núcleo 66 (véase la figura 3A) y los paquetes densos adyacentes 80 (véase la figura 3A). Las figuras 4-10 son ilustraciones de varias realizaciones de juntas de cierre de larguero que unen el larguero 40 al paquete denso 80 y que pueden utilizarse con realizaciones de la estructura de caja 12 de la divulgación.

45 La figura 4 es una ilustración de una vista en sección parcial de una primera realización de una junta de cubierta de larguero 130a de la divulgación. La figura 4 muestra el paquete denso 80, la lámina frontal externa 72, la lámina frontal interna 74 y las partes de núcleo 66. La figura 4 muestra además una parte de relleno 128, tal como un laminado blando, del larguero 40 con un primer ángulo de fijación de cierre del larguero 106a y un segundo ángulo de fijación de cierre del larguero 106b. La junta de cierre del larguero 130a mostrada en la figura 4 está situada en una parte interna 132 y une la parte de relleno 128 del larguero 40 al paquete denso 80 en una línea de unión 134 a lo largo de la lámina frontal interna 74. La junta de cierre del larguero 130a utiliza un ángulo separado 136 para actuar como un tope de ubicación hacia adelante para la parte de relleno 128 del larguero 40 durante el ensamblaje. Esta realización puede tener la característica ventajosa de permitir que el larguero 40 se coloque automáticamente.

50 La figura 5 es una ilustración de una vista en sección parcial de una segunda realización de una junta de cierre del larguero 130b de la divulgación. La figura 5 muestra el paquete denso 80, la lámina frontal externa 72, la lámina frontal interna 74 y las partes de núcleo 66. La figura 5 muestra además la parte de relleno 128, tal como un laminado blando, del larguero 40, donde el larguero 40 está en la forma de un larguero intermedio 46. La figura 5

muestra además un primer ángulo de fijación de cierre del larguero 106a y el segundo ángulo de fijación de cierre del larguero 106b. La junta de cierre de larguero 130b mostrada en la figura 5 se fija a una parte central 138 del paquete denso 80. La realización puede tener la característica ventajosa de centrar la parte de relleno 128 del larguero 40 en el paquete denso 80 que puede reducir las cargas de reacción en la lámina frontal externa 72 y la lámina frontal interna 74 debido a cualquier movimiento fuera del plano del paquete denso 80.

La figura 6 es una ilustración de una vista en sección parcial de una tercera realización de una junta de cierre del larguero 130c de la divulgación. La figura 6 muestra el paquete denso 80 dividido en secciones de paquete denso 80a, 80b y muestra la lámina frontal externa 72, la lámina frontal interna 74 y la parte de núcleo 66. La figura 6 muestra además la parte de relleno 128, tal como un laminado blando, del larguero 40 que tiene un borde cuadrado 142 y que tiene una configuración en sándwich que comprende una primera lámina frontal del larguero 100 y una segunda lámina frontal del larguero 102. La junta de cierre del larguero 130c mostrada en la figura 6 es un tipo de paquete denso dividido y tiene el primer ángulo de fijación de cierre del larguero 106a y el segundo ángulo de fijación de cierre del larguero 106b contenido dentro del paquete denso 108 en las partes del paquete denso 140a, 140b, respectivamente. Además, el primer ángulo de fijación de cierre del larguero 106a y el segundo ángulo de fijación de cierre del larguero 106b pueden estar estrechados y no necesitan tener una longitud completa. Preferentemente, el primer ángulo de fijación de cierre del larguero 106a está lo más cerca posible de la lámina frontal interna 74. Esta realización puede tener la característica ventajosa de facilitar la redistribución de la carga.

La figura 7 es una ilustración de una vista en sección parcial de una cuarta realización de una junta de cierre de larguero 130d de la divulgación. La figura 7 muestra el paquete denso 80, la lámina frontal externa 72, la lámina frontal interna 74 con una parte discontinua 144, y las partes de núcleo 66. La figura 7 muestra además la parte de relleno 128, tal como un laminado blando, del larguero 40 que tiene un borde cuadrado 142 y que tiene el primer ángulo de fijación de cierre del larguero 106a y el segundo ángulo de fijación de cierre del larguero 106b. La junta de cierre del larguero 130d mostrada en la figura 7 es un tipo de paquete denso dividido y está centrado en el paquete denso 80. Tal y como se muestra en la figura 7, el primer ángulo de fijación de cierre del larguero 106a está fijado y centrado en el paquete denso 80 en una parte de fijación central 146a y el segundo ángulo de fijación de cierre del larguero 106b está fijado y centrado en el paquete denso 80 en la parte de fijación central 146b. Esta realización puede tener la característica ventajosa de permitir el soporte de los ángulos de fijación de cierre del larguero 106a, 106b.

La figura 8 es una ilustración de una vista en sección parcial de una quinta realización de una junta de cierre del larguero 130e de la divulgación. La figura 8 muestra el paquete denso 80 dividido en secciones de paquete denso 80a, 80b y muestra la lámina frontal externa 72, la lámina frontal interna 74 y la parte de núcleo 66. La figura 8 muestra además la parte de relleno 128, tal como un laminado blando, del larguero 40 que tiene una primera lámina frontal del larguero 100 y una segunda lámina frontal del larguero 102. La junta de cierre del larguero 130e mostrada en la figura 8 es un tipo de paquete denso dividido y tiene el primer ángulo de fijación de cierre del larguero 106a y el segundo ángulo de fijación de cierre del larguero 106b juntos en la parte exterior en una parte externa 148. Esta realización puede tener características ventajosas de tener un diseño de paquete denso simple, menos complejo, en dos piezas.

La figura 9 es una ilustración de una vista en sección parcial de una sexta realización de una junta de cierre de larguero 130f de la divulgación. La figura 9 muestra el paquete denso 80 dividido en secciones de paquete denso 80a, 80b y muestra la lámina frontal externa 72, la lámina frontal interna 74 y la parte de núcleo 66. La figura 9 muestra además la parte de relleno 128, tal como un laminado blando, del larguero 40 que tiene una primera lámina frontal del larguero 100 y una segunda lámina frontal del larguero 102. La junta de cierre de larguero 130f mostrada en la figura 9 es un tipo de paquete denso dividido y el primer ángulo de fijación de cierre del larguero 106a está formado por la lámina frontal externa 72 y se fija a la primera parte de fijación exterior 150. El segundo ángulo de fijación de cierre del larguero 106b permanece separado y fija una segunda parte de fijación exterior 152. Esta realización puede tener las características ventajosas de tener un recuento de piezas reducido puesto que solo se necesita un ángulo de fijación de cierre del larguero separado y tener también un diseño de paquete denso simple, menos complejo, en dos piezas.

La figura 10 es una ilustración de una vista en sección transversal parcial de una séptima realización de una junta de cierre del larguero 130g de la divulgación. La figura 10 muestra el panel sándwich integrado 62 que tiene las láminas frontales 70, preferentemente láminas frontales de revestimiento compuestas, como en la forma de una lámina frontal externa 72 y lámina frontal interna 74, que intercalan el paquete denso 80, donde el paquete denso 80 comprende un tipo de tapa de larguero 108. La figura 10 muestra además el larguero 40 que tiene una construcción en sándwich de larguero 97 que comprende una parte de núcleo 66, tal como un núcleo de panal de abejas 68, intercalada entre al menos dos láminas frontales de larguero 98, tal como en la forma de una primera lámina frontal de larguero 100 y una segunda lámina frontal de larguero 102. Tal y como se muestra en la figura 10, cada lámina frontal de larguero 98 puede tener preferentemente una superposición de las capas compuestas de las láminas frontales de larguero 103 que consta de un laminado de cintas compuestas sustancialmente casi-isotrópicas 87. Como se muestra además en la figura 10, la junta de cierre del larguero 130g tiene el primer ángulo de fijación de cierre del larguero 106a fijado a la primera lámina frontal de larguero 100 y también fijado a la lámina frontal interna

74. Como se muestra además en la figura 10, la junta de cierre del larguero 130 g tiene el segundo ángulo de fijación de cierre del larguero 106b fijado a la segunda lámina frontal de larguero 102 y también fijado a la lámina frontal interna 74. Como se muestra además en la figura 10, un canal de cierre de larguero 104 está posicionado entre y fijado a la primera lámina frontal de larguero 100, la segunda lámina frontal de larguero 102 y la lámina frontal interna 74. Las partes de separación 154a, 154b entre el canal de cierre de larguero 104 y la lámina frontal interna 74 pueden formarse y rellenarse con adhesivo en algún punto durante la fabricación de la estructura de caja 12 o parte componente cuya estructura de caja 12 se incorporará en ella. Esta realización puede tener la característica ventajosa de tener el larguero 40 construido con una construcción en sándwich de larguero 97 que ayuda a estabilizar el larguero 40 así como el paquete denso 80.

Se proporciona también un vehículo aéreo 10 (véase la figura 1A) que tiene una estructura de caja de aeronave 12 unida (véase la figura 1A) para llevar la carga. El vehículo aéreo 10 comprende un bastidor aerodinámico 14 (véase la figura 1A) que tiene una primera punta 16 (véase la figura 1A) y una segunda punta 18 (véase la figura 1A). El vehículo aéreo 10 comprende además una estructura de caja unida 12 fijada al bastidor aerodinámico 14. La estructura de caja unida 12 comprende paneles sándwich integrados compuestos superior e inferior 62 (véase la figura 2B) continuos desde la primera punta 16 hasta la segunda punta 18 del bastidor aerodinámico 14. Los paneles sándwich integrados 62 tienen láminas frontales 70 (véase la figura 2B) que intercalan una o más partes de núcleo 66 (véase la figura 2B) y paquetes densos adyacentes 80 (véase la figura 2B) orientados en una dirección axial. Cada uno de los paneles sándwich integrados 62 preferentemente tiene una mayor relación de rigidez de panel debido a que los paquetes densos duros, axialmente rígidos 80 están estabilizados por el panel sándwich integrado 62 y las almas de larguero 112.

La estructura de caja unida 12 comprende además una pluralidad de largueros 40 (véase la figura 3A). Como se muestra en la figura 3A, cada larguero 40 comprende un alma 112 y fijaciones de alma 114 y cada larguero 40 tiene una longitud de larguero en la dirección axial. Como se muestra además en la figura 3A, la pluralidad de largueros 40 están preferentemente conectados a los paneles sándwich integrados 62 con las fijaciones de alma 114 situadas en los paquetes densos 80. Las láminas frontales 70 se configuran para llevar principalmente cargas de torsión y presión en cizallamiento y cargas axiales no significativas. Las láminas frontales 70 tienen cada una una superposición de las capas compuestas de las láminas frontales 76 que consta sustancialmente de capas inclinadas 86 (véase la figura 2B), y preferentemente capas inclinadas 86 con fibras orientadas a más o menos cuarenta y cinco grados ($\pm 45^\circ$). La superposición de las capas compuestas de las láminas frontales 76 está diseñada para permitir que las láminas frontales 70 proporcionen trayectorias de carga de torsión, de cizallamiento y de presión principalmente continuas.

Los paquetes densos 80 están configurados para llevar toda la curvatura significativa de la caja en las cargas de tensión y compresión axiales. Los paquetes densos 80 tienen preferentemente cada uno una superposición de las capas compuestas de los paquetes densos 82 (véase la figura 2B) que comprende un laminado de cintas compuestas unidireccionales sustancialmente ortogonales que consta de capas unidireccionales 85 (véase la figura 2B) orientadas a cero grados (0°) o aproximadamente cero grados (0°). La superposición de las capas compuestas de los paquetes densos 82 está diseñada para permitir que los paquetes densos 80 proporcionen todas las trayectorias de carga de curvatura y axiales continuas significativas.

Como se muestra en la figura 1B, la estructura de caja unida 12 del vehículo aéreo 10 (véase la figura 1A) puede comprender además una pluralidad de nervaduras estabilizantes 48 unidas a y dispuestas entre los paneles sándwich integrados 62 desde la primera punta 16 hasta la segunda punta 18 del bastidor aerodinámico 14. Como se muestra además en la figura 1B, la pluralidad de largueros 40 comprende preferentemente un larguero frontal 42, un larguero posterior 44, y un larguero intermedio 46.

Se proporciona también una estructura de ala de transporte 13 (véase la figura 1A) o una estructura estabilizadora 24 (véase la figura 1A) para un vehículo aéreo 10 (véase la figura 1A) tal como una aeronave. La estructura de ala de transporte 13 preferentemente comprende un bastidor aerodinámico 14 (véase la figura 1A) que tiene una primera punta 16 (véase la figura 1A) y una segunda punta 18 (véase la figura 1A). La estructura estabilizadora 24 comprende preferentemente un bastidor aerodinámico 14a (véase la figura 1) que tiene una primera punta 16a (véase la figura 1A) y una segunda punta 18a (véase la figura 1A). La estructura de ala de transporte 13 comprende además una caja de ala de transporte 12a (véase la figura 1A) fijada al bastidor aerodinámico 14. La estructura estabilizadora 24 comprende además una estructura de caja estabilizadora 12b (véase la figura 1A) fijada al bastidor aerodinámico 14a.

La caja de ala de transporte 12a o la estructura de caja estabilizadora 12b comprende un par de paneles sándwich integrados 62 (véase la figura 1B) continuos desde la primera punta 16, 16a hasta la segunda punta 18, 18a del bastidor aerodinámico 14, 14a. Como se muestra en la figura 2B, y como se ha mencionado anteriormente, cada uno de los paneles sándwich integrados 62 comprende las láminas frontales 70 (véase la figura 2B), tales como las láminas frontales de revestimiento compuestas, intercalando una o más partes de núcleo 66 y los paquetes densos adyacentes 80 orientados en una dirección axial. Como se ha mencionado en detalle anteriormente y mostrado en la figura 2B, en una realización, cada lámina frontal 70 tiene una superposición de las capas compuestas de las

láminas frontales 76 que consta sustancialmente de unas capas inclinadas 86, y preferentemente unas capas inclinadas 86 con fibras orientadas a más o menos cuarenta y cinco grados ($\pm 45^\circ$) o aproximadamente más o menos cuarenta y cinco grados ($\pm 45^\circ$). En otra realización, más preferentemente, la superposición de las capas compuestas de las láminas frontales 76 puede comprender un 70 %-80 % de capas inclinadas 86 con fibras orientadas a más o menos cuarenta y cinco grados ($\pm 45^\circ$) o aproximadamente más o menos cuarenta y cinco grados ($\pm 45^\circ$); un 10 %-20 % de capas con fibras orientadas a noventa grados (90°) o aproximadamente noventa grados (90°); y un 10 % de capas unidireccionales 85 con fibras unidireccionales orientadas a cero grados (0°) o aproximadamente cero grados (0°). Las láminas frontales 70 se configuran para llevar principalmente cargas de torsión y presión en cizallamiento y cargas axiales no significativas. La superposición de las capas compuestas de las láminas frontales 76 está preferentemente diseñada para permitir a las láminas frontales 70 proporcionar solo trayectorias de carga de torsión, cizallamiento y presión continuas 28 (véase la figura 1A) a través de la estructura de caja 12 y a través de la estructura de ala de transporte 13 o la estructura estabilizadora 24.

Cada panel sándwich integrado 62 comprende además paquetes densos 80 adyacentes a una o más partes de núcleo 66 y ligados a, preferentemente mediante unión, e integrados con las láminas frontales 70. Como se ha mencionado en detalle anteriormente y mostrado en la figura 2B, en una realización, cada paquete denso 80 preferentemente tiene una superposición de las capas compuestas de los paquetes densos 82 que consta de un laminado de cintas compuestas unidireccionales sustancialmente ortogonales 84 que consta de capas unidireccionales 85 con fibras unidireccionales orientadas a cero grados (0°) o aproximadamente cero grados (0°). Como se utiliza en el presente documento "aproximadamente cero grados (0°)" significa un intervalo de cero grados (0°) a diez grados (10°). En otra realización, más preferentemente, la superposición de las capas compuestas de los paquetes densos 82 puede comprender un 70 %-100 % de laminado de cintas compuestas unidireccionales sustancialmente ortogonales 84 que consta de capas unidireccionales 85 con fibras unidireccionales orientadas a cero grados (0°) o aproximadamente cero grados (0°); un 0 %-25 % de capas inclinadas 86 con fibras orientadas a una orientación en un intervalo de más o menos cincuenta grados ($\pm 50^\circ$) hasta más o menos setenta y cinco grados ($\pm 75^\circ$), y más preferentemente a más o menos sesenta y cinco grados ($\pm 65^\circ$); y un 0 %-10 % de capas con fibras orientadas a noventa grados (90°). Más preferentemente, la superposición de las capas compuestas de los paquetes densos 82 puede comprender un 80 % de capas unidireccionales sustancialmente ortogonales con fibras unidireccionales orientadas a cero grados (0°) o aproximadamente cero grados (0°); un 20 % de capas inclinadas con fibras orientadas en una orientación en un intervalo de más o menos cincuenta grados ($\pm 50^\circ$) hasta más o menos setenta y cinco grados ($\pm 75^\circ$), y más preferentemente a más o menos sesenta y cinco grados ($\pm 65^\circ$); y un 0 % de capas con fibras orientadas a noventa grados (90°). Los paquetes densos 80 están configurados para llevar toda la curvatura significativa de la caja en las cargas de tensión y compresión axiales. La superposición de las capas compuestas de los paquetes densos 82 está diseñada para permitir que los paquetes densos 80 proporcionen trayectorias de carga de curvatura y axiales continuas 28 (véase la figura 1A) a través de la estructura de caja 12 y a través de la estructura de ala de transporte 13 o la estructura estabilizadora 24, y preferentemente para proporcionar todas las trayectorias de carga de curvatura y axiales continuas significativas 28. Los paquetes densos 80 son preferentemente continuos entre la primera punta 16 (véase la figura 1A) y la segunda punta 18 (véase la figura 1A) del bastidor aerodinámico 14 (véase la figura 1A).

Como se muestra en las figuras 1B, 2A, la caja de ala de transporte 12a o la estructura de caja estabilizadora 12b comprende además una pluralidad de largueros 40 y nervaduras estabilizantes 48 preferentemente unidas a y dispuestas entre el par de paneles sándwich integrados 62 desde la primera punta 16, 16a hasta la segunda punta 18, 18a del bastidor aerodinámico 14, 14a. Como se muestra en la figura 1B, la pluralidad de largueros 40 preferentemente comprende un larguero frontal 42, un larguero posterior 44, y un larguero intermedio 46. Cada panel sándwich integrado 62 está preferentemente estabilizado con una construcción en sándwich y cada una tiene preferentemente una mayor relación de rigidez de panel debido a los paquetes densos duros, axialmente rígidos 80 que se estabilizan completamente por el panel sándwich integrado 62 y las almas de larguero 112. Preferentemente, las láminas frontales 70 son blandas, y los paquetes densos 80 son duros y axialmente rígidos.

Cada uno de la pluralidad de largueros 40 puede tener una construcción en sándwich de larguero 97 (véase la figura 10), como se ha discutido en detalle anteriormente. El ala de aeronave 12a o la estructura de caja estabilizadora 12b puede comprender además uno o más elementos de detención de daños 92 (véase la figura 2B). El uno o más elementos de detención de daños 92 puede comprender uno o más sujetadores mecánicos 94. El uno o más elementos de detención de daños 92 pueden configurarse para sujetar la pluralidad de nervaduras estabilizantes 48 a cada panel sándwich integrado 62, pueden configurarse para sujetar la pluralidad de largueros 40 a cada panel sándwich integrado 62, o pueden configurarse para sujetar la pluralidad de largueros 40 y la pluralidad de nervaduras estabilizantes 48 a cada panel sándwich integrado 62.

La figura 11 es una ilustración de un diagrama de flujo de una realización de un método de fabricación y servicio de aeronaves 200 de la divulgación. La figura 12 es una ilustración de un diagrama de bloques funcional de una aeronave 220. Con referencia a las figuras 11-12, las realizaciones de la divulgación pueden describirse en el contexto del método de fabricación y servicio de aeronaves 200, como se muestra en la figura 11, y la aeronave 220, como se muestra en la figura 12. Durante la preproducción, el método de fabricación y servicio de aeronaves 200 ejemplar puede incluir la especificación y diseño 202 de la aeronave 220 y la provisión de material 204. Durante la

producción, tiene lugar la fabricación de componentes y subconjuntos 206 y la integración del sistema 208 de la aeronave 220. A partir de entonces, la aeronave 220 puede pasar por la certificación y entrega 210 para ser puesta en servicio 212. Mientras está en servicio 212 por un cliente, la aeronave 220 se programa para el mantenimiento y servicio de rutina 214 (que puede incluir también modificación, reconfiguración, renovación, etc).

5 Cada uno de los procesos del método de fabricación y servicio de aeronaves 200 puede desarrollarse o llevarse a cabo por un integrador de sistemas, un tercero y/o un operador (por ejemplo, un cliente). Para los fines de esta descripción, un integrador de sistemas puede incluir sin limitación cualquier número de fabricantes de aeronaves y subcontratistas de sistemas principales; un tercero puede incluir, sin limitación cualquier número de vendedores, subcontratistas y proveedores; y un operador puede ser una aerolínea, una compañía de arrendamiento, una entidad militar, una organización de servicio, etc.

10 Tal y como se muestra en la figura 12, la aeronave 220 producida por el método de fabricación y servicio de aeronaves 200 ejemplar puede incluir una estructura 222 con una pluralidad de sistemas de alto nivel 224 y un interior 226. Ejemplos de sistemas de alto nivel 224 pueden incluir uno o más de un sistema de propulsión 228, un sistema eléctrico 230, un sistema hidráulico 232 y un sistema medioambiental 234. Se puede incluir cualquier número de otros sistemas. Aunque se muestra un ejemplo aeroespacial, los principios de la invención se pueden aplicar a otras industrias, tales como la industria automotriz.

15 Los métodos y las realizaciones estructuradas en el presente documento pueden emplearse durante una cualquiera o más de las etapas del método de fabricación y servicio de aeronaves 200. Por ejemplo, los componentes o subconjuntos que corresponden a la producción de componentes y subconjuntos 206 pueden estar fabricados o producidos de manera similar a los componentes o subconjuntos producidos mientras que la aeronave 220 está en servicio 212. Asimismo, una o más de las realizaciones de aparatos, las realizaciones de métodos o una combinación de los mismos puede utilizarse durante la producción de componentes y subconjuntos 206 y la integración de sistemas 208, por ejemplo, acelerando sustancialmente el ensamblaje de o reduciendo el coste de una aeronave 220. De manera similar, una o más de las realizaciones de aparatos, realizaciones de métodos o una combinación de los mismos puede utilizarse mientras que la aeronave 220 está en servicio 212, por ejemplo y sin limitación, para el mantenimiento y servicio de rutina 214.

20 En otra realización de la divulgación, se proporciona un método 300 para hacer una estructura de caja de aeronave unida 12 (véase la figura 1A) para un vehículo aéreo 10 (véase la figura 1A). La figura 13 es una ilustración de un diagrama de flujo que ilustra una realización del método 300 de la divulgación. Tal y como se muestra en la figura 13, el método 300 comprende la etapa 302 de formar un par de paneles sándwich integrados 62 (véase la figura 2B). Tal y como se muestra en la figura 13, el método 300 comprende además la etapa 304 de formar cada panel sándwich integrado 62 fabricando un revestimiento compuesto 64 (véase la figura 2B) intercalando una parte de núcleo 66 (véase la figura 2B) entre al menos dos láminas frontales 70 (véase la figura 2B). Preferentemente, las láminas frontales 70 son láminas frontales de revestimiento compuestas.

30 Tal y como se muestra en la figura 13, el método 300 comprende además la etapa 306 de formar cada lámina frontal 70, tal como en la forma de una lámina frontal de revestimiento compuesto, colocando una superposición de las capas compuestas de las láminas frontales 76 (véase la figura 2B) que consta sustancialmente de capas inclinadas 86 (véase la figura 2B), y preferentemente capas inclinadas 86 con fibras orientadas a más o menos cuarenta y cinco grados ($\pm 45^\circ$) o aproximadamente más o menos cuarenta y cinco grados ($\pm 45^\circ$), y diseñando la superposición de las capas compuestas de las láminas frontales 76 para permitir que el revestimiento compuesto 64 proporcione trayectorias de carga de torsión, de cizallamiento y de presión continuas 28 (véase la figura 1A) a través de la estructura de caja unida 12. La etapa 306 de formar cada lámina frontal 70, tal como en la forma de una lámina frontal de revestimiento compuesto, preferentemente comprende además extender la superposición de las capas compuestas de las láminas frontales 76 que comprende un 70 %- 80 % de capas inclinadas 86 (véase la figura 2B) con fibras orientadas a más o menos cuarenta y cinco grados ($\pm 45^\circ$) o aproximadamente más o menos cuarenta y cinco grados ($\pm 45^\circ$); un 10 %-20 % de capas con fibras orientadas a noventa grados (90°) o aproximadamente noventa grados (90°); y un 0 %-20 % de capas unidireccionales 85 (véase la figura 2B) con fibras unidireccionales orientadas a cero grados (0°) o aproximadamente cero grados (0°).

35 Tal y como se muestra en la figura 13, el método 300 comprende además formar cada panel sándwich integrado 62 con la etapa 308 de unir una pluralidad de paquetes densos 80 (véase la figura 2B) con el revestimiento compuesto 64. Tal y como se muestra en la figura 13, el método 300 comprende además la etapa 310 de formar cada paquete denso 80 colocando una superposición de las capas compuestas de los paquetes densos 82 (véase la figura 2B) que consta de un laminado de cintas compuestas unidireccionales sustancialmente ortogonales 84 (véase la figura 2B), y diseñando la superposición de las capas compuestas de los paquetes densos 82 para permitir que los paquetes densos 80 proporcionen trayectorias de carga de curvatura y axiales continuas 28 (véase la figura 1A) a través de la estructura de caja unida 12, y preferentemente proporcionar todas las trayectorias de carga de curvatura y axiales continuas 28 a través de la estructura de caja unida 12. La etapa 310 de formar cada paquete denso 80 preferentemente comprende además colocar la superposición de las capas compuestas de los paquetes densos 82 que comprende un 70 %-100 % de capas unidireccionales sustancialmente ortogonales 85 (véase la figura 2B) con

fibras unidireccionales orientadas a cero grados (0°) o aproximadamente cero grados (0°); un 0 %-25 % de capas inclinadas 86 (véase la figura 2B) con fibras orientadas a una orientación en un intervalo de más o menos cincuenta grados ($\pm 50^\circ$) hasta más o menos setenta y cinco grados ($\pm 75^\circ$); y un 0 %-10 % de capas con fibras orientadas a noventa grados (90°).

5 Tal y como se muestra en la figura 13, el método 300 comprende además la etapa 312 de unir una pluralidad de largueros 40 (véase la figura 2A) y nervaduras estabilizantes 48 (véase la figura 2A) entre el par de paneles sándwich integrados 62 para formar una estructura de caja unida 12 para un vehículo aéreo 10 (véase la figura 1A). La estructura de caja unida 12 preferentemente tiene una configuración unitaria 26 (véase la figura 1). El par de paneles sándwich integrados 62 son preferentemente continuos desde la primera punta 16 (véase la figura 1A) hasta
10 la segunda punta 18 (véase la figura 1A) de un bastidor aerodinámico 14 (véase la figura 1A) en donde la estructura de caja unida 12 se fija al vehículo aéreo 10. La etapa 312 de doblar la pluralidad de largueros 40 (véase la figura 2A) y las nervaduras estabilizantes 48 entre el par de paneles sándwich integrados 62 puede comprender además formar una o más juntas de cierre del larguero 130a-130 g (véase las figuras 4-10) para unir la pluralidad de largueros 40 a una tapa de larguero 80 (véase las figuras. 4-10) de cada panel sándwich integrado 62.

15 Tal y como se muestra en la figura 13, el método 300 puede comprender además la etapa opcional 314 de fabricar la pluralidad de largueros 40 con una construcción en sándwich de larguero 97 (véase la figura 10). La construcción en sándwich de larguero 97 puede formarse intercalando una parte de núcleo 66 (véase la figura 10) entre al menos dos láminas frontales de larguero 98 (véase la figura 10), cada lámina frontal de larguero 98 formada colocando una superposición de las capas compuestas de las láminas frontales de larguero 103 (véase la figura 10) que consta de
20 un laminado de cintas compuestas sustancialmente casi-isotrópicas 87 (véase la figura 10). El método 300 puede comprender además la etapa opcional de fabricar la pluralidad de nervaduras estabilizantes 48 en una construcción en sándwich similar a la construcción en sándwich de larguero 97 (véase la figura 10) intercalando una parte de núcleo 66 (véase la figura 10) entre al menos dos láminas frontales, tales como láminas frontales de nervaduras (no mostradas), donde cada lámina frontal de nervadura puede estar formada colocando una superposición de las capas compuestas de las láminas frontales de nervadura (no mostrada) que consta de un laminado de cintas compuestas sustancialmente casi-isotrópicas similar al laminado de cintas compuestas sustancialmente casi-isotrópicas 87
25 (véase la figura 10) de la superposición de las capas compuestas de las láminas frontales de larguero 103 (véase la figura 10) de la pluralidad de largueros 40.

30 Tal y como se muestra en la figura 13, el método 300 puede comprender además la etapa opcional 316 de unir de manera secundaria la pluralidad de largueros 40 y nervaduras estabilizantes 48 del par de paneles sándwich integrados 62 con un elemento de unión 88 (véase la figura 2B). El elemento de unión 88 comprende preferentemente un material adhesivo 90 (véase la figura 2B) u otro elemento de unión adecuado.

35 Tal y como se muestra en la figura 13, el método 300 puede comprender además la etapa opcional 316 de ajustar la pluralidad de largueros 40 y nervaduras estabilizantes 48 a cada panel sándwich integrado 62 con uno o más elementos de detención de daños 92 (véase la figura 2B). Los elementos de detención de daños 92 comprenden preferentemente uno o más sujetadores mecánicos 94 (véase la figura 2B). El método 300 puede comprender además reducir un número de sujetadores 156 (véase la figura 1A) en la estructura de caja unida 12 disponiendo los sujetadores 156 fuera de un límite de estructura de la caja 158 (véase la figura 1A), dando como resultado un menor riesgo de rayos en la estructura de caja unida 12.

40 Las realizaciones divulgadas de la estructura de caja 12, tal como una estructura de caja unida, y el método 300 para su realización, pueden proporcionar, en comparación con las estructuras de cajas de ala y métodos existentes, reducciones significativas en el recuento de piezas, costes de producción, peso y tiempo de flujo. Una reducción en el peso puede permitir un aumento en el rendimiento de la aeronave que puede resultar en que se requiera menos combustible para un perfil de vuelo dado. El uso de menos combustible puede reducir los costes de operación y
45 puede tener menos impacto en el medioambiente al reducir la huella de carbono del transporte. Una reducción en el tiempo de flujo puede permitir un mayor rendimiento y un menor coste de inventario.

Además, las realizaciones divulgadas de la estructura de caja 12 y el método 300 para su realización, proporcionan una estructura de caja de ala de transporte de punta a punta 12a (véase la figura 1A) o estructura de caja estabilizadora 12b (véase la figura 1A) con paneles sándwich integrados continuos 62 (véase la figura 1B) que tienen
50 láminas frontales 70 que intercalan una o más partes de núcleo 66 y unos paquetes densos adyacentes 80 orientados en una dirección axial. La estructura de caja 12 preferentemente tiene una configuración unitaria 26 (véase la figura 1A) con una relación de rigidez de revestimiento aumentada (láminas frontales blandas, tales como las láminas frontales de revestimiento compuestas, con paquetes densos duros, como si comprendiera un tipo de tapa de larguero). La configuración unitaria en una pieza 26 proporciona una estructura única en una pieza, en
55 comparación con una estructura de tres piezas de los diseños de caja de ala existentes (de punta a punta frente a los lados izquierdo y derecho del ala exterior unidos al fuselaje del vehículo aéreo 10 (véase la figura 1A)). Las realizaciones divulgadas de la estructura de caja 12 y el método 300 para su realización, proporcionan superposiciones de capa adaptadas para aplicaciones de carga específicas (por ejemplo, superposiciones de laminados de cinta unidireccionales axialmente duras, casi ortogonales), utilizadas para los paquetes densos

estables 80 para llevar toda la curvatura significativa de la caja en las cargas de tensión y compresión axiales, y para las láminas frontales axialmente blandas 70 para llevar principalmente las cargas de torsión y presión en cizallamiento. Los paneles sándwich integrados 62 están preferentemente estabilizados integralmente con una construcción en sándwich que necesita muy pocas nervaduras estabilizantes 48, frente a la construcción de la caja de ala existente con múltiples larguerillos y nervaduras. Unas pocas nervaduras estabilizantes 48 pueden permitir un mayor acceso al tanque de combustible interno, que puede reducir el número de puertas de servicio y la estructura de soporte, tales como las aberturas de acceso 110 (véase la figura 2C).

Además, las realizaciones divulgadas de la estructura de caja 12 y el método 300 para su realización, pueden proporcionar, un larguero 40 y una nervadura estabilizadora 48 para el panel sándwich integrado 62 que se unen de manera secundaria a los elementos de unión 88, tal como con un material adhesivo 90 (véase la figura 2B). Los materiales adhesivos pueden reemplazar el uso de numerosos sujetadores que pueden encontrarse en las estructuras de caja de ala existentes. Los elementos de detención de daños 92 (véase la figura 2B) para la junta unida pueden consistir en sujetadores mecánicos 94 (véase la figura 2B) en el larguero 40 y la nervadura estabilizadora 48 fijada al panel sándwich integrado 62. El número de elementos de detención de daños de poco diámetro ampliamente espaciados u otros sujetadores puede reducirse significativamente en comparación con las estructuras de caja de ala existentes. Con la estructura de caja 12 y el método 300 divulgados en el presente documento, la mayoría de sujetadores 156 (véase la figura 1A) puede localizarse fuera de un límite de estructura de caja 158 para la instalación electromagnética (por ejemplo, protección contra rayos), (se necesita menos sellado para evitar fugas de combustible potenciales), y accesibilidad por razones de producción, mantenimiento y reparabilidad. Puede obtenerse un riesgo reducido de protección contra rayos debido a la utilización de menos sujetadores a través de los paneles sándwich integrados 62. Además, la pluralidad de largueros 40 puede estar formada con una construcción en sándwich de larguero 97 (véase la figura 10) que proporciona mayor estabilidad a la estructura de caja 12.

Muchas modificaciones y otras realizaciones de la divulgación le vendrán a la mente a un experto en la materia a la que pertenece esta divulgación que tiene el beneficio de las enseñanzas presentadas en las descripciones anteriores y los dibujos asociados. Las realizaciones descritas en el presente documento tienen como objetivo ser ilustrativas y no pretenden ser limitativas o exhaustivas. Aunque se emplean términos específicos en el presente documento, se utilizan únicamente en un sentido genérico y descriptivo y no para fines de limitación.

REIVINDICACIONES

1. Una estructura de caja de aeronave (12) para llevar una carga, comprendiendo la estructura de caja de aeronave:

paneles sándwich integrados compuestos superior e inferior (62a y 62b);

los paneles sándwich integrados que tienen láminas frontales (70) que intercalan una o más partes de núcleo (66) y paquetes densos adyacentes (80) orientados en una dirección axial; y, una pluralidad de largueros (40), comprendiendo cada larguero un alma (112) y fijaciones de alma (114) y tiene una longitud de larguero en la dirección axial, estando conectada la pluralidad de largueros a los paneles sándwich integrados con las fijaciones de alma situadas en los paquetes densos;

en donde las láminas frontales están configuradas para llevar principalmente las cargas de torsión y de presión en cizallamiento y no cargas significativas axiales, las láminas frontales tienen cada una una superposición de capas compuestas de láminas frontales (76) que consta sustancialmente de capas inclinadas (86), la superposición de las capas compuestas de láminas frontales diseñada para permitir que las láminas frontales proporcionen las trayectorias de las cargas de torsión, de cizallamiento y de presión continuas en donde los paquetes densos están configurados para llevar toda la curvatura de la caja significativa en las cargas de tensión y compresión axiales, los paquetes densos tienen cada uno una superposición de las capas compuestas de los paquetes densos (82) que comprende un laminado de cintas compuestas unidireccionales sustancialmente ortogonales (84) que consta de capas unidireccionales orientadas a cero grados (0°) o aproximadamente cero grados (0°), la superposición de las capas compuestas de paquetes densos diseñada para permitir que los paquetes densos proporcionen todas las trayectorias de carga de curvatura y axiales continuas significativas.

2. La estructura de la reivindicación 1, en donde las láminas frontales tienen cada una una superposición de las capas compuestas de las láminas frontales que comprenden un 70 %-80 % de capas inclinadas con fibras orientadas a más o menos cuarenta y cinco grados ($\pm 45^\circ$) o aproximadamente más o menos cuarenta y cinco grados ($\pm 45^\circ$); un 10 %-20 % de capas con fibras orientadas a noventa grados (90°) o aproximadamente noventa grados (90°); y un 0 %-20 % de capas unidireccionales (85) con fibras unidireccionales orientadas a cero grados (0°) o aproximadamente cero grados (0°).

3. La estructura de cualquier reivindicación precedente donde los paquetes densos tienen cada uno una superposición de las capas compuestas de los paquetes densos que comprenden un 70 %-100 % de capas unidireccionales sustancialmente ortogonales con fibras unidireccionales orientadas a cero grados (0°) o aproximadamente cero grados (0°); un 0 %-25 % de capas inclinadas con fibras orientadas a una orientación en un intervalo de más o menos cincuenta grados ($\pm 50^\circ$) hasta más o menos setenta y cinco grados ($\pm 75^\circ$); y un 0 %-10 % de capas con fibras orientadas a noventa grados (90°).

4. La estructura de cualquiera de las reivindicaciones precedentes, comprendiendo la estructura además una pluralidad de nervaduras estabilizantes (48), donde la pluralidad de nervaduras estabilizantes y la pluralidad de largueros se unen y disponen entre los paneles sándwich integrados para formar una estructura de caja de aeronave unida, donde cada panel sándwich integrado está estabilizado con una construcción en sándwich que permite una reducción en número de la pluralidad de nervaduras estabilizantes dispuestas entre los paneles sándwich integrados.

5. La estructura de la reivindicación 4, comprendiendo la estructura además uno o más elementos de detención de daños (92), comprendiendo uno o más sujetadores mecánicos (94), donde uno o más elementos de detención de daños están configurados para sujetar la pluralidad de nervaduras estabilizantes a cada panel sándwich integrado, están configurados para sujetar la pluralidad de largueros a cada panel sándwich integrado, o están configurados para sujetar la pluralidad de largueros y la pluralidad de nervaduras estabilizantes a cada panel sándwich integrado.

6. La estructura de cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde la estructura de caja de aeronave tiene una configuración unitaria y comprende una de una caja de ala de transporte que incluye una caja de ala de aeronave; una caja estabilizadora que incluye un estabilizador horizontal, un estabilizador vertical, un plano de cola y un mando delantero; una pala de rotor de giroavión; una pala de helicóptero; una estructura en voladizo de vehículo aéreo; y una estructura de caja de torsión de vehículo aéreo.

7. La estructura de cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde cada panel sándwich integrado tiene una mayor relación de rigidez de panel debido a que los paquetes densos axialmente rígidos están totalmente estabilizados por el panel sándwich integrado y las almas de larguero.

8. La estructura de una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde cada uno de la pluralidad de largueros tiene una construcción en sándwich de larguero (97), comprendiendo una parte de núcleo intercalada entre al menos dos láminas frontales de larguero (98), donde cada lámina frontal de larguero tiene una superposición de las capas compuestas de las láminas frontales de larguero (103) que consta de un laminado de cintas compuestas sustancialmente casi-isotrópicas (87).

9. Un método (300) para producir una estructura de caja de aeronave unida (12), comprendiendo el método las etapas de:

la formación (302) de un par de paneles sándwich integrados (62), cada panel formado por:

- 5 la fabricación (304) de un revestimiento compuesto (64) intercalando una parte de núcleo (66) entre al menos dos láminas frontales compuestas (70), cada lámina frontal compuesta formada (306) colocando una superposición de las capas compuestas de las láminas frontales (76) que consta sustancialmente de capas inclinadas (86), y diseñando la superposición de las capas compuestas de las láminas frontales para permitir que el revestimiento compuesto proporcione trayectorias de carga de torsión, de cizallamiento y de presión continuas; y,
- 10 la unión (308) de una pluralidad de paquetes densos (80) al revestimiento compuesto, cada paquete denso formado (310) colocando una superposición de las capas compuestas de los paquetes densos (82) que consta de un laminado de cintas compuestas unidireccionales sustancialmente ortogonales (84), y diseñando la superposición de las capas compuestas de los paquetes densos para permitir que los paquetes densos proporcionen trayectorias de carga de curvatura y axiales continuas; y,
- 15 la unión (312) de una pluralidad de largueros (40) y nervaduras estabilizantes (48) entre el par de paneles sándwich integrados para formar la estructura de caja de aeronave unida, donde la estructura de caja de aeronave unida tiene una configuración unitaria.

20 10. El método de la reivindicación 9, en donde la formación de cada lámina frontal compuesta comprende además la colocación de la superposición de las capas compuestas de las láminas frontales que comprende un 70 %-80 % de capas inclinadas con fibras orientadas a más o menos cuarenta y cinco grados ($\pm 45^\circ$) o aproximadamente más o menos cuarenta y cinco grados ($\pm 45^\circ$); un 10 %-20 % de capas con fibras orientadas a noventa grados (90°) o aproximadamente noventa grados (90°); y un 0 %-20 % de capas unidireccionales (85) con fibras unidireccionales orientadas a cero grados (0°) o aproximadamente cero grados (0°).

25 11. El método de cualquiera de las reivindicaciones 9-10, en donde la formación de cada paquete denso comprende además la colocación de la superposición de las capas compuestas de los paquetes densos que comprende un 70 %- 100 % de capas unidireccionales sustancialmente ortogonales con fibras unidireccionales orientadas a cero grados (0°) o aproximadamente cero grados (0°); un 0 %-25 % de capas inclinadas con fibras orientadas a una orientación en un intervalo de más o menos cincuenta grados ($\pm 50^\circ$) hasta más o menos setenta y cinco grados ($\pm 75^\circ$); y un 0 %-10 % de capas con fibras orientadas a noventa grados (90°).

30 12. El método de cualquiera de las reivindicaciones 9-11, en donde la unión de la pluralidad de largueros y nervaduras estabilizantes entre el par de paneles sándwich integrados comprende además la unión secundaria (316) de la pluralidad de largueros y nervaduras estabilizantes al par de paneles sándwich integrados con un elemento de unión que comprende un material adhesivo (90).

35 13. El método de cualquiera de las reivindicaciones 9-12, comprendiendo el método la fabricación (314) de la pluralidad de largueros en una construcción en sándwich de larguero (97) intercalando una parte de núcleo entre al menos dos láminas frontales de larguero (98), cada lámina frontal de larguero formada colocando una superposición de las capas compuestas de las láminas frontales de larguero (103) que consta de un laminado de cintas compuestas sustancialmente casi-isotrópicas (87).

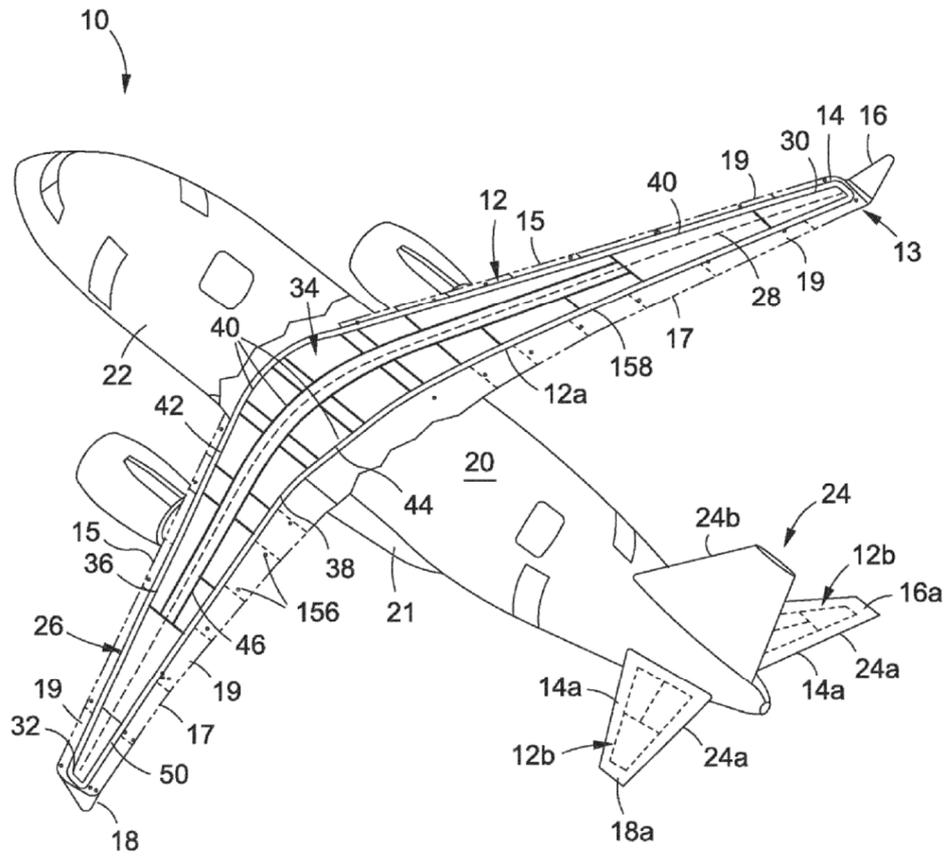


FIG. 1A

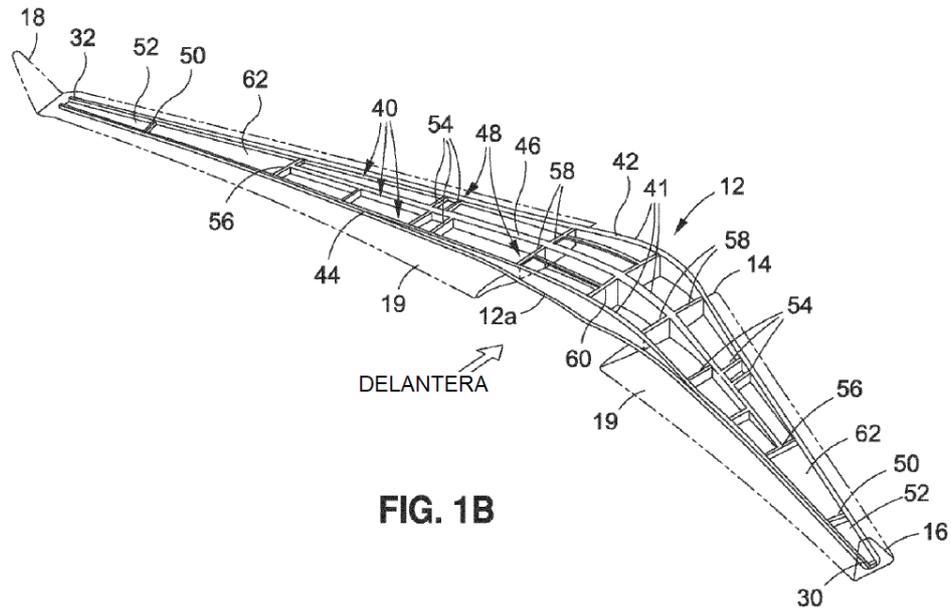


FIG. 1B

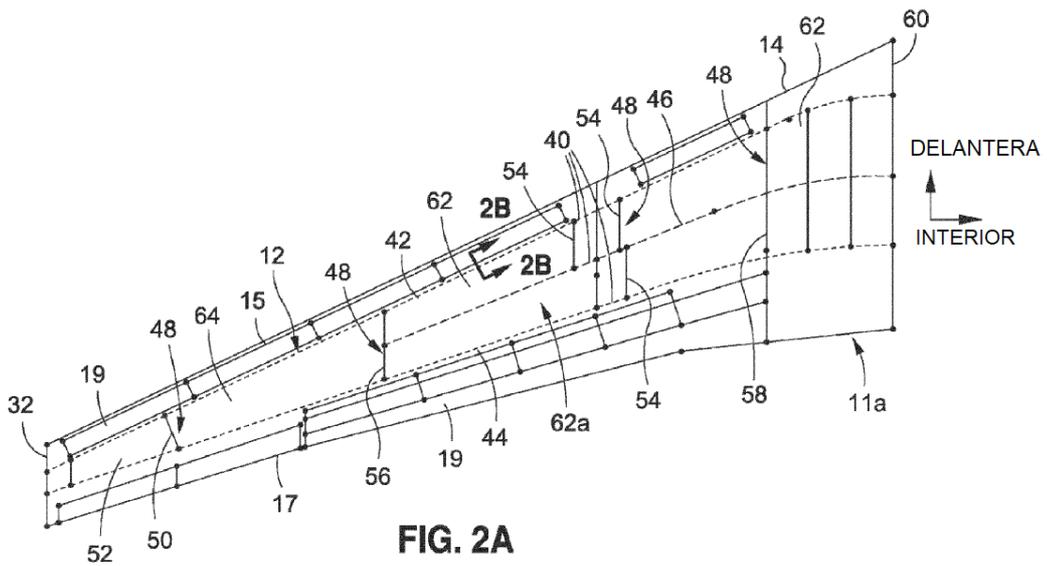


FIG. 2A

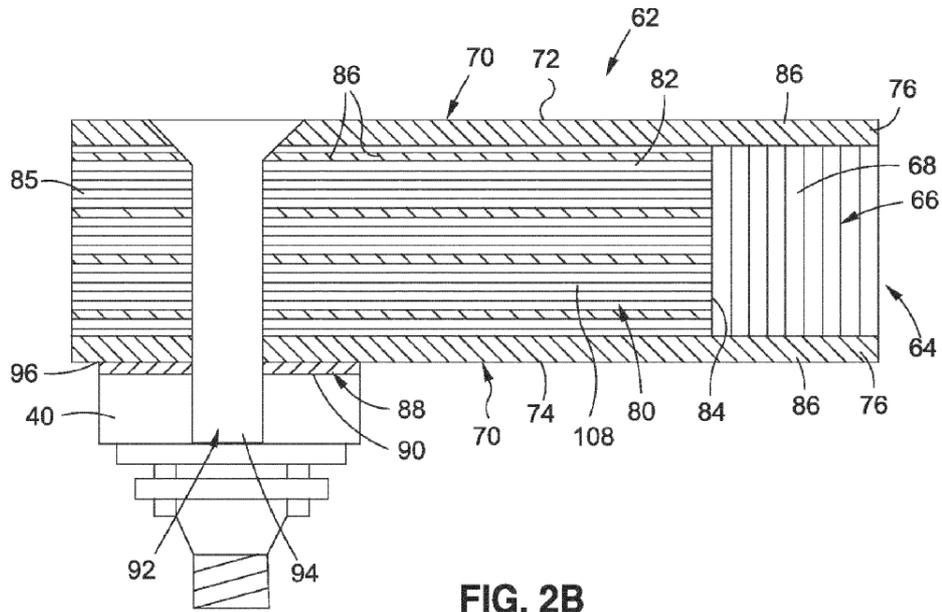


FIG. 2B

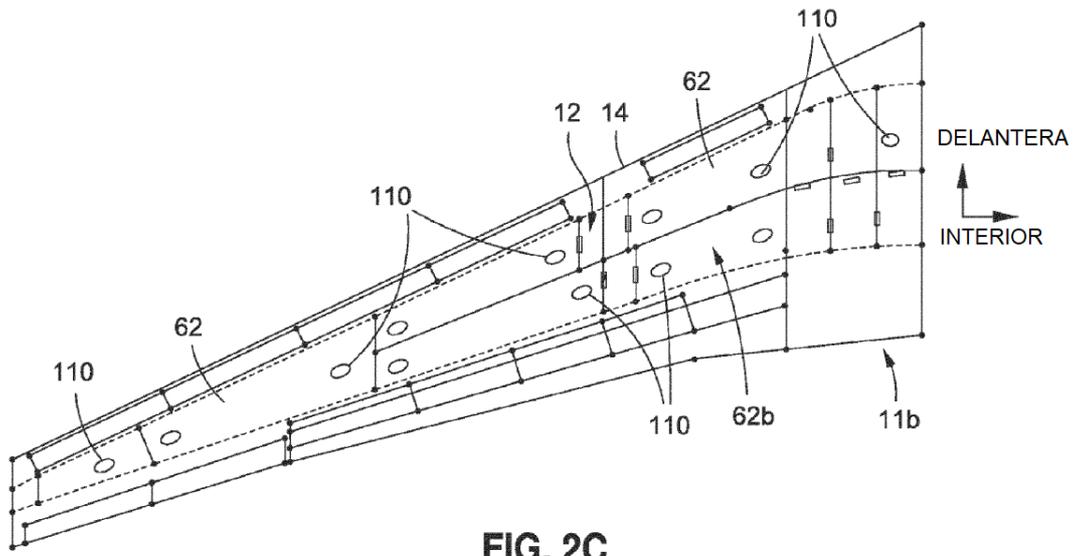


FIG. 2C

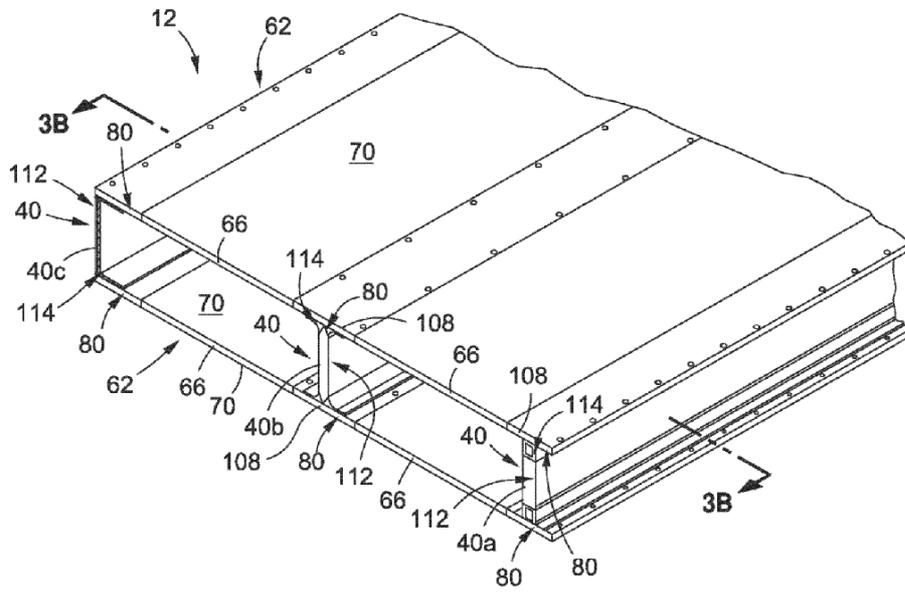


FIG. 3A

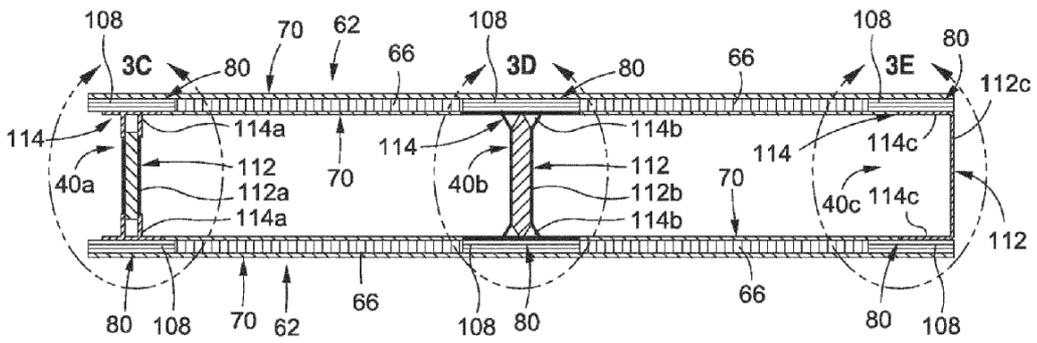


FIG. 3B

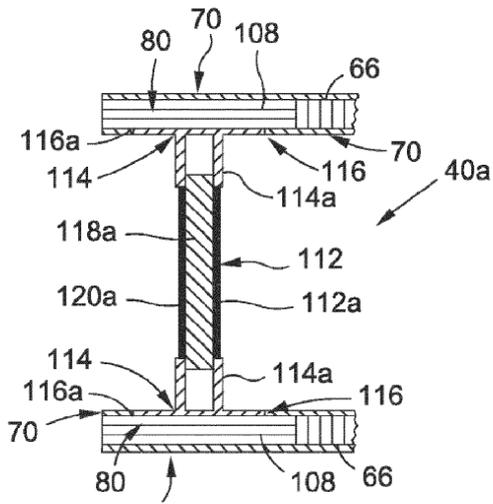


FIG. 3C

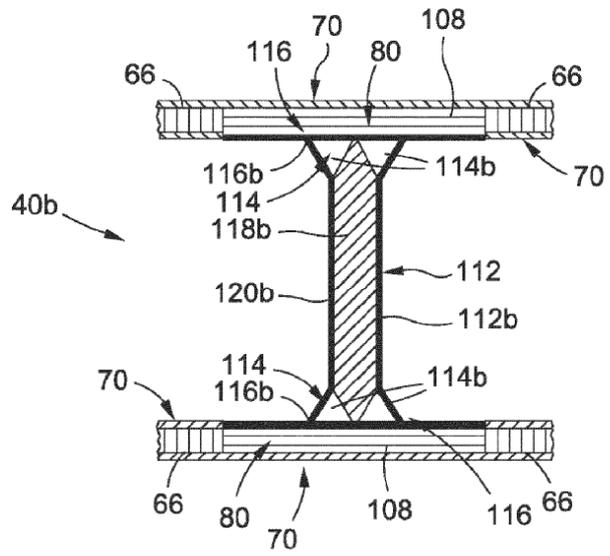


FIG. 3D

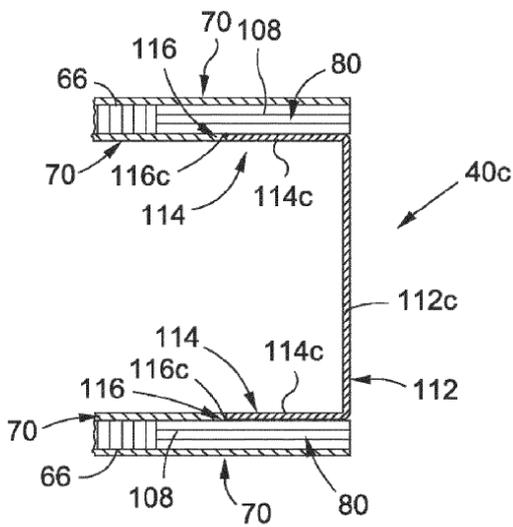


FIG. 3E

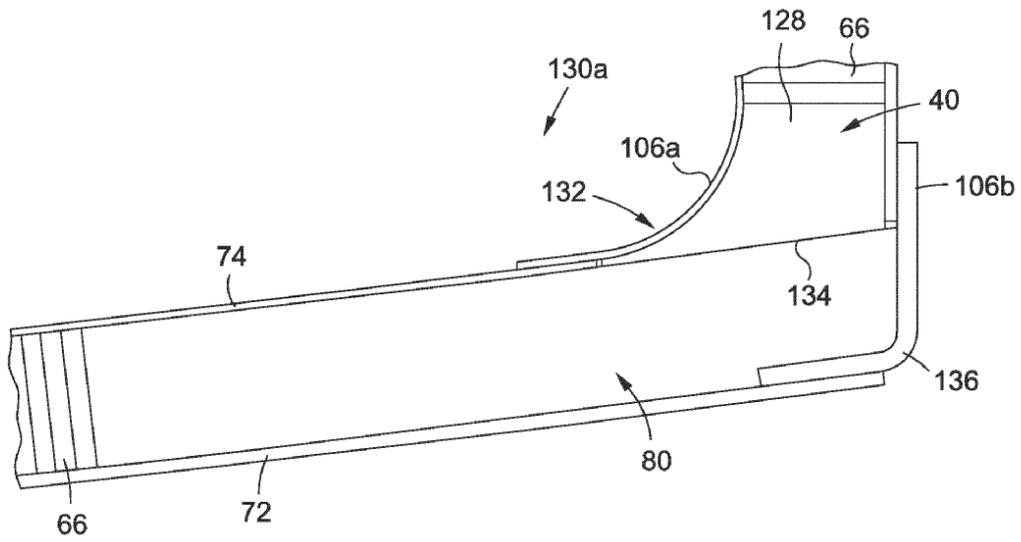


FIG. 4

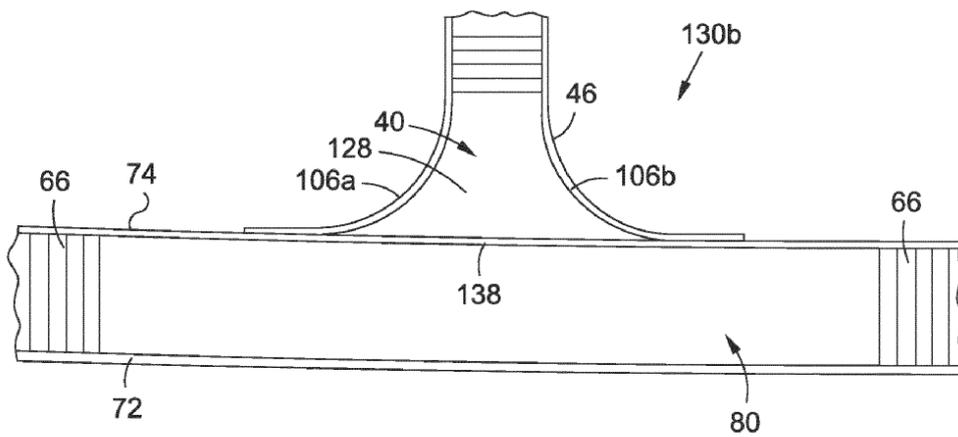


FIG. 5

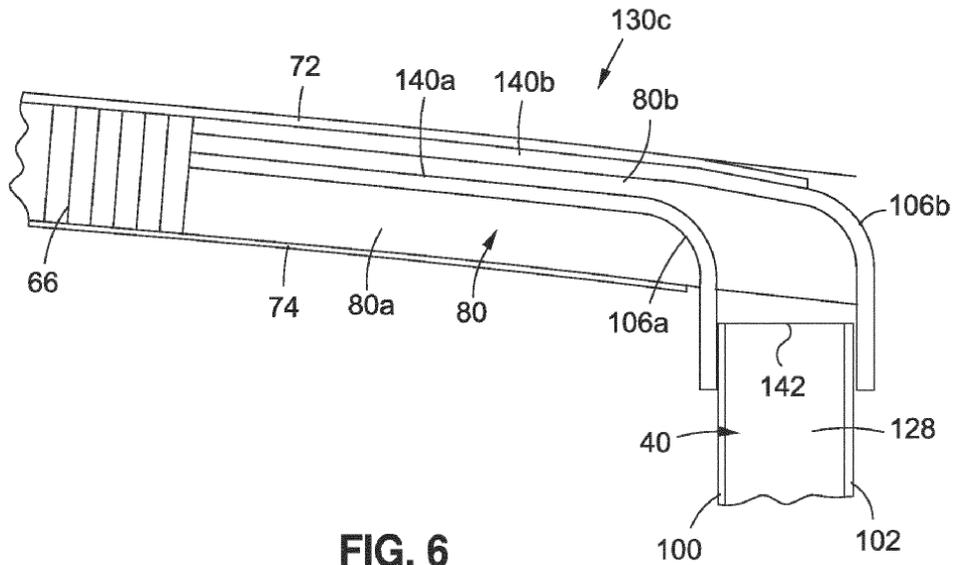


FIG. 6

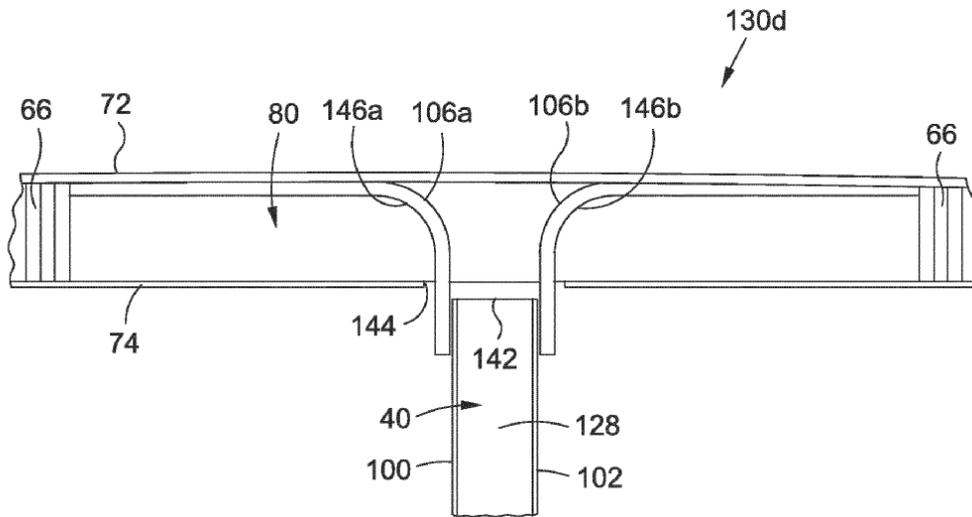


FIG. 7

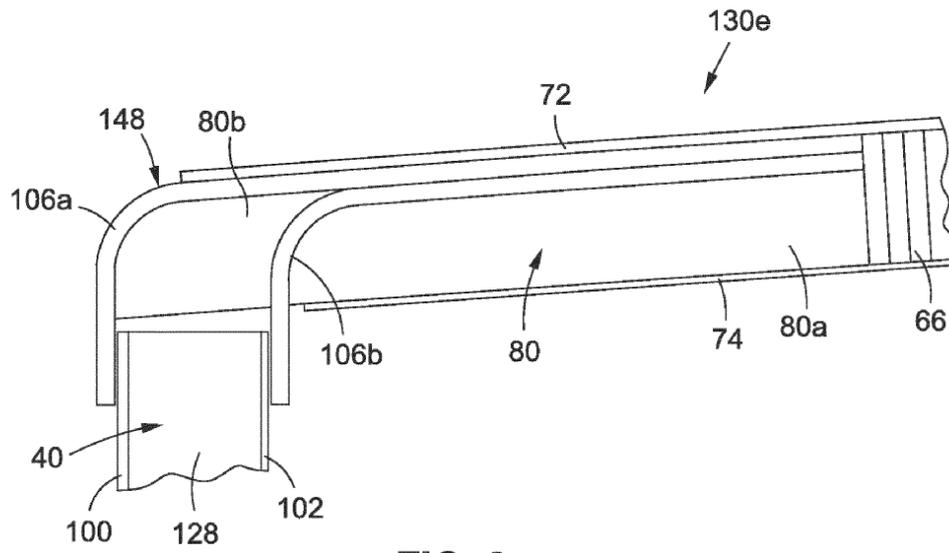


FIG. 8

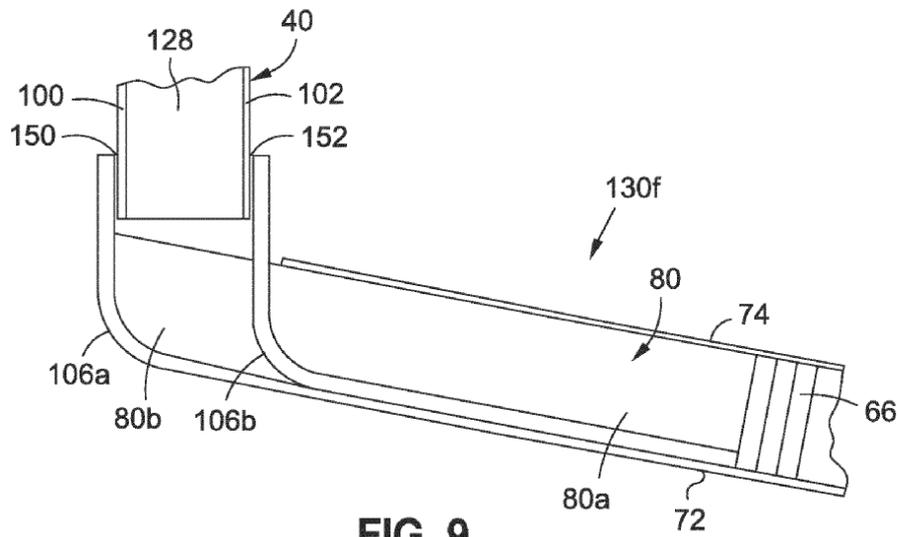


FIG. 9

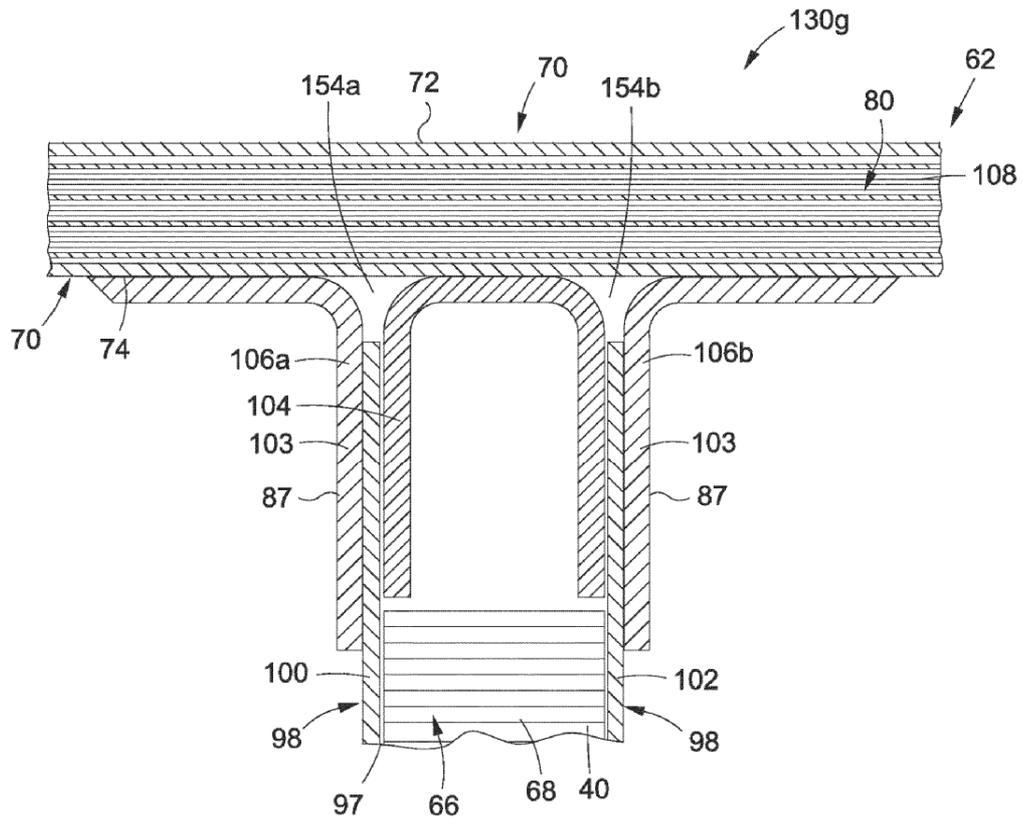


FIG. 10

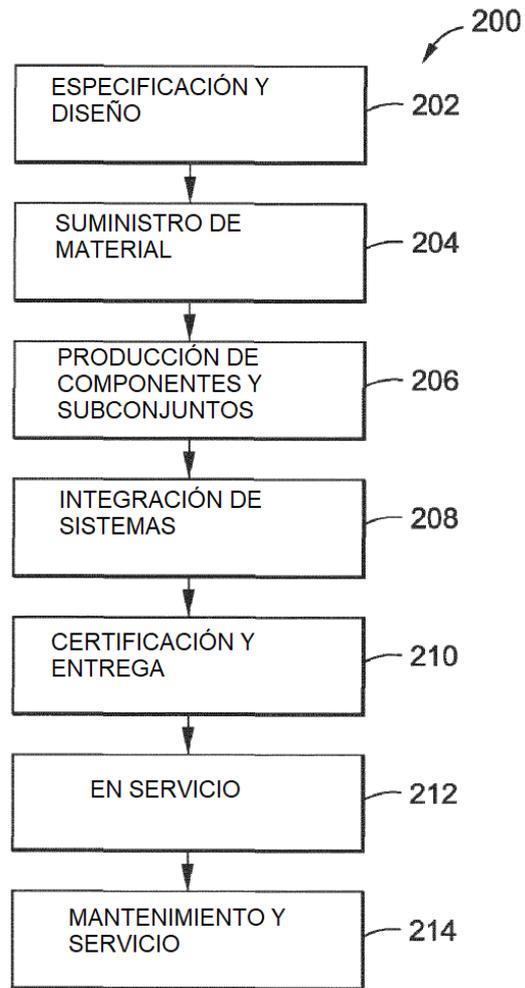


FIG. 11

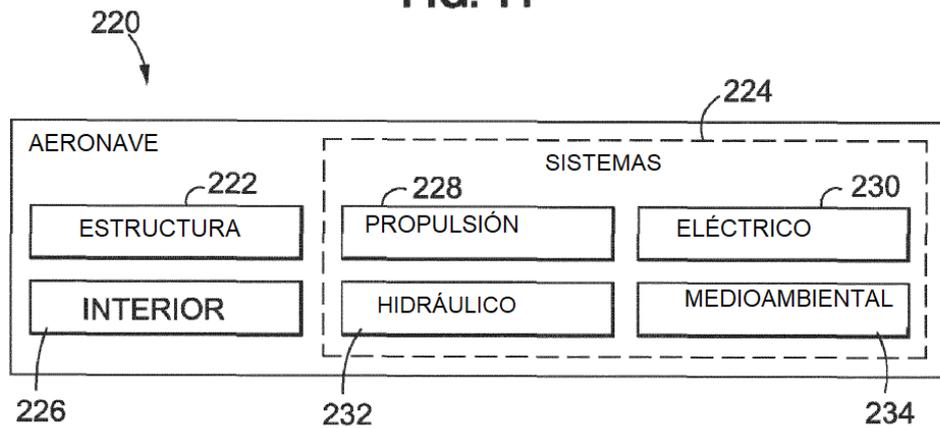


FIG. 12

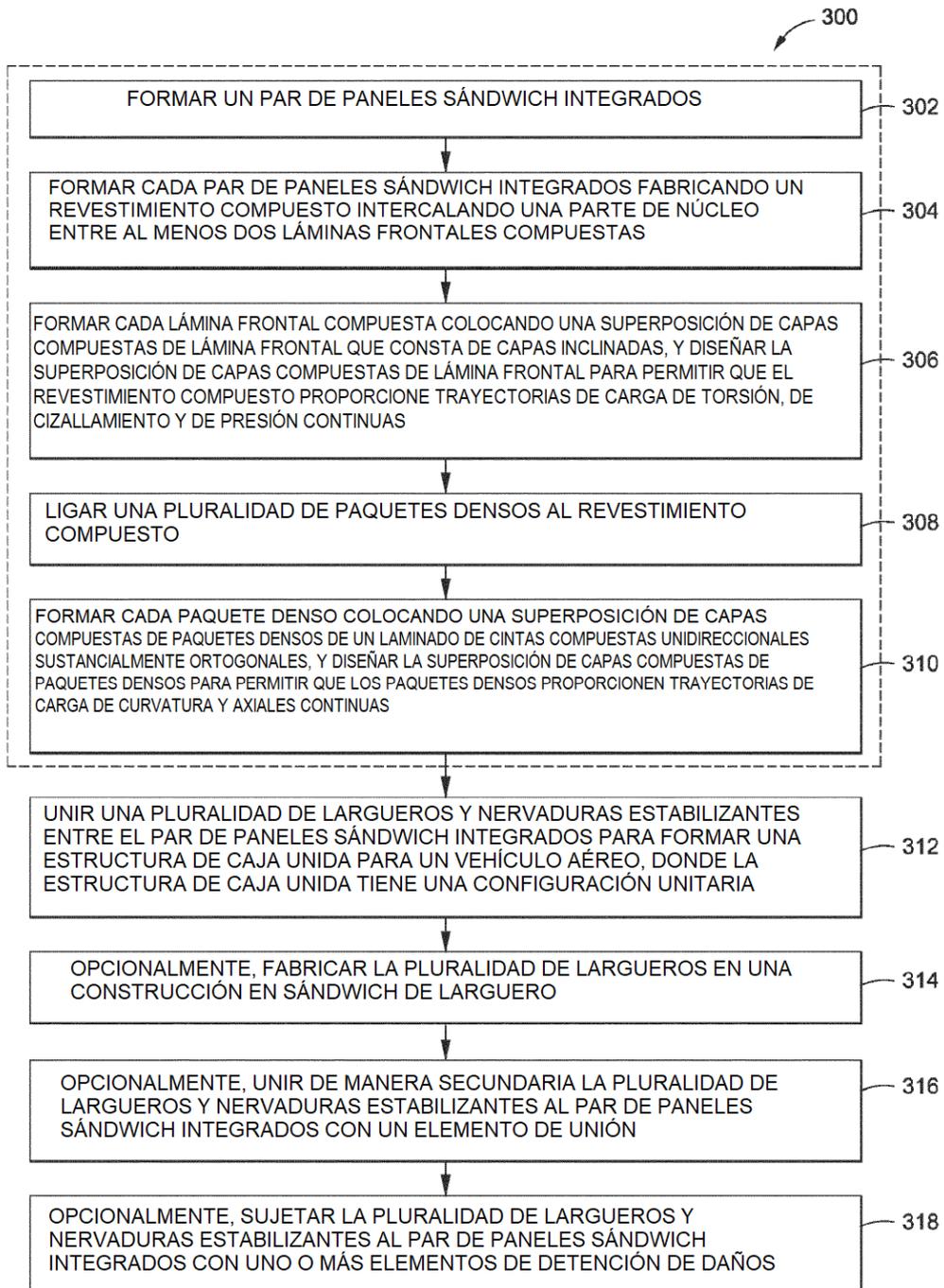


FIG. 13