

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 609 598**

51 Int. Cl.:

B64C 3/18 (2006.01)

B64C 3/34 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.03.2014** E **14160601 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.12.2016** EP **2786932**

54 Título: **Larguero permanentemente curvado y método de fabricación**

30 Prioridad:

02.04.2013 US 201313855705

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

21.04.2017

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**JOHNSON, MICHAEL PATTERSON;
ACKERMANN, JAMES F;
EASTLAND, CHRISTOPHER C;
DANIELS, DYRK L y
BURPO, STEVEN J**

74 Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

ES 2 609 598 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

Larguero permanentemente curvado y método de fabricación

5 **Antecedentes****1) Campo de la divulgación**

10 La divulgación se refiere generalmente a largueros estructurales, y más específicamente, a largueros estructurales curvados permanentemente en los perfiles alares compuestos de vehículos aéreos y métodos para fabricar los mismos.

2) Descripción de la técnica relacionada

15 Las estructuras compuestas se usan en una gran variedad de aplicaciones, incluyendo en la fabricación de aeronaves, astronaves, aerodinamos, embarcaciones, automóviles y otros vehículos y estructuras, debido a sus altas proporciones resistencia respecto a peso, resistencia a la corrosión y otras propiedades beneficiosas. En la construcción de aeronaves, las estructuras compuestas se usan en cantidades cada vez mayores para formar las alas, las secciones de cola, el fuselaje y otros componentes.

20 Los conocidos perfiles alares compuestos, tales como alas de aeronave, pueden utilizar paneles de revestimiento de ala compuestos externos superiores e inferiores, es decir, "revestimientos" fijados o unidos mecánicamente a un bastidor interno. El bastidor interno normalmente puede incluir estructuras de refuerzo tales como largueros, costillas, y larguerillos para mejorar la resistencia y estabilidad de los revestimientos de ala. Los revestimientos de ala pueden estar fijados a los largueros, y los largueros proporcionan integridad estructural a las alas. Además, muchas alas de aeronave pueden tener depósitos de combustible dentro de las alas que pueden estar contenidos entre los largueros delanteros y traseros.

30 Los conocidos largueros estructurales pueden tener una o más zonas diferenciadas o distintas a lo largo de su longitud donde hay un cambio repentino de ángulo, también denominado como "combados" o curvatura. Tales largueros conocidos pueden denominarse "largueros combados" y se extienden hacia popa con tales combados diferenciados. Fabricar un larguero combado puede requerir ensamblar y juntar entre sí múltiples partes y múltiples empalmes. El uso y ensamblaje de tales múltiples partes y múltiples empalmes puede aumentar el tiempo, la complejidad, el conteo de partes y el trabajo manual requeridos para fabricar el larguero combado, lo que a su vez puede aumentar los costes de fabricación totales.

35 Además, el ensamblaje de tales múltiples partes y múltiples empalmes para los largueros combados conocidos puede requerir el uso de fijaciones, sujeciones o elementos mecánicos adicionales para juntar o ayudar a juntar tales múltiples partes y múltiples empalmes entre sí. Sin embargo, la instalación, el uso y/o la retirada de tales fijaciones, sujeciones o elementos mecánicos adicionales puede aumentar el tiempo, la complejidad, el conteo de partes y el trabajo manual requeridos para fabricar el larguero combado, lo que a su vez puede aumentar los costes de fabricación totales. Así mismo, la instalación y el uso de fijaciones, sujeciones o elementos mecánicos adicionales que no pueden retirarse tras el ensamblaje pueden añadir peso a la aeronave, lo que a su vez puede derivar en un mayor requerimiento de combustible para un determinado perfil de vuelo. Este mayor requerimiento de combustible puede derivar a su vez en mayores costes de combustible. Finalmente, el uso de numerosas fijaciones, si están hechas de metal y expuestas a través de los paneles de revestimiento de ala compuestos externos, puede derivar en un mayor riesgo de impacto por relámpago en el ala.

40 Además, el cambio repentino del ángulo del uno o más largueros combados diferenciados en los largueros combados conocidos puede derivar en una carga de golpe significativa que ha de distribuirse y resolverse mediante las costillas y los revestimientos de ala en aquellas zonas combadas. Como se usa en el presente documento, la expresión "carga de golpe" significa una carga que se induce en una estructura como resultado de un cambio repentino en la trayectoria de carga. Una carga de golpe puede causar una mayor carga en los revestimientos de ala, lo que puede derivar en la deformación del ala. En los largueros combados conocidos, se puede reaccionar contra la carga de golpe añadiendo capacidad de resistencia a los revestimientos de ala y/o a las costillas para evitar la deformación del ala. Tal capacidad de resistencia añadida puede incluir el aumento de la calibración de las partes, la modificación de un material a un sistema de material más fuerte, y/o aumentar el tamaño de las fijaciones que fijan las partes. Sin embargo, tal capacidad de resistencia añadida puede derivar en un peso y coste mayores.

60 Por consiguiente, hay una necesidad en la técnica de un larguero estructural mejorado y un método de fabricación que proporcionen ventajas sobre los largueros combados, ensamblajes y métodos conocidos.

65 El documento EP 1.288.124 se refiere a un ala de material compuesto y a un método para fabricar la misma donde una estructura de revestimiento inferior se moldea integralmente empleando un larguero delantero y un larguero trasero con postes de costilla, larguerillos inferiores, un preimpregnado de revestimiento inferior, y preimpregnados de cuerda de costilla inferiores. El documento EP 2.671.794 se refiere a una estructura de material

compuesto y a un ala y fuselaje de aeronave donde la estructura de material compuesto refuerza zonas alrededor de orificios frente a las concentraciones de tensión. El documento EP 2.684.685 se refiere a un larguero que es una estructura de plástico reforzada con fibra de carbono equipada tanto con un preimpregnado de fibra de carbono como con una capa de conducción. El documento US 2009/0001218 se refiere a una estructura integrada de un cajón de torsión multilarguero de material compuesto para aeronave.

Sumario

La presente invención se refiere a un perfil alar de acuerdo con la reivindicación 1 y a un método de fabricación de una aeronave de acuerdo con la reivindicación 8.

Esta necesidad de un larguero estructural y un método de fabricación mejorados se satisface. Como se describe en la descripción detallada de a continuación, las realizaciones del larguero estructural y el método de fabricación mejorados pueden proporcionar ventajas significativas sobre largueros combados, ensamblajes y métodos conocidos.

En una realización de la divulgación, se proporciona un perfil alar. El perfil alar comprende una o más regiones de contención de combustible dispuestas en el perfil alar. El perfil alar comprende además uno o más largueros permanentemente curvados que se extienden desde un extremo de raíz del perfil alar hacia un extremo de punta de del perfil alar. Al menos un larguero permanentemente curvado comprende una configuración unitaria, comprende una o más curvas permanentes a lo largo del larguero permanentemente curvado, y, o bien tiene una parte que forma una pared estructural de al menos una de la una o más regiones de contención de combustible, o es interno respecto a la una o más regiones de contención de combustible.

En otra realización de la divulgación, se proporciona una aeronave. La aeronave comprende un fuselaje. La aeronave comprende también dos o más perfiles alares fijados al fuselaje y que se extienden desde el fuselaje. Cada perfil alar comprende una o más regiones de contención de combustible dispuestas en el perfil alar. Cada perfil alar comprende también uno o más largueros permanentemente curvados que se extienden desde un extremo de raíz del perfil alar hacia un extremo de punta del perfil alar. Al menos un larguero permanentemente curvado comprende una configuración unitaria, comprende una o más curvas permanentes a lo largo del larguero permanentemente curvado, y comprende, o bien tener una parte que forma una pared estructural de al menos una de la una o más regiones de contención de combustible, o ser interno a la una o más regiones de contención de combustible. Cada perfil alar comprende además una pluralidad de costillas fijadas sustancialmente perpendiculares a y entre el uno o más largueros permanentemente curvados. Cada perfil alar comprende además paneles rigidizados superiores e inferiores que cubren la una o más regiones de contención de combustible, el uno o más largueros permanentemente curvados, y la pluralidad de costillas.

En otra realización de la divulgación, se proporciona un método para fabricar una aeronave. El método comprende la etapa de formación y endurecimiento de uno o más largueros permanentemente curvados compuestos, teniendo al menos un larguero permanentemente curvado una configuración unitaria y teniendo una o más curvas permanentes a lo largo del larguero permanentemente curvado. El método comprende además fijar un primer extremo de cada uno del uno o más largueros permanentemente curvados a una sección de fuselaje de una aeronave y extender cada uno del uno o más largueros permanentemente curvados desde la sección de fuselaje. El método comprende además la colocación de una parte de uno o más del uno o más largueros permanentemente curvados para formar una pared estructural de una región de contención de combustible. El método comprende además la fijación de una pluralidad de costillas sustancialmente perpendiculares a y entre el uno o más largueros permanentemente curvados. El método comprende además intercalar cada uno del uno o más largueros permanentemente curvados, la pluralidad de costillas, y la región de contención de combustible entre los paneles rigidizados superiores e inferiores para formar el perfil alar de una aeronave.

Las características, funciones y ventajas que se han descrito pueden conseguirse independientemente en varias realizaciones de la divulgación o pueden combinarse en incluso otras realizaciones, de las que se pueden ver los detalles adicionales en relación con la siguiente descripción y los dibujos.

Así mismo, la divulgación comprende realizaciones de acuerdo con las siguientes disposiciones:

Disposición 1. Una aeronave que comprende: un fuselaje; dos o más perfiles alares fijados a y que se extienden desde el fuselaje, comprendiendo cada perfil alar: una o más regiones de contención de fuselaje dispuestas en el perfil alar; uno o más largueros permanentemente curvados que se extienden desde un extremo de raíz del perfil alar hacia un extremo de punta del perfil alar, al menos un larguero permanentemente curvado que comprende: una configuración unitaria; una o más curvas permanentes a lo largo del larguero permanentemente curvado; y, o bien tiene una parte que forma una pared estructural de al menos una de la una o más regiones de contención de combustible, o es interno a la una o más regiones de contención de combustible; una pluralidad de costillas fijadas sustancialmente perpendiculares a y entre el uno o más largueros permanentemente curvados; y, paneles rigidizados superiores e inferiores que cubren la una o más regiones de contención de combustible, el uno o más largueros permanentemente curvados, y la pluralidad de costillas.

Disposición 2. La aeronave de la disposición 1 donde el uno o más largueros permanentemente curvados se extienden en una dirección axial comprendiendo una o más de una dirección de eje-x longitudinal, una dirección de eje-y lateral, y una dirección de eje-z vertical.

Disposición 3. La aeronave de la disposición 1 donde cada uno del uno o más largueros permanentemente curvados comprende una estructura compuesta unitaria, y los los o más perfiles alares comprenden dos o más alas de aeronave compuestas y estabilizadores horizontales de aeronave compuestos.

Disposición 4. La aeronave de la disposición 1 donde el uno o más largueros permanentemente curvados no tienen combados diferenciados, derivando en una distribución de carga a través de la pluralidad de costillas y los paneles rigidizados superiores e inferiores, en comparación con una distribución de carga de los largueros combados existentes que concentran la carga en los combados diferenciados.

Breve descripción de los dibujos

La divulgación puede entenderse mejor en relación con la siguiente descripción detallada junto con los dibujos que acompañan que ilustran realizaciones preferentes y a modo de ejemplo, pero que no están necesariamente dibujadas a escala, donde:

La figura 1 es una ilustración de una vista en planta superior de un vehículo aéreo que tiene uno o más perfiles alares que incorpora una o más realizaciones de un larguero permanentemente curvado de la divulgación;

la figura 2 es una ilustración de un flujograma de una producción de aeronave y el método de servicio;

la figura 3 es una ilustración de un diagrama de bloques de una aeronave;

la figura 4A es una ilustración de una vista en sección superior de un perfil alar conocido que tiene largueros combados;

la figura 4B es una ilustración de direcciones axiales de los largueros combados de la figura 4A;

la figura 5A es una ilustración de una vista en sección superior de una realización de un perfil alar de la divulgación que muestra los largueros permanentemente curvados;

la figura 5B es una ilustración de direcciones axiales de uno o más largueros permanentemente curvados de la figura 5A;

la figura 6A es una ilustración de una vista en sección superior de otra realización de un perfil alar de la divulgación que muestra los largueros permanentemente curvados;

la figura 6B es una ilustración de direcciones axiales de uno o más largueros permanentemente curvados de la figura 6A;

la figura 7A es una ilustración de una vista en perspectiva lateral derecha de una realización de un perfil alar de la divulgación que muestra los largueros permanentemente curvados;

la figura 7B es una ilustración de una vista en sección transversal ampliada tomada a lo largo de las líneas 7B-7B de la figura 7A;

la figura 7C es una ilustración de una vista ampliada del círculo 7C de la figura 7B; y

la figura 8 es una ilustración de un flujograma de una realización a modo de ejemplo de un método de la divulgación.

Descripción detallada

A continuación se describirán las realizaciones divulgadas más detalladamente en relación de aquí en adelante con los dibujos que acompañan, en los que se muestran algunas, pero no todas las realizaciones divulgadas. De hecho, pueden proporcionarse varias realizaciones diferentes y no deberían interpretarse como limitantes a las realizaciones expuestas en el presente documento. En su lugar, estas realizaciones se proporcionan para que esta divulgación sea exhaustiva y completa y que transmita totalmente el alcance de la divulgación para aquellos expertos en la materia.

A continuación, en relación con las figuras, la figura 1 es una ilustración de una vista en planta superior de un vehículo aéreo 10, tal como con forma de aeronave 11, que tiene dos o más perfiles alares 14. Cada perfil alar 14 puede incorporar una o más realizaciones de un larguero permanentemente curvado 26 de la divulgación. Como se muestra en la figura 1, el vehículo aéreo 10, tal como con forma de aeronave 11, comprende un fuselaje 12 que tiene secciones de fuselaje 12a, y que comprende además dos o más perfiles alares 14, tales como perfiles alares 14a, por ejemplo, con forma de alas de aeronave 18, y tales como perfiles alares 14b, por ejemplo, con forma de estabilizadores horizontales 16a de una cola 16. Además de las alas de aeronave 18 y los estabilizadores horizontales 16a, el perfil alar 14 puede comprender un estabilizador vertical, un plano de cola, un canard, u otra estructura de perfil alar apropiada.

Como también se muestra en la figura 1, cada perfil alar 14a, tal como con forma de ala de aeronave 18a, comprende un borde principal 20a, un borde posterior 20b, un extremo de punta 22, un extremo de raíz 23, una aeroestructura 24, una o más realizaciones de los largueros permanentemente curvados 26, y una o más regiones de contención de combustible 28. La una o más realizaciones de los largueros permanentemente curvados 26 (véase la figura 1) pueden comprender un larguero permanentemente curvado delantero 26a (véase la figura 1), un larguero permanentemente curvado trasero 26b (véase la figura 1), o un larguero permanentemente curvado intermedio (véase la figura 1). La una o más regiones de contención de combustible 28 pueden comprender un

depósito de combustible 28a (véase la figura 1) o una pila de combustible 28b (véase la figura 1). Como también se muestra en la figura 1, la cola 16 comprende estabilizadores horizontales 16a y un estabilizador vertical 16b. Como se muestra en la figura 1, cada estabilizador horizontal 16a puede comprender una o más realizaciones de los largueros permanentemente curvados 26 y una o más regiones de contención de combustible 28.

5 A pesar de que la aeronave 10 mostrada en la figura 1 representa generalmente una aeronave de pasajeros comercial que tiene uno o más perfiles alares 14 con una o más realizaciones de los largueros permanentemente curvados 26, las enseñanzas de las realizaciones divulgadas pueden aplicarse a otra aeronave de pasajeros, aeronave de carga, aeronave militar, aerodino, y otros tipos de aeronave o vehículos aéreos, así como vehículos
10 aeroespaciales, satélites, vehículos de lanzamiento espacial, cohetes, y otros vehículos aeroespaciales, así como barcos y otras embarcaciones, estructuras tales como molinos de viento, u otras estructuras apropiadas que pueden usar las realizaciones del larguero permanentemente curvado 26 divulgado en el presente documento.

15 La figura 2 es una ilustración de un flujograma de un método de fabricación y servicio de aeronave 30. La figura 3 es una ilustración de un diagrama de bloques de una aeronave 50. En relación con las figuras 2-3, las realizaciones de la divulgación pueden describirse en el contexto del método de fabricación y servicio de aeronave 30, como se muestra en la figura 2, y de la aeronave 50, como se muestra en la figura 3. Durante la preproducción, el método de fabricación y servicio de aeronave 30 a modo de ejemplo pueden incluir la memoria técnica y el diseño 32 de la aeronave 50 y la adquisición del material 34. Durante la fabricación, tiene lugar la fabricación de componentes y
20 subconjuntos 36 y la integración del sistema 38 de la aeronave 50. Después, la aeronave 50 puede pasar por la certificación y entrega 40 para ser puesta en servicio 42. Mientras está en servicio 42 por parte de un cliente, la aeronave 50 puede programarse para el mantenimiento y servicio 44 rutinarios (que puede incluir además la modificación, reconfiguración, reforma, y otros servicios apropiados).

25 Cada uno de los procesos del método de fabricación y servicio de aeronave 30 pueden realizarse o llevarse a cabo por un integrador de sistema, una tercera parte, y/o un operador (por ejemplo, un cliente). Con fines descriptivos, un integrador de sistema puede incluir, sin limitación, cualquier número de fabricantes y subcontratistas de sistemas principales de aeronave; una tercera parte puede incluir, sin limitación, cualquier número de comerciantes, subcontratistas, y proveedores; y un operador puede incluir una aerolínea, empresa de arrendamiento, entidad
30 militar, organización de servicios, y otros operadores apropiados.

Como se muestra en la figura 3, la aeronave 50 producida por el método de fabricación y servicio de aeronave 30 a modo de ejemplo puede incluir una aeroestructura 52 con una pluralidad de sistemas 54 y un interior 56. Entre los ejemplos de sistemas 54 de alto nivel pueden incluirse uno o más de un sistema de propulsión 58, un sistema
35 eléctrico 60, un sistema hidráulico 62, y un sistema de control ambiental 64. Puede incluirse cualquier número de otros sistemas. A pesar de que se muestra un ejemplo aeroespacial, los principios de la invención pueden aplicarse a otras industrias, tal como la industria automovilística.

40 Los métodos y sistemas realizados en el presente documento pueden emplearse durante una cualquiera o más de las fases del método de fabricación y servicio de aeronave 30. Por ejemplo, los componentes o subconjuntos correspondientes a la fabricación de componentes y subconjuntos 36 pueden manufacturarse o fabricarse de una manera similar a los componentes o subconjuntos producidos mientras la aeronave 50 está en servicio. Así mismo, pueden utilizarse una o más realizaciones de aparato, realizaciones de método, o una combinación de las mismas durante la fabricación de componentes y subconjuntos 36 y la integración del sistema 38, por ejemplo, acelerando el
45 montaje de o reduciendo el coste de la aeronave 50 sustancialmente. De forma similar, una o más realizaciones del aparato, realizaciones del método, o una combinación de las mismas, pueden utilizarse a la vez que la aeronave 50 está en servicio, por ejemplo y sin limitación, para el mantenimiento y servicio 44.

50 La figura 4A es una ilustración de una vista en sección superior de un perfil alar 14, tal como con forma de un perfil alar 14c conocido que tiene largueros combados 66. Como se muestra en la figura 4A el perfil alar 14c conocido puede tener forma de ala de aeronave 18b que tiene largueros combados 66 que se extienden desde el fuselaje 12 hacia la punta 22 de ala, que tiene la región de contención de combustible 28 con forma de depósito de combustible 28a, y que tiene una pluralidad de costillas 90 fijadas perpendiculares a y entre los largueros combados 66. La figura 4A muestra un larguero combado 66a delantero que tiene un combado diferenciado 68a y una trayectoria de larguero combado 70a. La figura 4A muestra además un larguero combado 66b trasero que tiene combados diferenciados 68b, 68c y una trayectoria de larguero combado 70b. Como se usa en el presente documento, la expresión "combado diferenciado" significa una zona distinta a lo largo de la longitud del larguero combado 66 (véase la figura 4A) donde hay un cambio repentino de ángulo y dirección a lo largo del plano del larguero. La figura 4B es una ilustración de direcciones axiales 80 para un conjunto de ejes-x, -y y -z, y ejes-z de un sistema de coordinación tridimensional, que se relacionan con la trayectoria de larguero combado 70a del larguero combado 66a y la trayectoria de larguero combado 70b del larguero combado 66b de la figura 4A. Las direcciones axiales 80 incluyen una dirección de eje-x longitudinal 80a, una dirección de eje-y lateral 80b, y una dirección de eje-z vertical 80c. Una dirección de eje-z está a través del ala de aeronave 18b y, en la figura 4B, solo se muestra el punto del eje-z pero no el eje en sí mismo.
60

65 La figura 5A es una ilustración de una vista en sección superior de una realización de un perfil alar 14, tal como con

forma de perfil alar 14a (véase también la figura 1) de la divulgación que muestra los largueros permanentemente curvados 26. Como se muestra también en la figura 5A, el perfil alar 14a comprende preferentemente un ala de aeronave 18, tal como con forma de ala de aeronave 18a. El perfil alar 14 (véanse las figuras 1, 5A, 6A, 7A) comprende una o más regiones de contención de combustible 28 (véanse las figuras 1, 5A, 6A, 7A) dispuestas en el perfil alar 14. La una o más regiones de contención de combustible 28 comprenden preferentemente un depósito de combustible 28a (véanse las figuras 1, 5A), una pila de combustible (véase la figura 1), u otra región de contención de combustible 28 o estructura apropiadas. Como se muestra en la figura 5A, la región de contención de combustible 28, tal como con forma de depósito de combustible 28a, tiene preferentemente límites de contención de combustible 29a, 29b, 29c, 29d que forman el perímetro de la región de contención de combustible 28. A pesar de que la región de contención de combustible 28 mostrada en la figura 5A tiene una configuración generalmente rectangular de cuatro lados, la región de contención de combustible puede tener forma de otras configuraciones apropiadas.

Como se muestra en la figura 5A, el perfil alar 14, tal como en forma de perfil alar 14a, comprende además uno o más largueros permanentemente curvados 26 (véase la figura 1). Como se muestra en la figura 5A, cada larguero permanentemente curvado 26 tiene un primer extremo 72a, un segundo extremo 72b, y una parte de cuerpo alargada 74 entre los mismos. Como se muestra en la figura 5A, preferentemente cada uno del uno o más largueros permanentemente curvados 26 comprende uno de un larguero permanentemente curvado delantero 26a, un larguero permanentemente curvado trasero 26b, o un larguero permanentemente curvado intermedio 26c. El larguero permanentemente curvado delantero 26a está preferentemente colocado en sentido de la longitud a lo largo del borde principal 20a (véase la figura 1) del perfil alar 14a (véase la figura 1). El larguero permanentemente curvado trasero 26b (véase la figura 1) está preferentemente colocado en sentido de la longitud a lo largo del borde posterior 20b (véase la figura 1) del perfil alar 14a (véase la figura 1). El larguero permanentemente curvado intermedio 26c está preferentemente colocado en sentido de la longitud entre el larguero permanentemente curvado delantero 26a y el larguero permanentemente curvado trasero 26b. El uno o más largueros permanentemente curvados 26 preferentemente proporcionan resistencia al perfil alar 14 y pueden soportar fuerzas axiales y momentos flectores.

Como se muestra también en la figura 5A, el primer extremo 72a de cada uno del uno o más largueros permanentemente curvados 26 está preferentemente configurado para fijarlo a la sección de fuselaje 12a del vehículo aéreo 10 (véase la figura 1), tal como la aeronave 11 (véase la figura 1). Los largueros permanentemente curvados 26 (véanse las figuras 1, 5A) pueden fijarse a las secciones de fuselaje 12a (véase la figura 1) del fuselaje 12 (véase la figura 1) del vehículo aéreo 10 (véase la figura 1), tal como la aeronave 11 (véase la figura 1), y/o pueden fijarse al perfil alar 14 correspondiente, tal como un ala de aeronave 18, colocada en el otro lado de la aeronave 11 a través de un sistema de juntas (no se muestra). Tal sistema de juntas puede discurrir sustancialmente a lo largo de una línea central 17 (véase la figura 1) del fuselaje 12 (véase la figura 1) de la aeronave 11 (véase la figura 1). En otras realizaciones, los largueros permanentemente curvados 26 pueden estar fijados a otras estructuras apropiadas del vehículo aéreo 10, tal como la aeronave 11.

Los largueros permanentemente curvados 26 (véase la figura 5A) se extienden preferentemente desde el fuselaje 12 (véase la figura 5A) en dirección en sentido de la longitud 77 (véanse las figuras 1, 5A), desde el extremo de raíz 23 (véase la figura 1) del perfil alar 14a, hacia el extremo de punta 22 (véase la figura 1) del perfil alar 14a, o tal como desde un lado interior hasta un lado exterior del vehículo aéreo 10 (véase la figura 1), tal como la aeronave 11 (véase la figura 1). Como se muestra en la figura 5A, el segundo extremo 72b de cada uno de los largueros permanentemente curvados 26 se extiende hacia el extremo de punta 22, y/o se aproxima al extremo de punta 22. Con la realización mostrada en la figura 5A, el larguero permanentemente curvado delantero 26a y el larguero permanentemente curvado trasero 26b están más cerca del extremo de punta 22 que el larguero permanentemente curvado intermedio 26c, que puede tener un segundo extremo 72b que termina cerca de una parte interna 86 (véase también la figura 6A) de la región de contención de combustible 28. Sin embargo, el segundo extremo 72b del larguero permanentemente curvado intermedio 26c puede terminar en longitudes más largas o más cortas en el interior de la región de contención de combustible 28.

Preferentemente, como se muestra en la figura 5A, el larguero permanentemente curvado delantero 26a y el larguero permanentemente curvado trasero 26b se extienden en la dirección en sentido de la longitud 77 a través de una sección húmeda 102 (véase la figura 7A) del perfil alar 14 que contiene la región de contención de combustible 28, y a través de una sección seca 104 (véase también la figura 7A) del perfil alar 14 (véase la figura 7A) que no contiene la región de contención de combustible 28. Como se usa en el presente documento, "sección húmeda" significa una zona de barrera de combustible donde se contiene el combustible, y "sección seca" significa una zona donde no se contiene el combustible.

Como se muestra en la figura 5A, al menos un larguero permanentemente curvado 26 comprende además una configuración unitaria 88 y una o más curvas permanentes 76 a lo largo del larguero permanentemente curvado 26. El uno o más largueros permanentemente curvados 26 pueden extenderse en al menos una dirección axial 80 (véase la figura 5B). Preferentemente, la dirección axial 80 de la curva permanente 76 comprende una o más de una dirección de eje-x longitudinal 80a (véase figura 5B), una dirección de eje-y lateral 80b (véase figura 5B), y una dirección de eje-z vertical 80c (véase figura 5B). Como también se muestra en la figura 5A, el larguero

permanentemente curvado delantero 26a tiene una curva permanente 76 y una trayectoria de larguero curvado 78a, el larguero permanentemente curvado trasero 26b tiene una curva permanente 76 y una trayectoria de larguero curvado 78b, y el larguero permanentemente curvado intermedio 26c tiene una curva permanente 76 y una trayectoria de larguero curvado 78c.

5 La figura 5A es una realización del perfil alar 14a con tres (3) largueros permanentemente curvados 26. Como se muestra en la figura 5A, la trayectoria de larguero curvado 78a del larguero permanentemente curvado delantero 26a se compara con la trayectoria de larguero combado 70a (se muestra con las líneas de puntos) del larguero combado 66a delantero (véase la figura 4A), y la trayectoria de larguero curvado 78b del larguero permanentemente curvado trasero 26b se compara con la trayectoria de larguero combado 70b (se muestra con las líneas de puntos) del larguero combado 66b delantero (véase la figura 4A). Como se muestra en la figura 5A, las trayectorias de larguero curvado 78a, 78b forman curvas más amplias a lo largo de los límites de contención de combustible 29b, 29d que las que hacen las trayectorias de larguero combado 70a, 70b, y con esta realización del perfil alar 14a, el volumen de la región de contención de combustible 28, tal como con forma de depósito de combustible 28a, puede aumentar en comparación con la región de contención de combustible (véase la figura 4A) del perfil alar 14c conocido con largueros combados 66 mostrada en la figura 4A.

El uno o más largueros permanentemente curvados 26 comprende preferentemente largueros permanentemente curvados compuestos 27 (véanse las figuras 5A, 6A). Cada uno del uno o más largueros permanentemente curvados 26 comprende preferentemente una estructura compuesta unitaria 27a (véase la figura 7A).

Las diferentes realizaciones ventajosas reconocen y tienen en cuenta un número de consideraciones. Por ejemplo, las diferentes realizaciones ventajosas reconocen y tienen en cuenta que un perfil alar 14 (véase la figura 1), tal como con forma de ala de aeronave 18 (véase la figura 1), puede comprender un larguero permanentemente curvado 26 (véase la figura 1) individual o combinado con otros largueros que no tienen una curva permanente 76 (véase la figura 5A), puede contener múltiples largueros permanentemente curvados 26 (véase la figura 5A), o puede contener un cajón de ala de larguero 106 (véase la figura 7A) que tiene uno o más largueros permanentemente curvados 26. Todas estas realizaciones comprenden preferentemente, al menos en parte, materiales compuestos.

En una realización, uno o más de los largueros permanentemente curvados 26 (véase la figura 5A) comprenden una parte 82a, 82b (véanse las figuras 5A, 6A) que forma una pared estructural 84a, 84b (véanse las figuras 6A, 7A) de al menos una de la una o más regiones de contención de combustible 28 (véanse las figuras 5A, 6A, 7A). Por ejemplo, como se muestra en la figura 5A, la parte 82a (véase también la figura 6A) del larguero permanentemente curvado delantero 26a forma preferentemente la pared estructural 84a (véanse las figuras 6A, 7A) de la región de contención de combustible 28 (véanse las figuras 6A, 7A) a lo largo del límite de contención de combustible 29d (véanse también las figuras 6A, 7A). Además, como se muestra en la figura 5A, la parte 82b (véase también la figura 6A) del larguero permanentemente curvado trasero 26b forma preferentemente la pared estructural 84b (véanse las figuras 6A, 7A) de la región de contención de combustible 28 (véanse las figuras 6A, 7A) a lo largo del límite de contención de combustible 29b (véanse también las figuras 6A, 7A). Preferentemente, las partes 82a, 82b son partes interiores 85 (véase la figura 7A) del larguero permanentemente curvado delantero 26a (véase la figura 5A) y del larguero permanentemente curvado trasero 26b (véase la figura 5A).

En otra realización, uno o más de los largueros permanentemente curvados 26 (véanse las figuras 5A, 6A) pueden estar colocados internos a la una o más regiones de contención de combustible 28 (véanse las figuras 5A, 6A). Como se muestra en la figura 5A, el larguero permanentemente curvado intermedio 26c está colocado cerca de una parte interna 86 de la región de contención de combustible 28, tal como el depósito de combustible 28a.

El perfil alar 14 (véanse las figuras 5A, 6A, 7A) comprende además una pluralidad de costillas 90 (véanse las figuras 5A, 6A, 7A) fijadas sustancialmente perpendiculares a y entre el uno o más largueros permanentemente curvados 26. La pluralidad de costillas 90 preferentemente se entrecruza con los largueros permanentemente curvados 26. La pluralidad de costillas 90 puede estar formada de un material compuesto, un material metálico, u otro material apropiado. La pluralidad de costillas 90 preferentemente estabiliza y proporciona soporte a los largueros permanentemente curvados 26 (véase la figura 5A), y separa la una o más regiones de contención de combustible 28 (véase la figura 5A) en el interior del perfil alar 14 (véase la figura 5A).

El perfil alar 14 (véase la figura 7A) comprende además el panel rigidizado superior 92a (véase la figura 7A) y el panel rigidizado inferior 92b (véase la figura 7A). Los paneles rigidizados superior 92a e inferior 92b cubren o intercalan la una o más regiones de contención de combustible 28, el uno o más largueros permanentemente curvados 26, y la pluralidad de costillas 90 entre los paneles rigidizados superior 92a e inferior 92b. Los paneles rigidizados superior 92a e inferior 92b están preferentemente formados de un material compuesto pero también pueden estar formados de otro material apropiado. La pluralidad de costillas 90 puede transferir la carga entre los largueros permanentemente curvados 26 y los paneles rigidizados superior 92a e inferior 92b.

Preferentemente, el uno o más largueros permanentemente curvados 26 (véanse las figuras 5A, 6A) no tienen combados diferenciados 68a, 68b, 68c (véase la figura 4A) o curvaturas y están permanentemente curvados. Como

se usa en el presente documento, "larguero permanentemente curvado" incluye un larguero que tiene una o más partes sustancialmente rectas conectadas por una o más partes permanentemente curvadas, es decir, curvas permanentes, y también incluye un larguero que tiene una curva permanente con un radio permanente, constante y no variable. Como se usa en el presente documento "curvado permanentemente" y "curva permanente" significa una curva que no tiene combados, discontinuidades, roturas, o ángulos, y/o donde todas las curvas o partes curvadas están conectadas a partes sustancialmente rectas tangentes a las curvas o partes curvadas. Esta configuración permanentemente curvada puede derivar en una distribución de carga mejorada a través de la pluralidad de costillas 90 y los paneles rigidizados superior 92a e inferior 92b, en comparación con una distribución de la carga de los largueros combados 66 conocidos o existentes (véase la figura 4A) que concentran la carga en combados diferenciados 68a, 68b, 68c (véase la figura 4A). Además, los paneles rigidizados superior 92a e inferior 92b de extensión constante pueden ser más ligeros en peso, como un larguero permanentemente curvado 26 unitario que, en lugar de extenderse hacia popa por los combados diferenciados 68a, 68b, 68c (véase la figura 4A), puede extenderse hacia popa por un radio grande permanente, es decir, un segmento de larguero de radio que tiene un tamaño de 4000 pulgadas (101,6 m) a 5000 pulgadas (127 m).

La figura 5B es una ilustración de direcciones axiales 80 para un conjunto de ejes -x, -y y -z de un sistema de coordinación tridimensional, relacionado con la curva permanente 76 de las trayectorias de larguero curvado 78a, 78b, 78c del larguero permanentemente curvado delantero 26a, del larguero permanentemente curvado trasero 26b, y del larguero permanentemente curvado intermedio 26c, respectivamente, de la figura 5A. Las direcciones axiales 80 incluyen la dirección de eje-x longitudinal 80a, la dirección de eje-y lateral 80b, y la longitud de eje-z vertical 80c. La dirección de eje-z vertical 80c se encuentra a través del ala de aeronave 18a y, en la figura 5B, solo se muestra el punto de la dirección de eje-z vertical 80c, pero no el eje-z en sí. La dirección de eje-x longitudinal 80a (es decir, eje de alabeo), es esencialmente un eje que se extiende a través del fuselaje 12 (véase la figura 1) del vehículo aéreo 10 (véase la figura 1) desde la cola 16 (véase la figura 1) hasta el morro 13 (véase la figura 1) en la dirección normal de vuelo. La dirección de eje-y lateral 80b (es decir, el eje transversal o eje de cabeceo), es esencialmente un eje paralelo a las alas de aeronave 18 (véase la figura 1) del vehículo aéreo 10 (véase la figura 1). La dirección de eje-z vertical 80c (es decir, eje de guiñada), es esencialmente un eje que se extiende perpendicular a la dirección de eje-x longitudinal 80a y a la dirección de eje-y lateral 80b.

La figura 6A es una ilustración de una vista en sección superior de otra realización de un perfil alar 14, tal como con forma de perfil alar 14d, de la divulgación que muestra los largueros permanentemente curvados 26 formando una región de contención de combustible 28, tal como un depósito de combustible 28a, que tiene un volumen menor, en comparación con la región de contención de combustible 28 con los largueros combados 66 de la figura 4A. El perfil alar 14d, tiene preferentemente forma de ala de aeronave 18, tal como, por ejemplo, el ala de aeronave 18c. Como se muestra en la figura 6A, el perfil alar 14d, tal como con forma de ala de aeronave 18c, comprende una o más regiones de contención de combustible 28, tal como el depósito de combustible 28a, dispuestas en el perfil alar 14d, donde la región de contención de combustible 28 tiene límites de contención de combustible 29a, 29b, 29c, 29d.

Como también se muestra en la figura 6A, el perfil alar 14d, tal como con forma de ala de aeronave 18c, comprende además uno o más largueros permanentemente curvados 26, cada uno con un primer extremo 72a y un segundo extremo 72b, y comprendiendo uno de un larguero permanentemente curvado delantero 26a, un larguero permanentemente curvado trasero 26b, o un larguero permanentemente curvado intermedio 26c. Como se muestra también en la figura 6A, los largueros permanentemente curvados 26 pueden estar fijados a la sección de fuselaje 12a del fuselaje 12 y extenderse desde el fuselaje 12 en una dirección en sentido de la longitud 77 hacia el extremo de punta 22. Con la realización mostrada en la figura 6A, el larguero permanentemente curvado delantero 26a y el larguero permanentemente curvado trasero 26b están más cerca del extremo de punta 22 que el larguero permanentemente curvado intermedio 26c, que puede tener un segundo extremo 72b que termina cerca de la parte interna 86 de la región de contención de combustible 28. Preferentemente, el larguero permanentemente curvado delantero 26a y el larguero permanentemente curvado trasero 26b se extienden en la dirección en sentido de la longitud 77 a través de una sección húmeda 102 (véase la figura 7A) del perfil alar 14 que contiene la región de contención de combustible 28, y a través de una sección seca 104 (véase la figura 7A) del perfil alar 14 (véase la figura 7A) (que no contiene la región de contención de combustible 28).

Alternativamente, los largueros permanentemente curvados 26 pueden estar fijados a un perfil alar 14 correspondiente, tal como un ala de aeronave 18, colocado en el otro lado de la aeronave 11 a través de un sistema de juntas (no se muestra). Tal sistema de juntas puede discurrir sustancialmente a lo largo de una línea central 17 (véase la figura 1) del fuselaje 12 (véase la figura 1) de la aeronave 11 (véase la figura 1). En otras realizaciones, los largueros permanentemente curvados 26 pueden estar fijados a otras estructuras apropiadas del vehículo aéreo 10, tal como la aeronave 11.

Como se muestra en la figura 6A, al menos un larguero permanentemente curvado 26 comprende además una configuración unitaria 88 (véase la figura 7A) y una o más curvas permanentes 76 a lo largo del larguero permanentemente curvado 26. El uno o más largueros permanentemente curvados 26 pueden extenderse en al menos una dirección axial 80 (véase la figura 6B). Preferentemente, la dirección axial 80 de la curva permanente 76 comprende una o más de una dirección de eje-x longitudinal 80a (véase la figura 6B), una dirección de eje-y lateral 80b (véase la figura 6B), y una dirección de eje-z vertical 80c (véase la figura 6B). Como también se muestra en la

figura 6A, el larguero permanentemente curvado delantero 26a tiene una curva permanente 76 y una trayectoria de larguero curvado 78a, el larguero permanentemente curvado trasero 26b tiene una curva permanente 76 y una trayectoria de larguero curvado 78b, y un larguero permanentemente curvado intermedio 26c tiene una curva permanente 76 y una trayectoria de larguero curvado 78c.

5 La figura 6A es otra realización del perfil alar 14d, tal como con forma de ala de aeronave 18c, que tiene tres (3) largueros permanentemente curvados 26. Como se muestra en la figura 6A, la trayectoria de larguero curvado 78a del larguero permanentemente curvado delantero 26a se compara con la trayectoria de larguero combado 70a (mostrada con las líneas de puntos) del larguero combado 66a delantero (véase la figura 4A), y la trayectoria de larguero curvado 78b del larguero permanentemente curvado trasero 26b se compara con la trayectoria de larguero combado 70b (mostrada con la línea de puntos) del larguero combado 66b delantero (véase la figura 4A). Como se muestra en la figura 6A, las trayectorias de larguero curvado 78a, 78b forman curvas más estrechas a lo largo de los límites de contención de combustible 29b, 29d que las que forman las trayectorias de larguero combado 70a, 70b, y con esta realización del perfil alar 14d, el volumen de la región de contención de combustible 28, tal como con forma de depósito de combustible 28a, puede disminuir en comparación con la región de contención de combustible 28 (véase la figura 4A) del perfil alar 14c conocido (véase la figura 4A).

El uno o más largueros permanentemente curvados 26 comprenden preferentemente largueros permanentemente curvados compuestos 27 (véase la figura 6A). Cada uno del uno o más largueros permanentemente curvados 26 comprende preferentemente una estructura compuesta unitaria 27a (véase la figura 7A).

En una realización, como se muestra en la figura 6A, uno o más de los largueros permanentemente curvados 26 comprenden una parte 82a, 82b que forma una pared estructural 84a, 84b de al menos una de la una o más regiones de contención de combustible 28. Por ejemplo, como se muestra en la figura 6A, la parte 82a del larguero permanentemente curvado delantero 26a forma preferentemente la pared estructural 84a de la región de contención de combustible 28 a lo largo del límite de contención de combustible 29d. Así mismo, como se muestra en la figura 6A, la parte 82b del larguero permanentemente curvado trasero 26b forma preferentemente la pared estructural 84b de la región de contención de combustible 28 a lo largo del límite de contención de combustible 29b. Preferentemente, las partes 82a, 82b son partes interiores 85 (véase la figura 7A) del larguero permanentemente curvado delantero 26a (véase también la figura 7A) y del larguero permanentemente curvado trasero 26b (véase también la figura 7A).

En otra realización, uno o más de los largueros permanentemente curvados 26 (véanse las figuras 5A, 6A) pueden estar colocados internos a la una o más regiones de contención de combustible 28 (véanse las figuras 5A, 6A). Como se muestra en la figura 5A, el larguero permanentemente curvado intermedio 26c está colocado cerca de la parte interna 86 de la región de contención de combustible 28, tal como el depósito de combustible 28a.

Como se muestra en la figura 6A, el perfil alar 14 comprende además una pluralidad de costillas 90, descritas con detalle anteriormente, fijadas sustancialmente perpendiculares a y entre el uno o más largueros permanentemente curvados 26. El perfil alar 14 (véase la figura 6A) comprende además el panel rigidizado superior 92a (véase la figura 7A) y el panel rigidizado inferior 92b (véase la figura 7A), descritos con detalle anteriormente. Preferentemente, el uno o más largueros permanentemente curvados 26 (véase la figura 6A) no tienen combados diferenciados 68a, 68b, 68c (véase la figura 4A) o curvaturas y están permanentemente curvados. Esto puede derivar en una distribución de la carga mejorada a través de la pluralidad de costillas 90 y los paneles rigidizados superior 92a e inferior 92b, en comparación con una distribución de carga de los largueros combados 66 conocidos o existentes (véase la figura 4A) que concentran la carga en combados diferenciados 68a, 68b, 68c (véase la figura 4A).

La figura 6B es una ilustración de direcciones axiales 80 para un conjunto de ejes -x, -y y -z de un sistema de coordinación tridimensional, que se relaciona con la curva permanente 76 de las trayectorias de larguero curvado 78a, 78b, 78c del larguero permanentemente curvado delantero 26a, del larguero permanentemente curvado trasero 26b, y del larguero permanentemente curvado intermedio 26c, respectivamente, de la figura 6A. Las direcciones axiales 80 incluyen la dirección del eje-x longitudinal 80a, la dirección del eje-y lateral 80b, y la dirección del eje-z vertical 80c. La dirección del eje-z vertical 80c se encuentra a través del ala de aeronave 18a y, en la figura 6B, solo se muestra el punto de la dirección de eje-z vertical 80c, pero no el eje-z en sí.

La figura 7A es una ilustración de una vista en perspectiva lateral derecha de una realización de un perfil alar 14, tal como con forma de ala de aeronave 18, de la divulgación que muestra los largueros permanentemente curvados 26 que forman un cajón de ala de larguero 106 con una región de contención de combustible 28, tal como un depósito de combustible 28a. La figura 7A muestra una sección transversal de perfil alar 15 del perfil alar 14, así como el borde principal 20a, el borde posterior 20b, y el extremo de punta 22 del perfil alar 14. Como se muestra en la figura 7A, el perfil alar 14, tal como con forma de ala de aeronave 18, comprende una o más regiones de contención de combustible 28, tal como un depósito de combustible 28a, dispuestas en el perfil alar 14, donde la región de contención de combustible 28 tiene límites de contención de combustible 29a, 29b, 29c, 29d.

Como también se muestra en la figura 7A, el perfil alar 14 comprende dos largueros permanentemente curvados 26

con forma de larguero permanentemente curvado delantero 26a y larguero permanentemente curvado trasero 26b, cada uno con un primer extremo 72a y un segundo extremo 72b. Como también se muestra en la figura 7A, preferentemente, el larguero permanentemente curvado delantero 26a y el larguero permanentemente curvado trasero 26b se extienden en dirección en sentido de la longitud 77 (véase la figura 1) tanto a través de la sección húmeda 102 del perfil alar 14 que contiene la región de contención de combustible 28, como a través de la sección seca 104 del perfil alar 14 que no contiene la región de contención de combustible 28. Alternativamente, los largueros permanentemente curvados 26 pueden estar fijados a un perfil alar 14 correspondiente, tal como un ala de aeronave 18, colocado en el otro lado de la aeronave 11 a través de un sistema de juntas (no se muestra). Tal sistema de juntas puede discurrir sustancialmente a lo largo de una línea central 17 (véase la figura 1) del fuselaje 12 (véase la figura 1) de la aeronave 11 (véase la figura 1). En otras realizaciones, los largueros permanentemente curvados 26 pueden estar fijados a otras estructuras apropiadas del vehículo aéreo 10, tal como la aeronave 11.

Como se muestra en la figura 7A, al menos un larguero permanentemente curvado 26 comprende una configuración unitaria 88. El uno o más largueros permanentemente curvados 26 comprenden preferentemente largueros permanentemente curvados compuestos 27 (véase la figura 5A). Cada uno del uno o más largueros permanentemente curvados 26 comprende preferentemente una estructura compuesta unitaria 27a (véase la figura 7A). Al menos un larguero permanentemente curvado 26 comprende además una o más curvas permanentes 76 (véanse las figuras 5A, 6A) a lo largo del larguero permanentemente curvado 26. El uno o más largueros permanentemente curvados 26 pueden extenderse en al menos una dirección axial 80 (véanse las figuras 5B, 6B). Preferentemente, la dirección axial 80 de la curva permanente 76 comprende una o más de una dirección de eje-x longitudinal 80a (véanse las figuras 5B, 6B), una dirección de eje-y lateral 80b (véanse las figuras 5B, 6B), y una dirección de eje-z vertical 80c (véanse las figuras 5B, 6B).

Los largueros permanentemente curvados 26 (véase la figura 7A) comprenden cada uno una parte 82a (véase la figura 7A), 82b (véase la figura 6A) que forma una pared estructural 84a, 84b (véase la figura 7A) de al menos una de la una o más regiones de contención de combustible 28. Por ejemplo, como se muestra en la figura 7A, la parte 82a del larguero permanentemente curvado delantero 26a forma preferentemente la pared estructural 84a de la región de contención de combustible 28 a lo largo del límite de contención de combustible 29d. Preferentemente, la parte 82a es una parte interior 85 (véase la figura 7A) del larguero permanentemente curvado delantero 26a (véase también la figura 7A). Así mismo, la parte 82b (véase la figura 6A) del larguero permanentemente curvado trasero 26b (véase la figura 7A) forma preferentemente la pared estructural 84b (véase la figura 7A) de la región de contención de combustible 28 (véase la figura 7A) a lo largo del límite de contención de combustible 29b (véase la figura 7A). Preferentemente, la parte 82b (véase la figura 6A) es una parte interior 85 (no se muestra) del larguero permanentemente curvado trasero 26b (véase la figura 7A).

Como se muestra en la figura 7A, el perfil alar 14, tal como con forma de ala de aeronave 18, que tiene un cajón de ala de larguero 106, comprende una pluralidad de costillas 90 fijadas sustancialmente perpendiculares a y entre el uno o más largueros permanentemente curvados 26. Como se muestra en la figura 7A, el perfil alar 14 comprende además un panel rigidizado superior 92a y un panel rigidizado inferior 92b intercalando el cajón de ala de larguero 106. Los paneles rigidizados superior 92a e inferior 92b cubren la una o más regiones de contención de combustible 28, el uno o más largueros permanentemente curvados 26, y la pluralidad de costillas 90. Preferentemente, el uno o más largueros permanentemente curvados 26 (véase la figura 7A) no tienen combados diferenciados 68a, 68b, 68c (véase la figura 4A) o curvaturas y están permanentemente curvados. Esto puede derivar en una distribución de la carga mejorada a través de la pluralidad de costillas 90 y de los paneles rigidizados superior 92a e inferior 92b, en comparación con una distribución de la carga de los largueros combados 66 conocidos o existentes (véase la figura 4A) que concentran la carga en combados diferenciados 68a, 68b, 68c (véase la figura 4A).

La figura 7B es una ilustración de una vista en sección transversal ampliada tomada a lo largo de las líneas 7B-7B de la figura 7A. Como se muestra en la figura 7B, el uno o más largueros permanentemente curvados 26 pueden comprender un larguero de canal C 94 que tiene una sección transversal con forma de C 96. Como se muestra en la figura 7B, el larguero de canal C 94 comprende una parte de banda 98 dispuesta entre una fijación de banda superior 100a y una fijación de banda inferior 100b. La fijación de banda superior 100a está configurada para fijarse o juntarse con el panel rigidizado superior 92a (véase la figura 7A), y la fijación de banda inferior 100b está configurada para fijarse o juntarse con el panel rigidizado inferior 92b (véase la figura 7A). La sección transversal con forma de C 96 puede variar a lo largo de la longitud del larguero permanentemente curvado 26 (véase la figura 7B), tal como con forma de larguero permanentemente curvado trasero 26b (véase la figura 7B).

La figura 7C es una ilustración de una vista ampliada del círculo 7C de la figura 7B. La figura 7C muestra parcialmente la parte de banda 98 que se forma en la fijación de banda inferior 100b. La figura 7C muestra que el larguero de canal C 94 (véase la figura 7B) tiene una configuración unitaria 88 a través de toda la sección transversal.

En otra realización de la divulgación, se proporciona una aeronave 11 (véase la figura 1). La aeronave 11 (véase la figura 1) comprende un fuselaje 12 (véase la figura 1). Como se muestra en la figura 1, la aeronave 11 comprende además dos o más perfiles alares 14, tal como con forma de perfiles alares 14a y/o perfiles alares 14b, fijados al fuselaje 12 y extendiéndose en una dirección en sentido de la longitud 77 (véase la figura 1) desde el fuselaje 12.

Como se muestra en la figura 1, cada perfil alar 14 comprende una o más regiones de contención de combustible 28 dispuestas en el perfil alar 14. Como también se muestra en la figura 1, cada perfil alar 14 comprende además uno o más largueros permanentemente curvados 26 que se extienden en dirección en sentido de la longitud 77 desde un extremo de raíz 23 del perfil alar 14 hacia un extremo de punta 22 del perfil alar 14. Al menos un larguero permanentemente curvado 26 (véanse las figuras 1, 7A) comprende una configuración unitaria 88 (véase la figura 7A) y una o más curvas permanentes 76 (véase la figura 5A) a lo largo del larguero permanentemente curvado 26. El uno o más largueros permanentemente curvados 26 pueden extenderse en al menos una dirección axial 80 (véase la figura 5B). La dirección axial 80 comprende una o más de una dirección de eje-x longitudinal 80a (véase la figura 5B), una dirección de eje-y lateral 80b (véase la figura 5B), y una dirección de eje-z vertical 80c (véase la figura 5B).

Cada larguero permanentemente curvado 26 (véase la figura 6A) comprende además, o tener una parte 82a, 82b (véase la figura 6A) que forma una pared estructural 84a, 84b (véase la figura 6A) de al menos una de la una o más regiones de contención de combustible 28 (véase la figura 6A), o ser interno a la una o más regiones de contención de combustible 28 (véase la figura 6A). Cada perfil alar 14 (véanse las figuras 5A, 6A, 7A) comprende también una pluralidad de costillas 90 (véanse las figuras 5A, 6A, 7A) fijadas sustancialmente perpendiculares a y entre el uno o más largueros permanentemente curvados 26 (véanse las figuras 5A, 6A, 7A). Cada perfil alar 14 comprende además los paneles rigidizados superior 92a e inferior 92b (véase la figura 7A) que cubren la una o más regiones de contención de combustible 28 (véase la figura 7A), el uno o más largueros permanentemente curvados 26 (véase la figura 7A), y la pluralidad de costillas 90 (véase la figura 7A).

El uno o más largueros permanentemente curvados 26 (véase la figura 7A) comprende una estructura compuesta unitaria 27a (véase la figura 7A), y los perfiles alares 14 (véase la figura 1) comprenden dos o más alas de aeronave 18, preferentemente alas de aeronave compuestas, y estabilizadores horizontales 16a (véase la figura 1), preferentemente estabilizadores horizontales de aeronave compuestos. El uno o más largueros permanentemente curvados 26 no tienen combados diferenciados 68a, 68b, 68c (véase la figura 4A), derivando en una distribución de la carga mejorada a través de la pluralidad de costillas 90 (véase la figura 7A) y los paneles rigidizados superior 92a e inferior 92b (véase la figura 7A), en comparación con una distribución de la carga de los largueros combados 66 conocidos (véase la figura 4A) que concentran la carga en combados diferenciados 68a, 68b, 68c (véase la figura 4A).

En otra realización de la divulgación, se proporciona un método 200 (véase la figura 8) de fabricación de una aeronave 11 (véase la figura 1). La figura 8 es una ilustración de un flujograma de una realización a modo de ejemplo del método 200 de la divulgación. Como se muestra en la figura 8, el método 200 comprende la etapa 202 de formación y endurecimiento de uno o más largueros permanentemente curvados 26 (véanse las figuras 5A, 6A, 7A), preferentemente con forma de largueros permanentemente curvados compuestos 27 (véanse las figuras 5A, 6A). Al menos un larguero permanentemente curvado 26 (véase la figura 5A), tal como con forma de larguero permanentemente curvado compuesto 27 (véase la figura 5A), tiene una configuración unitaria 88 (véase la figura 7A) y tiene una o más curvas permanentes a lo largo del larguero permanentemente curvado 26 (véase la figura 5A). El uno o más largueros permanentemente curvados, tal como con forma de larguero permanentemente curvado compuesto 27 (véase la figura 5A), pueden extenderse en al menos una dirección axial 80 (véase la figura 5B). La etapa 202 de formación comprende preferentemente la formación y endurecimiento de uno o más de los largueros permanentemente curvados 26 (véase la figura 5A), tal como con forma de largueros permanentemente curvados compuestos 27 (véase la figura 5A), con la una o más curvas permanentes 76 (véase la figura 5A) a lo largo del larguero permanentemente curvado compuesto 27. El uno o más largueros permanentemente curvados 26 (véase la figura 5A), tal como con forma de largueros permanentemente curvados compuestos 27 (véase la figura 5A), pueden extenderse en una o más de una dirección de eje-x longitudinal 80a (véase la figura 5B), una dirección de eje-y lateral 80b (véase la figura 5B), y una dirección de eje-z vertical 80c (véase la figura 5B). La etapa 202 de formación comprende preferentemente la formación y endurecimiento de uno o más largueros permanentemente curvados 26 (véase la figura 5A), tal como con forma de largueros permanentemente curvados compuestos 27 (véase la figura 5A), que no tienen combados diferenciados 68a, 68b, 68c (véase la figura 4A) como se ve con los largueros combados 66 conocidos (véase la figura 4A).

Como se muestra en la figura 8, el método 200 comprende además la etapa 204 de fijación de un primer extremo 72b (véase la figura 5A) de cada uno del uno o más largueros permanentemente curvados 26 (véase la figura 5A), tal como con forma de largueros permanentemente curvados compuestos 27 (véase la figura 5A), a una sección de fuselaje 12a (véanse las figuras 1, 5A) de una aeronave 11 (véase la figura 1) y que se extienden cada uno del uno o más largueros permanentemente curvados 26, tal como con forma de largueros permanentemente curvados compuestos 27 (véase la figura 5A), desde la sección de fuselaje 12a (véanse las figuras 1, 5A), y preferentemente en una dirección en sentido de la longitud 77 (véase la figura 1).

Como se muestra en la figura 8, el método 200 comprende además la etapa 206 de colocación de una parte 82a, 82b (véanse las figuras 5A, 6A), tal como una parte interior 85 de uno o más del uno o más largueros permanentemente curvados 26, tal como con forma de largueros permanentemente curvados compuestos 27 (véase la figura 5A), por ejemplo, el larguero permanentemente curvado delantero 26a (véase la figura 5A) y el larguero permanentemente curvado trasero 26b (véase la figura 5A), para formar una pared estructural 84a, 84b (véanse las

figuras 6A, 7A) de la región de contención de combustible 28 (véanse las figuras 6A, 7A). Preferentemente, la parte 82a, 82b es una parte interior 85 (véase la figura 7A) del larguero permanentemente curvado delantero 26a (véase la figura 5A) y del larguero permanentemente curvado trasero 26b (véase la figura 5A). La etapa 206 de colocación comprende además la colocación de la parte 82a, 82b (véanse las figuras 5A, 6A) del uno o más largueros permanentemente curvados 26, tal como con forma de largueros permanentemente curvados compuestos 27 (véase la figura 5A), para formar la pared estructural 84a, 84b (véanse las figuras 6A, 7A) de un depósito de combustible 28a (véase la figura 1) o una pila de combustible 28b (véase la figura 1).

Como se muestra en la figura 8, el método 200 comprende además la etapa 208 de fijación de una pluralidad de costillas 90 (véanse las figuras 5A, 6A, 7A) sustancialmente perpendiculares a y entre el uno o más largueros permanentemente curvados 26 (véanse las figuras 5A, 6A, 7A), tal como con forma de largueros permanentemente curvados compuestos 27 (véase la figura 5A). Como se muestra en la figura 8, el método 200 comprende además la etapa 210 de intercalación de cada uno del uno o más largueros permanentemente curvados 26 (véase la figura 7A), tal como con forma de largueros permanentemente curvados compuestos 27 (véase la figura 5A), la pluralidad de costillas 90 (véase la figura 7A), y la región de contención de combustible 28 (véase la figura 7A) entre el panel rigidizado superior 92a (véase la figura 7A) y el panel rigidizado inferior 92b (véase la figura 7A) para formar un perfil alar 14 (véase la figura 7A) de una aeronave 11 (véase la figura 1).

Como se muestra en la figura 8, el método puede comprender además la etapa 212 opcional de colocación del uno o más largueros permanentemente curvados 26, tal como con forma de largueros permanentemente curvados compuestos 27 (véase la figura 5A), por ejemplo, el larguero permanentemente curvado intermedio 26c (véanse las figuras 5A, 6A) interno a la región de contención de combustible 28 (véanse las figuras 5A, 6A). El método 200 puede comprender además la formación de una sección húmeda 102 (véase la figura 7A) del perfil alar 14 (véase la figura 7A) y la formación de una sección seca 104 (véase la figura 7A) del perfil alar 14 (véase la figura 7A), donde el uno o más largueros permanentemente curvados 26 (véase la figura 7A), tal como con forma de largueros permanentemente curvados compuestos 27 (véase la figura 5A), se extienden, tanto a través de la sección húmeda 102 del perfil alar 14, como a través de la sección seca 104 del perfil alar 14.

Como aquellos expertos en la materia apreciarán, la incorporación de uno o más de los novedosos largueros permanentemente curvados 26 (véase la figura 5A), tal como con forma de largueros permanentemente curvados compuestos 27 (véase la figura 5A) en un perfil alar 14 (véase la figura 1), tal como un ala de aeronave 18 (véase la figura 1), y a su vez, en un vehículo aéreo 10 (véase la figura 1), tal como una aeronave 11 (véase la figura 1), deriva en un número de beneficios sustanciales. Las realizaciones divulgadas de los largueros permanentemente curvados 26, el perfil alar 14 que contiene uno o más de los largueros permanentemente curvados 26, y el método 200 (véase la figura 8) de fabricación de una aeronave 11 (véase la figura 1) con dos o más perfiles alares 14 que contienen uno o más de los largueros permanentemente curvados 26 proporcionan un diseño que elimina la necesidad de combados diferenciados 68a, 68b, 68c (véase la figura 4A), tal como en largueros combados 66 (véase la figura 4A), lo que puede reducir el tiempo, la complejidad, el conteo de partes y el trabajo manual requeridos para fabricar los largueros permanentemente curvados 26, y la aeronave 11 y el perfil alar 14 que contiene el uno o más largueros permanentemente curvados 26, y lo que puede, a su vez, reducir los costes de fabricación totales, en comparación con los costes de fabricación para fabricar los largueros combados 66 (véase la figura 4A) y las estructuras que contienen tales largueros combados 66.

Además, las realizaciones divulgadas de los largueros permanentemente curvados 26, del perfil alar 14 que contiene uno o más de los largueros permanentemente curvados 26, y del método 200 (véase la figura 8) de fabricación de una aeronave 11 (véase la figura 1) con dos o más perfiles alares 14 que contienen uno o más de los largueros permanentemente curvados 26, se proporcionan para los largueros permanentemente curvados 26 que tienen una configuración unitaria 88 (véase la figura 7A) y que pueden fabricarse con una estructura unitaria, eliminando o minimizando así el uso de fijaciones, sujeciones o elementos mecánicos adicionales para juntar o ayudar a juntar cualesquiera múltiples partes entre sí, lo que puede reducir el tiempo, la complejidad, el conteo de partes y el trabajo manual requeridos con el uso de tales fijaciones, sujeciones o elementos adicionales, y lo que puede, a su vez, reducir los costes de fabricación totales. Además, eliminando o minimizando la instalación y el uso de tales fijaciones, sujeciones o elementos mecánicos adicionales incluyendo aquellos que no pueden retirarse tras el ensamblaje, el peso de las alas, y a su vez, el peso total de la aeronave, pueden disminuir, lo que puede a su vez derivar en un requerimiento de combustible menor para un determinado perfil de vuelo. Este menor requerimiento de combustible puede derivar a su vez en menores costes de combustible. Así mismo, eliminando o minimizando la instalación y el uso de fijaciones, sujeciones o elementos mecánicos adicionales, tales como fijaciones metálicas, que pueden estar expuestos a través de los paneles rigidizados superior 92a e inferior 92b (véase la figura 7A), puede disminuirse el riesgo de impacto por relámpago en el ala de la aeronave 11 (véase la figura 1). Si se fabrica eficientemente, un único diseño de pieza con una configuración unitaria 88 (véase la figura 7A) puede derivar en un peso de ala menor y en mayores ahorros en los costes.

Además, las realizaciones divulgadas de los largueros permanentemente curvados 26, del perfil alar 14 que contiene uno o más de los largueros permanentemente curvados 26, y del método 200 (véase la figura 8) de fabricación de una aeronave 11 (véase la figura 1) con dos o más perfiles alares 14 que contienen uno o más de los largueros permanentemente curvados 26, proporcionan un diseño de curva permanente donde una parte del larguero

5 permanentemente curvado 26 forma una parte o pared de la región de contención de combustible 28 (véase la figura 5A), y donde el volumen de la región de contención de combustible 28 puede aumentar, lo que puede derivar en una capacidad de combustible mayor para la aeronave 11 y en menores costes de fabricación. Así mismo, los paneles rigidizados superior 92a e inferior 92b de extensión constante pueden tener un peso más ligero, como un larguero permanentemente curvado 26 unitario que, en lugar de extenderse hacia popa mediante combados diferenciados 68a, 68b, 68c (véase la figura 4A), puede extenderse hacia popa mediante un radio grande permanente, es decir, un segmento de larguero de radio que tiene un tamaño de 4000 pulgadas (101,6 m) hasta 5000 pulgadas (127 m).

10 Además, las realizaciones divulgadas de los largueros permanentemente curvados 26, del perfil alar 14 que contiene uno o más de los largueros permanentemente curvados 26, y del método 200 (véase la figura 8) de fabricación de una aeronave 11 (véase la figura 1) con dos o más perfiles alares 14 que contienen uno o más de los largueros permanentemente curvados 26 proporcionan un larguero permanentemente curvado 26 que no tiene combados diferenciados 68a, 68b, 68c y que puede reducir la carga de golpe distribuyendo de manera más uniforme la carga de golpe a través de las múltiples costillas 90 (véase la figura 5A) y más de los paneles rigidizados superior 92a e inferior 92b (véase la figura 7A). Esto puede derivar en un ala de aeronave 18 de peso más ligero y menos costosa (véase la figura 1).

20 Muchas modificaciones y otras realizaciones de la divulgación vendrán a la mente del experto en la materia con el que se relaciona esta divulgación, teniendo el beneficio de las enseñanzas presentadas en las descripciones antecedentes y en los dibujos asociados. Las realizaciones descritas en el presente documento están destinadas a ser ilustrativas y no se pretende que sean limitantes o exhaustivas. A pesar de que en el presente documento se emplean expresiones específicas, se usan únicamente en un sentido genérico y descriptivo y no con propósitos de limitación.

REIVINDICACIONES

1. Un perfil alar (14) que comprende:

5 una o más regiones de contención de combustible (28) dispuestas en el perfil alar (14); y,
 uno o más largueros permanentemente curvados (26) que se extienden desde un extremo de raíz (23) del perfil
 alar (14) hacia un extremo de punta (22) del perfil alar (14), donde cada uno de los largueros permanentemente
 curvados comprende:

10 un primer extremo (72a), un segundo extremo (72b) y una parte de cuerpo alargada (74) entre los mismos;
 una configuración unitaria; y una o más curvas permanentes a lo largo del larguero permanentemente
 curvado; y

donde el uno o más largueros permanentemente curvados (26) comprende:

15 un larguero permanentemente curvado delantero (26a);
 un larguero permanentemente curvado trasero (26b);
 y **caracterizado por que**, el uno o más largueros permanentemente curvados (26) comprende además:

20 un larguero permanentemente curvado intermedio (26c); donde:
 el segundo extremo del larguero permanentemente curvado intermedio termina cerca de una parte interna
 (86) de la región de contención de combustible (28) de tal manera que el larguero permanentemente
 curvado delantero (26a) y el larguero permanentemente curvado trasero (26b) se extienden más cerca de
 la punta (22) que el larguero permanentemente curvado intermedio.

25 2. El perfil alar (14) de la reivindicación 1 donde la una o más regiones de contención de combustible comprenden
 un depósito de combustible (28a) o una pila de combustible (28b).

30 3. El perfil alar (14) de la reivindicación 1 donde el larguero permanentemente curvado delantero (26a) y el larguero
 permanentemente curvado trasero (26b) se extienden en una dirección en sentido de la longitud, tanto a través de
 una sección húmeda (102) del perfil alar, como de una sección seca (104) del perfil alar.

35 4. El perfil alar (14) de cualquier reivindicación anterior donde cada uno del uno o más largueros permanentemente
 curvados (26) comprende una estructura compuesta unitaria.

5. El perfil alar (14) de cualquier reivindicación anterior donde el primer extremo (72a) de cada uno del uno o más
 largueros permanentemente curvados (26) está configurado para fijarlo a una sección de fuselaje (12a) de un
 vehículo aéreo (10).

40 6. El perfil alar (14) de cualquier reivindicación anterior que comprende además una pluralidad de costillas (90)
 fijadas sustancialmente perpendiculares a y entre los largueros permanentemente curvados (26), y que comprende
 además un panel rigidizado superior (92a) y un panel rigidizado inferior (92b) que cubren la una o más regiones de
 contención de combustible (28), el uno o más largueros permanentemente curvados (26), y la pluralidad de costillas
 (90).

45 7. El perfil alar de la reivindicación 8 donde el uno o más largueros permanentemente curvados (26) no tienen
 combados diferenciados, derivando en una distribución de la carga a través de la pluralidad de costillas (90) y a
 través de los paneles rigidizados superior (92a) e inferior (92b), en comparación con una distribución de la carga de
 los largueros combados existentes que concentra la carga en combados diferenciados.

50 8. Un método de fabricación de una aeronave (11), comprendiendo el método las etapas de:

la formación y el endurecimiento de uno o más largueros permanentemente curvados compuestos (26) que
 comprenden:

55 un larguero permanentemente curvado delantero (26a); y un larguero permanentemente curvado trasero
 (26b); donde
 cada uno de al menos uno de los largueros permanentemente curvados (26) tiene:

60 un primer extremo (72a), un segundo extremo (72b) y una parte de cuerpo alargada (74) entre los
 mismos;
 una configuración unitaria; y
 una o más curvas permanentes a lo largo del larguero permanentemente curvado;

65 la fijación del primer extremo (72a) de cada uno del uno o más largueros permanentemente curvados (26) a una
 sección de fuselaje (12a) de una aeronave (11) y extendiéndose cada uno del uno o más largueros

permanentemente curvados desde la sección de fuselaje (12a);

fijando una pluralidad de costillas (90) sustancialmente perpendiculares a y entre el uno o más largueros permanentemente curvados (26); y,

5 la intercalación de cada uno del uno o más largueros permanentemente curvados (26), la pluralidad de costillas (90), y una región de contención de combustible (28) entre los paneles rigidizados superior e inferior para formar un perfil alar (14) de la aeronave:

10 **caracterizada por que** el uno o más largueros permanentemente curvados (26) comprenden además:

un larguero permanentemente curvado intermedio (26c);
y **por que**, el método comprende además:

15 la colocación de una parte interior de uno o más del uno o más largueros permanentemente curvados (26) para formar una pared estructural de la región de contención de combustible (28); y
donde la extensión de cada uno del uno o más largueros permanentemente curvados (26) implica extender los largueros permanentemente curvados (26) de tal manera que el segundo extremo del larguero permanentemente curvado intermedio (26c) termina cerca de una parte interna (86) de la
20 región de contención de combustible (28) y el larguero permanentemente curvado delantero (26a) y el larguero permanentemente curvado trasero (26b) se extienden más cerca de una punta (22) del perfil alar (14) que el larguero permanentemente curvado intermedio (26c).

25 9. El método de la reivindicación 8 donde la etapa de formación comprende la formación y el endurecimiento de uno o más largueros permanentemente curvados compuestos que no tienen combados diferenciados.

10. El método de la reivindicación 8 o reivindicación 9 que comprende además la formación de una sección húmeda (102) del perfil alar (14) y la formación de una sección seca (104) del perfil alar (14), donde el uno o más largueros permanentemente curvados (26) se extiende tanto a través de la sección húmeda (102) del perfil alar (14) como de
30 la sección seca (104) del perfil alar (14).

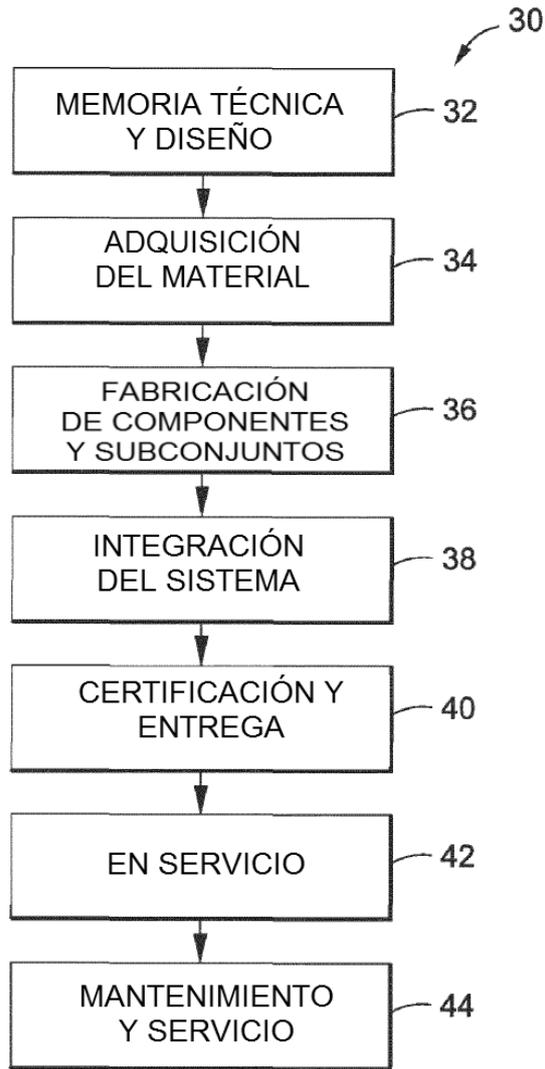


FIG. 2

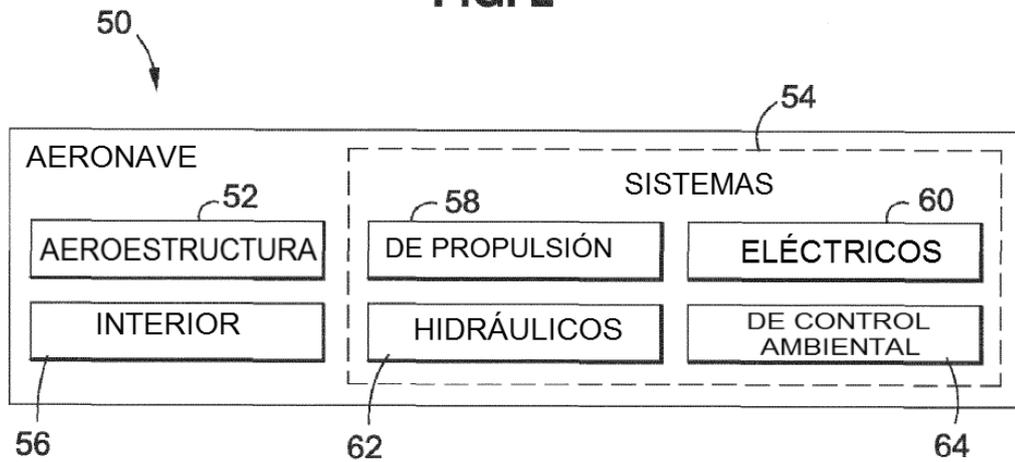


FIG. 3

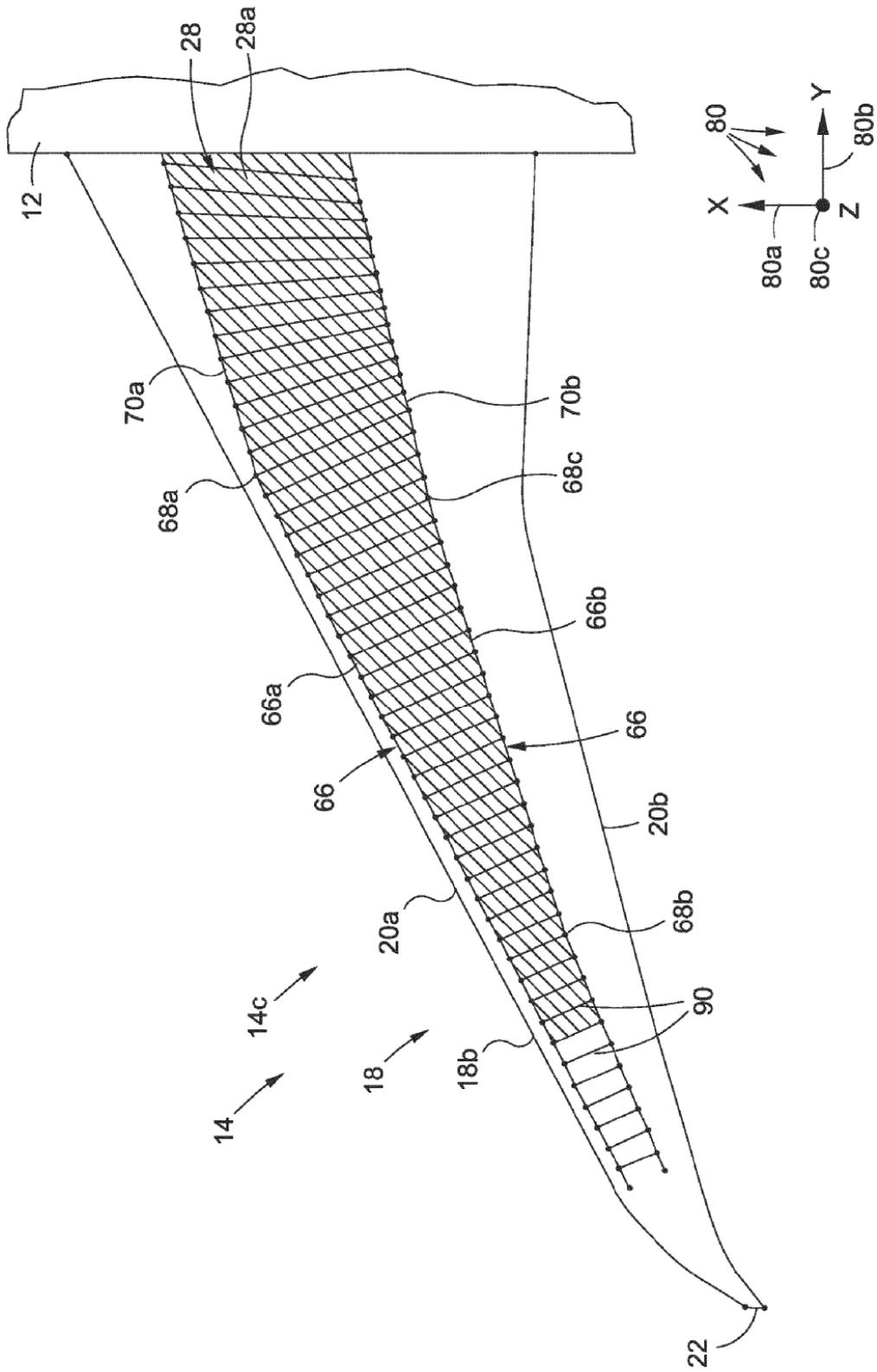


FIG. 4B

FIG. 4A
(TÉCNICA ANTECEDENTE)

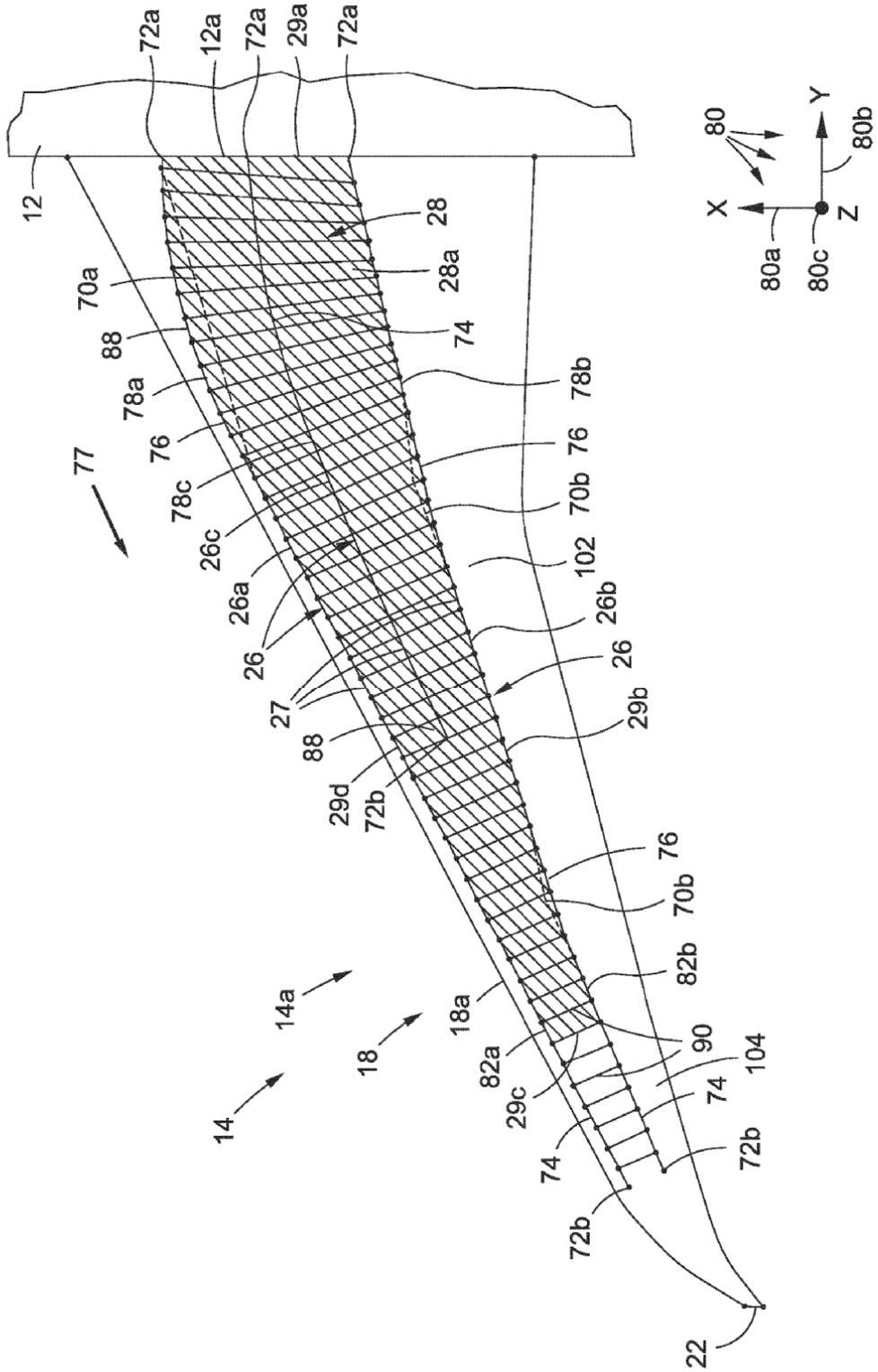


FIG. 5A

FIG. 5B

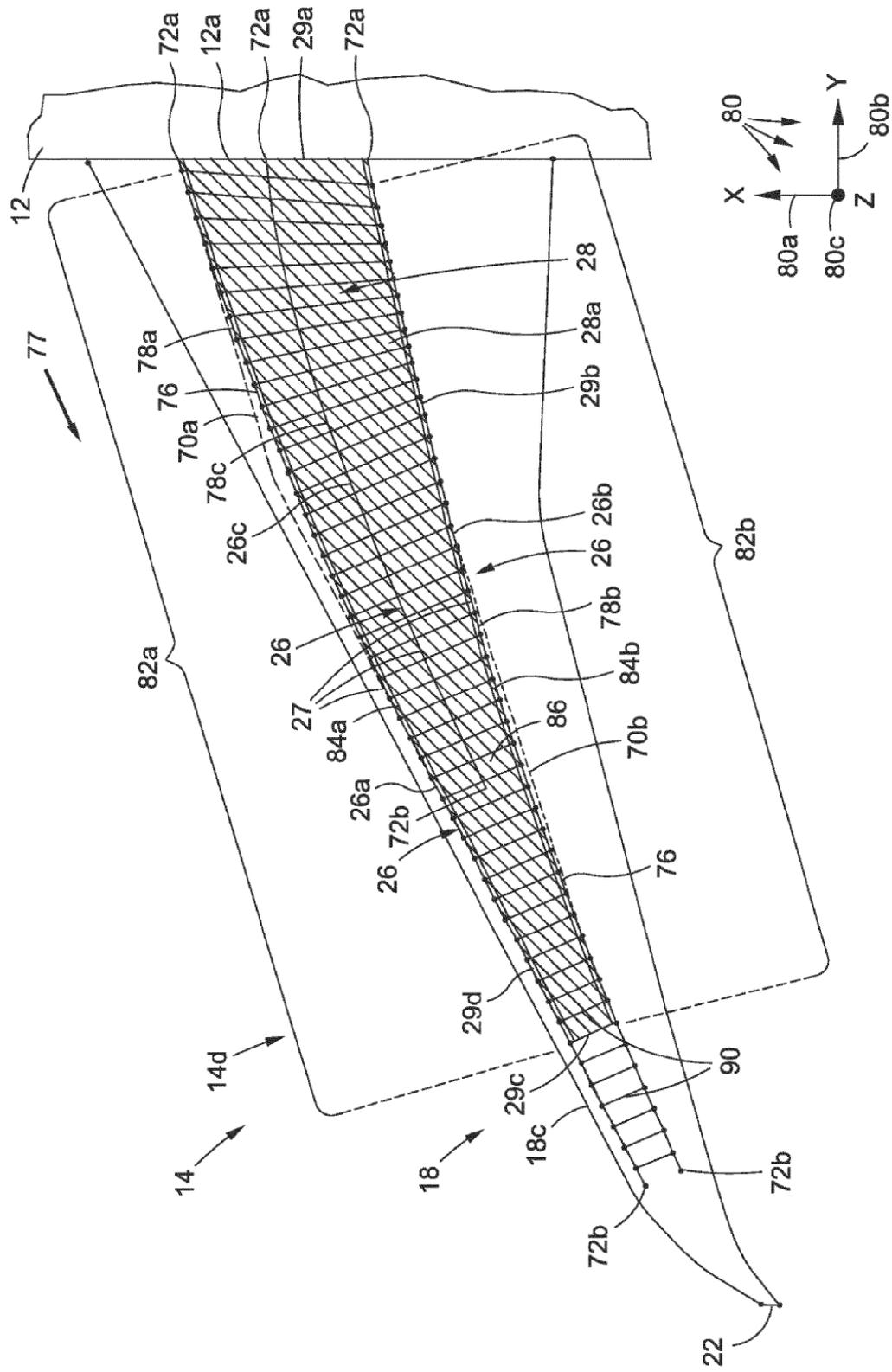


FIG. 6A

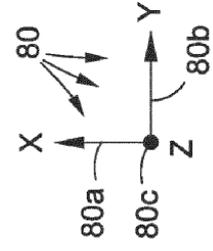


FIG. 6B

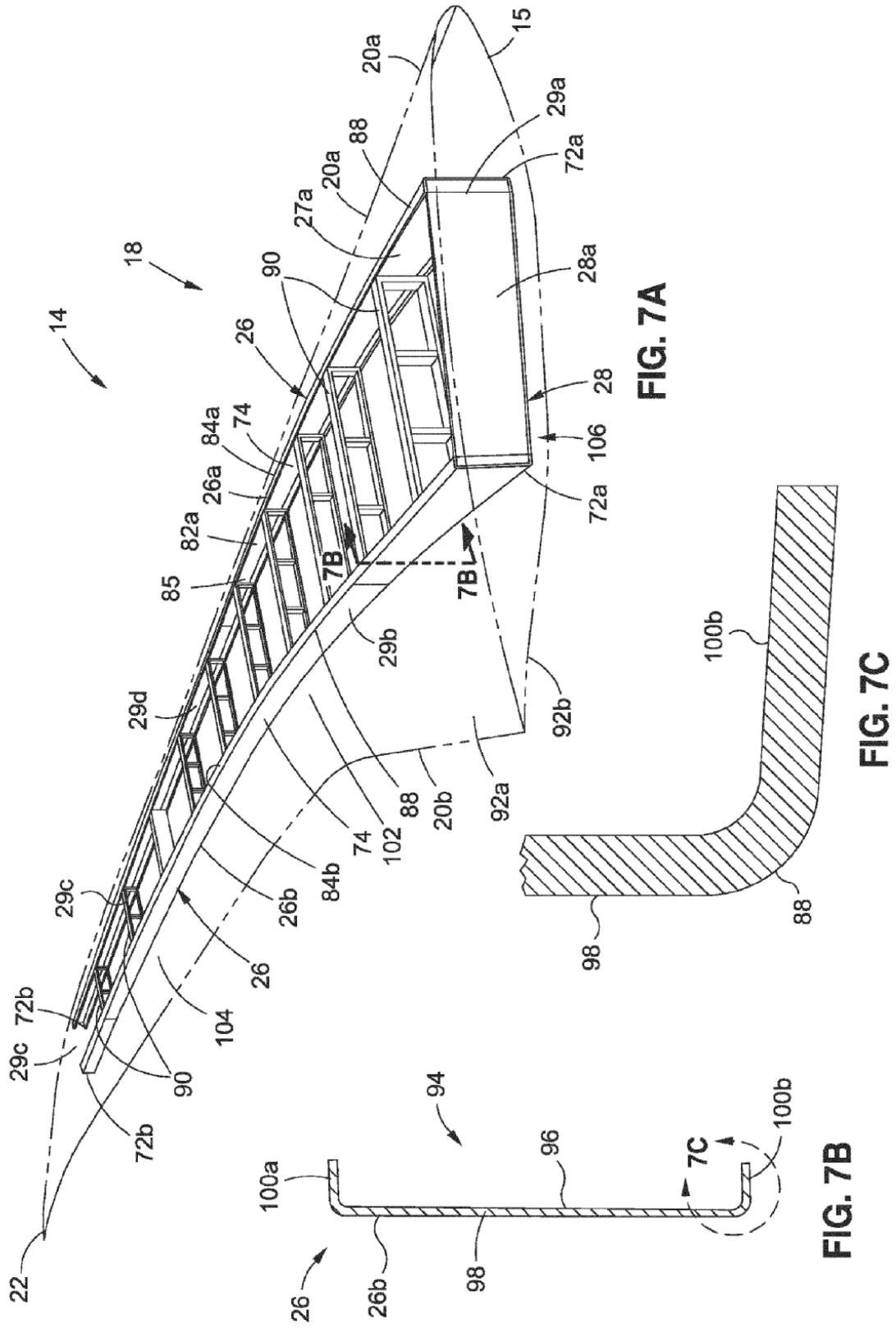




FIG. 8