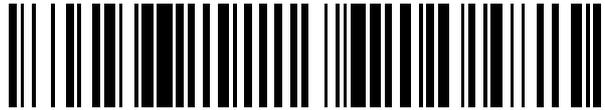


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 402 752**

51 Int. Cl.:

**B64C 1/06** (2006.01)

**B64C 3/18** (2006.01)

**B64F 5/00** (2006.01)

**B29C 70/46** (2006.01)

**B29C 70/44** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.06.2009 E 09251515 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.03.2013 EP 2133263**

54 Título: **Método y aparato para conformar e instalar largueros**

30 Prioridad:

**13.06.2008 US 138975**

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

**08.05.2013**

73 Titular/es:

**THE BOEING COMPANY (100.0%)  
100 North Riverside Plaza  
Chicago, IL 60606-2016, US**

72 Inventor/es:

**BRENNAN, JOSEPH D.;  
JONES, DARRELL D. y  
ROBINS, BRIAN G.**

74 Agente/Representante:

**UNGRÍA LÓPEZ, Javier**

**ES 2 402 752 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

Método y aparato para conformar e instalar largueros

### 5 **Campo técnico**

Esta divulgación se refiere generalmente a técnicas para la fabricación de estructuras de materiales compuestos tales como las utilizadas en la industria aeronáutica, y trata más particularmente con un método y un aparato para conformar e instalar largueros de material compuesto sobre una capa superficial.

10

### **Antecedentes**

En la industria aeronáutica se utilizan "rigidizadores" para reforzar o rigidizar las capas externas utilizadas en las secciones de fuselaje, alas, aletas y estructuras similares. En algunos casos, los rigidizadores, que pueden ser largueros, se forman de materiales compuestos y se fijan a las capas superficiales de material compuesto utilizando adhesivos estructurales que forman juntas unidas. Los largueros pueden ser relativamente largos en ciertas aplicaciones, tales como las estructuras de las alas, lo que requiere que los largueros se curen previamente para proporcionarlos con suficiente rigidez que les permite ser manipulados y colocados en la posición deseada en la capa superficial. Estos largueros pre-curados se unen a la capa superficial, y en algunos casos, pueden requerir fijación adicional mediante sujeciones discretas.

15

20

25

El uso de largueros pre-curados requiere herramientas de curación, envasados al vacío y operaciones en autoclave que pueden aumentar el coste recurrente asociado con la producción de aviones. Adicionalmente, el uso de adhesivos estructurales para fijar los largueros a la capa superficial resulta en juntas unidas que pueden presentar retos en la producción, que pueden añadir peso al avión y, en algunos casos, pueden ser difíciles de inspeccionar.

30

35

El documento US 2007/0175171 describe un proceso para fabricar paneles para estructuras aeronáuticas con miembros de rigidización en forma de U y miembros de rigidización en forma de I entre sus bandas, que comprenden las siguientes etapas: proporcionar laminados para dar forma a la capa superficial en la herramienta de curado, suministrar laminados planos para dar forma a los miembros de rigidización; conformar los elementos de refuerzo en forma de U en herramientas de conformación individuales y colocar los elementos de refuerzo en forma de I en dichas herramientas; agrupar dichas herramientas de conformación individuales juntos en una herramienta de montaje; colocar el grupo de miembros de rigidización en la capa superficial; colocar una bolsa de vacío en el conjunto con la ayuda de perfiles; consolidar de dicho conjunto por medio de un proceso de curado bajo las condiciones apropiadas de presión y temperatura utilizando herramientas externas para asegurar la verticalidad de las bandas de los miembros de rigidización.

40

45

El documento US 2005/0178083 describe un panel auto-rigidizado de material compuesto pre-impregnado. El panel es de un tipo compuesto por una capa superficial de base en cuyo lado se añaden y se colocan lado a lado los rigidizadores en forma de U cuyas partes de conexión con las ramas de la U se aplanan contra dicha capa superficial, con una estructura de conexión entre las ramas adyacentes de dos rigidizadores adyacentes. La estructura de conexión es un clavo que tiene un cabezal de clavo compuesto de un cordón de resina de relleno, el clavo formado a partir de una banda con una sección transversal rectangular cuyo borde, en el lado de la capa superficial, está directamente en contacto con la superficie adyacente de dicha capa superficial. El cabezal de clavo se compone de dos medios cabezales de clavo colocados simétricamente en el ángulo formado entre la capa superficial y el clavo.

50

55

El documento US 4.946.526 describe un proceso para producir estructuras de panel de plástico laminado reforzadas mediante la compresión termoplástica empleando mandriles de molde internos que se fragilizan significativamente durante o después de la etapa de compresión. Los paneles rigidizados superiores formados a partir de dos láminas de resina termoplástica se pueden producir mediante el uso de mandriles alargados formados de partículas cerámicas adheridas entre sí por un aglutinante tal como un silicato de metal alcalino. Los mandriles se disponen entre una lámina de capa superficial y láminas rigidizadoras superiores con las respectivas láminas dispuestas entre los rodillos de una prensa hidráulica u otro mecanismo adecuado de moldeo por compresión. Las estructuras laminadas intercaladas se pueden conformar empleando láminas libres de resina termoplástica con un primer conjunto de mandriles de partículas de cerámica interpuestos entre un par adyacente de láminas y un segundo conjunto de tales mandriles interpuesto entre el otro par adyacente de láminas.

60

En consecuencia, existe la necesidad de un método y aparato para conformar e instalar largueros en una capa superficial, que reduzcan o eliminen los problemas descritos anteriormente.

### **Sumario**

65

De acuerdo con la presente invención se proporciona un método para fabricar e instalar un larguero de material compuesto en una capa superficial y un aparato para conformar y colocar un larguero de material compuesto en una capa superficial como se reivindica en las reivindicaciones adjuntas.

Las realizaciones descritas proporcionan un método y un aparato para conformar, colocar y compactar largueros sobre capas superficiales que permiten que largueros relativamente largos se curen conjuntamente con la capa superficial, resultando en una unión fuerte. Además de producir una unión fuerte, el método y el aparato proporcionan una operación de conformación y colocación del larguero de manos libres que puede disminuir el tiempo de producción y puede reducir o eliminar las herramientas y equipos que normalmente se requieren para conformar y pre-curar los largueros.

De acuerdo con una realización del método descrito, la fabricación e instalación de un larguero de material compuesto sobre una capa superficial comprende: el uso de un conjunto de herramientas para conformar una carga compuesta en un larguero preformado, y, colocar y compactar el larguero preformado en la capa superficial usando el conjunto de herramientas. Utilizar el conjunto de herramientas para conformar una carga de material compuesto puede incluir colocar una carga de material compuesto sobre una primera herramienta, y comprimir la carga de material compuesto entre la primera herramienta y una segunda herramienta. La colocación y compactación del larguero preformado en la capa superficial incluyen mantener el larguero preformado en una posición sustancialmente fija en el conjunto de herramientas, y mover el conjunto de herramientas que tiene el larguero preformado sobre el mismo a la proximidad con la capa superficial. La compactación del larguero preformado incluye el uso de una porción del conjunto de herramientas para forzar el larguero preformado contra la capa superficial. El método puede comprender además envasar al vacío y co-curar la capa superficial y el larguero compactado.

De acuerdo con otra realización del método, la fabricación y la instalación de un larguero de material compuesto sobre una capa superficial de una aeronave comprende: colocar una carga de material compuesto sobre un conjunto de herramientas; utilizar el conjunto de herramientas para conformar la carga en un larguero preformado; utilizar el conjunto de herramientas para posicionar el larguero preformado en la capa superficial; utilizar el conjunto de herramientas para compactar el larguero preformado contra la capa superficial; separar el conjunto de herramientas del larguero compactado; envasar al vacío el larguero compactado y la capa superficial, y, co-curar el larguero y la capa superficial. El método puede comprender además mantener el larguero preformado en una posición fija en el conjunto de herramientas, y mover el conjunto de herramientas que tiene el larguero preformado sobre el mismo a la proximidad con la capa superficial. La compactación del larguero preformado contra la capa superficial puede incluir desplazar una primera porción del conjunto de herramientas hacia la capa superficial mientras se mantiene una segunda porción del conjunto de herramientas sustancialmente estacionaria. El desplazamiento de la primera porción del conjunto de herramientas se puede realizar mediante la expansión de una vejiga para reaccionar contra las porciones primera y segunda del conjunto de herramientas.

De acuerdo con otra realización descrita, se proporciona un aparato para conformar y colocar un larguero de material compuesto sobre una capa superficial, que comprende: un conjunto de herramientas, que incluye una bandeja y herramientas en la bandeja para conformar y mantener un larguero preformado; medios para mover el conjunto de herramientas y el larguero preformado en proximidad con la capa superficial y para colocar el larguero preformado en la capa superficial; y, medios en el conjunto de herramientas para compactar el larguero preformado contra la capa superficial. Las herramientas pueden incluir un par de herramientas, y el conjunto de herramientas puede incluir además medios para montar las herramientas de forma desplazable, en la bandeja y permitir que las herramientas se adapten generalmente a la superficie de contorno de la capa superficial, y medios de bloqueo para bloquear selectivamente las herramientas contra el movimiento en la bandeja, mientras que el larguero preformado está siendo movido en proximidad con la capa superficial.

Las realizaciones descritas satisfacen la necesidad de un método y un aparato para conformar y colocar un larguero curado o parcialmente curado en una capa superficial de material compuesto que sea altamente eficaz y reduzca la necesidad de equipos, herramientas y operaciones de procesos.

Otras características, beneficios y ventajas de las realizaciones descritas serán evidentes a partir de la siguiente descripción de las realizaciones, cuando se observan de acuerdo con los dibujos adjuntos y las reivindicaciones adjuntas.

**Breve descripción de las ilustraciones**

La Figura 1 es un diagrama de bloques funcional del aparato para conformar y colocar los largueros en la capa superficial de una aeronave.

La Figura 2 es una vista en sección que muestra el aparato en un brazo robótico donde se ha colocado un larguero en una capa superficial.

La Figura 3 es una vista en sección del aparato montado sobre una viga en l utilizada mover el aparato en la proximidad con la capa superficial.

La Figura 4 es una vista en perspectiva del aparato que se muestra montado en la viga.

La Figura 5 es una vista en perspectiva que muestra la parte inferior del conjunto de herramientas.

La Figura 6 es una vista en perspectiva que ilustra los detalles de los bloques de conformación que forman parte del aparato mostrado en la Figura 3.

5 Las Figuras 7a y 7b son vistas en sección que ilustran medios de bloqueo para bloquear selectivamente los bloques de conformación contra movimiento.

La Figura 8 es una vista de extremo del conjunto de herramientas que muestra una carga plana de material compuesto que ha sido colocada sobre el mismo.

10 La Figura 9 es una vista similar a la Figura 8, pero mostrando también una herramienta macho y la carga plana que se ha formado en un larguero preformado.

La Figura 10 es una vista similar a la Figura 3, pero mostrando un mandril, fideos de carga y correas de sujeción que se han instalado en la preparación para colocar el larguero preformado en una capa superficial.

15 La Figura 11 es una vista en perspectiva que muestra la parte superior del conjunto de herramientas, y que ilustra mejor el mandril montado, los fideos y las correas de sujeción.

20 La Figura 12 es una vista en perspectiva que muestra el conjunto de herramientas que se ha colocado y bloqueado hacia abajo sobre una capa superficial usando una viga en I.

La Figura 13 es una vista en sección del conjunto de herramientas que ilustra el uso de una vejiga hinchable para compactar el larguero preformado contra la capa superficial, y sin mostrarse el mandril y el fideo para fines de claridad.

25 La Figura 14 es una vista en perspectiva que muestra una técnica alternativa para la fijación del larguero en los bloques de conformación y para bloquear los bloques de conformación en posición.

30 La Figura 15 es una vista inferior de los bloques de conformación que se muestran en la Figura 14, la bandeja habiéndose retirado para ilustrar mejor los imanes.

La Figura 16 es un diagrama de flujo que ilustra un método para conformar e instalar largueros en una capa superficial.

35 La Figura 17 es un diagrama de flujo de producción de aeronaves y metodología de servicio.

La Figura 18 es un diagrama de bloques de una aeronave.

#### 40 Descripción detallada

Haciendo referencia a las Figuras 1 y 2, las realizaciones descritas se refieren generalmente a un método y aparato para conformar, colocar y compactar un larguero 34 de material compuesto no-curado o parcialmente curado en una superficie 24a de una capa superficial 24 de material compuesto. Aunque las realizaciones descritas se describirán en conexión con largueros 34 instalados en la capa superficial 24 de una aeronave (no mostrada), se ha de entender que las realizaciones se pueden emplear también para colocar y compactar largueros en otros tipos de vehículos y estructuras, en particular, cuando los largueros son relativamente largos y se desea co-curar el larguero 34 con la capa superficial 24 para lograr una unión fuerte entre los mismos.

50 El aparato incluye en general un conjunto de herramientas 20 que comprende una bandeja 28 sobre al que se monta de modo desplazable, un par de bloques de conformación 26 que son desplazables por uno o más compactadores 30. Como se describirá más adelante con mayor detalle, los bloques de conformación 26 se utilizan para dar forma al larguero 34, sujetar el larguero durante el proceso de colocación y para transmitir la fuerza uniformemente sobre el larguero 34 durante el proceso de compactación. La bandeja 28 se monta en una masa de reacción 32 que, en la realización ilustrada en la Figura 2, comprende un brazo robótico 44 acoplado con la bandeja 28 por un cabezal de montaje 42. El brazo robótico 44 se utiliza para mover el conjunto de herramientas 20 en proximidad con la capa superficial 24 y para colocar el larguero 34 en una ubicación deseada de la capa superficial 24. Los compactadores 30 funcionan para desplazar los bloques de conformación 26 respecto a la bandeja 28, hacia la capa superficial 24, provocando que el larguero 34 se compacte contra la capa superficial 24. La fuerza impuesta sobre los bloques de conformación 26 por el compactador 30 se hace reaccionar por la masa de reacción 32.

60 En el ejemplo ilustrado en la Figura 2, la capa superficial 254 de la aeronave se muestra como poseedora de curvatura, sin embargo, las realizaciones descritas pueden ser empleadas en la colocación y compactación de los largueros sobre una capa superficial plana, u otras geometrías de capas superficiales. Como se describirá más adelante, el conjunto de herramientas 20 se puede utilizar para conformar, colocar y compactar el larguero 34 en operaciones de manos libres, donde el larguero 34 queda indexado en el conjunto de herramientas 20 hasta que el conjunto de herramientas 20 se separa del larguero 34 después que el larguero se ha colocado y compactado.

Ahora se dirige la atención a las Figuras 3-7 que ilustran el conjunto de herramientas 20 montado sobre una brida 50 de una viga en I 52 que tiene anillos de elevación 54 que permiten que el conjunto de herramientas 20 se transporte durante las operaciones de conformación y colocación del larguero. Las realizaciones descritas se describirán en conexión con la colocación, conformación, y compactación de un larguero en forma de sombrero 34, sin embargo, cabe señalar que el larguero en forma de sombrero 34 es simplemente un ejemplo de una amplia gama de formas de largueros que pueden conformarse, colocarse y compactarse utilizando las realizaciones descritas. El larguero en forma de sombrero 34 comprende un par de bridas 36 que forman una "cresta" conectada a una parte superior 39 por lados inclinados 37. Cada uno de los bloques de conformación 26 incluye una superficie de utillaje plana superior 26a utilizada para dar forma a las bridas 36, y una superficie de utillaje biselada 26b utilizada en la formación de los lados 37 del larguero 34.

En una realización, como se muestra en la Figura 6, cada uno de los bloques de conformación 26 incluye un canal rebajado 56 en la superficie de utillaje 26a que incluye conductos 58 conectadas a un sistema de vacío 49 mediante un acoplamiento 48. El sistema de vacío 49 evacua el aire en los conductos 58 lo que reduce la presión de aire debajo de las bridas 37, arrastrando la bridas 37 hacia abajo con fuerza contra los bloques de conformación 26. La cara inferior 26c de cada uno de los bloques de conformación 26 incluye un canal 46 que se extiende longitudinalmente que contiene en el mismo un compactador 30 que, en el ejemplo ilustrado, comprende una vejiga 106 descrita más adelante (Figura 13). Los bloques de conformación 26 se montan de forma desplazable en la superficie superior 28a de la bandeja 28. Como se usa en la presente memoria, la "bandeja" 28 se refiere a una superficie de soporte adecuada donde se pueden montar los bloques de conformación 26, y aunque la bandeja 28 se ilustra como comprendiendo una placa plana, otras geometrías son posibles. La bandeja 28 se fija a la viga en I 52 por cualquier medio adecuado, como por ejemplo y sin limitación, con tornillos 94.

Como se muestra en la Figura 6, cada uno de los bloques de conformación 26 incluye una ranura de guía 62 en su interior que recibe una tuerca en T 60 cargada con muelle (Figuras 7A y 7B). La tuerca en T 60 incluye un cabezal 64 que se apoya sobre la superficie superior de una porción 26d del bloque de conformación 26 que rodea la ranura 62. Como se muestra en las Figuras 7a y 7b, el cabezal 64 se conecta con una tuerca 68 por un eje 66 que se extiende a través de la ranura 62 y que pasa a través de una abertura 67 en la bandeja 28. Una arandela de muelle 70 capturada entre la tuerca 68 y la bandeja 28 empuja normalmente la tuerca en T 60 hacia abajo, haciendo que el cabezal 64 se apoye contra el bloque de conformación 26, bloqueando de este modo el movimiento de este último. Sin embargo, una fuerza ascendente aplicada a la tuerca 68 supera la fuerza de empuje de la arandela de muelle 70 forzando el cabezal 64 hacia arriba para crear un vacío 78 (Figura 7b), con lo que los bloques de conformación 26 se desbloquean para moverse en ambas direcciones X e Y 80. Por lo tanto, como se observa mejor en la Figura 13, los bloques de conformación 26 pueden deslizarse e inclinarse, según se requiera, cuando las bridas 36 del larguero 34 acoplan la capa superficial 24 de modo que los bloques de conformación 26 conforman el contorno superficial de la capa superficial 24a para acomodar las rampas, almohadillas abatibles u otras características superficiales desiguales de la capa superficial 24.

El desplazamiento de las tuercas en T 60 para desbloquear los bloques de conformación 26 se realiza ya sea manual o automáticamente utilizando, por ejemplo, un cilindro hidráulico o neumático 72 que tiene un eje de salida 74 con un empujador 76 que se acopla a la parte inferior de la tuerca 68. Cuando se acciona el cilindro 72, el desplazamiento del eje 74 resulta en el empujador 76 en contacto con la tuerca 68 y el desplazamiento de toda la tuerca en T 60 hacia arriba hasta que el cabezal 64 despeje la superficie del bloque de conformación 26, liberando de este modo el bloque de conformación 26 para su movimiento.

Durante el movimiento del conjunto de herramientas 20, como cuando el larguero 34 está siendo colocado sobre la capa superficial 24, es deseable que el larguero preformado 34 permanezca en una posición fija, constantemente indexado, retenido contra los bloques de conformación 26. Dependiendo de la cantidad de fuerza de vacío que se aplica a las bridas 37 por el sistema de vacío 49 (Figura 6), en algunas aplicaciones, el larguero 34 se puede mantener en la posición fija contra los bloques 26 por medio de la fuerza de esta fuerza de vacío.

Haciendo referencia ahora particularmente a las Figuras 3, 5, 10 y 11, para asegurar que el larguero preformado 34, no-curado o parcialmente curado, conserva su forma durante el proceso de colocación y compactación, un mandril 104 flexible, semiflexible o rígido (Figuras 10 y 11) se coloca dentro del larguero 34, entre los bloques de conformación 26. Dependiendo de la forma particular del larguero 34, fideos de carga 108 se pueden instalar también en áreas de radio definidos entre las bridas 36 del mandril 104 y las paredes laterales 37.

Para mantener el mandril 104 y los fideos 108 en posición durante el proceso de colocación y compactación, una pluralidad de correas de sujeción 90 se forma alrededor de todo el conjunto de herramientas 20, en posiciones espaciadas a lo largo de la longitud del conjunto de herramientas 20 como se puede observar en la Figura 11. Como se muestra en las Figuras 5 y 10, un extremo de cada una de las correas 90 se puede fijar a la parte inferior de la bandeja 28 mediante cualquier medio adecuado, tal como se muestra por medio de una placa de sujeción 82 asegurada por tornillos 84. El extremo opuesto de cada una de las correas 90 se puede arrastrar alrededor de un eje 86 montado giratoriamente sobre cojinetes de bloques de almohadillas 86 fijados a la cara inferior de la bandeja 28. Los cojinetes de bloque de almohadillas 88 pueden incluir un dispositivo de carraca (no mostrado) que permite que el eje 86 se someta a la acción de la carraca para apretar las correas 90 a la tensión deseada. Varios otros

dispositivos o estructuras (no mostrados) se pueden utilizar para mantener unido el conjunto del larguero 36, fideos 108 y mandril 104.

5 La Figura 8 ilustra una etapa preliminar en el procedimiento para conformar, colocar y compactar los largueros 34. Una carga plana 34a que comprende múltiples pliegues o capas de un material compuesto curado o parcialmente curado (prepeg) se coloca en la parte superior de los bloques de conformación 26, sustancialmente centrada entre los mismos. La carga plana 34a se puede formar mediante la colocación de capas sucesivas de prepeg en los bloques de conformación 26, o se puede conformar en una carga completa que se coloca posteriormente en los bloques de conformación 26. Dependiendo de la aplicación, la carga 34a puede comprender cualquiera de las  
10 diversas combinaciones de materiales, bien conocidas tales como, a modo de ejemplo y no de limitación, fibras de grafito depositados en una matriz de resina epoxi.

15 La carga 34a se coloca normalmente en los bloques de conformación 26 después de que el conjunto de herramientas 20 se ha posicionado en una estación de conformación, donde están presentes otras herramientas que se utilizan en la formación de la carga 34a hasta su forma final. Por ejemplo, como se muestra en la Figura 9, después que la carga 34a se ha colocado en los bloques de conformación 26, una herramienta macho 102 que tiene una forma que se adapta a la línea de molde interior del larguero 36 se impulsa por un rodillo 104 hacia abajo a través de la carga 34a, presionando con ello la carga 34a entre la herramienta 102 y las superficies de utilaje 26a,  
20 26b mencionadas anteriormente (véase Figura 6) en los bloques de conformación 26. Este proceso de conformación convierte la carga plana 34a en un larguero preformado 34 curado o parcialmente 36.

25 El larguero 36 después de haber sido preformado, el mandril 104 rígido o flexible se instala a continuación junto con los fideos 106, después de lo que se instalan las correas de sujeción 90, como se muestra en las Figuras 10 y 11. El conjunto de herramientas 20 se traslada después a la proximidad con la capa superficial 24 levantando y moviendo la viga en I 52. Al utilizar la viga en I 52, el conjunto de herramientas 20 se posiciona de tal manera que el larguero preformado 34 se coloca en la ubicación deseada en la capa superficial 24, como se muestra en la Figura 12. En algunas aplicaciones, el peso de la viga en I 52 puede ser suficiente para permitir que funcione como una masa de reacción 32 (Figura 1), mientras que en otras aplicaciones puede ser necesario sujetar temporalmente hacia abajo la viga en I 52 mediante cualquiera de los diversos mecanismos. En el ejemplo ilustrado, la viga en I 52 se sujeta en una posición fija por medio de un accesorio 96 fijado al borde de la capa superficial 24 por medio de tornillos 98. La viga en I 52, se fija a su vez mediante tornillos 100 al accesorio 96, por lo tanto, la capa superficial 24 se utiliza en sí para reaccionar contra las fuerzas generadas por el compactador 30 durante el proceso de compactación.

35 Haciendo referencia a la Figura 13, una vez que el conjunto de herramientas 20 se pone en proximidad con la capa superficial 24, el larguero 36 se coloca sobre y en contacto con la superficie 24a de la capa superficial 24. En la Figura 13, el mandril 104 y los fideos 108 no se han mostrado para simplificar el dibujo. Con la viga en I 50, y por lo tanto la bandeja 28, sujeta en una posición fija, se liberan las tuercas en T 60 descritas anteriormente que se muestran en las Figuras 6, 7a y 7b, liberando los bloques de conformación 26 para que se muevan, y las vejigas 106 se hinchan a continuación. El hinchado de las vejigas 106 provoca el desplazamiento de los bloques de conformación 26 hacia la capa superficial 24 en una distancia "D", compactando, a su vez, las bridas 36 contra la capa superficial 24. Los bloques 26 se mantienen en la posición que acabamos de describir durante un periodo de tiempo preseleccionado para completar tanto el proceso de compactación como hacer que las bridas 36 se adhieran a la capa superficial 24. Esta adhesión es posible gracias a la "pegajosidad" de la resina no curada presente tanto en el larguero preformado 34 como en la capa superficial 24. En algunas aplicaciones, puede ser deseable calentar el larguero 36 para ablandar la resina, lo que va a aumentar su pegajosidad y mejorar de este modo su adhesión a la capa superficial 24 en combinación con la compactación.

50 Un número de variaciones en las características del aparato son posibles. Por ejemplo, como se muestra en las Figuras 14 y 15, en lugar de utilizar la correas de sujeción 90 puede ser posible, en algunas aplicaciones emplear sujeciones de borde 110 operadas por cilindros de fluido 112 que sujeten de forma liberable las esquinas de las bridas 36 en las superficies de la herramienta 26a. Del mismo modo, en lugar de utilizar las tuercas en T 60 descritas anteriormente para bloquear selectivamente hacia abajo los bloques de conformación 26 sobre la bandeja 28, puede ser posible emplear imanes 114 eléctricamente excitables que se disponen entre los bloques de conformación 26 y la bandeja 28. Cuando los imanes 114 son energizados, los bloques de conformación 26 se bloquean en posición en la bandeja 28, sin embargo, cuando los imanes están desactivados, los bloques de conformación 26 son liberados para su movimiento relativo a la bandeja 28.

60 Ahora se dirige la atención a la Figura 16, que muestra, de forma simplificada, las etapas de un método para conformar, colocar y compactar largueros 34 sobre la capa superficial 24. Comenzando en 116, una carga 34a de material compuesto generalmente plana se coloca en los bloques de conformación 26. Después, en 118, el conjunto de herramientas 20 se mueve a una estación de conformación, donde, como se muestra en la Figura 9, una herramienta 102 se utiliza en combinación con los bloques de conformación 26 para conformar el larguero 34 en un modelo preformado como se indica por la etapa 120. Después en 122, el conjunto de herramientas 20 y el larguero preformado 34 se retiran de la estación de conformación. A continuación, en 124, se instalan el mandril 104 rígido o flexible y fideos 108, después de lo que en 126, se instalan las correas de sujeción 90. Si el conjunto de herramientas 20 no se ha montado ya sobre una masa de reacción 32 (Figura 1) entonces, el conjunto de herramientas 20 se  
65

monta sobre una estructura tal como la viga en I 52 o en un brazo robótico 44 (Figura 2), sin embargo, esta etapa puede preceder a las etapas anteriores, si se desea.

5 A continuación, como se muestra en 130, el conjunto de herramientas 20 que tiene el larguero preformado 34  
 10 sujetado al respecto se mueve a la proximidad con la capa superficial 24 y el larguero preformado 34 se coloca  
 sobre la capa superficial 24. Después, se retiran las correas de sujeción 90 en 132. En este punto, los bloques de  
 conformación 26 se pueden liberar para su movimiento como se muestra en 134, lo que les permite adaptarse al  
 contorno de la capa superficial 24. En 136, las vejigas 106 se hinchan lo que desplaza los bloques de conformación  
 26 para cargar el larguero preformado 34 contra la capa superficial 24. La carga del larguero preformado 34  
 compacta el larguero contra la capa superficial 24, provocando que el larguero se adhiera a la capa superficial 24 en  
 la posición de colocación. El larguero 34 se sujeta contra la capa superficial 24 durante un periodo de tiempo  
 preseleccionado, después se pueden retirar el mandril 104 y los fideos 108 en 138 y todo el conjunto de  
 herramientas 20 se retira o separa del larguero 34, como se muestra en la etapa 140. A continuación, en 142, toda la  
 15 capa superficial 24 que tiene el larguero 34 colocado y compactado al respecto se envasa al vacío en 142, y  
 después se cura conjuntamente en 144.

Las realizaciones de la descripción pueden encontrar uso en una variedad de aplicaciones potenciales,  
 particularmente en la industria del transporte, incluyendo por ejemplo, la industria aeroespacial, de automoción y  
 aplicaciones marinas. Por lo tanto, con referencia ahora a las Figuras 17 y 18, las realizaciones de la descripción se  
 20 pueden utilizar en el contexto de un método de fabricación y de servicio de aeronaves 150 como se muestra en la  
 Figura 17 y una aeronave 152, como se muestra en la Figura 18. Las aplicaciones de aeronaves de las realizaciones  
 descritas pueden incluir, por ejemplo, sin limitación, miembros rigidizados de material compuesto tales como las  
 capas superficiales del fuselaje, capas superficiales de las alas, superficies de control, escotillas, paneles de suelo,  
 paneles de puertas, paneles de acceso y empenajes, por nombrar unos pocos. Durante la pre-producción, el método  
 25 ejemplar 150 puede incluir la especificación y el diseño 154 de la aeronave 152 y la adquisición de material 156.  
 Durante la producción, se realiza la fabricación 98 del componente y submontaje y la integración 160 del sistema de  
 la aeronave 152. A partir de entonces, la aeronave 152 puede ir a través de certificación y entrega 162 para ser  
 puesta en servicio 164. Mientras que lleva a servicio por parte de cliente, la aeronave 152 está prevista para el  
 mantenimiento de rutina y el servicio 166 (lo que puede incluir también la modificación, reconfiguración, renovación,  
 30 y así sucesivamente).

Cada uno de los procesos del método 150 se puede realizar o llevarse a cabo por un integrador de sistemas, un  
 tercero, y/o un operario (por ejemplo, un cliente). Para los fines de esta descripción, un integrador de sistemas  
 puede incluir, sin limitación, cualquier número de fabricantes de aviones e importantes subcontratistas del sistema;  
 35 un tercero puede incluir sin limitación cualquier número de vendedores, subcontratistas, y proveedores, y un operario  
 puede ser una línea aérea, sociedad de leasing, entidad militar, organización de servicios, y así sucesivamente.

Como se muestra en la Figura 18, la aeronave 152 fabricadas con el método 150 ejemplar puede incluir un fuselaje  
 108 con una pluralidad de sistemas 170 y un interior 172. Ejemplos de sistemas de alto nivel 170 incluyen uno o más  
 40 de un sistema de propulsión 174, un sistema eléctrico 170, un sistema hidráulico 178, y un sistema ambiental 180.  
 Cualquier número de otros sistemas se puede incluir. Aunque un ejemplo aeroespacial se muestra, los principios de  
 la descripción pueden ser aplicados a otras industrias, tales como las industrias marinas y de automoción.

Los sistemas y métodos incorporados en este documento pueden ser utilizados durante una cualquiera o más de las  
 45 etapas del método de producción y servicio 150. Por ejemplo, los componentes o subconjuntos correspondientes al  
 proceso de producción 158 se pueden fabricar o producir de manera similar a los componentes o subconjuntos  
 producidos mientras que la aeronave 152 está en servicio. También, una o más realizaciones del aparato,  
 realizaciones del método, o una combinación de las mismas se pueden utilizar durante las etapas de producción 158  
 50 y 160, por ejemplo, agilizando sustancialmente el montaje de o reduciendo el coste de una aeronave 152. De  
 manera similar, una o más realizaciones del aparato, realizaciones del método, o una combinación de las mismas se  
 pueden utilizar mientras que la aeronave 152 está en servicio, por ejemplo y sin limitación, para su mantenimiento y  
 servicio 166.

Aunque las realizaciones de esta descripción se han descrito con respecto a ciertas realizaciones ejemplares, se  
 55 debe entender que las realizaciones específicas tienen propósitos de ilustración y no de limitación, dado que a los  
 expertos en la materia se les ocurrirán otras variaciones.

**REIVINDICACIONES**

1. Un método para fabricar e instalar un larguero (34) de material compuesto sobre una capa superficial (24), que comprende:
- 5 utilizar un conjunto de herramientas (20) para conformar una carga (34a) de material compuesto en un larguero preformado (34), incluyendo el conjunto de herramientas (20), una bandeja (28) y bloques de conformación (26) sobre la bandeja (28) para dar forma a la carga (34a) de material compuesto; y
- 10 colocar el larguero preformado (34) en la capa superficial (24) usando el conjunto de herramientas (20), donde la colocación del larguero preformado (34) en la capa superficial (24) usando el conjunto de herramientas (20) incluye:
- 15 sujetar el larguero preformado (34) en una posición sustancialmente fija en el conjunto de herramientas (20), y mover el conjunto de herramientas (20) que tiene el larguero preformado (34) sobre el mismo en proximidad con la capa superficial (24); y
- 20 compactar el larguero preformado (34) desplazando los bloques de conformación (26) en relación con la bandeja (28) para forzar el larguero preformado (34) contra la capa superficial (24).
2. El método de la reivindicación 1, donde utilizar el conjunto de herramientas (20) para conformar la carga (34a) de material compuesto en el larguero preformado (34) incluye presionar una carga (34a) de material compuesto entre las herramientas primera y segunda.
- 25 3. El método de cualquier reivindicación anterior, que comprende además:
- 30 liberar el larguero preformado (34) del conjunto de herramientas (20) después que el larguero preformado (34) se ha compactado; y mover el conjunto de herramientas (20) lejos del larguero preformado (34) después que se ha liberado el larguero preformado (34).
4. El método de cualquier reivindicación anterior, que comprende además:
- 35 colocar un mandril (104) en el larguero preformado, y sujetar el mandril (104) en el larguero preformado (34) mientras que el conjunto de herramientas (20) se mueve en proximidad con la capa superficial (24).
5. El método de cualquier reivindicación anterior, donde sujetar el larguero preformado (34) en una posición sustancialmente fija en el conjunto de herramientas (20) incluye instalar un larguero presionado en el conjunto de herramientas (20) antes que el conjunto de herramientas (20) se mueva en proximidad con la capa superficial (24), y el método comprende además:
- 45 retirar el larguero presionado hacia abajo después de que el larguero preformado (34) se ha colocado en la capa superficial (24).
6. El método de cualquier reivindicación anterior, donde el larguero preformado (34) se sujeta contra una herramienta con correas (90) que se extienden a lo largo de y retienen el larguero preformado (34) contra la herramienta.
- 50 7. El método de cualquier reivindicación anterior, que comprende además: envasar al vacío la capa superficial (24) y el larguero preformado (34), compactado; y, co-curar la capa superficial (24) y el larguero preformado (34), compactado.
- 55 8. Aparato para conformar y colocar un larguero (34) de material compuesto sobre una capa superficial (24), que comprende:
- 60 un conjunto de herramientas (20) para sujetar un larguero preformado (34), incluyendo el conjunto de herramientas (20):
- 65 una bandeja (28) y bloques de conformación (26) sobre la bandeja (28) para dar forma a la carga (34a) de material compuesto; estructura móvil acoplado con el conjunto de herramientas (20) para colocar del larguero preformado (34) en la capa superficial (24); y **caracterizado por que** comprende además un compactador (30) en el conjunto de herramientas (20) para compactar el larguero preformado (34) contra la capa superficial (24), incluyendo el compactador (30) medios

para desplazar los bloques de conformación (26) en relación con la bandeja (28) hacia la capa superficial (24).

- 5 9. El aparato de la reivindicación 8, donde la estructura móvil incluye uno de:  
un brazo robótico (44), y  
una viga (52).
- 10 10. El aparato de la reivindicación 8 o 9, donde  
los bloques de conformación (26) incluyen un par de herramientas, y  
el conjunto de herramientas (20) incluye además medios para montar de forma desplazable las herramientas en  
la bandeja (28) y permitir que las herramientas se conformen en general a la superficie de contorno de la capa  
15 superficial (24), y medios de bloqueo (60, 114) para bloquear selectivamente las herramientas contra el  
movimiento en la bandeja (28), mientras que el conjunto de herramientas (20) está siendo movido en proximidad  
con la capa superficial (24).
- 20 11. El aparato de la reivindicación 8, donde el conjunto de herramientas (20) incluye:  
al menos una herramienta, y  
medios para sujetar el larguero preformado (34) contra la al menos una herramienta.
- 25 12. El aparato de la reivindicación 11, donde el medio de sujeción incluye al menos uno de:  
medios de vacío (49) para arrastrar el larguero preformado (34) contra la al menos una herramienta,  
medios para sujetar mecánicamente al menos un borde del larguero preformado (34) contra la al menos una  
herramienta, y  
30 correas (90) que se extienden a lo largo de y que sostiene el larguero preformado (34) contra la al menos una  
herramienta.

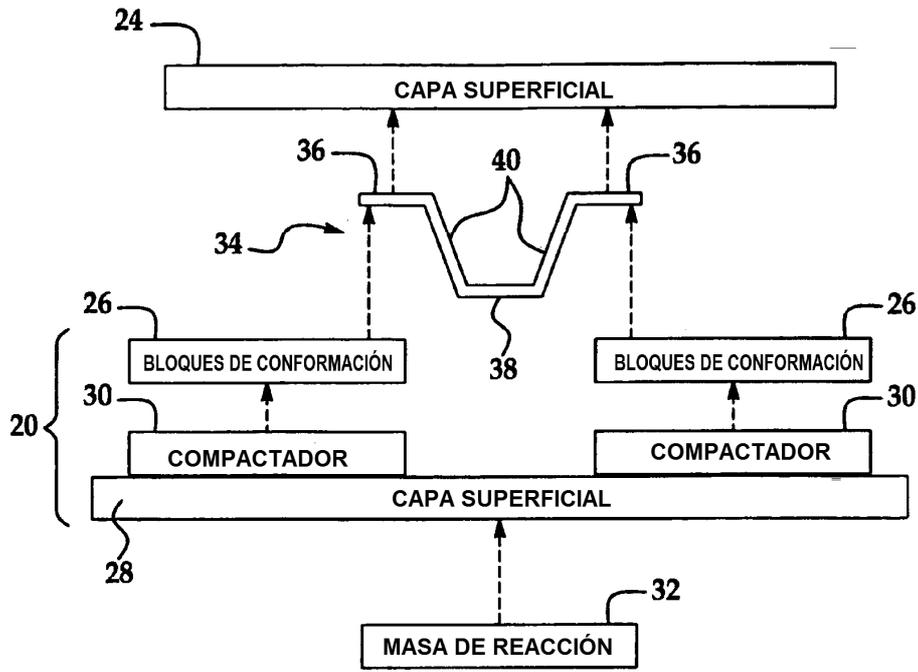


FIG. 1

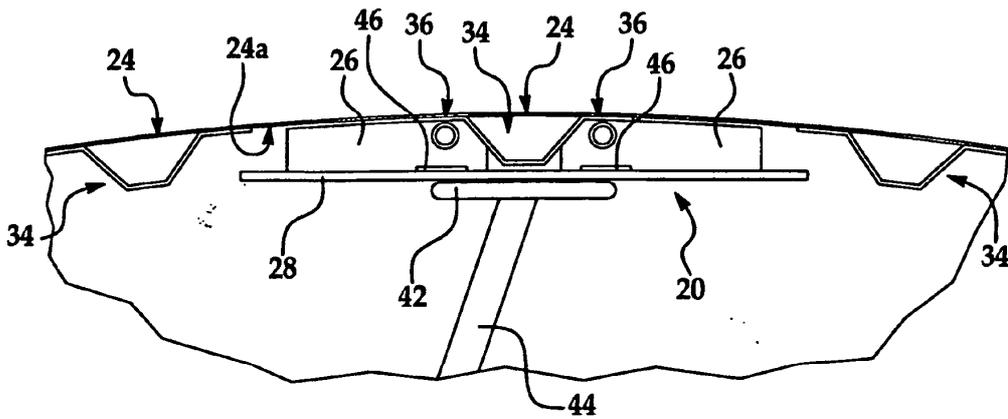


FIG. 2

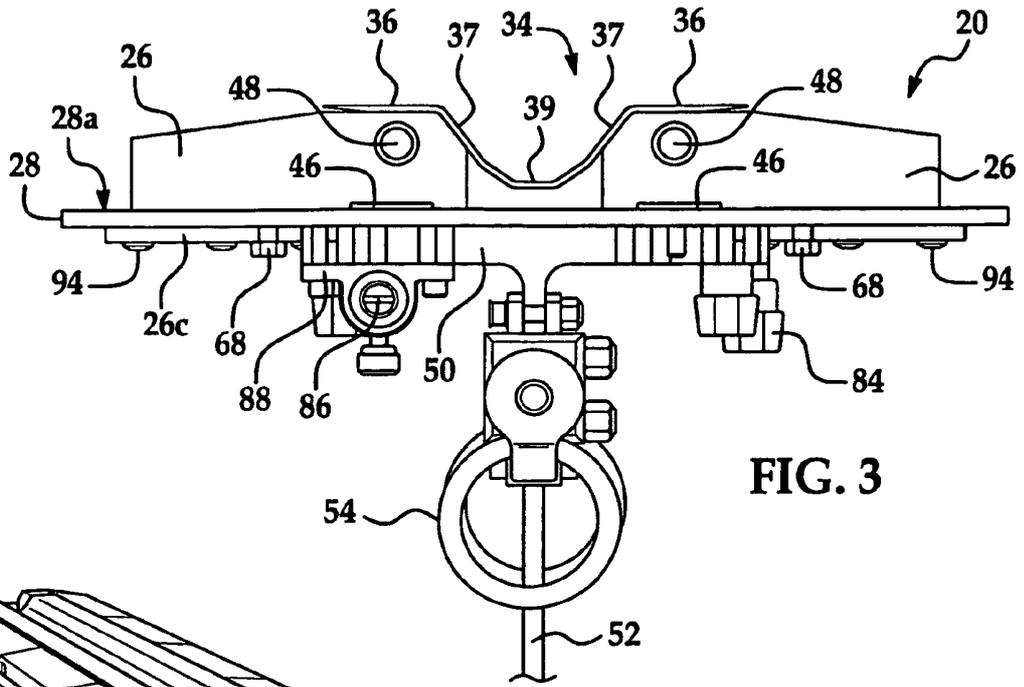


FIG. 3

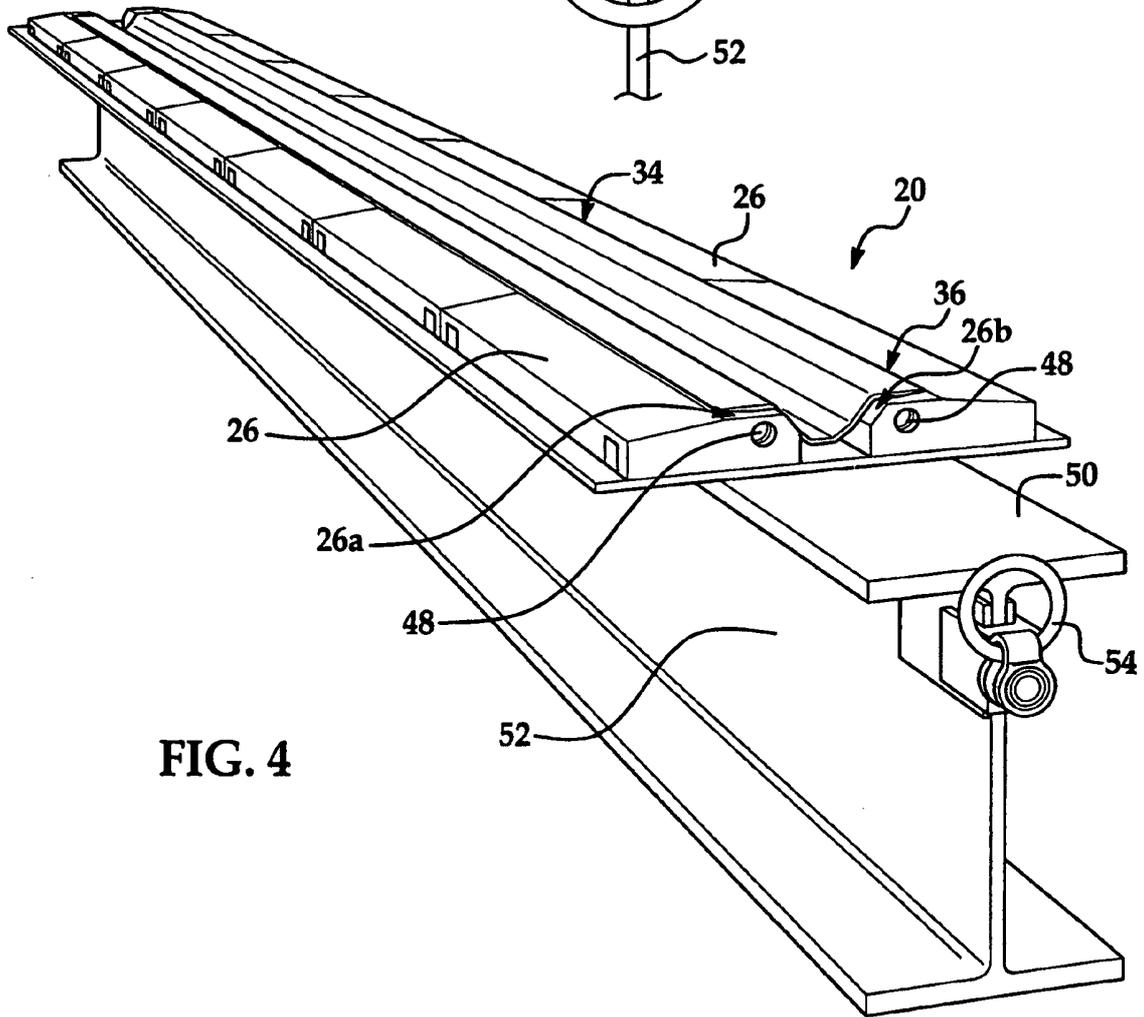


FIG. 4

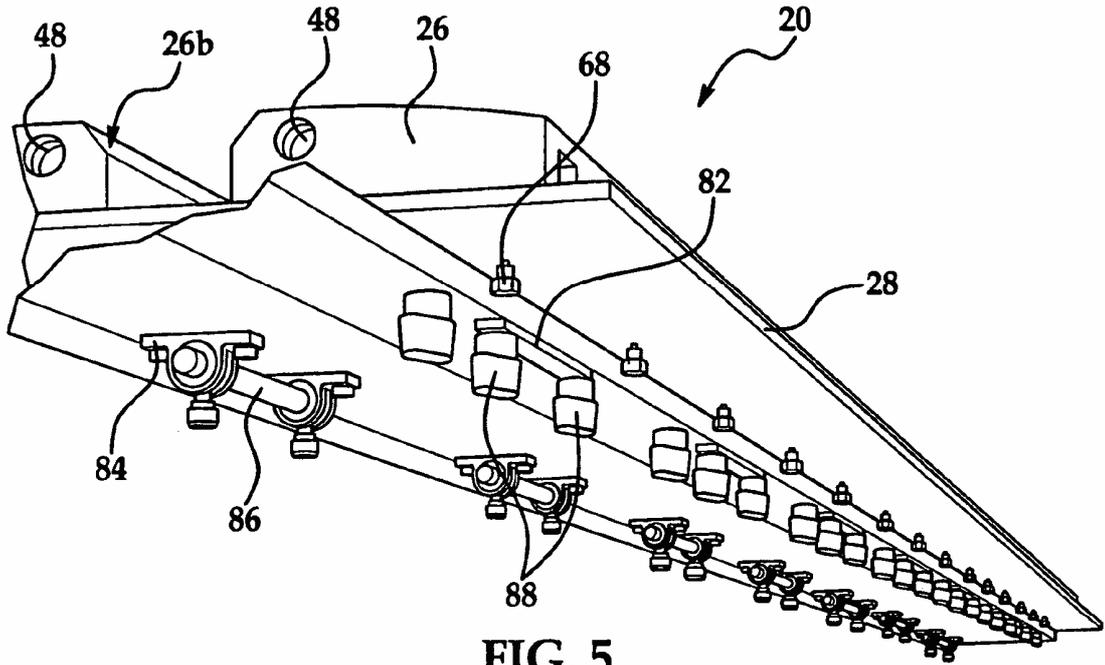


FIG. 5

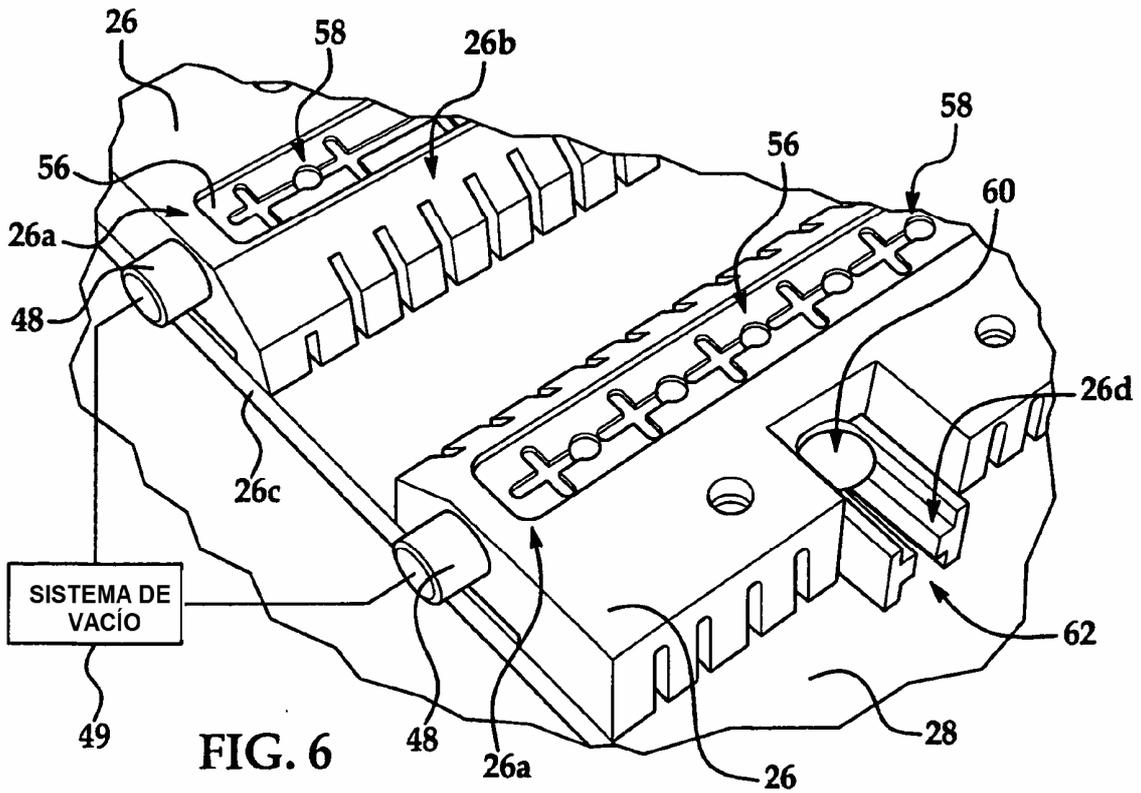


FIG. 6

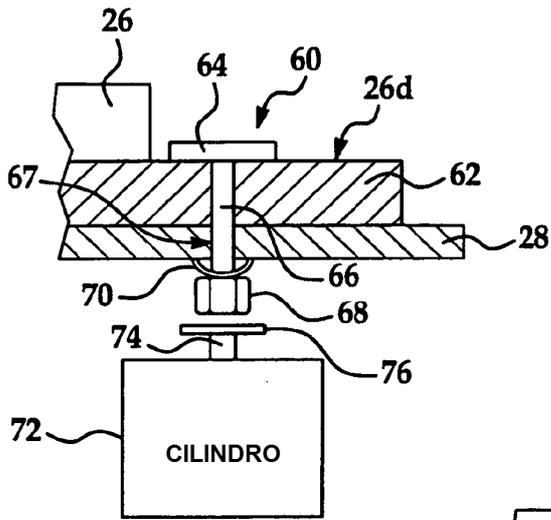


FIG. 7A

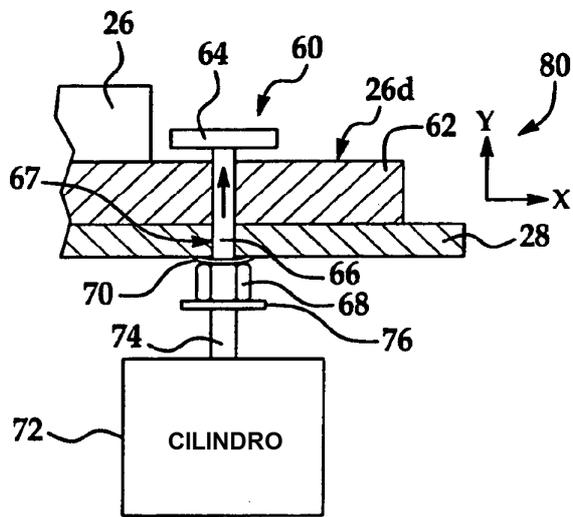


FIG. 7B

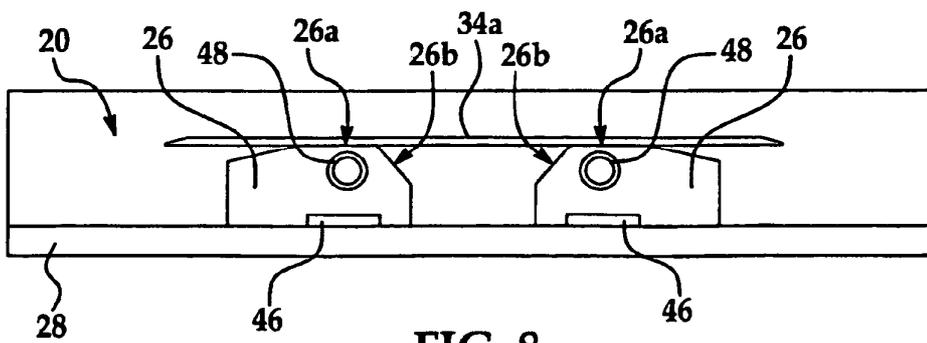


FIG. 8

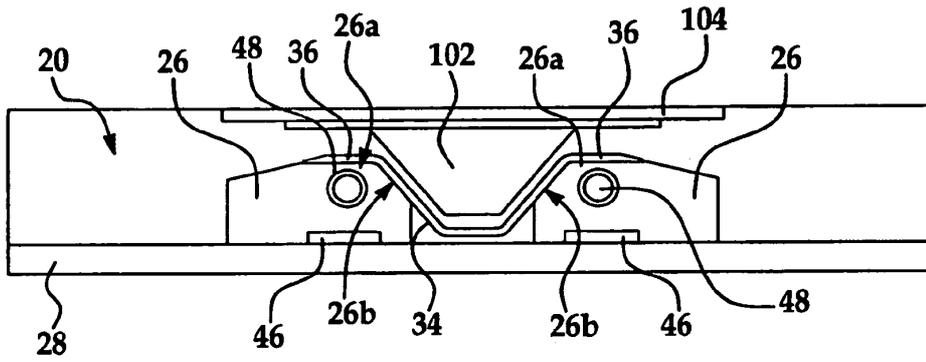


FIG. 9

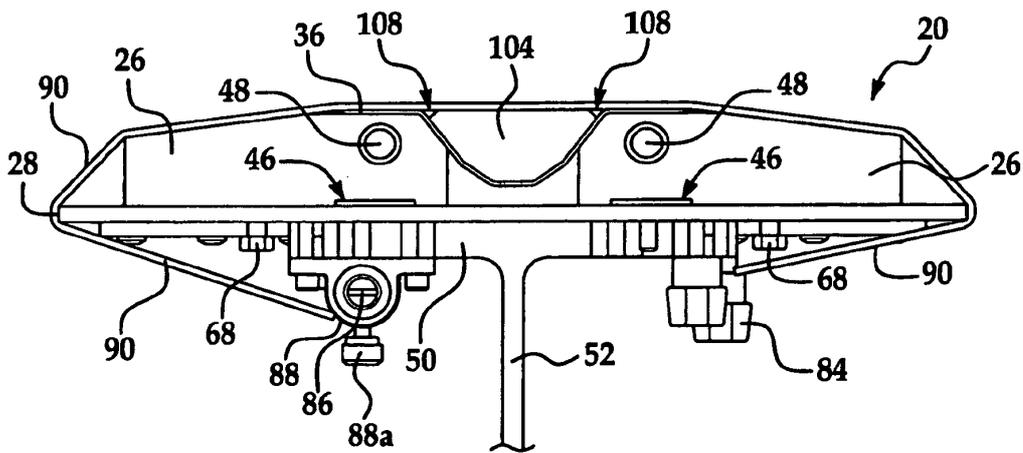


FIG. 10

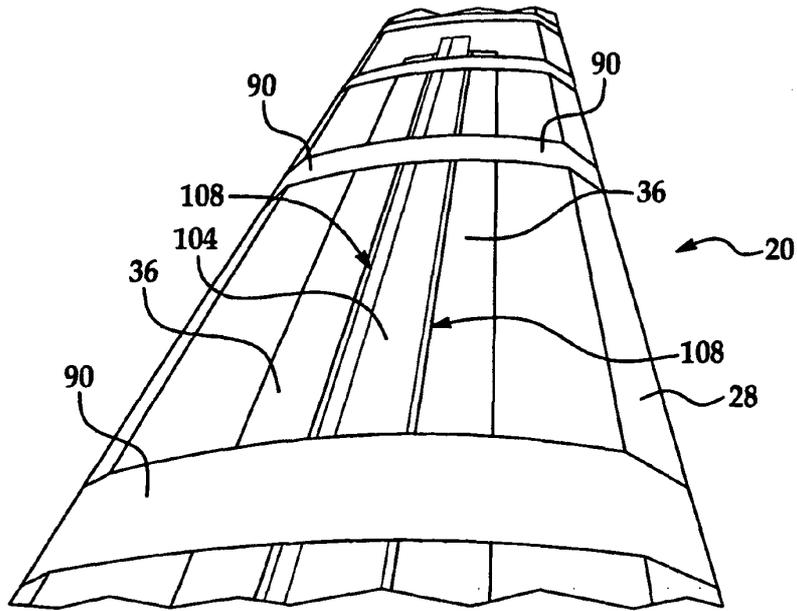


FIG. 11

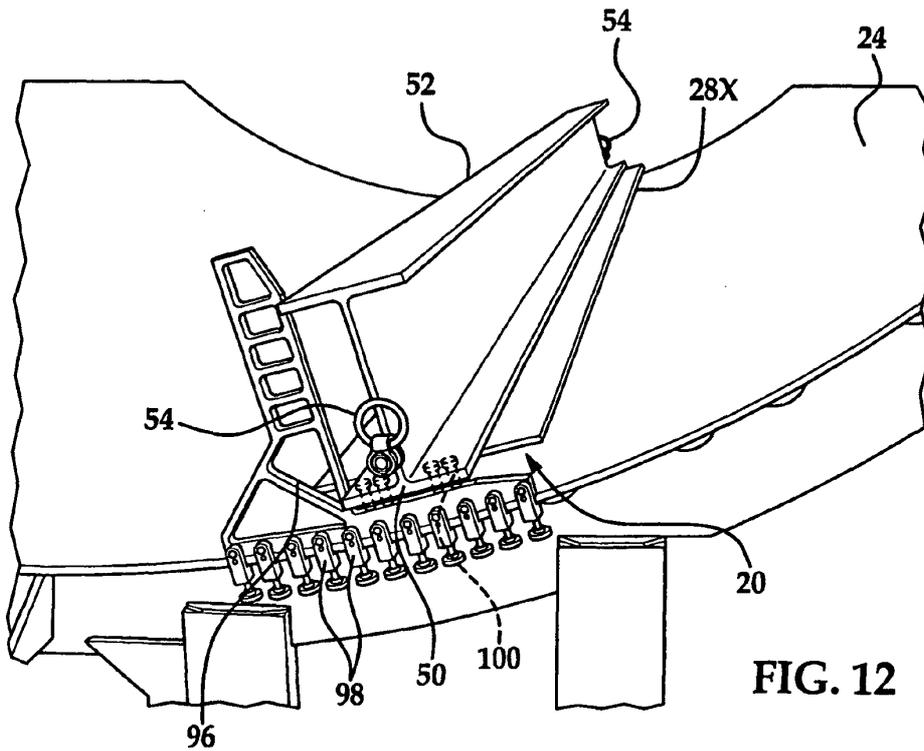


FIG. 12

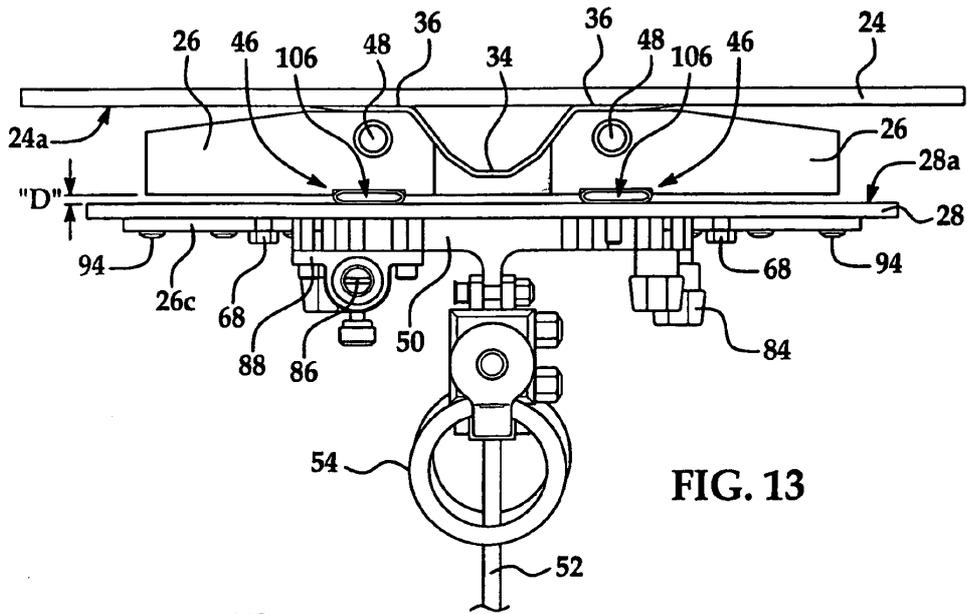


FIG. 13

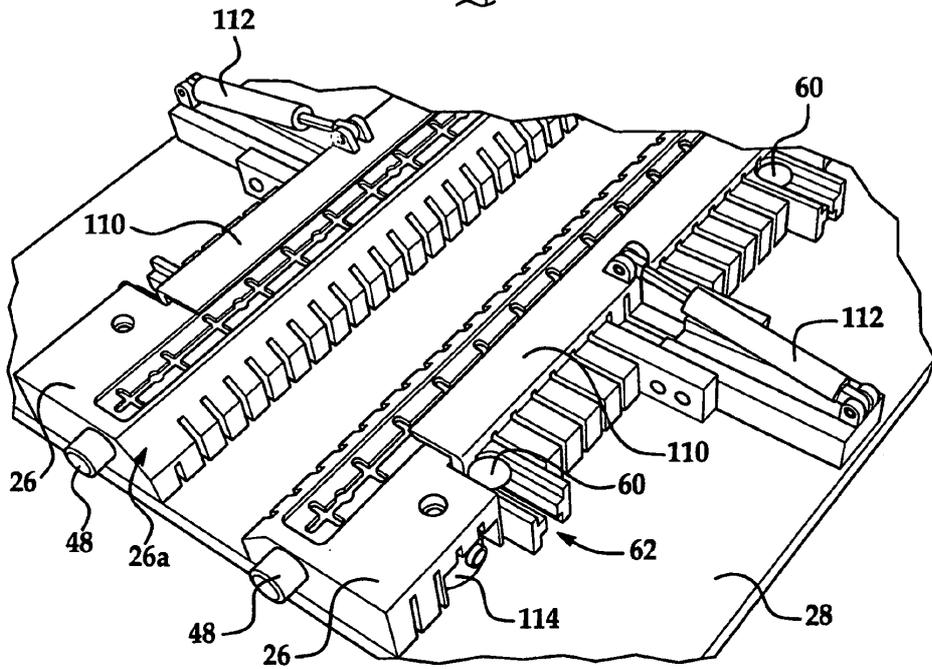


FIG. 14

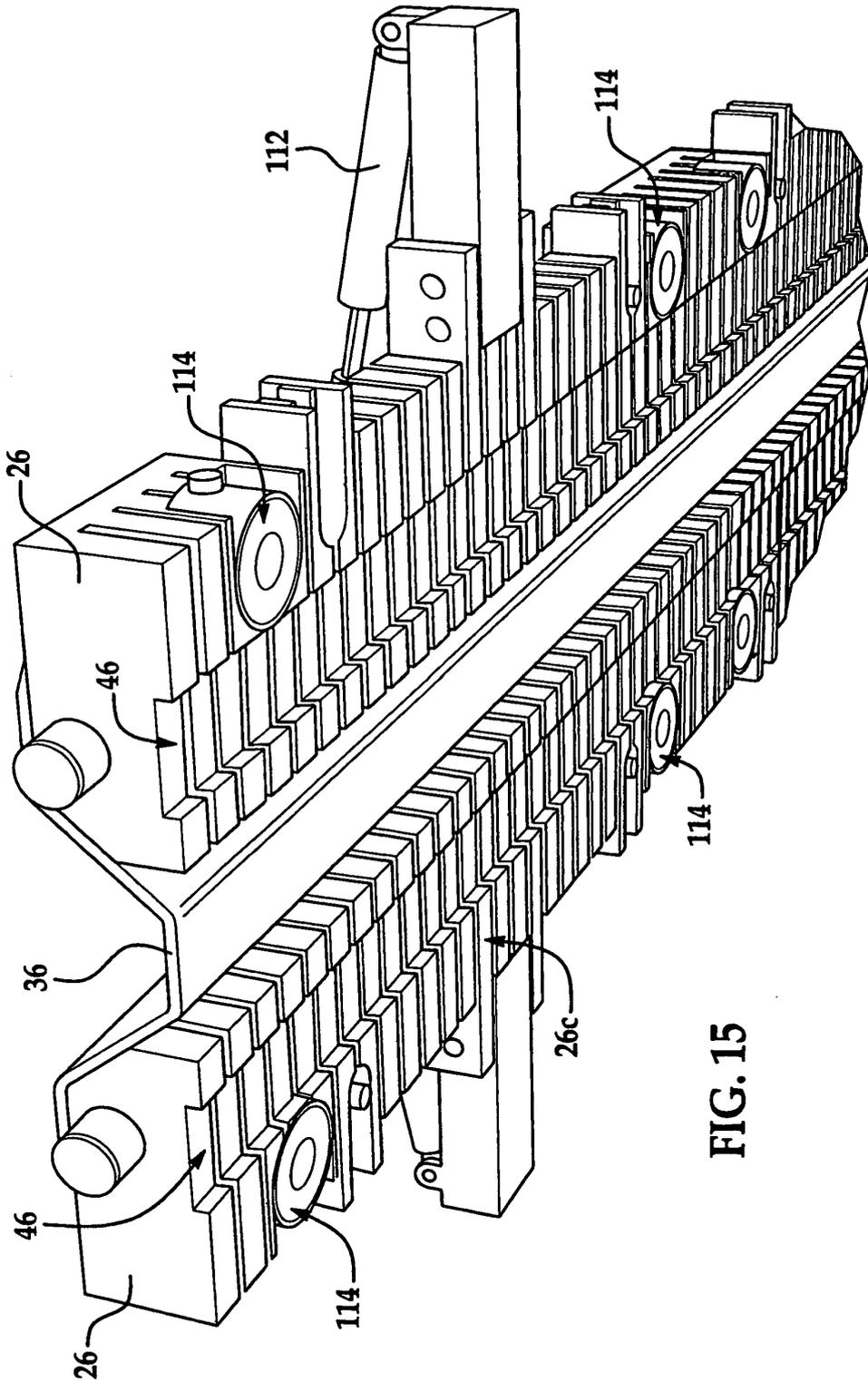


FIG. 15

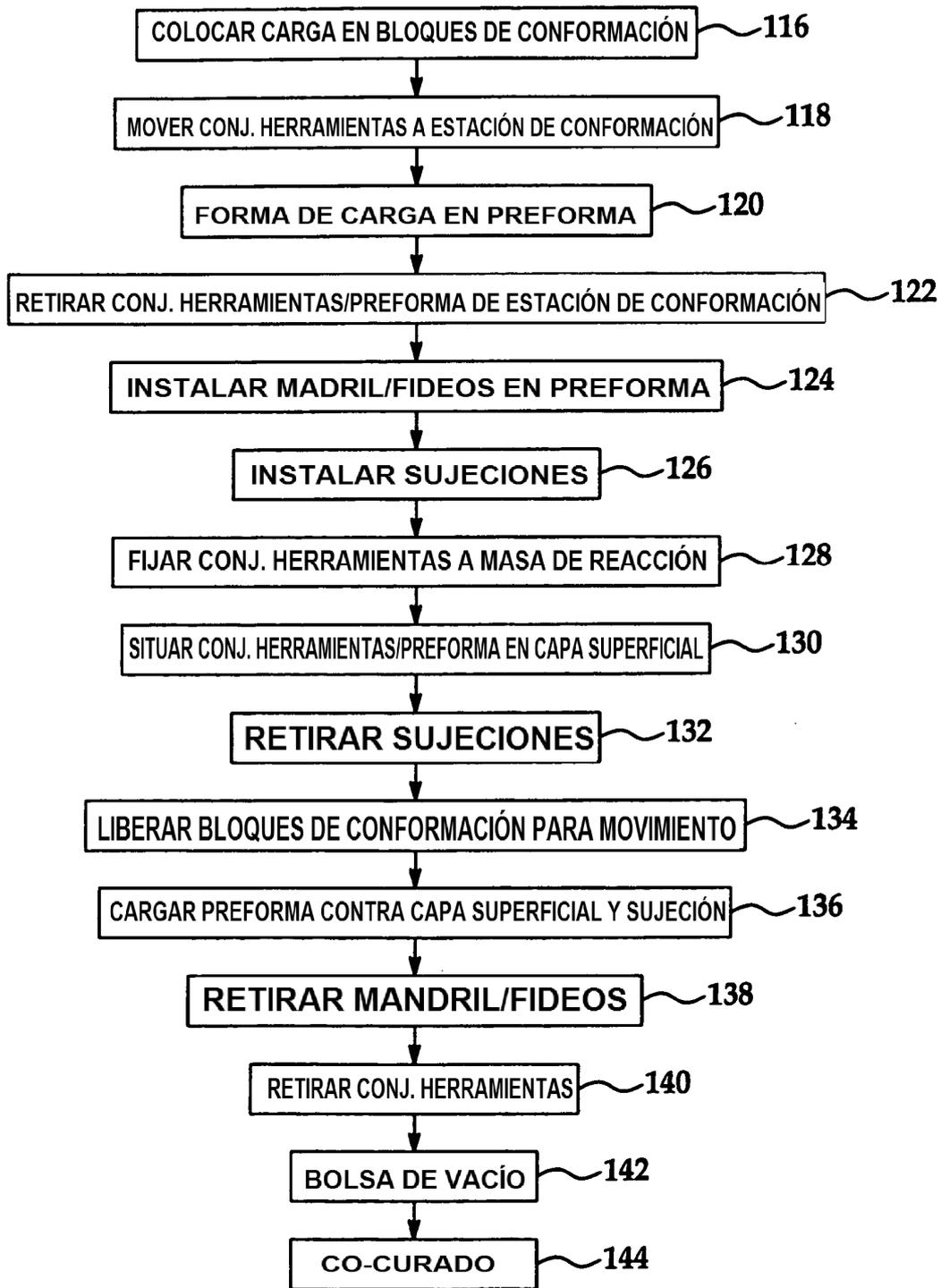


FIG. 16

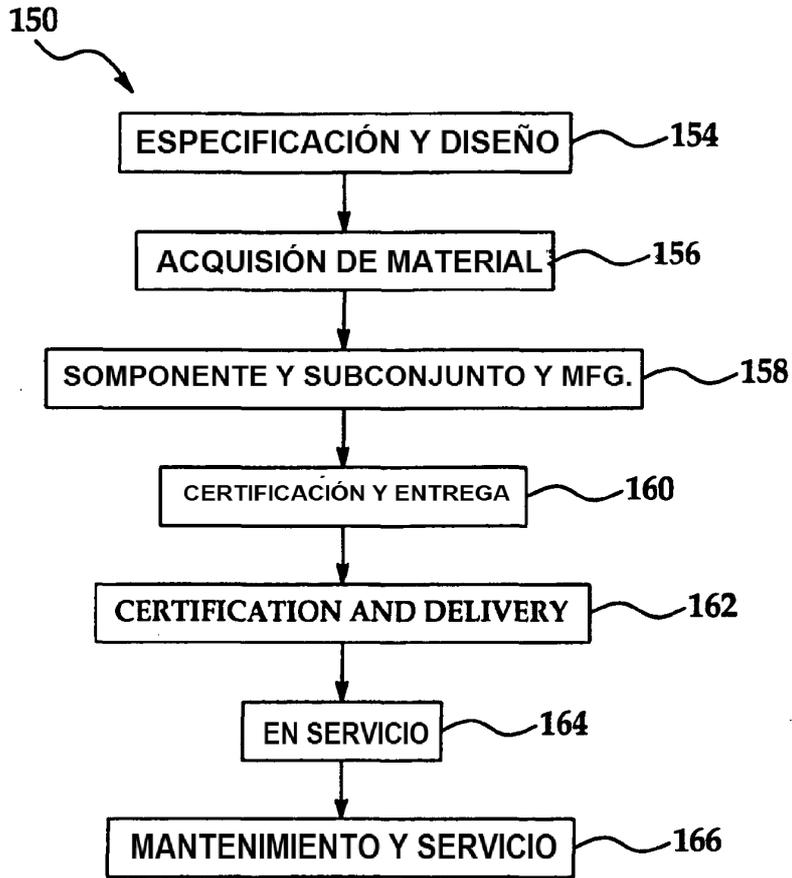


FIG. 17

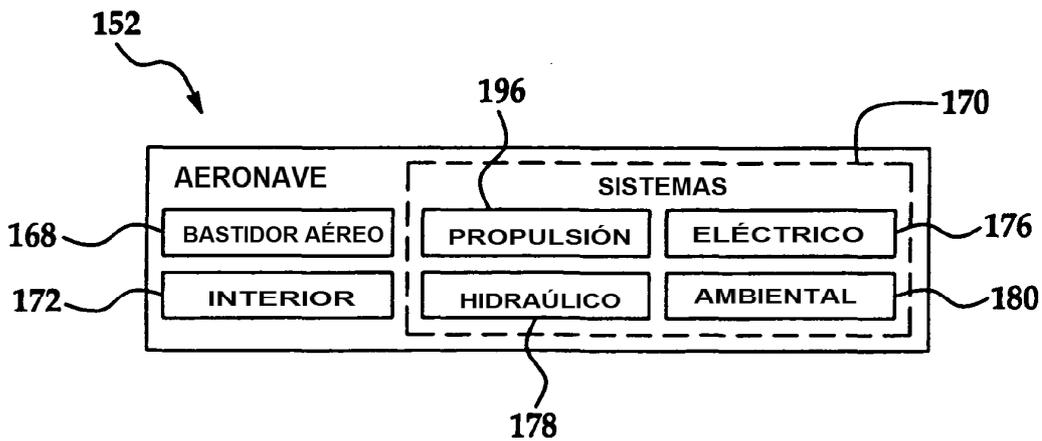


FIG. 18