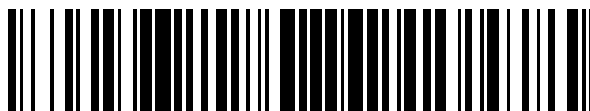


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 793 533**

51 Int. Cl.:

B21J 15/02 (2006.01)

B21J 15/14 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.12.2014 E 14196497 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.04.2020 EP 2965834**

54 Título: **Remachado de dos etapas**

30 Prioridad:

09.07.2014 US 201462022641 P

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

16.11.2020

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**OBEROI, HARINDER S.;
FINDLAY, MELISSA ANN;
SARH, BRANKO;
DRAPER, ALAN S. y
ARRIAGA, JORGE ALBERTO**

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 793 533 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

Remachado de dos etapas

Antecedentes

1. Campo:

5 La presente divulgación se refiere en general a una aeronave y, en particular, a la construcción del fuselaje de una aeronave. Aún más particularmente, la presente divulgación se refiere a un método para realizar un proceso de remachado de dos etapas para instalar remaches para construir un ensamblaje de fuselaje.

2. Antecedentes:

10 La construcción de un fuselaje puede incluir ensamblar paneles de revestimiento y una estructura de soporte para el fuselaje. Los paneles de revestimiento y la estructura de soporte pueden unirse entre sí para formar un ensamblaje de fuselaje. Por ejemplo, sin limitación, los paneles de revestimiento pueden tener miembros de soporte, tales como marcos y largueros, unidos a la superficie de los paneles de revestimiento que se enfrentarán al interior del ensamblaje de fuselaje. Estos miembros de soporte pueden utilizarse para formar la estructura de soporte para el ensamblaje de fuselaje. Los paneles de revestimiento pueden posicionarse uno respecto al otro y los miembros de soporte pueden unirse para formar esta estructura de soporte.

15 Las operaciones de sujeción se pueden realizar para unir los paneles de revestimiento y los miembros de soporte entre sí para formar el ensamblaje de fuselaje. Estas operaciones de sujeción pueden incluir, por ejemplo, operaciones de remachado, operaciones de atornillado de ajuste por interferencia, otros tipos de operaciones de fijación, o alguna combinación de las mismas. Es posible que sea necesario ensamblar el ensamblaje de fuselaje de manera que cumpla con los requisitos de la línea de molde exterior (OML) y los requisitos de la línea de molde interior (IML) para el ensamblaje de fuselaje.

20 Con algunos métodos actualmente disponibles para construir un ensamblaje de fuselaje, las operaciones de sujeción realizadas para ensamblar los paneles de revestimiento y los miembros de soporte juntos pueden realizarse manualmente. Por ejemplo, sin limitación, un primer operador humano colocado en el exterior del ensamblaje de fuselaje y un segundo operador humano colocado en el interior del ensamblaje de fuselaje pueden utilizar herramientas de mano para realizar estas operaciones de sujeción. En algunos casos, este tipo de proceso de sujeción manual puede ser más laborioso, lento, ergonómicamente desafiante o costoso que lo deseado. Además, en algunos casos, los remaches que se instalan manualmente para unir partes entre sí pueden tener un ajuste de interferencia uniforme menor que el deseado a través de la interfaz entre las partes.

25 Algunos métodos de ensamblaje actuales utilizados para construir fuselajes que implican procesos de sujeción manual pueden no permitir que se construyan fuselajes en las instalaciones o fábricas de ensamblaje deseadas a las velocidades de ensamblaje o costes de ensamblaje deseados. En algunos casos, los métodos y sistemas de ensamblaje actuales utilizados para construir fuselajes pueden requerir que estos fuselajes se construyan en instalaciones o fábricas específicamente designadas y configuradas permanentemente para construir fuselajes. Estos métodos y sistemas de ensamblaje actuales pueden ser incapaces de acomodar diferentes tipos y formas de fuselajes. Por ejemplo, sin limitación, los equipos grandes y pesados necesarios para construir fuselajes pueden fijarse permanentemente a una fábrica y configurarse para utilizarse únicamente con fuselajes de un tipo específico. Por lo tanto, sería deseable tener un método y un aparato que tengan en cuenta al menos algunos de los problemas discutidos anteriormente, así como otros posibles problemas.

30 El documento US 3952401 establece: "Un proceso de formación de un ajuste de interferencia entre un remache y el perímetro de una abertura a través de la cual se inserta el vástago de remache encuentra una aplicación particular en la industria aeronáutica donde las láminas de materiales componentes se unen entre sí como un ensamblaje de láminas mediante una pluralidad de remaches. El proceso utiliza una pistola de impacto de alta energía la cual forma un botón en un extremo de un vástago de remache, el otro extremo del vástago de remache sobresale a una distancia predeterminada a partir de una superficie de lámina e impide el movimiento longitudinal mediante una barra de remachado. Luego, la pistola de impacto se activa contra el otro extremo para formar rápidamente un segundo botón. El vástago de remache se expande radialmente durante el proceso de remachado para así hincharse contra el perímetro del orificio del remache para tensionar la compresión la cual sirve para aliviar la tensión del área adyacente al orificio durante la carga cíclica de un ensamblaje de láminas."

35 Resúmen

40 En resumen, se proporciona un método para sujetar dos partes entre sí. Se crea un ajuste de interferencia inicial entre un sujetador y al menos una porción de un orificio que se extiende a través de las dos partes a la vez que se mantiene un equilibrio de fuerza. Se crea un ajuste de interferencia final entre el sujetador y el orificio, a la vez que se mantiene un nuevo equilibrio de fuerza.

Ventajosamente, se instala un remache. Se puede generar una fuerza estructural reactiva en una primera dirección durante la instalación del remache. Se puede generar una nueva fuerza estructural reactiva en una segunda dirección opuesta a la primera dirección durante la instalación del remache.

- 5 Ventajosamente, el ajuste de interferencia inicial se crea entre el sujetador y al menos una porción del orificio que se extiende a través de dos partes utilizando un martillo asociado con un primer dispositivo robótico y una barra de remachado asociada con un segundo dispositivo robótico, a la vez que se mantiene un equilibrio de fuerza. El ajuste de interferencia final puede crearse entre el sujetador y el orificio utilizando la barra de remachado y el martillo, a la vez que se mantiene un nuevo equilibrio de fuerza, de tal modo que el ajuste de interferencia final sea sustancialmente uniforme a través de una interfaz entre las dos partes.
- 10 El aparato puede comprender un primer dispositivo robótico que tiene una primera herramienta, un segundo dispositivo robótico que tiene una segunda herramienta, y un número de controladores que controlan el primer dispositivo robótico y el segundo dispositivo robótico para realizar un proceso de remachado de dos etapas.

Breve descripción de los dibujos

- 15 Las realizaciones ilustrativas se entenderán mejor con referencia a la siguiente descripción detallada cuando se lee **en conjunto** con los dibujos adjuntos, en donde:

La Figura 1 es una ilustración de un entorno de fabricación en la forma de un diagrama de bloques de acuerdo con una realización ilustrativa;

La Figura 2 es una ilustración de un ensamblaje de fuselaje en la forma de un diagrama de bloques de acuerdo con una realización ilustrativa;

- 20 La Figura 3 es una ilustración de una pluralidad de sistemas móviles de un sistema de fabricación flexible dentro de un entorno de fabricación en la forma de un diagrama de bloques de acuerdo con una realización ilustrativa;

La Figura 4 es una ilustración de una pluralidad de plataformas móviles en la forma de un diagrama de bloques de acuerdo con una realización ilustrativa;

- 25 La Figura 5 es una ilustración de un flujo de un número de utilidades a través de una red de utilidad distribuida en la forma de un diagrama de bloques de acuerdo con una realización ilustrativa;

La Figura 6 es una ilustración de un entorno de remachado en la forma de un diagrama de bloques de acuerdo con una realización ilustrativa;

La Figura 7 es una ilustración de un entorno de remachado de acuerdo con una realización ilustrativa;

La Figura 8 es una ilustración de una vista ampliada de una sección de acuerdo con una realización ilustrativa;

- 30 La Figura 9 es una ilustración de un remache completamente instalado y una gráfica del ajuste de interferencia final creado entre el remache y un orificio de acuerdo con una realización ilustrativa;

La Figura 10 es una ilustración de una vista en corte isométrica de una pluralidad de plataformas móviles que realizan procesos de sujeción dentro de un ensamblaje de fuselaje en un entorno de fabricación de acuerdo con una realización ilustrativa;

- 35 La Figura 11 es una ilustración de una vista en sección transversal de un sistema de fabricación flexible y un ensamblaje de fuselaje de acuerdo con una realización ilustrativa;

La Figura 12 es una ilustración de un proceso para sujetar dos partes entre sí en la forma de un diagrama de flujo de acuerdo con una realización ilustrativa;

- 40 La Figura 13 es una ilustración de un proceso para realizar un proceso de remachado de dos etapas en la forma de un diagrama de flujo de acuerdo con una realización ilustrativa;

La Figura 14 es una ilustración de un proceso para realizar un proceso de remachado de dos etapas en la forma de un diagrama de flujo de acuerdo con una realización ilustrativa;

La Figura 15 es una ilustración de un proceso para instalar un remache en la forma de un diagrama de flujo de acuerdo con una realización ilustrativa;

- 45 La Figura 16 es una ilustración de un sistema de procesamiento de datos en la forma de un diagrama de bloques de acuerdo con una realización ilustrativa;

La Figura 17 es una ilustración de un método de fabricación y servicio de una aeronave en la forma de un diagrama de bloques de acuerdo con una realización ilustrativa; y

La Figura 18 es una ilustración de una aeronave en la forma de un diagrama de bloques en el cual se puede implementar una realización ilustrativa.

Descripción detallada

5 Las realizaciones ilustrativas reconocen y tienen en cuenta diferentes consideraciones. Por ejemplo, las realizaciones ilustrativas reconocen y tienen en cuenta que puede ser deseable automatizar el proceso de construcción de un ensamblaje de fuselaje para una aeronave. La automatización del proceso de construcción de un ensamblaje de fuselaje para una aeronave puede mejorar la eficiencia de construcción, mejorar la calidad de construcción y reducir los costes asociados con la construcción del ensamblaje de fuselaje. Las realizaciones ilustrativas también reconocen y tienen en cuenta que automatizar el proceso de construcción de un ensamblaje de fuselaje puede mejorar la exactitud y precisión con las cuales se realizan las operaciones de ensamblaje, asegurando así una mejora en el cumplimiento con los requisitos de la línea de molde exterior (OML) y los requisitos de la línea de molde interior (IML) para el ensamblaje de fuselaje.

10 Además, las realizaciones ilustrativas reconocen y tienen en cuenta que automatizar el proceso utilizado para construir un ensamblaje de fuselaje para una aeronave puede reducir significativamente la cantidad de tiempo necesaria para el ciclo de construcción. Por ejemplo, sin limitación, la automatización de las operaciones de sujeción puede reducir y, en algunos casos, eliminar, la necesidad de que operadores humanos realicen estas operaciones de sujeción, así como otros tipos de operaciones de ensamblaje.

15 Además, este tipo de automatización del proceso para construir un ensamblaje de fuselaje para una aeronave puede ser menos laborioso, lento, ergonómicamente desafiante y costoso que realizar este proceso principalmente de forma manual. La mano de obra reducida puede tener un beneficio deseado para el trabajador humano. Además, la automatización del proceso de ensamblaje del fuselaje puede permitir que los ensamblajes de fuselaje se construyan en las instalaciones y fábricas de ensamblaje deseadas a las tasas de ensamblaje deseadas y los costes de ensamblaje deseados.

20 Las realizaciones ilustrativas también reconocen y tienen en cuenta que puede ser deseable utilizar equipos que puedan ser accionados y operados de manera autónoma para automatizar el proceso de construir un ensamblaje de fuselaje. En particular, puede ser deseable tener un sistema de fabricación flexible autónomo compuesto de sistemas móviles que puedan ser accionados de manera autónoma a través de un piso de la fábrica, posicionados de manera autónoma con respecto al piso de la fábrica de acuerdo como sea necesario para construir el ensamblaje de fuselaje, operado de manera autónoma para construir el ensamblaje de fuselaje, y luego se aleja de manera autónoma cuando se completa la construcción del ensamblaje de fuselaje.

25 Como se utiliza en el presente documento, realizar cualquier operación, acción o etapa de manera autónoma puede significar realizar esa operación sustancialmente sin ninguna entrada humana. Por ejemplo, sin limitación, una plataforma que puede accionarse de manera autónoma es una plataforma que puede accionarse sustancialmente independiente de cualquier entrada humana. De esta manera, una plataforma que se puede accionar de manera autónoma puede ser una plataforma que sea capaz de accionarse o ser accionada sustancialmente independiente de la entrada humana.

30 Por lo tanto, las realizaciones ilustrativas proporcionan un método, aparato y sistema para construir un ensamblaje de fuselaje para una aeronave. En particular, las realizaciones ilustrativas proporcionan un sistema de fabricación flexible autónomo que automatiza la mayoría, si no todo, del proceso de construcción de un ensamblaje de fuselaje. Por ejemplo, sin limitación, el sistema de fabricación flexible autónomo puede automatizar el proceso de instalación de sujetadores para unir paneles de revestimiento del fuselaje y una estructura de soporte del fuselaje entre sí para construir el ensamblaje de fuselaje.

35 Sin embargo, las realizaciones ilustrativas reconocen y tienen en cuenta que automatizar el proceso para construir un ensamblaje de fuselaje utilizando un sistema de fabricación flexible autónomo puede presentar desafíos técnicos únicos que requieren soluciones técnicas únicas. Por ejemplo, las realizaciones ilustrativas reconocen y tienen en cuenta que puede ser deseable proporcionar utilidades a todos los diversos sistemas dentro del sistema de fabricación flexible autónomo. En particular, puede ser deseable proporcionar estas utilidades de una manera que no interrumpa o retrase el proceso de construcción del ensamblaje de fuselaje o restrinja el movimiento de diversos sistemas móviles dentro del sistema de fabricación flexible autónomo sobre un piso de la fábrica.

40 Por ejemplo, sin limitación, puede ser deseable proporcionar un ensamblaje de utilidades, tales como energía, comunicaciones y aire, al sistema de fabricación flexible autónomo que utiliza una infraestructura que incluye una sola conexión directa a cada uno de un conjunto de fuentes de utilidad que proporcionan el conjunto de utilidades. Estas conexiones directas pueden estar sobre el suelo, bajo tierra o incorporadas. Estas conexiones directas pueden establecerse utilizando, por ejemplo, sin limitación, un accesorio de utilidad. Por lo tanto, la infraestructura puede incluir un accesorio de utilidad que proporciona una conexión directa a cada uno del conjunto de fuentes de utilidad y un área de ensamblaje con un espacio en el piso lo suficientemente grande como para permitir que se acoplen los diversos sistemas de un sistema de fabricación flexible autónomo al accesorio de utilidad y entre sí en serie. De esta manera, el conjunto de utilidades puede fluir a partir del conjunto de fuentes de utilidad al accesorio de utilidad y

luego con la corriente a los diversos sistemas del sistema de fabricación flexible autónomo dentro del área de ensamblaje.

5 Por lo tanto, las realizaciones ilustrativas proporcionan una red de utilidad distribuida que puede utilizarse para proporcionar utilidades a los diversos sistemas del sistema de fabricación flexible autónomo. La red de utilidad distribuida puede proporcionar estas utilidades de una manera que no restrinja o impida el movimiento de los diversos sistemas móviles del sistema de fabricación flexible autónomo. Los diferentes sistemas móviles del sistema de fabricación flexible autónomo se pueden acoplar de manera autónoma entre sí para crear esta red de utilidad distribuida.

10 Con referencia ahora a las figuras y, en particular, con referencia a las Figuras 1-6, las ilustraciones de un entorno de fabricación se muestran en la forma de diagramas de bloque de acuerdo con una realización ilustrativa. En particular, en las Figuras 1-6, se describe un ensamblaje de fuselaje, un sistema de fabricación flexible, los diversos sistemas dentro del sistema de fabricación flexible que pueden utilizarse para construir el ensamblaje de fuselaje y una red de utilidad distribuida.

15 Volviendo ahora a la Figura 1, se muestra una ilustración de un entorno de fabricación en la forma de un diagrama de bloques de acuerdo con una realización ilustrativa. En este ejemplo ilustrativo, el entorno 100 de fabricación puede ser un ejemplo de un entorno en el cual puede fabricarse al menos una porción del fuselaje 102 para la aeronave 104.

20 El entorno 100 de fabricación puede tomar un número de formas diferentes. Por ejemplo, sin limitación, el entorno 100 de fabricación puede tomar la forma de una fábrica, una instalación de fabricación, un área de fábrica al aire libre, un área de fabricación cerrada, una plataforma en alta mar o algún otro tipo de entorno 100 de fabricación adecuado para construir al menos una porción de fuselaje 102.

25 El fuselaje 102 puede construirse utilizando el proceso 108 de fabricación. El sistema 106 de fabricación flexible puede utilizarse para implementar al menos una parte del proceso 108 de fabricación. En un ejemplo ilustrativo, el proceso 108 de fabricación puede automatizarse sustancialmente utilizando el sistema 106 de fabricación flexible. En otros ejemplos ilustrativos, solo una o más etapas del proceso 108 de fabricación pueden estar sustancialmente automatizadas.

30 El sistema 106 de fabricación flexible puede configurarse para realizar al menos una parte del proceso 108 de fabricación de manera autónoma. De esta manera, el sistema 106 de fabricación flexible puede denominarse como sistema 112 de fabricación flexible autónomo. En otros ejemplos ilustrativos, el sistema 106 de fabricación flexible puede denominarse como un sistema de fabricación flexible automatizado.

Como se muestra, el proceso 108 de fabricación puede incluir el proceso 110 de ensamblaje para construir el ensamblaje 114 de fuselaje. El sistema 106 de fabricación flexible puede configurarse para realizar al menos una parte del proceso 110 de ensamblaje de manera autónoma.

35 El ensamblaje 114 de fuselaje puede ser el fuselaje 102 en cualquier etapa durante el proceso 108 de fabricación antes de la finalización del proceso 108 de fabricación. En algunos casos, el ensamblaje 114 de fuselaje puede utilizarse para referirse a un fuselaje 102 parcialmente ensamblado. Dependiendo de la implementación, uno o más componentes adicionales pueden necesitar estar unidos al ensamblaje 114 de fuselaje para completar totalmente el ensamblaje de fuselaje 102. En otros casos, el ensamblaje 114 de fuselaje puede utilizarse para referirse al fuselaje 102 totalmente ensamblado. El sistema 106 de fabricación flexible puede construir el ensamblaje 114 de fuselaje hasta el punto necesario para mover el ensamblaje 114 de fuselaje a una etapa siguiente en el proceso de fabricación para construir aeronaves 104. En algunos casos, al menos una porción del sistema 106 de fabricación flexible puede utilizarse en una o más etapas posteriores en el proceso de fabricación para construir aeronaves 104.

40 En un ejemplo ilustrativo, el ensamblaje 114 de fuselaje puede ser un ensamblaje para formar una sección particular del fuselaje 102. Como un ejemplo, el ensamblaje 114 de fuselaje puede tomar la forma del ensamblaje 116 de fuselaje posterior para formar una sección posterior del fuselaje 102. En otro ejemplo, el ensamblaje 114 de fuselaje puede tomar la forma del ensamblaje 117 de fuselaje delantero para formar una sección delantera del fuselaje 102. En aún otro ejemplo, el ensamblaje 114 de fuselaje puede tomar la forma del ensamblaje 118 de fuselaje medio para formar una sección media del fuselaje 102 o alguna otra sección media del fuselaje 102 entre las secciones posterior y delantera del fuselaje 102.

50 Como se muestra, el ensamblaje 114 de fuselaje puede incluir una pluralidad de paneles 120 y una estructura 121 de soporte. La estructura 121 de soporte puede estar compuesta por una pluralidad de miembros 122. La pluralidad de miembros 122 puede utilizarse para soportar la pluralidad de paneles 120 y conectar la pluralidad de paneles 120 entre sí. La estructura 121 de soporte puede ayudar a proporcionar resistencia, rigidez y soporte de carga para el ensamblaje 114 de fuselaje.

55 La pluralidad de miembros 122 puede estar asociada con una pluralidad de paneles 120. Como se utiliza en este documento, cuando un componente o estructura está "asociado" con otro componente o estructura, la asociación es una asociación física en los ejemplos que se muestran.

5 Por ejemplo, un primer componente, tal como uno de la pluralidad de miembros 122, puede considerarse asociado con un segundo componente, tal como uno de la pluralidad de paneles 120, al estar al menos uno de asegurado al segundo componente, fijado al segundo componente, montado al segundo componente, unido al componente, acoplado al componente, soldado al segundo componente, sujetado al segundo componente, adherido al segundo componente, pegado al segundo componente o conectado al segundo componente de alguna otra manera adecuada. El primer componente también puede estar conectado al segundo componente utilizando uno o más componentes. Por ejemplo, el primer componente puede estar conectado al segundo componente utilizando un tercer componente. Además, el primer componente puede considerarse asociado con el segundo componente al formarse como parte del segundo componente, una extensión del segundo componente, o ambos. En otro ejemplo, el primer componente puede considerarse parte del segundo componente al estar co-curado con el segundo componente.

15 En estos ejemplos ilustrativos, un miembro de la pluralidad de miembros 122 puede estar asociado con al menos uno de la pluralidad de paneles 120 en un número de maneras diferentes. Por ejemplo, sin limitación, un miembro de una pluralidad de miembros 122 puede estar unido directamente a un solo panel, unido a dos o más paneles, unido a otro miembro que está directamente unido a al menos un panel, unido a al menos un miembro que está directa o indirectamente unido a al menos un panel, o asociado con al menos uno de la pluralidad de paneles 120 de alguna otra manera.

20 En un ejemplo ilustrativo, sustancialmente todos o la totalidad de la pluralidad de miembros 122 pueden estar asociados con la pluralidad de paneles 120 antes del comienzo del proceso 110 de ensamblaje para construir el ensamblaje 114 de fuselaje. Por ejemplo, una porción correspondiente de la pluralidad de miembros 122 puede asociarse con cada panel de una pluralidad de paneles 120 antes de que la pluralidad de paneles 120 se unan entre sí a través del proceso 110 de ensamblaje.

25 En otro ejemplo ilustrativo, solo una primera porción de la pluralidad de miembros 122 puede asociarse con una pluralidad de paneles 120 antes del comienzo del proceso 110 de ensamblaje. El proceso 110 de ensamblaje puede incluir unir una porción restante de la pluralidad de miembros 122 a la pluralidad de paneles 120 para al menos proporcionar un soporte a la pluralidad de paneles 120 o conectar la pluralidad de paneles 120 entre sí. La primera porción de la pluralidad de miembros 122 unidos a la pluralidad de paneles 120 antes del proceso 110 de ensamblaje y la porción restante de la pluralidad de miembros 122 unidos a la pluralidad de paneles 120 durante el proceso 110 de ensamblaje pueden formar **en conjunto** la estructura 121 de soporte.

30 En aún otro ejemplo ilustrativo, toda la pluralidad de miembros 122 puede estar asociada con la pluralidad de paneles 120 durante el proceso 110 de ensamblaje. Por ejemplo, cada uno de la pluralidad de paneles 120 puede estar “desnuda” sin ningún miembro unido o asociado de otra manera con el panel antes del proceso 110 de ensamblaje. Durante el proceso 110 de ensamblaje, la pluralidad de miembros 122 puede entonces asociarse con la pluralidad de paneles 120.

35 De esta manera, la estructura 121 de soporte para el ensamblaje 114 de fuselaje se puede construir en un número de maneras diferentes. El ensamblaje 114 de fuselaje comprende una pluralidad de paneles 120 y la estructura 121 de soporte se describe con mayor detalle a continuación en la Figura 2.

40 La construcción del ensamblaje 114 de fuselaje puede incluir unir una pluralidad de paneles 120 entre sí. La unión de una pluralidad de paneles 120 puede realizarse en un número de maneras diferentes. Dependiendo de la implementación, unir la pluralidad de paneles 120 entre sí puede incluir unir uno o más de la pluralidad de miembros 122 a uno o más de la pluralidad de paneles 120 u otros miembros de la pluralidad de miembros 122.

45 En particular, unir una pluralidad de paneles 120 puede incluir unir al menos un panel a al menos otro panel, unir al menos un miembro a al menos otro miembro, o unir al menos un miembro a al menos un panel, o alguna combinación de los mismos. Como un ejemplo ilustrativo, unir un primer panel y un segundo panel entre sí puede incluir al menos uno de los siguientes: sujetar el primer panel directamente al segundo panel, unir un primer miembro asociado con el primer panel a un segundo miembro asociado con el segundo panel, unir un miembro asociado con el primer panel directamente al segundo panel, unir un miembro asociado con el primer panel y el segundo panel a otro miembro, unir un miembro seleccionado al primer panel y al segundo panel, o algún otro tipo de operación de unión.

50 El proceso 110 de ensamblaje puede incluir operaciones 124 que pueden realizarse para unir una pluralidad de paneles 120 entre sí para construir el ensamblaje 114 de fuselaje. En este ejemplo ilustrativo, el sistema 106 de fabricación flexible puede utilizarse para realizar al menos una parte de las operaciones 124 de manera autónoma.

55 Las operaciones 124 pueden incluir, por ejemplo, pero no se limitan a, operaciones 125 de conexión temporal, operaciones 126 de perforación, operaciones 128 de inserción de sujetadores, operaciones 130 de instalación de sujetadores, operaciones 132 de inspección, otros tipos de operaciones de ensamblaje, o alguna combinación de las mismas. Las operaciones 125 de conexión temporal pueden realizarse para conectar temporalmente la pluralidad de paneles 120 entre sí. Por ejemplo, sin limitación, las operaciones 125 de conexión temporal pueden incluir unir temporalmente con tachuelas una pluralidad de paneles 120 entre sí utilizando sujetadores de tachuela.

Las operaciones 126 de perforación pueden incluir perforar orificios a través de uno o más de la pluralidad de paneles 120 y, en algunos casos, a través de uno o más de la pluralidad de miembros 122. Las operaciones 128 de inserción de sujetadores pueden incluir insertar sujetadores en los orificios perforados por las operaciones 126 de perforación.

- 5 Las operaciones 130 de instalación de sujetadores pueden incluir instalar completamente cada uno de los sujetadores que se han insertado en los orificios. Las operaciones 130 de instalación de sujetadores pueden incluir, por ejemplo, sin limitación, operaciones de remachado, operaciones de atornillado de ajuste por interferencia, otros tipos de operaciones de instalación de sujetadores, o alguna combinación de las mismas. Las operaciones 132 de inspección pueden incluir la inspección de los sujetadores completamente instalados. Dependiendo de la implementación, el sistema 106 de fabricación flexible puede utilizarse para realizar cualquier número de estos diferentes tipos de operaciones 124 sustancialmente de manera autónoma.

- 10 Como se muestra, el sistema 106 de fabricación flexible puede incluir una pluralidad de sistemas 134 móviles, un sistema 136 de control y un sistema 138 de utilidad. Cada uno de la pluralidad de sistemas 134 móviles puede ser un sistema móvil accionable. En algunos casos, cada uno de la pluralidad de sistemas 134 móviles puede ser un sistema móvil accionable de manera autónoma. Por ejemplo, sin limitación, cada uno de la pluralidad de sistemas 134 móviles puede incluir uno o más componentes que pueden ser accionados de manera autónoma dentro del entorno 100 de fabricación a partir de una ubicación a otra ubicación. La pluralidad de los sistemas 134 móviles se describe con mayor detalle a continuación en la Figura 3.

- 15 En este ejemplo ilustrativo, el sistema 136 de control puede utilizarse para controlar el funcionamiento del sistema 106 de fabricación flexible. Por ejemplo, sin limitación, el sistema 136 de control puede utilizarse para controlar la pluralidad de sistemas 134 móviles. En particular, el sistema 136 de control puede utilizarse para dirigir el movimiento de cada uno de la pluralidad de sistemas 134 móviles dentro del entorno 100 de fabricación. El sistema 136 de control puede estar asociado al menos parcialmente con la pluralidad de sistemas 134 móviles.

- 20 En un ejemplo ilustrativo, el sistema 136 de control puede incluir un ensamblaje de controladores 140. Como se utiliza en este documento, un "ensamblaje de" elementos puede incluir uno o más elementos. De esta manera, el ensamblaje de controladores 140 puede incluir uno o más controladores.

- 25 Cada uno del ensamblaje de controladores 140 puede implementarse utilizando un hardware, firmware, software o alguna combinación de los mismos. En un ejemplo ilustrativo, el ensamblaje de controladores 140 puede estar asociado con una pluralidad de sistemas 134 móviles. Por ejemplo, sin limitación, uno o más del ensamblaje de controladores 140 pueden implementarse como parte de la pluralidad de sistemas 134 móviles. En otros ejemplos, uno o más del ensamblaje de controladores 140 pueden implementarse independientemente de la pluralidad de sistemas 134 móviles.

- 30 El ensamblaje de controladores 140 puede generar comandos 142 para controlar el funcionamiento de la pluralidad de sistemas 134 móviles del sistema 106 de fabricación flexible. El ensamblaje de controladores 140 puede comunicarse con la pluralidad de sistemas 134 móviles utilizando al menos uno de un enlace de comunicaciones inalámbricas, un enlace de comunicaciones por cable, un enlace de comunicaciones ópticas u otro tipo de enlace de comunicaciones. De esta manera, se puede utilizar cualquier número de los diferentes tipos de enlaces de comunicaciones para la comunicación con y entre el ensamblaje de controladores 140.

- 35 En estos ejemplos ilustrativos, el sistema 136 de control puede controlar el funcionamiento de una pluralidad de sistemas 134 móviles utilizando datos 141 recibidos del sistema 133 de sensor. El sistema 133 de sensor puede estar compuesto por cualquier número de sistemas de sensor individuales, dispositivos de sensor, controladores, otros tipos de componentes, o combinación de los mismos. En un ejemplo ilustrativo, el sistema 133 de sensor puede incluir el sistema 135 de seguimiento por láser y el sistema 137 de radar. El sistema 135 de seguimiento por láser puede estar compuesto por cualquier número de dispositivos de seguimiento por láser, objetivos con láser o una combinación de los mismos. El sistema 137 de radar puede estar compuesto por cualquier número de sensores de radar, objetivos de radar o una combinación de los mismos.

- 40 El sistema 133 de sensor puede utilizarse para coordinar el movimiento y el funcionamiento de los diversos sistemas móviles en una pluralidad de sistemas 134 móviles dentro del entorno 100 de fabricación. Como un ejemplo ilustrativo, el sistema 137 de radar puede utilizarse para sistemas móviles de macro-posicionamiento, sistemas dentro de sistemas móviles, componentes dentro de sistemas móviles, o alguna combinación de los mismos. Además, el sistema 135 de seguimiento por láser puede utilizarse para sistemas móviles de micro-posicionamiento, sistemas dentro de sistemas móviles, componentes dentro de sistemas móviles, o alguna combinación de los mismos.

- 45 La pluralidad de sistemas 134 móviles puede utilizarse para formar una red 144 de utilidad distribuida. Dependiendo de la implementación, uno o más de la pluralidad de sistemas 134 móviles pueden formar una red 144 de utilidad distribuida. El número de utilidades 146 puede fluir a partir del número de fuentes 148 de utilidad a los diversos sistemas móviles de la pluralidad de sistemas 134 móviles que conforman la red 144 de utilidad distribuida.

En este ejemplo ilustrativo, cada uno del número de fuentes 148 de utilidad puede ubicarse con el entorno 100 de fabricación. En otros ejemplos ilustrativos, uno o más del número de fuentes 148 de utilidad pueden ubicarse fuera del entorno 100 de fabricación. La utilidad correspondiente proporcionada por estas una o más fuentes de utilidad se pueden llevar al entorno 100 de fabricación utilizando, por ejemplo, sin limitación, uno o más cables de utilidad.

5 En un ejemplo ilustrativo, la red 144 de utilidad distribuida puede permitir que el número de utilidades 146 fluya directamente a partir del número de fuentes 148 de utilidad a un sistema móvil en la pluralidad de sistemas 134 móviles por encima de cierto número de cables de utilidad. Este sistema móvil puede entonces distribuir el número de utilidades 146 a otros sistemas móviles de la pluralidad de sistemas 134 móviles de tal manera que estos otros sistemas móviles no necesiten recibir directamente el número de utilidades 146 a partir del número de fuentes 148 de utilidad.

10 Como se muestra, la red 144 de utilidad distribuida puede formarse utilizando el sistema 138 de utilidad. El sistema 138 de utilidad puede incluir el accesorio 150 de utilidad. El sistema 138 de utilidad puede configurarse para conectarse al número de fuentes 148 de utilidad de tal modo que el número de utilidades 146 pueda fluir a partir del número de fuentes 148 de utilidad al accesorio 150 de utilidad. El accesorio 150 de utilidad puede estar sobre el suelo o bajo tierra, dependiendo de la implementación. Por ejemplo, sin limitación, el accesorio 150 de utilidad puede estar incorporado en un piso dentro del entorno 100 de fabricación.

15 El accesorio 150 de utilidad puede distribuir entonces el número de utilidades 146 a uno o más de la pluralidad de sistemas 134 móviles. En particular, un acoplamiento autónomo de uno de la pluralidad de sistemas 134 móviles al accesorio 150 de utilidad puede ser seguido por cualquier número de acoplamientos autónomos de sistemas móviles entre sí en serie para formar una red 144 de utilidad distribuida. El accesorio 150 de utilidad puede distribuir un número de utilidades 146 a cada uno de la pluralidad de sistemas 134 móviles con la corriente del accesorio 150 de utilidad en la serie de acoplamientos autónomos de los sistemas móviles.

20 Dependiendo de la implementación, la red 144 de utilidad distribuida puede tener una configuración similar a una cadena o una configuración similar a un árbol. En un ejemplo ilustrativo, la pluralidad de sistemas 134 móviles puede incluir sistemas A, B, C y D móviles (no se muestran en la figura) con el sistema A móvil acoplado de manera autónoma al accesorio 150 de utilidad y los sistemas B, C y D móviles acoplados de manera autónoma al sistema A móvil y entre sí en serie. Un ejemplo de una configuración similar a una cadena para la red 144 de utilidad distribuida puede incluir el número de utilidades 146 que fluyen a partir del número de fuentes 148 de utilidad por encima de cierto número de cables de utilidad hasta el accesorio 150 de utilidad, a partir del accesorio 150 de utilidad al sistema A móvil, a partir del sistema A móvil al sistema B móvil, a partir del sistema B móvil al sistema C móvil, y a partir del sistema C móvil al sistema D móvil. Un ejemplo de una configuración similar a un árbol para la red 144 de utilidad distribuida puede incluir el número de utilidades 146 que fluyen a partir del número de fuentes 148 de utilidad por encima de cierto número de cables de utilidad al accesorio 150 de utilidad, a partir del accesorio 150 de utilidad al sistema A móvil, a partir del sistema A móvil al sistema B móvil y al sistema C móvil, y a partir del sistema C móvil al sistema D móvil. Un ejemplo de una manera en la cual puede implementarse la red 144 de utilidad distribuida utilizando una pluralidad de sistemas 134 móviles se describe con mayor detalle a continuación en la Figura 5.

25 En algunos ejemplos ilustrativos, se pueden utilizar múltiples sistemas de fabricación flexibles para construir múltiples ensamblajes de fuselaje de manera concurrente. Por ejemplo, el sistema 106 de fabricación flexible puede ser un primer sistema de fabricación flexible de diversos sistemas de fabricación flexibles.

30 En un ejemplo ilustrativo, el sistema 106 de fabricación flexible, el segundo sistema 152 de fabricación flexible y el tercer sistema 154 de fabricación flexible pueden utilizarse para construir el ensamblaje 116 de fuselaje posterior, el ensamblaje 118 de fuselaje medio y el ensamblaje 117 de fuselaje delantero, respectivamente. El ensamblaje 116 de fuselaje posterior, el ensamblaje 118 de fuselaje medio y el ensamblaje 117 de fuselaje delantero se pueden unir para formar un fuselaje 102 totalmente ensamblado. De esta manera, en este ejemplo, el sistema 106 de fabricación flexible, el segundo sistema 152 de fabricación flexible y el tercer sistema 154 de fabricación flexible pueden formar en conjunto el sistema 158 de fabricación de fuselaje flexible.

35 Por lo tanto, cualquier número de ensamblajes de fuselaje, tales como el ensamblaje 114 de fuselaje, puede construirse dentro del entorno 100 de fabricación utilizando cualquier número de sistemas de fabricación flexibles implementados de manera similar al sistema 106 de fabricación flexible. De manera similar, cualquier número de fuselajes completos, tales como el fuselaje 102, puede construirse dentro del entorno 100 de fabricación utilizando cualquier número de sistemas de fabricación de fuselaje flexible implementados de una manera similar al sistema 158 de fabricación de fuselaje flexible.

40 Con referencia ahora a la Figura 2, se muestra una ilustración del ensamblaje 114 de fuselaje de la Figura 1 en la forma de un diagrama de bloques de acuerdo con una realización ilustrativa. Como se describió anteriormente, el ensamblaje 114 de fuselaje puede incluir una pluralidad de paneles 120 y la estructura 121 de soporte. El ensamblaje 114 de fuselaje puede utilizarse para referirse a cualquier etapa en la construcción del ensamblaje 114 de fuselaje. Por ejemplo, el ensamblaje 114 de fuselaje puede utilizarse para referirse a uno solo de la pluralidad de paneles 120, múltiples de la pluralidad de paneles 120 que se han unido o se están uniendo, a un ensamblaje de fuselaje construido parcialmente o a un ensamblaje de fuselaje construido totalmente.

5 Como se muestra, el ensamblaje 114 de fuselaje puede construirse de tal modo que el ensamblaje 114 de fuselaje tenga una pluralidad de secciones 205 de fuselaje. Cada una de la pluralidad de secciones 205 de fuselaje puede incluir uno o más de la pluralidad de paneles 120. En este ejemplo ilustrativo, cada uno de la pluralidad de las secciones 205 de fuselaje pueden tomar la forma de una sección de fuselaje con forma cilíndrica, una sección de fuselaje con forma de barril, una sección de fuselaje cilíndrica cónica, una sección de fuselaje en forma de cono, una sección de fuselaje con forma de cúpula o una sección que tiene algún otro tipo de forma. Dependiendo de la implementación, una sección de fuselaje de una pluralidad de secciones 205 de fuselaje puede tener una forma que tenga una forma de sección transversal sustancialmente circular, una forma de sección transversal elíptica, una forma de sección transversal ovalada, un polígono con forma de sección transversal de esquinas redondeadas, o de lo contrario, una forma de sección transversal de curva cerrada.

15 Como un ejemplo ilustrativo específico, cada una de la pluralidad de secciones 205 de fuselaje puede ser una porción del ensamblaje 114 de fuselaje definido entre dos secciones transversales radiales del ensamblaje 114 de fuselaje que se toman sustancialmente perpendiculares a un eje central o eje longitudinal a través del ensamblaje 114 de fuselaje. De esta manera, la pluralidad de secciones 205 de fuselaje puede estar dispuesta a lo largo del eje longitudinal del ensamblaje 114 de fuselaje. En otras palabras, la pluralidad de secciones 205 de fuselaje puede estar dispuesta longitudinalmente.

20 La sección 207 de fuselaje puede ser un ejemplo de una de la pluralidad de secciones 205 de fuselaje. La sección 207 de fuselaje puede estar compuesta por uno o más de la pluralidad de paneles 120. En un ejemplo ilustrativo, se pueden disponer secciones de panel múltiple circunferencialmente alrededor de la sección 207 de fuselaje para formar el revestimiento de la sección 207 de fuselaje. En algunos casos, se pueden disponer circunferencialmente múltiples filas de dos o más paneles adyacentes de manera longitudinal alrededor de la sección 207 de fuselaje para formar el revestimiento de la sección 207 de fuselaje.

En un ejemplo ilustrativo, el ensamblaje 114 de fuselaje puede tener la corona 200, la quilla 202 y los lados 204. Los lados 204 pueden incluir el primer lado 206 y el segundo lado 208.

25 La corona 200 puede ser la porción superior del ensamblaje 114 de fuselaje. La quilla 202 puede ser la porción inferior del ensamblaje 114 de fuselaje. Los lados 204 del ensamblaje 114 de fuselaje pueden ser las porciones del ensamblaje 114 de fuselaje entre la corona 200 y la quilla 202. En un ejemplo ilustrativo, cada una de la corona 200, la quilla 202, el primer lado 206 y el segundo lado 208 del ensamblaje 114 de fuselaje pueden estar formados por al menos una porción de al menos una de la pluralidad de paneles 120. Además, una porción de cada uno de la pluralidad de las secciones 205 de fuselaje puede formar cada una de la corona 200, la quilla 202, el primer lado 206 y el segundo lado 208.

35 El panel 216 puede ser un ejemplo de uno de la pluralidad de paneles 120. El panel 216 también puede denominarse un panel de revestimiento, un panel de fuselaje o un panel de revestimiento del fuselaje, dependiendo de la implementación. En algunos ejemplos ilustrativos, el panel 216 puede tomar la forma de un mega panel compuesto por múltiples paneles más pequeños, los cuales pueden denominarse como sub-paneles. Un mega panel también puede denominarse un súper panel. En estos ejemplos ilustrativos, el panel 216 puede estar compuesto de al menos uno de un metal, una aleación de metal, algún otro tipo de material metálico, un material compuesto o algún otro tipo de material. Como un ejemplo ilustrativo, el panel 216 puede estar compuesto por una aleación de aluminio, acero, titanio, un material cerámico, un material compuesto, algún otro tipo de material o alguna combinación de los mismos.

45 Cuando se utiliza para formar la quilla 202 del ensamblaje 114 de fuselaje, el panel 216 puede denominarse un panel de quilla o panel inferior. Cuando se utiliza para formar uno de los lados 204 del ensamblaje 114 de fuselaje, el panel 216 puede denominarse como un panel lateral. Cuando se utiliza para formar la corona 200 del ensamblaje 114 de fuselaje, el panel 216 se puede denominar como un panel de corona o panel superior. Como un ejemplo ilustrativo, la pluralidad de paneles 120 puede incluir paneles 218 de corona para formar la corona 200, paneles 220 laterales para formar lados 204 y paneles 222 de quilla para formar la quilla 202. Los paneles 220 laterales pueden incluir primeros paneles 224 laterales para formar el primer lado 206 y segundos paneles 226 laterales para formar el segundo lado 208.

50 En un ejemplo ilustrativo, la sección 207 de fuselaje de la pluralidad de secciones 205 de fuselaje del ensamblaje 114 de fuselaje puede incluir uno de los paneles 218 de corona, dos de los paneles 220 laterales y uno de los paneles 222 de quilla. En otro ejemplo ilustrativo, la sección 207 de fuselaje puede formar un extremo del ensamblaje 114 de fuselaje.

En algunos casos, la sección 207 de fuselaje puede estar compuesta únicamente por un solo panel, tal como el panel 216. Por ejemplo, sin limitación, el panel 216 puede tomar la forma del panel 228 de extremo.

55 El panel 228 de extremo puede utilizarse para formar un extremo del ensamblaje 114 de fuselaje. Por ejemplo, cuando el ensamblaje 114 de fuselaje toma la forma del ensamblaje 116 de fuselaje posterior en la Figura 1, el panel 228 de extremo puede formar el extremo más posterior del ensamblaje 114 de fuselaje. Cuando el ensamblaje 114

de fuselaje toma la forma del ensamblaje 117 de fuselaje delantero en la Figura 1, el panel 228 de extremo puede formar el extremo más delantero del ensamblaje 114 de fuselaje.

5 En un ejemplo ilustrativo, el panel 228 de extremo puede tomar la forma de un panel con forma cilíndrica, un panel con forma de cono, un panel con forma de barril o un panel cilíndrico cónico. Por ejemplo, el panel 228 de extremo puede ser un solo panel de forma cilíndrica que tiene una forma de sección transversal sustancialmente circular que puede cambiar de diámetro con respecto a un eje central para el ensamblaje 114 de fuselaje.

10 De esta manera, como se describió anteriormente, la sección 207 de fuselaje puede estar compuesta únicamente de un panel 228 de extremo. En algunos ejemplos ilustrativos, la sección 207 de fuselaje puede ser una sección del fuselaje de extremo que está compuesta por un solo panel, el cual puede ser el panel 228 de extremo. En algunos casos, el mamparo 272 puede estar asociado con el panel 228 de extremo cuando la sección 207 de fuselaje es una sección del fuselaje de extremo. El mamparo 272, el cual también puede denominarse como mamparo de presión, puede considerarse separado o parte del panel 228 de extremo, dependiendo de la implementación. El mamparo 272 puede tener una forma tipo cúpula en estos ejemplos ilustrativos.

15 Cuando el ensamblaje 114 de fuselaje toma la forma del ensamblaje 116 de fuselaje posterior en la Figura 1, el mamparo 272 puede ser parte de la sección 207 de fuselaje ubicada en el extremo más posterior del ensamblaje 116 de fuselaje posterior. Cuando el ensamblaje 114 de fuselaje toma la forma de ensamblaje 117 de fuselaje delantero en la Figura 1, el mamparo 272 puede ser parte de la sección 207 de fuselaje ubicada en el extremo más delantero del ensamblaje 116 de fuselaje posterior. El ensamblaje 118 de fuselaje medio en la Figura 1 puede no incluir un mamparo, tal como el mamparo 272, en cualquier extremo del ensamblaje 118 de fuselaje medio. De esta manera, se puede implementar una pluralidad de secciones 205 de fuselaje en cualquier número de formas diferentes.

20 El panel 216 puede tener una primera superficie 230 y una segunda superficie 232. La primera superficie 230 se puede configurar para utilizar como una superficie orientada hacia el exterior. En otras palabras, la primera superficie 230 puede utilizarse para formar el exterior 234 del ensamblaje 114 de fuselaje. La segunda superficie 232 puede configurarse para utilizarse como una superficie orientada hacia el interior. En otras palabras, la segunda superficie 232 puede utilizarse para formar el interior 236 del ensamblaje 114 de fuselaje. Cada uno de la pluralidad de paneles 120 puede implementarse de una manera similar al panel 216.

25 Como se describió anteriormente, la estructura 121 de soporte puede estar asociada con una correspondiente de la pluralidad de paneles 120. La estructura 121 de soporte puede estar compuesta por una pluralidad de miembros 122 que están asociados con el panel 216. En un ejemplo ilustrativo, la porción 240 correspondiente puede ser la porción de la pluralidad de miembros 122 que corresponden al panel 216. La porción 240 correspondiente puede formar la sección 238 de soporte correspondiente al panel 216. La sección 238 de soporte puede formar una parte de la estructura 121 de soporte.

30 La pluralidad de miembros 122 puede incluir miembros 242 de soporte. Los miembros 242 de soporte pueden incluir, por ejemplo, sin limitación, al menos uno de los miembros 244 de conexión, marcos 246, largueros 248, refuerzos 250, puntales 252, miembros 254 estructurales intercostales, u otros tipos de miembros estructurales.

35 Los miembros 244 de conexión pueden conectar otros tipos de miembros 242 de soporte entre sí. En algunos casos, los miembros 244 de conexión también pueden conectar miembros 242 de soporte a una pluralidad de paneles 120. Los miembros 244 de conexión pueden incluir, por ejemplo, sin limitación, ganchos 256 de corte, amarres 258, empalmes 260, miembros 262 de conexión intercostal, otros tipos de miembros mecánicos de conexión, o alguna combinación de los mismos.

40 En un ejemplo ilustrativo, cuando el panel 216 se compone de múltiples sub-paneles, los miembros 244 de conexión pueden utilizarse para, por ejemplo, sin limitación, conectar entre sí marcos complementarios de marcos 246 que van en la dirección en sentido de aro en sub-paneles adyacentes y largueros complementarios de largueros 248 que van en la dirección longitudinal en sub-paneles adyacentes. En otros ejemplos ilustrativos, los miembros 244 de conexión pueden utilizarse para conectar entre sí marcos complementarios, largueros u otros tipos de miembros de soporte en dos o más paneles adyacentes en la pluralidad de paneles 120. En algunos casos, los miembros 244 de conexión pueden utilizarse para conectar entre sí miembros de soporte complementarios en dos o más secciones de fuselaje adyacentes.

45 Las operaciones 124, como se describe en la Figura 1, se pueden realizar para unir una pluralidad de paneles 120 entre sí para construir el ensamblaje 114 de fuselaje. En un ejemplo ilustrativo, se pueden utilizar una pluralidad de sujetadores 264 para unir una pluralidad de paneles 120 entre sí.

50 Como se describió anteriormente, la unión de una pluralidad de paneles 120 entre sí se puede realizar de un número de maneras diferentes. Unir una pluralidad de paneles 120 entre sí puede incluir al menos uno de unir al menos un panel en una pluralidad de paneles 120 a otro de una pluralidad de paneles 120, unir al menos un panel en una pluralidad de paneles 120 a al menos uno de una pluralidad de miembros 122, unir al menos un miembro en la pluralidad de miembros 122 a otro de la pluralidad de miembros 122, o algún otro tipo de operación de unión. La

pluralidad de paneles 120 se puede unir entre sí de tal manera que una pluralidad de miembros 122 finalmente formen la estructura 121 de soporte para el ensamblaje 114 de fuselaje.

5 Como se muestra, el número de pisos 266 puede estar asociado con el ensamblaje 114 de fuselaje. En este ejemplo ilustrativo, el número de pisos 266 puede ser parte del ensamblaje 114 de fuselaje. El número de pisos 266 puede incluir, por ejemplo, sin limitación, al menos uno de un piso de pasajeros, un piso de carga o algún otro tipo de piso.

10 Con referencia ahora a la Figura 3, se muestra una ilustración de la pluralidad de sistemas 134 móviles del sistema 106 de fabricación flexible dentro del entorno 100 de fabricación de la Figura 1 en la forma de un diagrama de bloques de acuerdo con una realización ilustrativa. Como se muestra, el sistema 106 de fabricación flexible puede utilizarse para construir el ensamblaje 114 de fuselaje en el piso 300 del entorno 100 de fabricación. Cuando el entorno 100 de fabricación toma la forma de una fábrica, el piso 300 puede denominarse piso 302 de la fábrica.

En un ejemplo ilustrativo, el piso 300 puede ser sustancialmente liso y sustancialmente plano. Por ejemplo, el piso 300 puede estar sustancialmente nivelado. En otros ejemplos ilustrativos, una o más porciones del piso 300 pueden estar inclinadas, en rampa o de otra manera desiguales.

15 El área 304 de ensamblaje puede ser un área dentro del entorno 100 de fabricación designada para realizar el proceso 110 de ensamblaje en la Figura 1 para construir un ensamblaje de fuselaje, tal como el ensamblaje 114 de fuselaje. El área 304 de ensamblaje también puede denominarse como celda o celda de trabajo. En este ejemplo ilustrativo, el área 304 de ensamblaje puede ser un área designada en el piso 300. Sin embargo, en otros ejemplos ilustrativos, el área 304 de ensamblaje puede incluir un área designada en el piso 300 así como el área sobre esta
20 área designada. Puede estar presente cualquier número de áreas de ensamblaje dentro del entorno 100 de fabricación, de tal modo que puede construirse cualquier número de ensamblajes de fuselaje al mismo tiempo dentro del entorno 100 de fabricación.

25 Como se ilustra, la pluralidad de sistemas 134 móviles puede incluir la pluralidad de vehículos 306 autónomos, el sistema 308 de almacén, el sistema 310 de torre y el sistema 312 de herramientas autónomo. Cada uno de la pluralidad de sistemas 134 móviles se puede accionar a través del piso 300. En otras palabras, cada uno de la pluralidad de sistemas 134 móviles puede ser capaz de accionarse de manera autónoma a través del piso 300 a partir de una ubicación 315 a otra ubicación 317 en el piso 300.

30 En un ejemplo ilustrativo, cada uno de la pluralidad de vehículos 306 autónomos puede tomar la forma de un vehículo guiado automatizado (AGV), el cual puede ser capaz de operar de manera independiente sin dirección o guía humana. En algunos casos, se puede hacer referencia a la pluralidad de vehículos 306 autónomos como una pluralidad de vehículos guiados automatizados (AGVs).

En este ejemplo ilustrativo, el sistema 308 de almacén puede utilizarse para soportar y mantener el ensamblaje 114 de fuselaje durante el proceso 110 de ensamblaje en la Figura 1. En algunos casos, el sistema 308 de almacén puede denominarse un sistema de almacén que se puede accionar. En otros casos, el sistema 308 de almacén puede denominarse un sistema de almacén que se puede accionar de manera autónoma.

35 El sistema 308 de almacén puede incluir el número de accesorios 313. Como se utiliza en este documento, un "número de" elementos puede incluir uno o más elementos. De esta manera, el número de accesorios 313 puede incluir uno o más accesorios. En algunos ejemplos ilustrativos, el número de accesorios 313 puede denominarse un número de accesorios que se pueden accionar. En otros ejemplos ilustrativos, el número de accesorios 313 puede denominarse un número de accesorios que se pueden accionar de manera autónoma.

40 El número de accesorios 313 puede incluir el número de accesorios 314 de almacén. En algunos ejemplos ilustrativos, el número de accesorios 314 de almacén puede denominarse como un número de accesorios de almacén que se pueden accionar. En otros ejemplos ilustrativos, se puede hacer referencia al número de accesorios 314 de almacén como un número de accesorios de almacén que se pueden accionar de manera autónoma. El accesorio 322 de almacén puede ser un ejemplo de uno del número de accesorios 314 de almacén.

45 El número de estructuras 326 de retención puede estar asociado con cada uno del número de accesorios 314 de almacén. El número de estructuras 326 de retención asociado con cada uno del número de accesorios 314 de almacén puede acoplarse con y utilizarse para soportar el ensamblaje 114 de fuselaje. Por ejemplo, el número de las estructuras 326 de retención asociado con el accesorio 322 de almacén pueden acoplarse con y utilizarse para soportar uno o más de la pluralidad de paneles 120.

50 El número de accesorios 314 de almacén puede accionarse de manera autónoma a través del piso 300 del entorno 100 de fabricación al área 304 de ensamblaje. En un ejemplo ilustrativo, cada uno del número de accesorios 314 de almacén puede accionarse de manera autónoma a través del piso 300 utilizando uno correspondiente de una pluralidad de vehículos 306 autónomos. En otras palabras, sin limitación, puede utilizarse el número de vehículos 316 autónomos correspondientes en la pluralidad de vehículos 306 autónomos para accionar el número de
55 accesorios 314 de almacén a través del piso 300 en el área 304 de ensamblaje.

5 En este ejemplo ilustrativo, el número de vehículos 316 autónomos correspondientes puede accionarse a partir de, por ejemplo, sin limitación, el área 318 de espera, a través del piso 300, al área 304 de ensamblaje. El área 318 de espera puede ser un área en la cual se puede mantener al menos uno de una pluralidad de vehículos 306 autónomos, un sistema 308 de almacén, un sistema 310 de torre, un sistema 312 de herramientas autónomo o un sistema 136 de control de la Figura 1 cuando el sistema 106 de fabricación flexible no está en uso o cuando ese dispositivo o sistema en particular no está en uso.

10 El área 318 de espera puede denominarse área de inicio, área de almacenamiento o área de base, dependiendo de la implementación. Aunque el área 318 de espera se muestra como ubicada dentro del entorno 100 de fabricación, el área 318 de espera puede ubicarse en alguna otra área o entorno afuera del entorno 100 de fabricación en otros ejemplos ilustrativos.

15 El número de vehículos 316 autónomos correspondientes en la pluralidad de vehículos 306 autónomos puede accionar el número de accesorios 314 de almacén en el número de posiciones 320 de almacén seleccionadas. Como se utiliza en este documento, una "posición" puede comprender una ubicación, una orientación o ambas. La ubicación puede estar en coordenadas bidimensionales o coordenadas tridimensionales con respecto a un sistema de coordenadas de referencia. La orientación puede ser una orientación bidimensional o tridimensional con respecto a un sistema de coordenadas de referencia. Este sistema de coordenadas de referencia puede ser, por ejemplo, sin limitación, un sistema de coordenadas de fuselaje, un sistema de coordenadas de aeronave, un sistema de coordenadas para el entorno 100 de fabricación o algún otro tipo de sistema de coordenadas.

20 Cuando el número de accesorios 314 de almacén incluye más de un accesorio de almacén de tal manera que el número de posiciones 320 de almacén seleccionadas incluye más de una posición de almacén, estas posiciones de almacén pueden ser posiciones seleccionadas entre sí. De esta manera, el número de accesorios 314 de almacén puede posicionarse de tal manera que el número de accesorios 314 de almacén esté en el número de posiciones 320 de almacén seleccionadas entre sí.

25 En estos ejemplos ilustrativos, puede utilizarse el número de vehículos 316 autónomos correspondientes para accionar el número de accesorios 314 de almacén en el número de posiciones 320 de almacén seleccionadas dentro del área 304 de ensamblaje. "Accionar" un componente o un sistema a través del piso 300 puede significar, por ejemplo, pero no se limita a, mover sustancialmente la totalidad de ese componente o sistema a partir de una ubicación a otra ubicación. Por ejemplo, sin limitación, accionar el accesorio 322 de almacén a través del piso 300 puede significar mover la totalidad del accesorio 322 de almacén de un lugar a otro. En otras palabras, todos o sustancialmente todos los componentes que comprenden el accesorio 322 de almacén pueden moverse simultáneamente de una ubicación a otra.

30 Una vez que el número de accesorios 314 de almacén ha sido accionado a un número de posiciones 320 de almacén seleccionadas en el área 304 de ensamblaje, el número de accesorios 314 de almacén se puede acoplar entre sí y al sistema 310 de torre. El número de vehículos 316 autónomos correspondientes puede entonces retirarse hasta el número de accesorios 314 de almacén, por ejemplo, sin limitación, el área 318 de espera, una vez que el número de accesorios 314 de almacén se coloca en el número de posiciones 320 de almacén seleccionadas dentro de las tolerancias seleccionadas. En otros ejemplos ilustrativos, el número de vehículos 316 autónomos correspondientes puede estar compuesto por un solo vehículo autónomo que se utiliza para accionar cada uno de un número de accesorios 314 de almacén en una posición seleccionada correspondiente en un número de posiciones 320 de almacén seleccionadas dentro del área 304 de ensamblaje una a la vez.

35 En el área 304 de ensamblaje, el número de accesorios 314 de almacén puede configurarse para formar un accesorio 324 de ensamblaje. El accesorio 324 de ensamblaje puede formarse cuando los diferentes accesorios de almacén en el número de accesorios 314 de almacén se han colocado en el número de posiciones 320 de almacén seleccionadas en relación entre sí. En algunos casos, el accesorio 324 de ensamblaje puede formarse cuando el número de accesorios 314 de almacén se ha acoplado entre sí a la vez que el número de accesorios 314 de almacén está en el número de posiciones 320 de almacén seleccionadas y cuando el número de estructuras 326 de retención asociado con cada uno del número de accesorios 314 de almacén se han ajustado para recibir el ensamblaje 114 de fuselaje.

40 De esta manera, el número de accesorios 314 de almacén puede formar una sola entidad de accesorio, tal como el accesorio 324 de ensamblaje. El accesorio 324 de ensamblaje se puede utilizar para soportar y mantener el ensamblaje 114 de fuselaje. En algunos casos, el accesorio 324 de ensamblaje puede denominarse como un sistema de accesorio de ensamblaje o un sistema de accesorio. En algunos casos, el accesorio 324 de ensamblaje puede denominarse como un accesorio de ensamblaje que se puede accionar. En otros casos, el accesorio 324 de ensamblaje puede denominarse un accesorio de ensamblaje que se puede accionar de manera autónoma.

55 Una vez que se ha formado el accesorio 324 de ensamblaje, el número de accesorios 314 de almacén puede recibir el ensamblaje 114 de fuselaje. En otras palabras, la pluralidad de secciones 205 de fuselaje puede acoplarse con el número de accesorios 314 de almacén. En particular, la pluralidad de secciones 205 de fuselaje puede estar acoplada con el número de estructuras 326 de retención asociadas con cada uno del número de accesorios 314 de

armazón. La pluralidad de las secciones 205 de fuselaje puede acoplarse con el número de accesorios 314 de armazón en un número de maneras.

5 Cuando el número de accesorios 314 de armazón incluye un solo accesorio de armazón, ese accesorio de armazón se puede utilizar para soportar y mantener sustancialmente todo el ensamblaje 114 de fuselaje. Cuando el número de accesorios 314 de armazón incluye múltiples accesorios de armazón, cada uno de estos accesorios de armazón puede utilizarse para soportar y mantener al menos una sección de fuselaje correspondiente de una pluralidad de secciones 205 de fuselaje.

10 En un ejemplo ilustrativo, cada una de la pluralidad de secciones 205 de fuselaje puede acoplarse con el número de accesorios 314 de armazón una a la vez. Por ejemplo, sin limitación, todos los paneles para una sección de fuselaje particular en una pluralidad de secciones 205 de fuselaje pueden posicionarse entre sí y un accesorio de armazón correspondiente en el número de accesorios 314 de armazón y luego acoplarse con el accesorio de armazón correspondiente. Las secciones de fuselaje restantes en la pluralidad de secciones 205 de fuselaje pueden entonces formarse y acoplarse con el número de accesorios 314 de armazón de manera similar. De esta manera, la pluralidad de paneles 120 puede acoplarse con el número de accesorios 314 de armazón acoplando al menos una porción de la pluralidad de paneles 120 con el número de estructuras 326 de retención asociadas con cada uno del número de accesorios 314 de armazón que conforman el accesorio 324 de ensamblaje tal como la pluralidad de paneles 120 está soportada por el número de accesorios 314 de armazón.

20 Como se describe en la Figura 2, la pluralidad de paneles 120 puede incluir paneles 222 de quilla, paneles 220 laterales y paneles 218 de corona. En un ejemplo ilustrativo, todos los paneles 222 de quilla en la Figura 2 que se utilizan para formar la quilla 202 del ensamblaje 114 de fuselaje en la Figura 2, se pueden posicionar primero en relación y acoplarse con el número de accesorios 314 de armazón. Luego, todos los paneles 220 laterales en la Figura 2 utilizados para formar los lados 204 del ensamblaje 114 de fuselaje en la Figura 2 se pueden posicionar en relación y acoplarse con los paneles 222 de quilla. Luego, todos los paneles 218 de corona en la Figura 2 utilizados para formar la corona 200 del ensamblaje 114 de fuselaje en la Figura 2 se pueden posicionar en relación y acoplarse con los paneles 220 laterales. De esta manera, la pluralidad de las secciones 205 de fuselaje se pueden ensamblar al mismo tiempo para formar el ensamblaje 114 de fuselaje.

30 En un ejemplo ilustrativo, cada panel en la pluralidad de paneles 120 puede tener una porción correspondiente de la pluralidad de miembros 122 completamente formados y asociados con el panel antes de que el panel se acople con uno del número de accesorios 314 de armazón. Esta porción correspondiente de la pluralidad de miembros 122 puede denominarse una sección de soporte. Por ejemplo, la sección 238 de soporte en la Figura 2 puede estar completamente formada y asociada con el panel 216 en la Figura 2 antes de que el panel 216 se acople con uno del número de accesorios 314 de armazón u otro panel de la pluralidad de paneles 120 en la Figura 2. En otras palabras, una porción correspondiente de los miembros 242 de soporte en la Figura 2 ya puede estar unida al panel 216 y una porción correspondiente de los miembros 244 de conexión en la Figura 2 ya está instalada para conectar esta porción de miembros 242 de soporte entre sí antes de que el panel 216 de la Figura 2 se acople con uno del número de accesorios 314 de armazón.

40 En otros ejemplos ilustrativos, la pluralidad de miembros 122 puede estar asociada con la pluralidad de paneles 120 después de que la pluralidad de paneles 120 se hayan acoplado entre sí y el número de accesorios 314 de armazón. En aún otros ejemplos ilustrativos, solo una porción de la pluralidad de miembros 122 puede estar asociada con una pluralidad de paneles 120 antes de que la pluralidad de paneles 120 se hayan acoplado entre sí y el número de accesorios 314 de armazón y luego una porción restante de la pluralidad de miembros 122 asociados con la pluralidad de paneles 120 una vez que la pluralidad de paneles 120 se hayan acoplado entre sí y el número de accesorios 314 de armazón.

45 En algunos ejemplos ilustrativos, uno o más de los miembros 242 de soporte en la Figura 2, uno o más de los miembros 244 de conexión en la Figura 2, o ambos pueden no estar asociados con el panel 216 cuando el panel 216 de la Figura 2 está acoplado con uno del número de accesorios 314 de armazón o con uno de los otros paneles en la pluralidad de paneles 120. Por ejemplo, sin limitación, los marcos 246 descritos en la Figura 2 se pueden agregar al panel 216 de la Figura 2 después de que el panel 216 se haya acoplado con el accesorio 322 de armazón. En otro ejemplo, los refuerzos 250 descritos en la Figura 2 se pueden agregar al panel 216 de la Figura 2 después de que el panel 216 se haya acoplado con el accesorio 322 de armazón.

55 La construcción del ensamblaje 114 de fuselaje puede incluir el acoplamiento de una pluralidad de paneles 120 entre sí a medida que la pluralidad de paneles 120 se construye sobre el número de accesorios 314 de armazón del accesorio 324 de ensamblaje. Por ejemplo, los paneles adyacentes en la pluralidad de paneles 120 pueden estar conectados, conectando al menos una porción de los miembros de soporte asociados con los paneles. Dependiendo de la implementación, al menos uno de los empalmes de solapa, empalmes a tope u otros tipos de empalmes se pueden utilizar para conectar los paneles adyacentes además de o en lugar de conectar los miembros de soporte correspondientes de los paneles adyacentes.

Como un ejemplo ilustrativo, los miembros de soporte asociados con dos paneles adyacentes en la pluralidad de paneles 120 pueden conectarse entre sí utilizando miembros de conexión, conectando por consiguiente los dos

- paneles adyacentes. Los dos miembros de soporte asociados con estos dos paneles adyacentes pueden ser, por ejemplo, sin limitación, empalmados, amarrados, recortados, fijados, instalados, unidos, o sujetos entre sí de alguna otra manera. Cuando los dos paneles adyacentes son adyacentes en sentido de aro, los marcos complementarios se pueden conectar en la dirección en sentido de aro. Cuando los dos paneles adyacentes son adyacentes longitudinalmente, se pueden conectar los largueros complementarios en la dirección longitudinal.
- En algunos casos, conectar largueros complementarios, marcos u otros miembros de soporte en estos dos paneles adyacentes puede ser parte del empalme de estos paneles entre sí. Los paneles adyacentes pueden conectarse entre sí utilizando cualquier número de empalmes de panel, empalmes de larguero, empalmes de marco u otros tipos de empalmes.
- En un ejemplo ilustrativo, la pluralidad de paneles 120 puede conectarse temporalmente entre sí sujetando temporalmente al menos uno de la pluralidad de paneles 120 o la pluralidad de miembros 122 entre sí utilizando sujetadores temporales o sujetadores permanentes. Por ejemplo, sin limitación, se pueden utilizar abrazaderas temporales para conectar temporalmente y mantener en su lugar dos de la pluralidad de paneles 120 entre sí. La conexión temporal de la pluralidad de paneles 120 entre sí puede realizarse mediante al menos uno de los que conectan temporalmente al menos dos de la pluralidad de paneles 120 entre sí, conectando temporalmente al menos dos de la pluralidad de miembros 122 entre sí, o conectando temporalmente al menos uno de la pluralidad de paneles 120 a al menos uno de la pluralidad de miembros 122 de tal manera que la pluralidad de miembros 122 asociados con la pluralidad de paneles 120 formen la estructura 121 de soporte en la Figura 2 para el ensamblaje 114 de fuselaje.
- Como un ejemplo ilustrativo, la pluralidad de paneles 120 puede ser clavada o fijada temporalmente entre sí utilizando sujetadores 328 temporales hasta que la pluralidad de sujetadores 264 esté instalada para unir la pluralidad de paneles 120 entre sí para formar el ensamblaje 114 de fuselaje. La conexión temporal de la pluralidad de paneles 120 puede conectar temporalmente entre sí una pluralidad de secciones 205 de fuselaje de la Figura 2 formada por una pluralidad de paneles 120. Una vez que se han instalado la pluralidad de sujetadores 264, entonces se pueden retirar los sujetadores 328 temporales.
- De esta manera, la pluralidad de paneles 120 pueden conectarse entre sí en un número de maneras diferentes. Una vez que se ha conectado la pluralidad de paneles 120, se puede considerar que la pluralidad de miembros 122 forma la estructura 121 de soporte para el ensamblaje 114 de fuselaje. La conexión de la pluralidad de paneles 120 entre sí y la formación de la estructura 121 de soporte pueden mantener el cumplimiento deseado con los requisitos de la línea de molde exterior y los requisitos de la línea de molde interior para el ensamblaje 114 de fuselaje. En otras palabras, la pluralidad de paneles 120 se pueden mantener juntos entre sí con respecto al otro de tal manera que el ensamblaje 114 de fuselaje formado que utiliza la pluralidad de paneles 120 cumpla con los requisitos de la línea de molde exterior y los requisitos de la línea de molde interior para el ensamblaje 114 de fuselaje dentro de las tolerancias seleccionadas.
- En particular, el accesorio 324 de ensamblaje puede soportar una pluralidad de paneles 120 y una estructura 121 de soporte asociada con una pluralidad de paneles 120 de tal manera que el ensamblaje 114 de fuselaje construido que utiliza la pluralidad de paneles 120 y la estructura 121 de soporte tengan una forma y una configuración dentro de las tolerancias seleccionadas. De esta manera, esta forma y configuración pueden mantenerse dentro de las tolerancias seleccionadas a la vez que se soporta la pluralidad de paneles 120 y la pluralidad de miembros 122 asociados con la pluralidad de paneles 120 durante la construcción del ensamblaje 114 de fuselaje. Esta forma se puede determinar al menos parcialmente, mediante, por ejemplo, sin limitación, los requisitos de la línea de molde exterior y los requisitos de la línea de molde interior para el ensamblaje 114 de fuselaje. En algunos casos, la forma puede determinarse, al menos parcialmente, mediante la ubicación y orientación de los marcos y largueros del ensamblaje 114 de fuselaje.
- En algunos casos, cuando el ensamblaje de la pluralidad de paneles 120 y la estructura 121 de soporte que comprende el ensamblaje 114 de fuselaje han alcanzado un punto deseado, el número de vehículos 316 autónomos correspondientes pueden accionar el accesorio 324 de ensamblaje fuera del área 304 de ensamblaje. Por ejemplo, el ensamblaje 114 de fuselaje puede accionarse a través del piso 300 a un área diferente dentro del entorno 100 de fabricación, a partir del piso 300 a otro piso en un entorno de fabricación diferente, o a partir del piso 300 a otro piso en alguna otra área o entorno.
- En un ejemplo ilustrativo, el accesorio 324 de ensamblaje puede ser accionado a alguna otra ubicación en la cual está ubicado otro accesorio de ensamblaje de tal manera que los dos accesorios de ensamblaje se puedan acoplar para formar un accesorio de ensamblaje más grande. Como un ejemplo ilustrativo, el accesorio 324 de ensamblaje puede utilizarse para soportar y mantener el ensamblaje 116 de fuselaje posterior en la Figura 1, a la vez que otro accesorio de ensamblaje implementado de una manera similar al accesorio 324 de ensamblaje puede utilizarse para soportar y mantener el ensamblaje 117 de fuselaje delantero en la Figura 1. Aún otro accesorio de ensamblaje implementado de manera similar al accesorio 324 de ensamblaje puede utilizarse para soportar y mantener el ensamblaje 118 de fuselaje medio en la Figura 1.

Una vez que se han construido estos tres ensamblajes de fuselaje, los tres accesorios de ensamblaje se pueden unir entre sí para formar un accesorio de ensamblaje más grande para sostener el ensamblaje 116 de fuselaje posterior, el ensamblaje 118 de fuselaje medio y el ensamblaje 117 de fuselaje delantero de tal manera que estos tres ensamblajes de fuselaje puedan unirse para formar el fuselaje 102 descrito en la Figura 1. En particular, este accesorio de ensamblaje más grande puede sostener el ensamblaje 116 de fuselaje posterior, el ensamblaje 118 de fuselaje medio y el ensamblaje 117 de fuselaje delantero en alineación entre sí de tal manera que el fuselaje 102 pueda construirse dentro de las tolerancias seleccionadas.

En otro ejemplo ilustrativo, un primer accesorio de ensamblaje y un segundo accesorio de ensamblaje implementados de una manera similar al accesorio 324 de ensamblaje pueden utilizarse para soportar y mantener el ensamblaje 116 de fuselaje posterior y el ensamblaje 117 de fuselaje delantero, respectivamente, de la Figura 1. Una vez que se han construido estos dos ensamblajes de fuselaje, los dos accesorios de ensamblaje se pueden unir entre sí para formar un accesorio de ensamblaje más grande para sostener los dos ensamblajes de fuselaje de tal modo que estos ensamblajes de fuselaje se puedan unir para formar el fuselaje 102. El accesorio de ensamblaje más grande puede sostener el ensamblaje 116 de fuselaje posterior y el ensamblaje 117 de fuselaje delantero en alineación entre sí de tal manera que el fuselaje 102 pueda construirse dentro de las tolerancias seleccionadas.

Como se muestra, el sistema 310 de torre incluye el número de torres 330. La torre 332 puede ser un ejemplo de una implementación para una del número de torres 330. La torre 332 puede configurarse para proporcionar acceso al interior 236 del ensamblaje 114 de fuselaje descrito en la Figura 2. En algunos ejemplos ilustrativos, la torre 332 puede denominarse como una torre que se puede accionar. En otros ejemplos ilustrativos, la torre 332 puede denominarse como una torre que se puede accionar de manera autónoma.

En un ejemplo ilustrativo, la torre 332 puede tomar la forma de la primera torre 334. La primera torre 334 también puede denominarse en algunos casos como una torre de operador. En otro ejemplo ilustrativo, la torre 332 puede tomar la forma de la segunda torre 336. La segunda torre 336 también puede denominarse en algunos casos como una torre robótica. De esta manera, el número de torres 330 puede incluir tanto la primera torre 334 como la segunda torre 336.

La primera torre 334 puede configurarse sustancialmente para su uso por un operador humano, a la vez que la segunda torre 336 puede configurarse sustancialmente para su uso por una plataforma móvil que tiene al menos un dispositivo robótico asociado con la plataforma móvil. En otras palabras, la primera torre 334 puede permitir que un operador humano acceda y entre en el interior 236 del ensamblaje 114 de fuselaje. La segunda torre 336 puede permitir que una plataforma móvil acceda y entre en el interior 236 del ensamblaje 114 de fuselaje.

La primera torre 334 y la segunda torre 336 pueden posicionarse en relación con el accesorio 324 de ensamblaje en diferentes momentos durante el proceso 110 de ensamblaje. Como un ejemplo ilustrativo, uno de la pluralidad de vehículos 306 autónomos puede utilizarse para mover o accionar de manera autónoma la primera torre 334 a partir de área 318 de espera en la posición 338 de torre seleccionada dentro del área 304 de ensamblaje. El número de accesorios 314 de armazón puede entonces ser accionado de manera autónoma, utilizando un número de vehículos 316 autónomos correspondientes, en un número de posiciones 320 de armazón seleccionadas en relación con la primera torre 334, la cual está en la posición 338 de torre seleccionada dentro del área 304 de ensamblaje.

La segunda torre 336 puede intercambiarse por la primera torre 334 en alguna etapa posterior durante el proceso 110 de ensamblaje en la Figura 1. Por ejemplo, uno de la pluralidad de vehículos 306 autónomos puede utilizarse para accionar de manera autónoma la primera torre 334 fuera del área 304 de ensamblaje y de regreso al área 318 de espera. El mismo vehículo autónomo o un vehículo autónomo diferente en la pluralidad de vehículos 306 autónomos se puede utilizar para accionar de manera autónoma la segunda torre 336 a partir del área 318 de espera a la posición 338 de torre seleccionada dentro del área 304 de ensamblaje que anteriormente estaba ocupada por la primera torre 334. Dependiendo de la implementación, la primera torre 334 puede intercambiarse posteriormente por la segunda torre 336.

En otros ejemplos ilustrativos, la primera torre 334 y la segunda torre 336 pueden tener cada una un vehículo autónomo en una pluralidad de vehículos 306 autónomos asociados de manera fija con la torre. En otras palabras, uno de la pluralidad de vehículos 306 autónomos puede integrarse con la primera torre 334 y uno de la pluralidad de vehículos 306 autónomos puede integrarse con la segunda torre 336. Por ejemplo, uno de la pluralidad de vehículos 306 autónomos puede considerarse parte de o construido en la primera torre 334. La primera torre 334 puede entonces considerarse capaz de accionarse de manera autónoma a través del piso 300. De manera similar, uno de la pluralidad de vehículos 306 autónomos puede considerarse parte de o construido en la segunda torre 336. La segunda torre 336 puede entonces considerarse capaz de accionarse de manera autónoma a través del piso 300.

El sistema 310 de torre y el accesorio 324 de ensamblaje pueden configurarse para formar la interfaz 340 entre sí. La interfaz 340 puede ser una interfaz física entre el sistema 310 de torre y el accesorio 324 de ensamblaje. El sistema 310 de torre también puede configurarse para formar la interfaz 342 con el sistema 138 de utilidad. En un ejemplo ilustrativo, la interfaz 340 y la interfaz 342 pueden formarse de manera autónoma.

La interfaz 342 puede ser una interfaz física entre el sistema 310 de torre y el sistema 138 de utilidad. En estos ejemplos ilustrativos, además de ser interfaces físicas, la interfaz 340 y la interfaz 342 también pueden ser interfaces de utilidad. Por ejemplo, con respecto a la utilidad de la energía, la interfaz 340 y la interfaz 342 pueden considerarse interfaces eléctricas.

5 El sistema 138 de utilidad está configurado para distribuir el número de utilidades 146 al sistema 310 de torre cuando el sistema 310 de torre y el sistema 138 de utilidad están acoplados física y eléctricamente a través de la interfaz 342. El sistema 310 de torre puede distribuir entonces el número de utilidades 146 al accesorio 324 de ensamblaje formado por el sistema 308 de armazón cuando el accesorio 324 de ensamblaje y el sistema 310 de torre están acoplados física y eléctricamente a través de la interfaz 340. El número de utilidades 146 puede incluir al menos uno de energía, aire, fluido hidráulico, comunicaciones, agua o algún otro tipo de utilidad.

10 Como se muestra, el sistema 138 de utilidad puede incluir el accesorio 150 de utilidad. El accesorio 150 de utilidad puede configurarse para recibir el número de utilidades 146 a partir del número de fuentes 148 de utilidad. El número de fuentes 148 de utilidad puede incluir, por ejemplo, sin limitación, al menos uno de un generador de energía, un sistema de batería, un sistema de agua, una línea eléctrica, un sistema de comunicaciones, un sistema de fluido hidráulico, un tanque de aire o algún otro tipo de fuente de utilidad. Por ejemplo, el accesorio 150 de utilidad puede recibir energía a partir de un generador de energía.

15 En un ejemplo ilustrativo, el accesorio 150 de utilidad se puede posicionar con respecto al área 304 de ensamblaje. Dependiendo de la implementación, el accesorio 150 de utilidad se puede posicionar dentro del área 304 de ensamblaje o fuera del área 304 de ensamblaje.

20 En algunos ejemplos ilustrativos, el accesorio 150 de utilidad puede estar asociado con el piso 300. Dependiendo de la implementación, el accesorio 150 de utilidad puede estar permanentemente asociado con el piso 300 o temporalmente asociado con el piso 300. En otros ejemplos ilustrativos, el accesorio 150 de utilidad puede estar asociado con alguna otra superficie del entorno 100 de fabricación, tal como un techo, o alguna otra estructura en el entorno 100 de fabricación. En algunos casos, el accesorio 150 de utilidad puede estar incorporado dentro del piso 300.

25 En un ejemplo ilustrativo, la primera torre 334 se puede accionar de manera autónoma a la posición 338 de torre seleccionada con respecto al piso 300 en relación con el accesorio 150 de utilidad de tal modo que la interfaz 342 se pueda formar entre la primera torre 334 y el accesorio 150 de utilidad. Una vez que se ha formado la interfaz 342, el número de utilidades 146 puede fluir a partir del accesorio 150 de utilidad a la primera torre 334. El accesorio 324 de ensamblaje puede entonces formar de manera autónoma la interfaz 340 con la primera torre 334 para formar una red de cables de utilidad entre la primera torre 334 y el accesorio 324 de ensamblaje. Una vez que se han formado la interfaz 342 y la interfaz 340, el número de utilidades 146 recibidas en el accesorio 150 de utilidad puede fluir a partir del accesorio 150 de utilidad a la primera torre 334 y a cada uno del número de accesorios 314 de armazón que forman el accesorio 324 de ensamblaje. De esta manera, la primera torre 334 puede funcionar como un conducto o "intermediario" para distribuir el número de utilidades 146 al accesorio 324 de ensamblaje.

30 Cuando se ha formado la interfaz 340 entre la segunda torre 336 y el accesorio 324 de ensamblaje y se ha formado la interfaz 342 entre la segunda torre 336 y el accesorio 150 de utilidad, se puede proporcionar el número de utilidades 146 a la segunda torre 336 y al accesorio 324 de ensamblaje en una manera similar como se describe anteriormente. Por lo tanto, el accesorio 150 de utilidad puede distribuir el número de utilidades 146 al sistema 310 de torre y al accesorio 324 de ensamblaje sin que el sistema 310 de torre y el accesorio 324 de ensamblaje de armazón tengan que conectarse por separado al número de fuentes 148 de utilidad o cualquiera de otras fuentes de utilidad.

35 El sistema 312 de herramientas autónomo puede utilizarse para ensamblar una pluralidad de paneles 120 y una estructura 121 de soporte a la vez que el ensamblaje 114 de fuselaje está soportado y sujetado por el accesorio 324 de ensamblaje. El sistema 312 de herramientas autónomo puede incluir una pluralidad de plataformas 344 móviles. Cada una de la pluralidad de las plataformas 344 móviles pueden configurarse para realizar una o más de las operaciones 124 en el proceso 110 de ensamblaje que se describe en la Figura 1. En particular, la pluralidad de plataformas 344 móviles puede accionarse de manera autónoma a posiciones seleccionadas con respecto a la pluralidad de paneles 120 dentro de las tolerancias seleccionadas para realizar operaciones 124 de manera autónoma que unan la pluralidad de paneles 120 entre sí para construir el ensamblaje 114 de fuselaje. La pluralidad de plataformas 344 móviles se describe con mayor detalle a continuación en la Figura 4.

40 En este ejemplo ilustrativo, el ensamblaje de controladores 140 en el sistema 136 de control puede generar comandos 142 como se describe en la Figura 1 para controlar el funcionamiento de al menos uno del sistema 308 de armazón, el sistema 310 de torre, el sistema 138 de utilidad, sistema 312 de herramientas autónomo, o una pluralidad de vehículos 306 autónomos. El ensamblaje de controladores 140 en la Figura 1 puede comunicarse con al menos uno del sistema 308 de armazón, el sistema 310 de torre, el sistema 138 de utilidad, el sistema 312 de herramientas autónomo, o la pluralidad de vehículos 306 autónomos utilizando cualquier número de enlaces de comunicaciones inalámbricas, enlaces de comunicaciones por cable, enlaces de comunicaciones ópticas, otros tipos de enlaces de comunicaciones, o una combinación de los mismos.

De esta manera, la pluralidad de sistemas 134 móviles del sistema 106 de fabricación flexible puede utilizarse para automatizar el proceso de construcción del ensamblaje 114 de fuselaje. La pluralidad de sistemas 134 móviles puede permitir que el ensamblaje 114 de fuselaje se construya sustancialmente de manera autónoma con respecto a la unión entre sí de la pluralidad de paneles 120 para reducir el tiempo total, el esfuerzo y los recursos humanos necesarios.

El sistema 106 de fabricación flexible puede construir el ensamblaje 114 de fuselaje hasta el punto necesario para mover el ensamblaje 114 de fuselaje a la siguiente etapa en el proceso 108 de fabricación para construir el fuselaje 102 o la siguiente etapa en el proceso de fabricación para construir la aeronave 104, dependiendo de implementación. En algunos casos, el sistema 308 de armazón en la forma de accesorio 324 de ensamblaje puede continuar transportando y soportando el ensamblaje 114 de fuselaje durante una o más de estas etapas posteriores en el proceso 108 de fabricación para construir el fuselaje 102 y la aeronave 104.

Con referencia ahora a la Figura 4, se muestra una ilustración de la pluralidad de plataformas 344 móviles de la Figura 3 en la forma de un diagrama de bloques de acuerdo con una realización ilustrativa. Como se muestra, la pluralidad de plataformas 344 móviles puede incluir el número de plataformas 400 móviles externas y el número de plataformas 402 móviles internas. De esta manera, la pluralidad de plataformas 344 móviles puede incluir al menos una plataforma móvil externa y al menos una plataforma móvil interna.

En algunos ejemplos ilustrativos, el número de plataformas 400 móviles externas pueden denominarse como un número de plataformas móviles externas que se pueden accionar. De manera similar, en algunos casos, el número de plataformas 402 móviles internas pueden denominarse como un número de plataformas móviles internas que se pueden accionar. En otros ejemplos ilustrativos, el número de plataformas 400 móviles externas y el número de plataformas 402 móviles internas pueden denominarse un número de plataformas móviles externas que se pueden accionar de manera autónoma y un número de plataformas móviles internas que se pueden accionar de manera autónoma, respectivamente.

La plataforma 404 móvil externa puede ser un ejemplo de un número de plataformas 400 móviles externas y la plataforma 406 móvil interna puede ser un ejemplo de un número de plataformas 402 móviles internas. La plataforma 404 móvil externa y la plataforma 406 móvil interna pueden ser plataformas que se pueden accionar de manera autónoma. Dependiendo de la implementación, cada una de la plataforma 404 móvil externa y la plataforma 406 móvil interna pueden configurarse para accionarse de manera autónoma a través del piso 300 por sí solas o con la ayuda de uno de la pluralidad de vehículos 306 autónomos de la Figura 3.

Como un ejemplo ilustrativo, sin limitación, la plataforma 404 móvil externa se puede accionar de manera autónoma a través del piso 300 utilizando uno correspondiente de la pluralidad de vehículos 306 autónomos. En algunos ejemplos ilustrativos, la plataforma 404 móvil externa y este uno correspondiente de la pluralidad de vehículos 306 autónomos pueden estar integrados entre sí. Por ejemplo, el vehículo autónomo puede estar asociado de manera fija con la plataforma 404 móvil externa. Una carga completa de la plataforma 404 móvil externa puede ser transferible al vehículo autónomo de tal manera que accionar el vehículo autónomo a través del piso 300 acciona la plataforma 404 móvil externa a través del piso 300.

La plataforma 404 móvil externa puede ser accionada, por ejemplo, sin limitación, a partir del área 318 de espera a una posición relativa al exterior 234 del ensamblaje 114 de fuselaje para realizar una o más operaciones 124 en la Figura 1. Como se muestra, al menos uno del dispositivo 408 robótico externo puede estar asociado con la plataforma 404 móvil externa. En este ejemplo ilustrativo, el dispositivo 408 robótico externo puede considerarse parte de la plataforma 404 móvil externa. En otros ejemplos ilustrativos, el dispositivo 408 robótico externo puede considerarse un componente separado que está físicamente unido a la plataforma 404 móvil externa. El dispositivo 408 robótico externo puede tomar la forma de, por ejemplo, sin limitación, un brazo robótico.

El dispositivo 408 robótico externo puede tener un primer efector 410 de extremo. Cualquier número de herramientas puede asociarse con el primer efector 410 de extremo. Estas herramientas pueden incluir, por ejemplo, sin limitación, al menos una de una herramienta de perforación, una herramienta de inserción de sujetadores, una herramienta de instalación de sujetadores, una herramienta de inspección o algún otro tipo de herramienta. En particular, cualquier número de herramientas de sujeción puede estar asociado con el primer efector 410 de extremo.

Como se muestra, la primera herramienta 411 puede estar asociada con el primer efector 410 de extremo. En un ejemplo ilustrativo, la primera herramienta 411 puede ser cualquier herramienta que esté asociada de manera desmontable con el primer efector 410 de extremo. En otras palabras, la primera herramienta 411 asociada con el primer efector 410 de extremo puede cambiarse a medida que se deban realizar diversas operaciones. Por ejemplo, sin limitación, la primera herramienta 411 puede tomar la forma de un tipo de herramienta, tal como una herramienta de perforación, para realizar un tipo de operación. Esta herramienta se puede intercambiar con otro tipo de herramienta, tal como una herramienta de inserción de sujetadores, para convertirse en la nueva primera herramienta 411 asociada con el primer efector 410 de extremo para realizar un tipo diferente de operación.

En un ejemplo ilustrativo, la primera herramienta 411 puede tomar la forma de la primera herramienta 412 de remachado. La primera herramienta 412 de remachado puede utilizarse para realizar operaciones de remachado. En

- algunos ejemplos ilustrativos, pueden intercambiarse un número de herramientas diferentes con la primera herramienta 412 de remachado y asociarse con el primer efector 410 de extremo. Por ejemplo, sin limitación, la primera herramienta 412 de remachado puede intercambiarse con una herramienta de perforación, una herramienta de inserción de sujetadores, una herramienta de instalación de sujetadores, una herramienta de inspección o algún otro tipo de herramienta.
- La plataforma 404 móvil externa se puede accionar de manera autónoma a través del piso 300 y posicionarse con respecto al accesorio 324 de ensamblaje en la Figura 3 que soporta el ensamblaje 114 de fuselaje para posicionar el primer efector 410 de extremo y la primera herramienta 411 asociada con el primer efector 410 de extremo en relación con una pluralidad de paneles 120. Por ejemplo, la plataforma 404 móvil externa se puede accionar de manera autónoma a través del piso 300 a la posición 414 externa en relación con el accesorio 324 de ensamblaje. De esta manera, la primera herramienta 411 transportada por la plataforma 404 móvil externa puede ser macro posicionada utilizando la plataforma 404 móvil externa.
- Una vez en la posición 414 externa, el primer efector 410 de extremo puede controlarse de manera autónoma utilizando al menos un dispositivo 408 robótico externo para posicionar la primera herramienta 411 asociada con el primer efector 410 de extremo en relación con una ubicación particular en un lado orientado al exterior de uno de la pluralidad de paneles 120. De esta manera, la primera herramienta 411 puede estar micro posicionada con respecto a la ubicación particular.
- La plataforma 406 móvil interna puede ubicarse en la segunda torre 336 en la Figura 3 cuando la plataforma 406 móvil interna no está en uso. Cuando la interfaz 342 descrita en la Figura 3 se forma entre la segunda torre 336 y el accesorio 324 de ensamblaje, la plataforma 406 móvil interna se puede accionar a partir de la segunda torre 336 hacia el interior 236 del ensamblaje 114 de fuselaje y utilizarse para realizar una o más de las operaciones 124. En un ejemplo ilustrativo, la plataforma 406 móvil interna puede tener un sistema de movimiento que permite que la plataforma 406 móvil interna se mueva a partir de la segunda torre 336 hacia un piso dentro del ensamblaje 114 de fuselaje.
- Al menos un dispositivo 416 robótico interno puede estar asociado con la plataforma 406 móvil interna. En este ejemplo ilustrativo, el dispositivo 416 robótico interno puede considerarse parte de la plataforma 406 móvil interna. En otros ejemplos ilustrativos, el dispositivo 416 robótico interno puede considerarse un componente separado que está físicamente conectado a la plataforma 406 móvil interna. El dispositivo 416 robótico interno puede tomar la forma de, por ejemplo, sin limitación, un brazo robótico.
- El dispositivo 416 robótico interno puede tener un segundo efector 418 final. Cualquier número de herramientas puede estar asociado con el segundo efector 418 final. Por ejemplo, sin limitación, al menos una de una herramienta de perforación, una herramienta de inserción de sujetadores, una herramienta de instalación de sujetadores, una herramienta de inspección, o algún otro tipo de herramienta puede estar asociada con el segundo efector 418 final. En particular, cualquier número de herramientas de sujeción puede estar asociada con el segundo efector 418 final.
- Como se muestra, la segunda herramienta 419 puede estar asociada con el segundo efector 418 final. En un ejemplo ilustrativo, la segunda herramienta 419 puede ser cualquier herramienta que esté asociada de manera desmontable con el segundo efector 418 final. En otras palabras, la segunda herramienta 419 asociada con el segundo efector 418 final se puede cambiar a medida que se deban realizar diversas operaciones. Por ejemplo, sin limitación, la primera herramienta 411 puede tomar la forma de un tipo de herramienta, tal como una herramienta de perforación, para realizar un tipo de operación. Esta herramienta se puede intercambiar con otro tipo de herramienta, tal como una herramienta de inserción de sujetadores, para convertirse en la nueva primera herramienta 411 asociada con el primer efector 410 de extremo para realizar un tipo de operación diferente.
- En un ejemplo ilustrativo, la segunda herramienta 419 puede tomar la forma de una segunda herramienta 420 de remachado. La segunda herramienta 420 de remachado puede estar asociada con el segundo efector 418 final. La segunda herramienta 420 de remachado puede utilizarse para realizar operaciones de remachado. En algunos ejemplos ilustrativos, pueden intercambiarse un número de herramientas diferentes con la segunda herramienta 420 de remachado y asociarse con el segundo efector 418 final. Por ejemplo, sin limitación, la segunda herramienta 420 de remachado puede intercambiarse con una herramienta de perforación, una herramienta de inserción de sujetadores, una herramienta de instalación de sujetadores, una herramienta de inspección o algún otro tipo de herramienta.
- La plataforma 406 móvil interna se puede accionar a partir de la segunda torre 336 al ensamblaje 114 de fuselaje y posicionarse con respecto al interior 236 del ensamblaje 114 de fuselaje para posicionar el segundo efector 418 final y la segunda herramienta 419 asociada con el segundo efector 418 final con respecto a uno de la pluralidad de paneles 120. En un ejemplo ilustrativo, la plataforma 406 móvil interna se puede accionar de manera autónoma sobre uno del número de pisos 266 en la Figura 2 a la posición 422 interna dentro del ensamblaje 114 de fuselaje con respecto al ensamblaje 114 de fuselaje. De esta manera, la segunda herramienta 419 se puede macro posicionar en la posición 422 interna utilizando la plataforma 406 móvil interna.

- Una vez en la posición 422 interna, el segundo efector 418 final puede controlarse de manera autónoma para posicionar la segunda herramienta 419 asociada con el segundo efector 418 final con respecto a una ubicación particular en un lado orientado hacia el interior de uno de la pluralidad de paneles 120 o un lado orientado hacia el interior de uno de la pluralidad de miembros 122 en la Figura 2 que conforman la estructura 121 de soporte. De esta manera, la segunda herramienta 419 puede estar micro posicionada con respecto a la ubicación particular.
- En un ejemplo ilustrativo, la posición 414 externa para la plataforma 404 móvil externa y la posición 422 interna para la plataforma 406 móvil interna pueden seleccionarse de tal manera que el proceso 424 de sujeción pueda realizarse en la ubicación 426 en el ensamblaje 114 de fuselaje utilizando la plataforma 404 móvil externa y plataforma 406 móvil interna. El proceso 424 de sujeción puede incluir cualquier número de operaciones. En un ejemplo ilustrativo, el proceso 424 de sujeción puede incluir al menos uno de la operación 428 de perforación, la operación 430 de inserción de sujetadores, la operación 432 de instalación de sujetadores, la operación 434 de inspección o algún otro tipo de operación.
- Como un ejemplo específico, la operación 428 de perforación puede realizarse de manera autónoma utilizando la primera herramienta 411 asociada con el primer efector 410 de extremo de la plataforma 404 móvil externa o la segunda herramienta 419 asociada con el segundo efector 418 final de la plataforma 406 móvil interna. Por ejemplo, sin limitación, la primera herramienta 411 o la segunda herramienta 419 pueden tomar la forma de una herramienta de perforación para utilizarse en la realización de la operación 428 de perforación. La operación 428 de perforación se puede realizar de manera autónoma utilizando la primera herramienta 411 o la segunda herramienta 419 para formar el orificio 436 en la ubicación 426. El orificio 436 puede pasar a través de al menos uno de los dos paneles en la pluralidad de paneles 120, dos miembros de una pluralidad de miembros 122, o un panel y uno de la pluralidad de miembros 122.
- La operación 430 de inserción de sujetadores puede realizarse de manera autónoma utilizando la primera herramienta 411 asociada con el primer efector 410 de extremo de la plataforma 404 móvil externa o la segunda herramienta 419 asociada con el segundo efector 418 final de la plataforma 406 móvil interna. La operación 430 de inserción de sujetadores puede dar como resultado un sujetador 438 que se inserta en el orificio 436.
- La operación 432 de instalación de sujetadores se puede realizar de manera autónoma utilizando al menos una de la primera herramienta 411 asociada con el primer efector 410 de extremo de la plataforma 404 móvil externa o la segunda herramienta 419 asociada con el segundo efector 418 final de la plataforma 406 móvil interna. En un ejemplo ilustrativo, la operación 432 de instalación de sujetadores se puede realizar de manera autónoma utilizando la primera herramienta 411 en la forma de la primera herramienta 412 de remachado y la segunda herramienta 419 en la forma de la segunda herramienta 420 de remachado de tal manera que el sujetador 438 se vuelva el remache 442 instalado en la ubicación 426. El remache 442 puede ser un remache completamente instalado. El remache 442 puede ser uno de la pluralidad de sujetadores 264 descritos en la Figura 2.
- En un ejemplo ilustrativo, la operación 432 de instalación de sujetadores puede tomar la forma de un proceso 444 de remachado de dos etapas. El proceso 444 de remachado de dos etapas puede realizarse utilizando, por ejemplo, sin limitación, la primera herramienta 412 de remachado asociada con una plataforma 404 móvil externa y la segunda herramienta 420 de remachado asociada con la plataforma 406 móvil interna.
- Por ejemplo, la primera herramienta 412 de remachado y la segunda herramienta 420 de remachado pueden posicionarse entre sí mediante la plataforma 404 móvil externa y la plataforma 406 móvil interna, respectivamente. Por ejemplo, la plataforma 404 móvil externa y el dispositivo 408 robótico externo pueden utilizarse para posicionar la primera herramienta 412 de remachado con respecto a la ubicación 426 en el exterior 234 del ensamblaje 114 de fuselaje. La plataforma 406 móvil interna y el dispositivo 416 robótico interno pueden utilizarse para posicionar la segunda herramienta 420 de remachado con respecto a la misma ubicación 426 en el interior 236 del ensamblaje 114 de fuselaje.
- La primera herramienta 412 de remachado y la segunda herramienta 420 de remachado pueden utilizarse luego para realizar el proceso 444 de remachado de dos etapas para formar el remache 442 en la ubicación 426. El remache 442 puede unir al menos dos de la pluralidad de paneles 120 entre sí, un panel en la pluralidad de paneles 120 a la estructura 121 de soporte formada por una pluralidad de miembros 122, o dos paneles en la pluralidad de paneles 120 a la estructura 121 de soporte.
- En este ejemplo, el proceso 444 de remachado de dos etapas se puede realizar en cada una de la pluralidad de ubicaciones 446 en el ensamblaje 114 de fuselaje para instalar la pluralidad de sujetadores 264 como se describe en la Figura 2. El proceso 444 de remachado de dos etapas puede asegurar que la pluralidad de los sujetadores 264 en la Figura 2 se instalen en una pluralidad de ubicaciones 446 con una calidad deseada y un nivel deseado de precisión.
- De esta manera, la plataforma 406 móvil interna se puede accionar y operar de manera autónoma dentro del ensamblaje 114 de fuselaje para posicionar la plataforma 406 móvil interna y la segunda herramienta 420 de remachado asociada con la plataforma 406 móvil interna con respecto a la pluralidad de ubicaciones 446 en el ensamblaje 114 de fuselaje para realizar el proceso 110 de ensamblaje descrito en la Figura 1. De manera similar, la

plataforma 404 móvil externa puede ser accionada y operada de manera autónoma alrededor del ensamblaje 114 de fuselaje para posicionar la plataforma 404 móvil externa y la primera herramienta 412 de remachado asociada con la plataforma 404 móvil externa con respecto a la pluralidad de ubicaciones 446 en el ensamblaje 114 de fuselaje para realizar operaciones 124.

- 5 Con referencia ahora a la Figura 5, una ilustración de un flujo del número de utilidades 146 a través de la red 144 de utilidad distribuida de la Figura 1 se muestra en la forma de un diagrama de bloques de acuerdo con una realización ilustrativa. Como se muestra, el número de utilidades 146 puede distribuirse a través de la red 144 de utilidad distribuida.

10 La red 144 de utilidad distribuida puede incluir, por ejemplo, sin limitación, el número de fuentes 148 de utilidad, el accesorio 150 de utilidad, el número de torres 330, el accesorio 324 de ensamblaje, el número de plataformas 400 móviles externas y el número de unidades 500 de utilidad. En algunos casos, la red 144 de utilidad distribuida también puede incluir el número de plataformas 402 móviles internas. En algunos ejemplos ilustrativos, el número de fuentes 148 de utilidad puede considerarse separado de la red 144 de utilidad distribuida.

15 En este ejemplo ilustrativo, solo uno del número de torres 330 puede incluirse en la red 144 de utilidad distribuida a la vez. Cuando se utiliza la primera torre 334, la red 144 de utilidad distribuida puede formarse cuando el accesorio 150 de utilidad está acoplado al número de fuentes 148 de utilidad, la primera torre 334 está acoplada al accesorio 150 de utilidad, el accesorio 324 de ensamblaje está acoplado a la primera torre 334, y el número de plataformas 400 móviles externas están acopladas al número de unidades 500 de utilidad.

20 El número de unidades 500 de utilidad puede asociarse con el número de accesorios 314 de armazón del accesorio 324 de ensamblaje o separarse del número de accesorios 314 de armazón. Por ejemplo, sin limitación, puede crearse un número de interfaces duales entre el número de plataformas 400 móviles externas, el número de unidades 500 de utilidad, y el número de accesorios 314 de armazón que utilizan uno o más acopladores de interfaz dual.

25 Cuando se utiliza la segunda torre 336, la red 144 de utilidad distribuida puede formarse cuando el accesorio 150 de utilidad está acoplado al número de fuentes 148 de utilidad, la segunda torre 336 está acoplada al accesorio 150 de utilidad, el accesorio 324 de ensamblaje está acoplado a la segunda torre 336, el número de plataformas 402 móviles internas está acoplado a la segunda torre 336, y el número de plataformas 400 móviles externas está acoplado al número de unidades 500 de utilidad, las cuales pueden estar asociadas con el número de accesorios 314 de armazón o separados del número de accesorios 314 de armazón. Un número de plataformas 402 móviles internas pueden recibir un número de utilidades 146 a través de un número de sistemas de gestión de cable asociados con la segunda torre 336.

30 De esta manera, el número de utilidades 146 puede distribuirse a través de la red 144 de utilidad distribuida utilizando un solo accesorio 150 de utilidad. Este tipo de red 144 de utilidad distribuida puede reducir el número de componentes de utilidad, cables de utilidad y otros tipos de dispositivos necesarios para proporcionar el número de utilidades 146 a los diversos componentes en la red 144 de utilidad distribuida. Además, con este tipo de red 144 de utilidad distribuida, comenzando a partir de al menos el accesorio 150 de utilidad, el número de utilidades 146 puede proporcionarse completamente por encima del piso 300 del entorno de fabricación en la Figura 1.

35 Con referencia ahora a la Figura 6, se muestra una ilustración de un entorno de remachado en la forma de un diagrama de bloques de acuerdo con una realización ilustrativa. El entorno 600 de remachado puede ser un ejemplo de un entorno en el cual el remache 605 se puede instalar para unir una pluralidad de partes 601. El remache 605 se puede instalar utilizando, por ejemplo, el proceso 444 de remachado de dos etapas de la Figura 4.

40 En un ejemplo ilustrativo, la pluralidad de partes 601 puede incluir dos partes 603. Dos partes 603 pueden incluir la primera parte 606 y la segunda parte 608. La primera parte 606 y la segunda parte 608 pueden encontrarse en la interfaz 613. En particular, la interfaz 613 puede estar formada en la primera superficie 615 de interfaz de la primera parte 606 y la segunda superficie 617 de interfaz de la segunda parte 608. En otros ejemplos ilustrativos, la primera superficie 615 de interfaz y la segunda superficie 617 de interfaz pueden denominarse como una primera superficie de contacto y una segunda superficie de contacto, respectivamente.

45 Como se muestra, la primera parte 606 puede tomar la forma del primer panel 610 y la segunda parte 608 puede tomar la forma del segundo panel 612. El primer panel 610 y el segundo panel 612 pueden ser ejemplos de paneles en la pluralidad de paneles 120 en la Figura 1. En otros ejemplos ilustrativos, la segunda parte 608 puede tomar la forma de un miembro, tal como uno de la pluralidad de miembros 122 en la Figura 1. En particular, la segunda parte 608 puede tomar la forma de un miembro de soporte, tal como uno de la pluralidad de miembros 242 de soporte en la Figura 2.

50 El remache 605 puede instalarse para unir la primera parte 606 y la segunda parte 608. En otros ejemplos ilustrativos, el remache 605 puede instalarse para unir la primera parte 606, la segunda parte 608 y una tercera parte (no se muestra) entre sí. El proceso 444 de remachado de dos etapas de la Figura 4 se puede utilizar para instalar completamente el remache 605.

El remache 605 puede instalarse utilizando el primer dispositivo 602 robótico y el segundo dispositivo 604 robótico. En un ejemplo ilustrativo, el primer dispositivo 602 robótico puede tomar la forma del dispositivo 408 robótico externo en la Figura 4. En este ejemplo, el segundo dispositivo 604 robótico puede tomar la forma del dispositivo 416 robótico interno en la Figura 4.

5 Como se muestra, el primer efector 614 final puede estar asociado con el primer dispositivo 602 robótico y la primera herramienta 616 de remachado puede estar asociada con el primer efector 614 final. La primera herramienta 616 de remachado puede tomar la forma de, por ejemplo, sin limitación, un martillo 618. En un ejemplo ilustrativo, el primer efector 614 final y la primera herramienta 616 de remachado pueden tomar la forma del primer efector 410 de extremo y la primera herramienta 412 de remachado, respectivamente, en la Figura 4.

10 Además, el segundo efector 620 final puede estar asociado con el segundo dispositivo 604 robótico y la segunda herramienta 622 de remachado puede estar asociada con el segundo efector 620 final. La segunda herramienta 622 de remachado puede tomar la forma de, por ejemplo, sin limitación, la barra 624 de remache. En un ejemplo ilustrativo, el segundo efector 620 final y la segunda herramienta 622 de remachado pueden tomar la forma del segundo efector 418 final y la segunda herramienta 420 de remachado, respectivamente, en la Figura 4.

15 El orificio 628 puede perforarse a través de la primera parte 606 y la segunda parte 608. Como se muestra, el orificio 628 puede extenderse a partir de la primera superficie 623 de la primera parte 606 hasta la segunda superficie 625 de la segunda parte 608. El sujetador 626 puede insertarse en el orificio 628. En este ejemplo ilustrativo, el sujetador 626 puede tener el primer extremo 636 y el segundo extremo 638.

20 En este ejemplo ilustrativo, el sujetador 626 puede insertarse a través del orificio 628 en una dirección a partir de la primera parte 606 a la segunda parte 608. El sujetador 626 puede insertarse de tal modo que una porción del sujetador 626 en el primer extremo 636 del sujetador 626 permanezca fuera de la primera superficie 623 de la primera parte 606 y una porción del sujetador 626 en el segundo extremo 638 del sujetador 626 se extienda más allá de la segunda superficie 625 de la segunda parte 608. En otras palabras, el sujetador 626 puede sobresalir fuera del orificio 628 más allá de la primera superficie 623 y la segunda superficie 625.

25 El sujetador 626 tiene una cabeza 640 en el primer extremo 636. En algunos ejemplos ilustrativos, el orificio 628 puede tener la porción 630 alargada, la porción 632 de avellanado y la porción 634 de escariado. La porción 630 alargada puede ser la porción que tiene sustancialmente el mismo diámetro con respecto a un eje central a través del orificio 628. La porción 630 alargada también puede denominarse como árbol del sujetador 626 en algunos ejemplos ilustrativos. En otros ejemplos ilustrativos, el orificio 628 puede tener solo la porción 630 alargada y la porción 632 avellanada. En otros ejemplos ilustrativos, el orificio 628 solo puede tener la porción 630 alargada.

La primera etapa 633 del proceso 444 de remachado de dos etapas se realiza aplicando la primera fuerza 644 a la cabeza 640 del sujetador 626 y aplicando la segunda fuerza 646 al segundo extremo 638 del sujetador 626 en el cual la primera fuerza 644 es mayor que la segunda fuerza 646. La primera herramienta 616 de remachado aplica la primera fuerza 644, a la vez que la segunda herramienta 622 de remachado aplica la segunda fuerza 646.

35 La realización de la primera etapa 633 del proceso 444 de remachado de dos etapas crea un ajuste 648 de interferencia inicial entre el sujetador 626 y al menos una porción del orificio 628. Más específicamente, se puede crear un ajuste 648 de interferencia inicial entre el sujetador 626 y una porción del orificio 628 que se extiende a partir de la primera superficie 623 en una dirección hacia la segunda parte 608. La realización de la primera etapa 633 del proceso 444 de remachado de dos etapas puede hacer que cambie la forma de al menos una porción del sujetador 626. Por ejemplo, sin limitación, la forma de al menos una de la cabeza 640 en el primer extremo 636, el segundo extremo 638, o al menos una porción del sujetador 626 entre la cabeza 640 y el segundo extremo 638 puede cambiar en respuesta a la aplicación de la primera fuerza 644 a la cabeza 640 y la segunda fuerza 646 al segundo extremo 638.

45 El equilibrio 641 de fuerza se crea por la primera fuerza 644, la segunda fuerza 646 y la fuerza 645 estructural reactiva. La fuerza 645 estructural reactiva puede ser la fuerza de deflexión de la primera parte 606 y la segunda parte 608 en respuesta a la primera fuerza 644. En este ejemplo ilustrativo, el equilibrio 641 de fuerza se crea cuando la primera fuerza 644 es sustancialmente igual a la suma de la segunda fuerza 646 y la fuerza 645 estructural reactiva.

50 En particular, la fuerza 645 estructural reactiva puede ser generada por la primera parte 606 y la segunda parte 608 compensando estructuralmente una diferencia de fuerza entre la primera fuerza 644 y la segunda fuerza 646. La fuerza 645 estructural reactiva puede ser sustancialmente igual a una diferencia entre la primera fuerza 644 aplicada a la cabeza 640 del sujetador 626 en el orificio 628 que se extiende a través de dos partes 603 y la segunda fuerza 646 aplicada al segundo extremo 638 del sujetador 626. De esta manera, esta compensación estructural por la primera parte 606 y la segunda parte 608 puede asegurar que el equilibrio 641 de fuerza se mantenga sustancialmente.

55 Después de la primera etapa 633 del proceso 444 de remachado de dos etapas, el sujetador 626 puede considerarse un remache formado parcialmente. En particular, la primera etapa 633 puede transformar el sujetador

626 en un remache formado parcialmente que tiene un ajuste de interferencia dentro de las tolerancias seleccionadas. Este ajuste de interferencia puede ser el ajuste 648 de interferencia inicial.

Una vez que se ha creado el ajuste 648 de interferencia inicial, al menos una de la primera fuerza 644 o la segunda fuerza 646 se ajustan para formar una nueva primera fuerza 650 y una segunda fuerza 652. La nueva segunda fuerza 652 es mayor que la nueva primera fuerza 650. Al menos una de la nueva primera fuerza 650 o la nueva segunda fuerza 652 es diferente a partir de la primera fuerza 644 original o de la segunda fuerza 646 original, respectivamente.

En este ejemplo ilustrativo, la segunda etapa 635 se realiza aplicando una nueva primera fuerza 650 a la cabeza 640 del sujetador 626 utilizando la primera herramienta 616 de remachado y aplicando una nueva segunda fuerza 652 al segundo extremo 638 del sujetador 626 utilizando la segunda herramienta 622 de remachado. La aplicación de la nueva segunda fuerza 652 al segundo extremo 638, a la vez que la primera herramienta 616 de remachado aplica la nueva primera fuerza 650 al primer extremo 636, crea un ajuste 653 de interferencia final entre el sujetador 626 y el orificio 628.

En particular, el ajuste 653 de interferencia final puede crearse de tal manera que el ajuste 653 de interferencia final en un primer lado de la interfaz 613, el cual puede estar en la primera superficie 615 de interfaz de la primera parte 606, puede ser igual al ajuste 653 de interferencia final en un segundo lado de la interfaz 613, la cual puede estar en la segunda superficie 617 de interfaz de la segunda parte 608. En otras palabras, el ajuste 653 de interferencia final puede ser sustancialmente igual a través de la interfaz 613.

En particular, durante la segunda etapa 635, la segunda herramienta 622 de remachado puede cambiar una forma en el segundo extremo 638 del sujetador 626 para formar la cola 642 aplicando una nueva segunda fuerza 652 al segundo extremo 638, a la vez que la primera herramienta 616 de remachado aplica la nueva primera fuerza 650 al primer extremo 636. Una vez que se ha formado la cola 642, el sujetador 626 puede denominarse como un remache 605 que se ha instalado completamente. En algunos casos, alguna otra porción del sujetador 626 puede cambiar de forma durante la segunda etapa 635. Por ejemplo, además del segundo extremo 638, la cabeza 640, al menos una porción del sujetador 626 entre la cabeza 640 y el segundo extremo 638, o ambos pueden cambiar la forma en respuesta a la aplicación de la nueva primera fuerza 650 a la cabeza 640 y la nueva segunda fuerza 652 al segundo extremo 638.

El nuevo equilibrio 647 de fuerza se crea por la nueva primera fuerza 650, la nueva segunda fuerza 652 y la nueva fuerza 654 estructural reactiva. La nueva fuerza 654 estructural reactiva puede ser la fuerza de deflexión de la primera parte 606 y la segunda parte 608 en respuesta a la aplicación de la nueva segunda fuerza 652. En un ejemplo ilustrativo, se crea un nuevo equilibrio 647 de fuerza cuando la nueva segunda fuerza 652 es sustancialmente igual a la suma de la nueva primera fuerza 650 y la nueva fuerza 654 estructural reactiva.

En particular, la primera parte 606 y la segunda parte 608 pueden generar una nueva fuerza 654 estructural reactiva que compensa estructuralmente una nueva diferencia de fuerza entre la nueva primera fuerza 650 y la nueva segunda fuerza 652. La nueva fuerza 654 estructural reactiva puede ser sustancialmente igual a una diferencia entre la nueva primera fuerza 650 que se aplica a la cabeza 640 del sujetador 626 en el orificio 628 que se extiende a través de dos partes 603 y la nueva segunda fuerza 652 que se aplica al segundo extremo 638 del sujetador 626. De esta manera, esta compensación estructural mediante la primera parte 606 y la segunda parte 608 puede garantizar que se mantenga sustancialmente el nuevo equilibrio 647 de fuerza.

En algunos ejemplos ilustrativos, el ajuste 653 de interferencia final puede ser sustancialmente uniforme a lo largo de toda una longitud del orificio 628. En otros ejemplos ilustrativos, el ajuste 653 de interferencia final puede ser sustancialmente uniforme a través de la interfaz 613 pero puede ser diferente cerca de al menos uno de la primera superficie 623 de la primera parte 606 o la segunda superficie 625 de la segunda parte 608. En un ejemplo ilustrativo, el ajuste 653 de interferencia final cerca de la segunda superficie 625 puede ser más apretado que el ajuste 653 de interferencia final cerca de la primera superficie 623.

Tener un ajuste 653 de interferencia final que sea sustancialmente uniforme a través de la interfaz 613 puede mejorar la calidad del remache 605 formado. En particular, con este ajuste 653 de interferencia final, se puede mejorar la resistencia de la unión entre dos partes 603. Este tipo de instalación puede mejorar la vida útil de la unión entre dos partes 603. Además, la instalación del remache 605 que tiene un ajuste 653 de interferencia final puede mejorar la unión de dos partes 603 de una manera que mejora la resistencia general de la estructura que comprende dos partes 603.

El primer dispositivo 602 robótico y el segundo dispositivo 604 robótico pueden controlarse utilizando el número de controladores 655 para realizar el proceso 444 de remachado de dos etapas. El número de controladores 655 puede incluir uno o más controladores, dependiendo de la implementación, la cual puede pertenecer al ensamblaje de los controladores 140 descritos en la Figura 1. En un ejemplo ilustrativo, el número de controladores 655 puede incluir el primer controlador 656 y el segundo controlador 658, cada uno de los cuales puede ser un ejemplo de una implementación para un controlador en el ensamblaje de controladores 140 en la Figura 1.

El primer controlador 656 puede generar un primer número de comandos que provocan que el primer dispositivo 602 robótico, y por lo tanto, la primera herramienta 616 de remachado, apliquen la primera fuerza 644 a la cabeza 640 del sujetador 626 durante la primera etapa 633 y la nueva primera fuerza 650 a la cabeza 640 del sujetador 626 durante la segunda etapa 635. El segundo controlador 658 puede generar un segundo número de comandos que provocan que el segundo dispositivo 604 robótico, y por lo tanto, la segunda herramienta 622 de remachado, apliquen la segunda fuerza 646 al segundo extremo 638 del sujetador 626 durante la primera etapa 633 y la nueva segunda fuerza 652 al segundo extremo 638 del sujetador 626 durante la segunda etapa 635.

De esta manera, el ensamblaje de controladores 655 puede ordenarle al primer dispositivo 602 robótico y al segundo dispositivo 604 robótico que realicen la primera etapa 633 y la segunda etapa 635 del proceso 444 de remachado de dos etapas. Este tipo de control puede asegurar que el remache 605 se instale teniendo un ajuste 653 de interferencia final que esté dentro de las tolerancias seleccionadas. En un ejemplo ilustrativo, el ajuste 653 de interferencia final puede ser sustancialmente uniforme a través de la interfaz 613.

En un ejemplo ilustrativo, el primer dispositivo 660 de fijación puede estar asociado con el primer dispositivo 602 robótico y el segundo dispositivo 662 de fijación puede estar asociado con el segundo dispositivo 604 robótico. El primer dispositivo 660 de fijación y el segundo dispositivo 662 de fijación pueden utilizarse para fijar la primera parte 606 y la segunda parte 608 entre sí antes de que se aplique la primera fuerza 644 al primer extremo 636 del sujetador 626. El primer dispositivo 660 de fijación puede aplicar una primera fuerza de fijación a la primera superficie 623 de la primera parte 606 y el segundo dispositivo 662 de fijación puede aplicar una segunda fuerza sustancialmente igual a la primera fuerza de fijación a la segunda superficie 625 de la segunda parte 608 para fijar estas partes entre sí.

Una vez que la primera parte 606 y la segunda parte 608 se fijan entre sí, se puede perforar el orificio 628. Posteriormente, el sujetador 626 puede insertarse en el orificio 628 a la vez que la primera parte 606 y la segunda parte 608 se fijan entre sí. El siguiente proceso 444 de remachado de dos etapas puede realizarse utilizando el sujetador 626 para instalar el remache 605.

Fijar la primera parte 606 y la segunda parte 608 entre sí utilizando el primer dispositivo 660 de fijación y el segundo dispositivo 662 de fijación puede asegurar que la primera parte 606 y la segunda parte 608 se mantengan sustancialmente en su lugar entre sí y sustancialmente en contacto entre sí durante la creación del ajuste 648 de interferencia inicial durante la primera etapa 633 del proceso 444 de remachado de dos etapas. En otras palabras, la primera parte 606 y la segunda parte 608 se pueden fijar para asegurar que la primera parte 606 no se mueva en relación con la segunda parte 608 antes y durante que se aplica la primera fuerza 644 a la cabeza 640 para formar el ajuste 648 de interferencia inicial.

En este ejemplo ilustrativo, la primera parte 606 y la segunda parte 608 pueden separarse antes de que se aplique la segunda fuerza 646 al segundo extremo 638 del sujetador 626. Puede que la primera parte 606 y la segunda parte 608 ya no necesiten fijarse debido a que se ha formado el ajuste 648 de interferencia inicial y la primera herramienta 616 de remachado permanece apoyada contra la cabeza 640 después de que se ha formado el ajuste 648 de interferencia inicial.

Las ilustraciones en las Figuras 1-6 no pretenden implicar limitaciones físicas o arquitectónicas a la manera en la cual se puede implementar una realización ilustrativa. Se pueden utilizar otros componentes además o en lugar de los ilustrados. Algunos componentes pueden ser opcionales. Además, los bloques se presentan para ilustrar algunos componentes funcionales. Uno o más de estos bloques se pueden combinar, dividir o combinar y dividir en diferentes bloques cuando se implementan en una realización ilustrativa.

Por ejemplo, en algunos casos, puede estar presente más de un sistema de fabricación flexible dentro del entorno 100 de fabricación. Estos múltiples sistemas de fabricación flexible pueden utilizarse para construir múltiples ensamblajes de fuselaje dentro del entorno 100 de fabricación. En otros ejemplos ilustrativos, el sistema 106 de fabricación flexible puede incluir múltiples sistemas de armazón, múltiples sistemas de torre, múltiples sistemas de utilidad, múltiples sistemas de herramientas autónomos y múltiples pluralidades de vehículos autónomos de tal manera que se puedan construir múltiples ensamblajes de fuselaje dentro del entorno 100 de fabricación.

En algunos ejemplos ilustrativos, el sistema 138 de utilidad puede incluir múltiples accesorios de utilidad que se consideran separados del sistema 106 de fabricación flexible. Cada uno de estos múltiples accesorios de utilidad se puede configurar para utilizar con el sistema 106 de fabricación flexible y cualquier número de otros sistemas de fabricación flexibles.

Además, los diferentes acoplamientos de sistemas móviles en la pluralidad de sistemas 134 móviles se pueden realizar de manera autónoma en estos ejemplos ilustrativos. Sin embargo, en otro ejemplo ilustrativo, un acoplamiento de uno de la pluralidad de sistemas 134 móviles a otro de uno de la pluralidad de sistemas 134 móviles puede realizarse manualmente en otros ejemplos ilustrativos.

Además, en otros ejemplos ilustrativos, uno o más de la pluralidad de sistemas 134 móviles pueden ser accionados mediante, por ejemplo, sin limitación, un operador humano. Por ejemplo, sin limitación, en algunos casos, la primera torre 332 se puede accionar con guía humana.

Con referencia ahora a la Figura 7, se muestra una ilustración de un entorno de remachado de acuerdo con una realización ilustrativa. En este ejemplo ilustrativo, el entorno 700 de remachado puede ser un ejemplo de una implementación para el entorno 600 de remachado en la Figura 6. El primer dispositivo 702 robótico puede tener un efector 706 final con la herramienta 708 y el segundo dispositivo 704 robótico puede tener un efector 710 final con la herramienta 712.

El primer dispositivo 702 robótico y el segundo dispositivo 704 robótico pueden ser ejemplos del primer dispositivo 602 robótico y el segundo dispositivo 604 robótico, respectivamente, en la Figura 6. Además, el efector 706 final y la herramienta 708 pueden ser ejemplos de implementaciones para el primer efector 614 final y la primera herramienta 616 de remachado, respectivamente, en la Figura 6. El efector 710 final y la herramienta 712 pueden ser ejemplos de implementaciones para el segundo efector 620 final y la segunda herramienta 622 de remachado, respectivamente, en la Figura 6.

La herramienta 708 y la herramienta 712 pueden tomar la forma de martillo 711 y la barra 713 de remachado, respectivamente. El martillo 711 y la barra 713 de remachado pueden ser ejemplos de implementaciones para el martillo 618 y la barra 624 de remachado, respectivamente, en la Figura 6.

La herramienta 708 y la herramienta 712 pueden utilizarse para formar un remache para unir la primera parte 714 y la segunda parte 716. En este ejemplo ilustrativo, ya se han instalado el remache 718 y el remache 720.

Como se muestra, el sujetador 722 se ha insertado a través del orificio 721 que se extiende a través de la primera parte 714 y la segunda parte 716. El sujetador 722 puede ser un ejemplo de una implementación para el sujetador 626 en la Figura 6. El sujetador 722 puede tener la cabeza 724 y el extremo 726. La cabeza 724 y el extremo 726 pueden ser ejemplos de implementaciones para la cabeza 640 y el segundo extremo 638, respectivamente, en la Figura 6. La sección 730 puede mostrarse ampliada a continuación en la Figura 8.

Con referencia ahora a la Figura 8, se muestra una ilustración de una vista ampliada de la sección 730 de la Figura 7 de acuerdo con una realización ilustrativa. Como se muestra, el orificio 721 puede tener una porción 803 de escariado, una porción 805 de avellanado y una porción 807 alargada, las cuales pueden ser ejemplos de implementaciones para la porción 634 de escariado, la porción 632 de avellanado y la porción 630 alargada, respectivamente, en la Figura 6.

En este ejemplo ilustrativo, la fuerza 800 de martillo puede aplicarse a la cabeza 724 para crear un ajuste 801 de interferencia inicial entre la cabeza 724 y la porción 805 de avellanado del orificio 721. El ajuste 801 de interferencia inicial puede ser un ejemplo de una implementación para el ajuste 648 de interferencia inicial en la Figura 6.

La fuerza 800 de martillo puede aplicarse a la cabeza 724 a la vez que la fuerza 802 de remachado se aplica al extremo 726. Esta aplicación de la fuerza 800 de martillo y la fuerza 802 de remachado pueden constituir una primera etapa de remachado. La fuerza 800 de martillo y la fuerza 802 de remachado pueden ser ejemplos de implementaciones para la primera fuerza 644 y la segunda fuerza 646, respectivamente, en la Figura 6. La fuerza 800 de martillo puede ser mayor que la fuerza 802 de remachado.

La primera parte 714 y la segunda parte 716 pueden generar una fuerza 804 estructural reactiva en respuesta a la fuerza 800 de martillo. La fuerza 804 estructural reactiva puede incluir la fuerza 811 de deflexión y la fuerza 812 de deflexión. La fuerza 811 de deflexión puede ser la fuerza con la cual se desvía la porción de la primera parte 714 y la segunda parte 716 en el lado 814 del sujetador 722 en respuesta a la fuerza 800 de martillo. La fuerza 812 de deflexión puede ser la fuerza por la cual la porción de la primera parte 714 y la segunda parte 716 en el otro lado 816 del sujetador 722 se desvía en respuesta para a la fuerza 800 de martillo. En este ejemplo ilustrativo, la fuerza 811 de deflexión y la fuerza 812 de deflexión pueden ser sustancialmente iguales. En particular, la fuerza 811 de deflexión y la fuerza 812 de deflexión pueden ser ambas iguales a FD. Por supuesto, en otros ejemplos ilustrativos, la fuerza 811 de deflexión y la fuerza 812 de deflexión pueden no ser iguales.

Se crea un equilibrio de fuerza entre la fuerza 800 de martillo, la fuerza 802 de remachado y la fuerza 804 estructural reactiva. En particular, la fuerza 800 de martillo, FH, puede ser sustancialmente igual a la suma de la fuerza 802 de remachado, FB y la fuerza 804 estructural reactiva, FRS, de tal modo que se crea un equilibrio de fuerza. Más específicamente, la fuerza 800 de martillo puede ser sustancialmente igual a la suma de la fuerza 802 de remachado, la fuerza 811 de deflexión y la fuerza 812 de deflexión de tal manera que:

$$FH = FB + FRS = FB + 2FD. \quad (1)$$

Luego, al menos uno de la fuerza 800 de martillo o la fuerza 802 de remachado se ajusta de tal manera que se pueda aplicar una nueva fuerza 806 de martillo y una nueva fuerza 808 de remachado al sujetador 722 para formar una cola en el extremo 726, que se muestra como la cola 902 a continuación en la Figura 9. Esta aplicación de la nueva fuerza 806 de martillo y la nueva fuerza 808 de remachado pueden constituir una segunda etapa de remachado. La nueva fuerza 806 de martillo y la nueva fuerza 808 de remachado pueden ser ejemplos de implementaciones para la nueva primera fuerza 650 y la nueva segunda fuerza 652, respectivamente, en la Figura 6. La nueva fuerza 808 de remachado puede ser mayor que la nueva fuerza 806 de martillo.

La primera parte 714 y la segunda parte 716 pueden generar una nueva fuerza 810 estructural reactiva en respuesta a la nueva fuerza 808 de remachado. La nueva fuerza 810 estructural reactiva puede incluir una nueva fuerza 818 de deflexión y una nueva fuerza 820 de deflexión. La nueva fuerza 818 de deflexión puede ser la fuerza con la cual se desvía la porción de la primera parte 714 y la segunda parte 716 en el lado 814 del sujetador 722 en respuesta a la nueva fuerza 808 de remachado. La nueva fuerza de deflexión 820 puede ser la fuerza por la cual se desvía la porción de la primera parte 714 y la segunda parte 716 en el otro lado 816 del sujetador 722 en respuesta a la nueva fuerza 808 de remachado. En este ejemplo ilustrativo, la nueva fuerza 818 de deflexión y la nueva fuerza 820 de deflexión pueden ser sustancialmente iguales. En particular, la nueva fuerza 818 de deflexión y la nueva fuerza 820 de deflexión pueden ser ambas iguales a FND. Por supuesto, en otros ejemplos ilustrativos, la nueva fuerza 818 de deflexión y la nueva fuerza 820 de deflexión pueden no ser iguales.

En este ejemplo ilustrativo, se crea un nuevo equilibrio de fuerza entre la nueva fuerza 806 de martillo, la nueva fuerza 808 de remachado y la nueva fuerza 810 estructural reactiva. En particular, la nueva fuerza 808 de remachado, FNB, puede ser sustancialmente igual a la suma de la nueva fuerza 806 de martillo, FNH, y la nueva fuerza 810 estructural reactiva, FNRS, de tal modo que se crea un nuevo equilibrio de fuerza. Más específicamente, la nueva fuerza 808 de remachado puede ser sustancialmente igual a la suma de la nueva fuerza 806 de martillo, la nueva fuerza 818 de deflexión y la nueva fuerza 820 de deflexión de tal manera que:

$$FNB = FNH + FNRS = FNH + 2FND. \quad (2)$$

La aplicación de la nueva fuerza 806 de martillo y la nueva fuerza 808 de remachado durante la segunda etapa de remachado puede crear un ajuste de interferencia final (no se muestra).

Con referencia ahora a la Figura 9, se muestra una ilustración de un remache completamente instalado y una gráfica del ajuste de interferencia final creado entre el remache y el orificio 721 de la Figura 7 de acuerdo con una realización ilustrativa. En este ejemplo ilustrativo, el remache 900 se ha formado e instalado completamente para unir la primera parte 714 y la segunda parte 716. Como se muestra, el remache 900 ahora tiene la cola 902. El proceso de remachado de dos etapas descrito en la Figura 8 para formar el remache 900 puede producir el remache 900 que tiene una calidad mejorada.

En particular, el proceso de remachado de dos etapas da como resultado que se crea el ajuste 904 de interferencia final entre el remache 900 y el orificio 721. El ajuste 904 de interferencia final puede ser un ejemplo de una implementación para el ajuste 653 de interferencia final en la Figura 6. El ajuste 904 de interferencia final puede estar dentro de las tolerancias seleccionadas. En este ejemplo ilustrativo, el ajuste 904 de interferencia final puede ser sustancialmente uniforme a través de la interfaz 906. La interfaz 906 puede formarse entre la primera superficie 907 y la segunda superficie 908.

La gráfica 910 ilustra el ajuste 904 de interferencia final creado en diversas posiciones a lo largo del remache 900. Como se muestra en la gráfica 910, el ajuste 904 de interferencia final en la posición 912 ubicada en un lado de la interfaz 906 cerca de la primera superficie 907 puede ser sustancialmente igual al ajuste 904 de interferencia final en la posición 914 ubicada en el otro lado de la interfaz 906 cerca de la segunda superficie 908. En particular, el ajuste 904 de interferencia final puede ser sustancialmente uniforme a través de la interfaz 906 entre aproximadamente la posición 912 y la posición 914.

Además, en este ejemplo ilustrativo, el ajuste 904 de interferencia final puede ser mayor en la posición 914 cerca de la cola 902 del remache 900 en comparación con la posición 916 cerca de la cabeza 724 del remache 900. De esta manera, el remache 900 puede tener un ajuste 904 de interferencia final de una calidad deseada que, si bien es diferente a lo largo de una longitud de remache 900, puede ser sustancialmente uniforme a través de la interfaz 906.

Con referencia ahora a la Figura 10, se muestra una ilustración de una vista en corte isométrica de una pluralidad de plataformas móviles que realizan procesos de sujeción dentro de un interior de un ensamblaje de fuselaje en un entorno de fabricación de acuerdo con una realización ilustrativa. En este ejemplo ilustrativo, el entorno 1001 de fabricación puede ser un ejemplo de una implementación para el entorno 100 de fabricación en la Figura 1.

Como se muestra, el sistema 1000 de fabricación flexible puede estar presente dentro del entorno 1001 de fabricación. El sistema 1000 de fabricación flexible puede utilizarse para construir el ensamblaje 1002 de fuselaje. El sistema 1000 de fabricación flexible puede ser un ejemplo de una implementación para el sistema 106 de fabricación flexible en la Figura 1. El ensamblaje 1002 de fuselaje puede ser un ejemplo de una implementación para el ensamblaje 114 de fuselaje en la Figura 1.

En este ejemplo ilustrativo, el ensamblaje 1002 de fuselaje puede estar compuesto por una pluralidad de paneles 1003 y una pluralidad de miembros 1004. La pluralidad de paneles 1003 y la pluralidad de miembros 1004 pueden ser ejemplos de implementaciones para la pluralidad de paneles 120 y la pluralidad de miembros 122 en las Figuras 1 y 2. El sistema 1000 de fabricación flexible puede utilizarse para unir una pluralidad de paneles 1003 entre sí, lo cual puede incluir unir miembros de una pluralidad de miembros 1004 entre sí, a paneles de una pluralidad de paneles 1003, o ambos.

- 5 Como se muestra, el sistema 1000 de fabricación flexible puede incluir una pluralidad de vehículos 1006 autónomos, sistema 1008 de almacén, sistema 1010 de torre, sistema 1012 de herramientas autónomo y sistema 1014 de utilidad. La pluralidad de vehículos 1006 autónomos, el sistema 1008 de almacén, el sistema 1010 de torre, el sistema 1012 de herramientas autónomo y el sistema 1014 de utilidad pueden ser ejemplos de implementaciones para el número de vehículos 316 autónomos correspondientes en la Figura 3, el sistema 308 de almacén en la Figura 3, el sistema 310 de torre en la Figura 3, el sistema 312 de herramientas autónomo en la Figura 3 y el sistema 138 de utilidad en la Figura 1, respectivamente.
- 10 Como se muestra, la pluralidad de vehículos 1006 autónomos puede incluir el vehículo 1007 autónomo, el vehículo 1009 autónomo y el vehículo 1011 autónomo, así como otros vehículos autónomos (no se muestran). Los vehículos 1007, 1009 y 1011 autónomos pueden tener ruedas omnidireccionales. La pluralidad de vehículos 1006 autónomos se ha utilizado para mover el sistema 1008 de almacén, el sistema 1010 de torre y el sistema 1012 de herramientas autónomo a posiciones seleccionadas entre sí.
- 15 El sistema 1008 de almacén puede formar el accesorio 1013 de ensamblaje para soportar el ensamblaje 1002 de fuselaje durante la construcción del ensamblaje 1002 de fuselaje. El accesorio 1013 de ensamblaje puede ser un ejemplo de una implementación para el accesorio 324 de ensamblaje en la Figura 3.
- 20 El sistema 1010 de torre puede incluir la torre 1016 robótica, la cual puede ser un ejemplo de una implementación para la segunda torre 336 en la Figura 3. El vehículo 1007 autónomo se muestra colocado debajo de la torre 1016 robótica. El vehículo 1007 autónomo puede utilizarse para mover la torre 1016 robótica en una posición de torre seleccionada con respecto al accesorio 1018 de utilidad del sistema 1014 de utilidad.
- 25 En este ejemplo ilustrativo, la torre 1016 robótica puede estar acoplada al accesorio 1018 de utilidad del sistema 1014 de utilidad. El sistema 1008 de almacén puede estar acoplado a la torre 1016 robótica. Además, el sistema 1012 de herramientas autónomo puede estar acoplado al sistema 1008 de almacén y la torre 1016 robótica. De esta manera, se pueden distribuir un número de utilidades con la corriente a partir del accesorio 1018 de utilidad a la torre 1016 robótica, al sistema 1008 de almacén y al sistema 1012 de herramientas autónomo.
- 30 En este ejemplo ilustrativo, el sistema 1012 de herramientas autónomo puede incluir una pluralidad de plataformas 1015 móviles. La pluralidad de plataformas 1015 móviles puede utilizarse para realizar procesos de sujeción para unir una pluralidad de paneles 1003 entre sí. La pluralidad de paneles 1003 se puede unir para formar al menos una de juntas de solapa, juntas de tope u otros tipos de juntas. De esta manera, se puede unir una pluralidad de paneles 1003 de tal manera que se crea al menos uno de la unión circunferencial, la unión longitudinal o algún otro tipo de unión entre los diversos paneles de la pluralidad de paneles 1003.
- 35 Como se muestra, la pluralidad de plataformas 1015 móviles puede incluir una plataforma 1020 móvil interna, una plataforma 1022 móvil interna, una plataforma 1024 móvil externa y una plataforma 1026 móvil externa. La plataforma 1020 móvil interna y la plataforma 1022 móvil interna pueden estar realizando operaciones dentro del interior 1028 del ensamblaje 1002 de fuselaje, a la vez que la plataforma 1024 móvil externa y la plataforma 1026 móvil externa están realizando operaciones de ensamblaje a lo largo del exterior del ensamblaje 1002 de fuselaje.
- 40 La plataforma 1020 móvil interna y la plataforma 1022 móvil interna pueden ser un ejemplo de una implementación para al menos una porción del número de plataformas 402 móviles internas en la Figura 4. La plataforma 1024 móvil externa y la plataforma 1026 móvil externa pueden ser un ejemplo de una implementación para al menos una porción del número de plataformas 400 móviles externas en la Figura 4.
- 45 La plataforma 1020 móvil interna puede configurarse para moverse a lo largo del piso 1021 de pasajeros a la vez que la plataforma 1022 móvil interna puede configurarse para moverse a lo largo del piso 1023 de carga. La plataforma 1020 móvil interna y la plataforma 1022 móvil interna pueden estar acopladas a la torre 1016 robótica para recibir el número de utilidades a través de la torre 1016 robótica. La plataforma 1024 móvil externa y la plataforma 1026 móvil externa pueden estar acopladas al sistema 1008 de almacén para recibir el número de utilidades del sistema 1008 de almacén.
- 50 Como se muestra, el dispositivo 1036 robótico interno y el dispositivo 1038 robótico interno pueden estar asociados con la plataforma 1022 móvil interna. Cada uno del dispositivo 1032 robótico interno, el dispositivo 1034 robótico interno, el dispositivo 1036 robótico interno y el dispositivo 1038 robótico interno pueden ser un ejemplo de una implementación para el dispositivo 416 robótico interno en la Figura 4.
- 55 El dispositivo 1040 robótico externo puede estar asociado con la plataforma 1024 móvil externa. El dispositivo 1042 robótico externo puede estar asociado con la plataforma 1026 móvil externa. Cada uno del dispositivo 1040 robótico externo y el dispositivo 1042 robótico externo puede ser un ejemplo de una implementación para el dispositivo 408 robótico externo en la Figura 4.
- Como se muestra, el dispositivo 1040 robótico externo y el dispositivo 1034 robótico interno pueden trabajar en colaboración para instalar sujetadores, tales como el sujetador 626 en la Figura 6, de manera autónoma en el ensamblaje 1002 de fuselaje. De manera similar, el dispositivo 1042 robótico externo y el dispositivo 1038 robótico

interno pueden trabajar en colaboración para instalar sujetadores, tales como el sujetador 626 en la Figura 6, de manera autónoma en el ensamblaje 1002 de fuselaje.

5 En este ejemplo ilustrativo, el efector 1044 final del dispositivo 1040 robótico externo y el efector 1046 final del dispositivo 1034 robótico interno pueden posicionarse en relación con una misma ubicación en el ensamblaje 1002 de fuselaje para realizar un proceso de sujeción, tal como el proceso 424 de sujeción en la Figura 4, en esta ubicación. En este ejemplo ilustrativo, el proceso de sujeción puede incluir un proceso de remachado de dos etapas, tal como el proceso 444 de remachado de dos etapas descrito en las Figuras 4 y 6. De manera similar, el efector 1048 final del dispositivo 1042 robótico externo y el efector 1050 final del dispositivo 1038 robótico interno pueden posicionarse en relación con una misma ubicación en el ensamblaje 1002 de fuselaje para realizar un proceso de sujeción, el cual puede incluir un proceso de remachado de dos etapas, en la ubicación.

10 En este ejemplo ilustrativo, el vehículo 1009 autónomo puede estar asociado de manera fija con la plataforma 1024 móvil externa. El vehículo 1009 autónomo puede utilizarse para accionar la plataforma 1024 móvil externa de manera autónoma. Por ejemplo, el vehículo 1009 autónomo puede utilizarse para accionar de manera autónoma la plataforma 1024 móvil externa a través del piso 1052 del entorno 1001 de fabricación en relación con el accesorio 1013 de ensamblaje.

15 De manera similar, el vehículo 1011 autónomo puede estar asociado de manera fija con la plataforma 1026 móvil externa. El vehículo 1011 autónomo puede utilizarse para accionar la plataforma 1026 móvil externa de manera autónoma. Por ejemplo, el vehículo 1011 autónomo puede utilizarse para accionar de manera autónoma la plataforma 1026 móvil externa a través del piso 1052 del entorno 1001 de fabricación en relación con el accesorio 1013 de ensamblaje.

20 Al estar asociado de manera fija con la plataforma 1024 móvil externa y la plataforma 1026 móvil externa, el vehículo 1009 autónomo y el vehículo 1011 autónomo pueden considerarse integrales a la plataforma 1024 móvil externa y la plataforma 1026 móvil externa, respectivamente. Sin embargo, en otros ejemplos ilustrativos, estos vehículos autónomos pueden ser independientes de las plataformas móviles externas en otros ejemplos ilustrativos.

25 En estos ejemplos ilustrativos, se puede utilizar un sistema de metrología (no se muestra) para ayudar a posicionar la plataforma 1020 móvil interna, la plataforma 1022 móvil interna, la plataforma 1024 móvil externa y la plataforma 1026 móvil externa en relación con el ensamblaje 1002 de fuselaje. En particular, el sistema de metrología (no se muestra) puede utilizarse para posicionar con precisión el dispositivo 1032 robótico interno de la plataforma 1020 móvil interna, el dispositivo 1034 robótico interno de la plataforma 1020 móvil interna, el dispositivo 1036 robótico interno de la plataforma 1022 móvil interna, el dispositivo 1038 robótico interno de la plataforma 1022 móvil interna, el dispositivo 1040 robótico externo de la plataforma 1024 móvil externa, y el dispositivo 1042 robótico externo de la plataforma 1026 móvil externa. En particular, estos dispositivos robóticos pueden posicionarse con precisión entre sí y al ensamblaje 1002 de fuselaje.

30 Con referencia ahora a la Figura 11, se muestra una ilustración de una vista en sección transversal del sistema 1000 de fabricación flexible y el ensamblaje 1002 de fuselaje de la Figura 10 de acuerdo con una realización ilustrativa. En este ejemplo ilustrativo, se muestra una vista en sección transversal del sistema 1000 de fabricación flexible y el ensamblaje 1002 de fuselaje de la Figura 10 tomada en la dirección de las líneas 11-11 en la Figura 10. Como se muestra, la plataforma 1020 móvil interna puede moverse a lo largo del piso 1021 de pasajeros dentro del interior 1028 del ensamblaje 1002 de fuselaje, a la vez que la plataforma 1022 móvil interna puede moverse a lo largo del piso 1023 de carga del ensamblaje 1002 de fuselaje.

35 Se puede utilizar un sistema de metrología (no se muestra) para posicionar con precisión los diversos dispositivos robóticos asociados con el sistema 1012 de herramientas autónomo entre sí y con el ensamblaje 1002 de fuselaje de tal modo que se puedan instalar sujetadores en el ensamblaje 1002 de fuselaje. En un ejemplo ilustrativo, los remaches pueden instalarse utilizando un proceso de remachado de dos etapas, tal como el proceso 444 de remachado de dos etapas en la Figura 4. Por ejemplo, sin limitación, el dispositivo 1032 robótico interno asociado con la plataforma 1020 móvil interna y el dispositivo 1040 robótico externo asociado con la plataforma 1024 móvil externa pueden posicionarse en relación con una misma ubicación en el ensamblaje 1002 de fuselaje para realizar el proceso de remachado de dos etapas.

40 Las ilustraciones en las Figuras 7-11 no pretenden implicar limitaciones físicas o arquitectónicas a la manera en la cual se puede implementar una realización ilustrativa. Se pueden utilizar otros componentes además o en lugar de los ilustrados. Algunos componentes pueden ser opcionales.

45 Los diferentes componentes que se muestran en las Figuras 7-11 pueden ser ejemplos ilustrativos de cómo los componentes que se muestran en forma de bloque en las Figuras 1-6 pueden implementarse como estructuras físicas. Además, algunos de los componentes en las Figuras 7-11 pueden combinarse con componentes en la Figura 1-6, utilizarse con componentes en la Figura 1-6, o una combinación de los dos.

50 Volviendo ahora a la Figura 12, se muestra una ilustración de un proceso para sujetar dos partes entre sí en la forma de un diagrama de flujo de acuerdo con una realización ilustrativa. El proceso que se ilustra en la Figura 12 puede implementarse utilizando el sistema 106 de fabricación flexible en la Figura 1. En particular, el proceso que se ilustra

en la Figura 12 puede utilizarse para sujetar la primera parte 606 y la segunda parte 608 en el entorno 600 de remachado en la Figura 6.

El proceso comienza creando un ajuste 648 de interferencia inicial entre el sujetador 626 y al menos una porción del orificio 628 que se extiende a través de dos partes 603 a la vez que se mantiene el equilibrio 641 de fuerza (operación 1200). En operación 1200, el equilibrio 641 de fuerza está entre la primera fuerza 644 que se aplica al primer extremo 636 del sujetador 626, la segunda fuerza 646 que es menor que la primera fuerza 644 que se aplica al segundo extremo 638 del sujetador 626 y la fuerza 645 estructural reactiva. El primer extremo 636 del sujetador 626 toma la forma de la cabeza 640. Además, en operación 1200, dos partes 603 pueden incluir, por ejemplo, la primera parte 606 y la segunda parte 608.

Luego, se crea el ajuste 653 de interferencia final entre el sujetador 626 y el orificio 628 a la vez que se mantiene un nuevo equilibrio 647 de fuerza (operación 1202), con el proceso que termina posteriormente. La operación 1202 se puede realizar formando la cola 642 en el segundo extremo 638 del sujetador 626 a la vez que se mantiene el nuevo equilibrio 647 de fuerza para instalar completamente el remache 605. El nuevo equilibrio 647 de fuerza es entre la nueva primera fuerza 650 que se aplica a la cabeza 640, la nueva segunda fuerza 652 que se aplica al extremo, y una nueva fuerza 654 estructural reactiva. La formación de la cola 642 en el segundo extremo 638 del sujetador 626 en operación 1202 puede completar la instalación del sujetador y, por lo tanto, completar la unión de dos partes 603 entre sí en la ubicación particular en la cual está instalado al sujetador 626. El proceso que se describe en la Figura 12 puede repetirse cualquier número de veces en cualquier número de ubicaciones para instalar cualquier número de remaches.

Volviendo ahora a la Figura 13, se muestra una ilustración de un proceso para realizar un proceso de remachado de dos etapas en la forma de un diagrama de flujo de acuerdo con una realización ilustrativa. El proceso que se ilustra en la Figura 13 puede implementarse utilizando el sistema 106 de fabricación flexible en la Figura 1. En particular, el proceso que se ilustra en la Figura 13 puede utilizarse para realizar el proceso 444 de remachado de dos etapas en las Figuras 4 y 6 para sujetar la primera parte 606 y la segunda parte 608 en el entorno 600 de remachado en la Figura 6.

El proceso comienza creando un ajuste 648 de interferencia inicial entre el sujetador 626 y al menos una porción del orificio 628 que se extiende a través de dos partes 603 utilizando el martillo 618 asociado con el primer dispositivo 602 robótico y la barra 624 de remachado con el segundo dispositivo 604 robótico a la vez que se mantiene el equilibrio 641 de fuerza (operación 1300). El equilibrio 641 de fuerza está entre la primera fuerza 644 que se aplica a la cabeza 640 en el primer extremo 636 del sujetador 626, la segunda fuerza 646 que se aplica al segundo extremo 638 del sujetador 626 que es menor que la primera fuerza 644, y la fuerza 645 estructural reactiva.

Luego, se crea el ajuste 653 de interferencia final entre el sujetador 626 y el orificio 628 utilizando la barra 624 de remachado y el martillo 618, a la vez que se mantiene el nuevo equilibrio 647 de fuerza, de tal modo que el ajuste 653 de interferencia final es sustancialmente uniforme a través de la interfaz 613 entre dos partes 603 (operación 1302), con el proceso que termina después. En otras palabras, el ajuste 653 de interferencia final en un primer lado de la interfaz 613 entre dos partes 603 puede ser igual al ajuste 653 de interferencia final en un segundo lado de la interfaz 613 dentro de las tolerancias seleccionadas. El nuevo equilibrio 647 de fuerza está entre la nueva primera fuerza 650 que se aplica a la cabeza 640, la nueva segunda fuerza 652 que se aplica al segundo extremo 638 y la nueva fuerza 654 estructural reactiva. En la operación 1302, la cola 642 puede formarse en el segundo extremo 638 del sujetador 626 para completar sustancialmente la instalación del remache 605.

La formación de la cola 642 en el segundo extremo 638 del sujetador 626 en la operación 1302 puede completar la instalación del remache 605 que une dos partes 603 entre sí en la ubicación del remache 605. Con el ajuste 653 de interferencia final siendo sustancialmente uniforme a través de la interfaz 613, el remache 605 puede considerarse de calidad deseada o suficientemente alta.

Volviendo ahora a la Figura 14, se muestra una ilustración de un proceso para realizar un proceso de remachado de dos etapas en la forma de un diagrama de flujo de acuerdo con una realización ilustrativa. El proceso que se ilustra en la Figura 14 puede implementarse utilizando el sistema 106 de fabricación flexible en la Figura 1. En particular, el proceso que se ilustra en la Figura 14 puede utilizarse para realizar el proceso 444 de remachado de dos etapas en la Figura 4 para sujetar la primera parte 606 y la segunda parte 608 en un entorno 600 de remachado en la Figura 6.

El proceso comienza fijando la primera parte 606 y la segunda parte 608 entre sí (operación 1400). En la operación 1400, la primera parte 606 y la segunda parte 608 pueden fijarse entre sí utilizando el primer dispositivo 660 de fijación y el segundo dispositivo 662 de fijación. El primer dispositivo 660 de fijación puede aplicar una primera fuerza de fijación a la primera superficie 623 de la primera parte 606 y el segundo dispositivo 662 de fijación puede aplicar una segunda fuerza de fijación sustancialmente igual a la primera fuerza de fijación a la segunda superficie 625 de la segunda parte 608 para fijar estas partes entre sí.

Luego, se aplica la primera fuerza 644 a la cabeza 640 del sujetador 626 colocado dentro del orificio 628 a través de la primera parte 606 y la segunda parte 608 utilizando el martillo 618 asociado con el primer dispositivo 602 robótico (operación 1402). Después, la primera parte 606 y la segunda parte 608 se separan (operación 1404). La segunda

fuerza 646 se aplica entonces a un extremo del sujetador 626 utilizando la barra 624 de remachado asociada con el segundo dispositivo 604 robótico en la cual la segunda fuerza 646 es menor que la primera fuerza 644 (operación 1406).

5 La cabeza 640 del sujetador 626 se martilla entonces una pluralidad de veces durante un intervalo de tiempo utilizando el martillo 618 para crear un ajuste 648 de interferencia inicial entre el sujetador 626 y al menos una porción del orificio 628 a través de la primera parte 606 y la segunda parte 608, a la vez que se mantiene el equilibrio 641 de fuerza entre la primera fuerza 644 aplicada a la cabeza 640, la segunda fuerza 646 aplicada al extremo del sujetador 626 y la fuerza 645 estructural reactiva (operación 1408). Luego, al menos una de la primera fuerza 644 o la segunda fuerza 646 se ajusta para formar una nueva primera fuerza 650 y una nueva segunda fuerza 652 en la cual la nueva segunda fuerza 652 es mayor que la nueva primera fuerza 650 (operación 1410).

10 El extremo del sujetador 626 se martilla entonces la pluralidad de veces durante un intervalo de tiempo utilizando la barra 624 de remachado para formar la cola 642 en el extremo del sujetador 626 y crear un ajuste 653 de interferencia final entre el sujetador 626 y el orificio 628, a la vez que se mantiene un nuevo equilibrio 647 de fuerza entre la nueva primera fuerza 650 que se aplica a la cabeza 640, la nueva segunda fuerza 652 que se aplica al extremo y la nueva fuerza 654 estructural reactiva (operación 1412), con el proceso que termina después. Una vez que se ha realizado la operación 1412, el remache 605 puede considerarse completamente formado e instalado y la primera parte 606 y la segunda parte 608 pueden considerarse sujetadas. El remache 605 puede tener una calidad deseada de tal manera que el ajuste 653 de interferencia final creado entre el sujetador 626 y el orificio 628 puede estar dentro de las tolerancias seleccionadas. En un ejemplo ilustrativo, el ajuste 653 de interferencia final puede ser sustancialmente uniforme a través de la interfaz 613 entre la primera parte 606 y la segunda parte 608.

15 Volviendo ahora a la Figura 15, se muestra una ilustración de un proceso para instalar un remache en la forma de un diagrama de flujo de acuerdo con una realización ilustrativa. El proceso que se ilustra en la Figura 15 puede implementarse para instalar un remache, tal como el remache 605 en la Figura 6.

20 El proceso puede comenzar generando mediante la fuerza 645 estructural reactiva en una primera dirección durante la instalación del remache 605 (operación 1500). Una nueva fuerza 654 estructural reactiva puede entonces generarse en una segunda dirección opuesta a la primera dirección durante la instalación del remache 605 (operación 1502), con el proceso que termina posteriormente.

25 Los diagramas de flujo y los diagramas de bloque en las diferentes realizaciones ilustradas muestran la arquitectura, la funcionalidad y el funcionamiento de algunas implementaciones posibles de aparatos y métodos en una realización ilustrativa. A este respecto, cada bloque en los diagramas de flujo o diagramas de bloque puede representar un módulo, un segmento, una función, una porción de una operación o etapa, alguna combinación de los mismos.

30 Volviendo ahora a la Figura 16, se muestra una ilustración de un sistema de procesamiento de datos en la forma de un diagrama de bloques de acuerdo con una realización ilustrativa. El sistema 1600 de procesamiento de datos puede utilizarse para implementar cualquiera de los controladores descritos anteriormente, que incluye el sistema 136 de control en la Figura 1. Por ejemplo, el sistema 1600 de procesamiento de datos puede utilizarse para implementar uno o más del ensamblaje de controladores 140 en la Figura 1.

35 Como se muestra, el sistema 1600 de procesamiento de datos incluye el encuadre 1602 de comunicaciones, el cual proporciona comunicaciones entre la unidad 1604 de procesador, los dispositivos 1606 de almacenamiento, la unidad 1608 de comunicaciones, la unidad 1610 de entrada/salida y la pantalla 1612. En algunos casos, el encuadre 1602 de comunicaciones puede implementarse como un sistema de bus.

40 La unidad 1604 de procesador está configurada para ejecutar instrucciones para que el software realice un número de operaciones. La unidad 1604 de procesador puede comprender al menos uno de un número de procesadores, un núcleo multiprocesador o algún otro tipo de procesador, dependiendo de la implementación. En algunos casos, la unidad 1604 de procesador puede tomar la forma de una unidad de hardware, tal como un sistema de circuito, un circuito integrado de aplicación específica (ASIC), un dispositivo lógico programable o algún otro tipo adecuado de unidad de hardware.

45 Las instrucciones para el sistema operativo, las aplicaciones y los programas ejecutados por la unidad 1604 de procesador pueden ubicarse en los dispositivos 1606 de almacenamiento. Los dispositivos 1606 de almacenamiento pueden estar en comunicación con la unidad 1604 de procesador a través del encuadre 1602 de comunicaciones. Como se utiliza en este documento, un dispositivo de almacenamiento, también denominado dispositivo de almacenamiento legible por ordenador, es cualquier pieza de hardware capaz de almacenar información de forma temporal, permanente o ambas. Esta información puede incluir, pero no se limita a, datos, código de programa, otra información o alguna combinación de los mismos.

50 La memoria 1614 y el almacenamiento 1616 persistente son ejemplos de dispositivos 1606 de almacenamiento. La memoria 1614 puede tomar la forma de, por ejemplo, una memoria de acceso aleatorio o algún tipo de dispositivo de almacenamiento volátil o no volátil. El almacenamiento 1616 persistente puede comprender cualquier número de componentes o dispositivos. Por ejemplo, el almacenamiento 1616 persistente puede comprender un disco duro,

una memoria flash, un disco óptico regrabable, una cinta magnética regrabable o alguna combinación de los anteriores. Los medios utilizados por el almacenamiento 1616 persistente pueden o no ser desmontables.

5 La unidad 1608 de comunicaciones permite que el sistema 1600 de procesamiento de datos se comunice con otros sistemas de procesamiento de datos, dispositivos o ambos. La unidad 1608 de comunicaciones puede proporcionar comunicaciones utilizando enlaces de comunicaciones físicas, enlaces de comunicaciones inalámbricas o ambos.

10 La unidad 1610 de entrada/salida permite que la entrada se reciba y se envíe a otros dispositivos conectados al sistema 1600 de procesamiento de datos. Por ejemplo, la unidad 1610 de entrada/salida puede permitir que la entrada del usuario se reciba a través de un teclado, un ratón, algún otro tipo de dispositivo de entrada, o una combinación de los mismos. Como otro ejemplo, la unidad 1610 de entrada/salida puede permitir que la salida se envíe a una impresora conectada al sistema 1600 de procesamiento de datos. La pantalla 1612 está configurada para mostrar información a un usuario. La pantalla 1612 puede comprender, por ejemplo, sin limitación, un monitor, una pantalla táctil, una pantalla láser, una pantalla holográfica, un dispositivo de pantalla virtual, algún otro tipo de dispositivo de pantalla, o una combinación de los mismos.

15 En este ejemplo ilustrativo, los procesos de las diferentes realizaciones ilustrativas pueden realizarse mediante la unidad 1604 de procesador utilizando instrucciones implementadas por ordenador. Estas instrucciones pueden denominarse como un código de programa, un código de programa utilizable por ordenador o un código de programa legible por ordenador y pueden ser leídas y ejecutadas por uno o más procesadores en la unidad 1604 de procesador.

20 En estos ejemplos, el código 1618 de programa se encuentra en una forma funcional en un medio 1620 legible por ordenador, el cual es desmontable selectivamente, y puede cargarse o transferirse al sistema 1600 de procesamiento de datos para su ejecución mediante la unidad 1604 de procesador. El código 1618 de programa y los medios legibles por ordenador 1620 juntos forman el producto 1622 de programa informático. En este ejemplo ilustrativo, los medios 1620 legibles por ordenador pueden ser medios 1624 de almacenamiento legibles por ordenador o medios 1626 de señal legibles por ordenador.

25 El medio 1624 de almacenamiento legible por ordenador es un dispositivo de almacenamiento físico o tangible utilizado para almacenar el código 1618 de programa en lugar de un medio que propaga o transmite el código 1618 de programa. El medio 1624 de almacenamiento legible por ordenador puede ser, por ejemplo, sin limitación un disco óptico o magnético o un dispositivo de almacenamiento persistente que está conectado al sistema 1600 de procesamiento de datos.

30 Alternativamente, el código 1618 de programa puede transferirse al sistema 1600 de procesamiento de datos utilizando medios 1626 de señal legibles por ordenador. Los medios 1626 de señal legibles por ordenador pueden ser, por ejemplo, una señal de datos propagada que contiene el código 1618 de programa. Esta señal de datos puede ser una señal electromagnética, una señal óptica o algún otro tipo de señal que puede transmitirse a través de enlaces de comunicaciones físicas, enlaces de comunicaciones inalámbricas o ambos.

35 La ilustración del sistema 1600 de procesamiento de datos en la Figura 16 no pretende proporcionar limitaciones arquitectónicas a la manera en la cual se pueden implementar las realizaciones ilustrativas. Las diferentes realizaciones ilustrativas pueden implementarse en un sistema de procesamiento de datos que incluye componentes además de o en lugar de aquellos ilustrados para el sistema 1600 de procesamiento de datos. Además, los componentes que se muestran en la Figura 16 pueden variar de los ejemplos ilustrativos mostrados.

40 Las realizaciones ilustrativas de la divulgación pueden describirse en el contexto del método 1700 de fabricación y servicio de aeronaves como se muestra en la Figura 17 y la aeronave 1800 como se muestra en la Figura 18. Volviendo primero a la Figura 17, una ilustración de un método de una fabricación y servicio de aeronaves se muestra en la forma de un diagrama de bloques de acuerdo con una realización ilustrativa. Durante la preproducción, el método 1700 de fabricación y servicio de aeronaves puede incluir la especificación y el diseño
45 1702 de las aeronaves 1800 en la Figura 18 y la adquisición 1704 del material.

Durante la producción, tiene lugar la fabricación 1706 de componentes y subensamblajes y la integración 1708 de sistemas de la aeronave 1800 en la Figura 18. A partir de entonces, la aeronave 1800 en la Figura 18 puede pasar por la certificación y entrega 1710 con el fin de ser puesta en servicio 1712. A la vez que está en servicio 1712 por un cliente, la aeronave 1800 en la Figura 18 está programada para mantenimiento 1714 y servicio de rutina, los
50 cuales pueden incluir modificaciones, reconfiguración, remodelación y otro mantenimiento o servicio.

Cada uno de los procesos de fabricación de aeronaves y método 1700 de servicio puede ser realizado o llevado a cabo por al menos uno de un integrador de sistemas, un tercero o un operador. En estos ejemplos, el operador puede ser un cliente. A los fines de esta descripción, un integrador de sistemas puede incluir, sin limitación, cualquier número de fabricantes de aeronaves y subcontratistas de sistemas principales; un tercero puede incluir, sin
55 limitación, cualquier número de vendedores, subcontratistas y proveedores; y un operador puede ser una aerolínea, una empresa de arrendamiento financiero, una entidad militar, una organización de utilidades, etc.

5 Con referencia ahora a la Figura 18, se muestra una ilustración de una aeronave en la forma de un diagrama de bloques en la cual se puede implementar una realización ilustrativa. En este ejemplo, la aeronave 1800 se produce mediante el método 1700 de fabricación y servicio de la aeronave en la Figura 17 y puede incluir la estructura 1802 con una pluralidad de sistemas 1804 y el interior 1806. Los ejemplos de sistemas 1804 incluyen uno o más del sistema 1808 de propulsión, el sistema 1810 eléctrico, el sistema 1812 hidráulico y el sistema 1814 ambiental. Se puede incluir cualquier número de otros sistemas. Aunque se muestra un ejemplo aeroespacial, se pueden aplicar diferentes realizaciones ilustrativas a otras industrias, tales como la industria automotriz.

10 Los aparatos y métodos incorporados en este documento pueden emplearse durante al menos una de las etapas del método 1700 de fabricación y servicio de aeronaves en la Figura 17. En particular, el sistema 106 de fabricación flexible de la Figura 1 puede utilizarse para fabricar el fuselaje de la aeronave 1800 durante cualquiera de las etapas del método 1700 de fabricación y servicio de aeronaves. Por ejemplo, sin limitación, el sistema 106 de fabricación flexible de la Figura 1 puede utilizarse durante al menos una de la fabricación 1706 de componentes y subensamblajes, integración 1708 de sistemas o alguna otra etapa de la aeronave del método 1700 de fabricación y servicio. En particular, el proceso 444 de remachado de dos etapas en la Figura 4 puede utilizarse para instalar remaches en paneles de fuselaje, tales como la pluralidad de paneles 120 en la Figura 1, para construir, por ejemplo, sin limitación, el ensamblaje 114 de fuselaje en la Figura 1, para la estructura 1802 de la aeronave 1800.

20 En un ejemplo ilustrativo, los componentes o subensamblajes producidos en la fabricación 1706 de componentes y subensamblajes en la Figura 17 pueden fabricarse o manufacturarse de manera similar a los componentes o subensamblajes producidos a la vez que la aeronave 1800 está en servicio 1712 en la Figura 17. Como aún otro ejemplo, una o más realizaciones del aparato, realizaciones del método, o una combinación de las mismas se pueden utilizar durante las etapas de producción, tales como la fabricación 1706 de componentes y subensamblajes y la integración 1708 de sistemas en la Figura 17. Una o más realizaciones del aparato, realizaciones del método o una combinación de las mismas se utilizará a la vez que la aeronave 1800 está en servicio 1712, durante el mantenimiento y el servicio 1714 en la Figura 17, o ambos. El uso de un número de las diferentes realizaciones ilustrativas puede acelerar sustancialmente el ensamblaje y reducir el coste de la aeronave 1800.

25 La descripción de las diferentes realizaciones ilustrativas se ha presentado con fines de ilustración y descripción, y no pretende ser exhaustiva o limitada a las realizaciones en la forma divulgada. Diversas modificaciones y variaciones serán evidentes para los expertos en la técnica, dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un método para sujetar dos partes (603) entre sí, comprendiendo el método:
 crear (1200) un ajuste (648) de interferencia inicial entre un sujetador (626) y al menos una porción de un orificio (628) que se extiende a través de las dos partes (603) a la vez que se mantiene un equilibrio (641) de fuerza; y
- 5 crear (1202) un ajuste (653) de interferencia final entre el sujetador (626) y el orificio (628), a la vez que se mantiene un nuevo equilibrio (647) de fuerza, caracterizado porque:
 crear (1200) el ajuste (648) de interferencia inicial comprende aplicar una primera fuerza (644) a una cabeza (640) del sujetador (626) utilizando un primer dispositivo (602) robótico, a la vez que también aplica una segunda fuerza (646) a un extremo (638) del sujetador (626) que utiliza un segundo dispositivo (604) robótico, en donde la segunda fuerza (646) es menor que la primera fuerza (644), en donde crear (1202) el ajuste (653) de interferencia final comprende:
 ordenar al primer dispositivo (602) robótico que aplique una nueva primera fuerza (650) a la cabeza (640) del sujetador (626); y
- 10 ordenar al segundo dispositivo (604) robótico que aplique una nueva segunda fuerza (652) que sea mayor que la nueva primera fuerza (650) a un extremo (638) del sujetador (626), en donde al menos uno de la nueva primera fuerza (650) o la nueva segunda fuerza (652) es diferente a partir de la primera fuerza (644) o la segunda fuerza (646), respectivamente.
- 15 2. El método de la reivindicación 1, en donde crear (1202) el ajuste (653) de interferencia final comprende:
 formar una cola (642) en un extremo (638) del sujetador (626), a la vez que se mantiene el nuevo equilibrio (647) de fuerza.
- 20 3. El método de la reivindicación 2, en donde la formación de la cola (642) comprende:
 formar la cola (642) para completar la instalación de un remache (605) en el orificio (628).
4. El método de la reivindicación 1, en donde crear (1202) el ajuste (653) de interferencia final comprende:
 formar una cola (642) en un extremo (638) del sujetador (626) opuesto a una cabeza (640) del sujetador (626), a la vez que se mantiene el nuevo equilibrio (647) de fuerza, para crear el ajuste (653) de interferencia final entre el sujetador (626) y el orificio (628) dentro de las tolerancias seleccionadas.
- 25 5. El método de la reivindicación 1, en donde crear (1202) el ajuste (653) de interferencia final comprende:
 formar una cola (642) en un extremo (638) del sujetador (626) opuesto a una cabeza (640) del sujetador (626) de tal modo que el ajuste (653) de interferencia final sea uniforme a través de una interfaz (613) entre dos partes (603).
- 30 6. El método de la reivindicación 1, en donde crear (1200) el ajuste (648) de interferencia inicial comprende:
 aplicar una primera fuerza (644) a una cabeza (640) utilizando un martillo (618) asociado con un primer dispositivo (602) robótico; y
 aplicar una segunda fuerza (646) a un extremo (638) del sujetador (626) utilizando una barra (624) de remachado asociada con un segundo dispositivo (604) robótico.
- 35 7. El método de la reivindicación 1, en donde crear (1202) el ajuste (653) de interferencia final comprende:
 aplicar la nueva primera fuerza (650) a la cabeza (640) del sujetador (626) a la vez que también se aplica la nueva segunda fuerza (652) al extremo (638) del sujetador (626) de tal manera que se genera una nueva fuerza (654) estructural reactiva, en donde la nueva segunda fuerza (652) es sustancialmente igual a una suma de la nueva primera fuerza (650) y la nueva fuerza (654) estructural reactiva.
- 40 8. El método de la reivindicación 1, comprendiendo además:
 fijar una primera parte (606) y una segunda parte (608) entre sí antes de que se aplique una primera fuerza (644) a un primer extremo (636) del sujetador (626); y
 separar la primera parte (606) y la segunda parte (608) antes de aplicar una segunda fuerza (646) a un segundo extremo (638) del sujetador (626).
- 45 9. El método de la reivindicación 1 comprendiendo además:
 fijar (1400) una primera parte (606) y una segunda parte (608) entre sí.

10. El método de la reivindicación 1, en donde la creación del ajuste (648) de interferencia inicial comprende:

martillar una cabeza (640) del sujetador (626) una pluralidad de veces durante un intervalo de tiempo con una primera fuerza (644) utilizando un martillo (618) asociado con un primer dispositivo (602) robótico a la vez que se aplica una segunda fuerza (646) a un extremo (638) del sujetador (626) utilizando una barra (624) de remachado asociada con un segundo dispositivo (604) robótico.

5

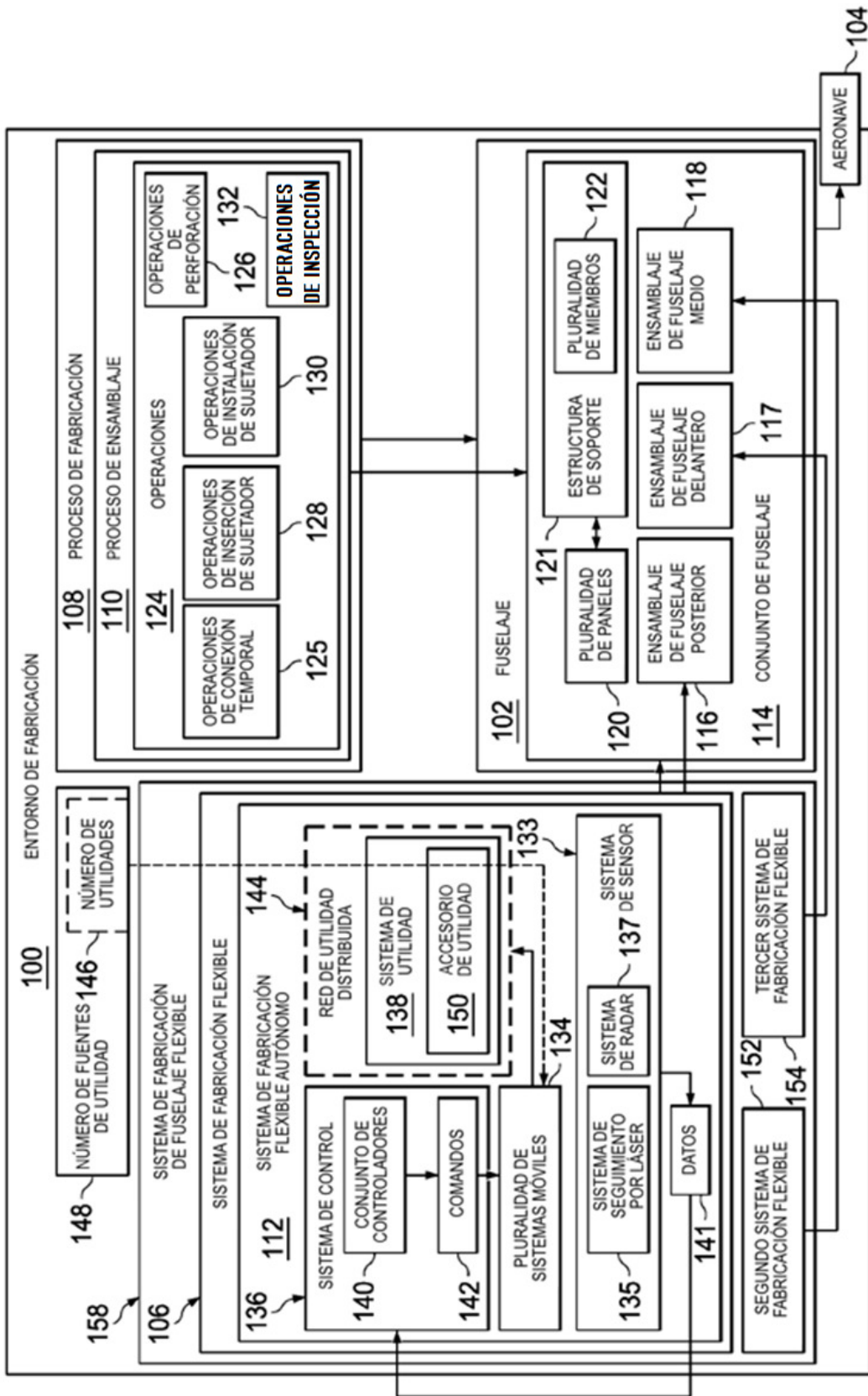
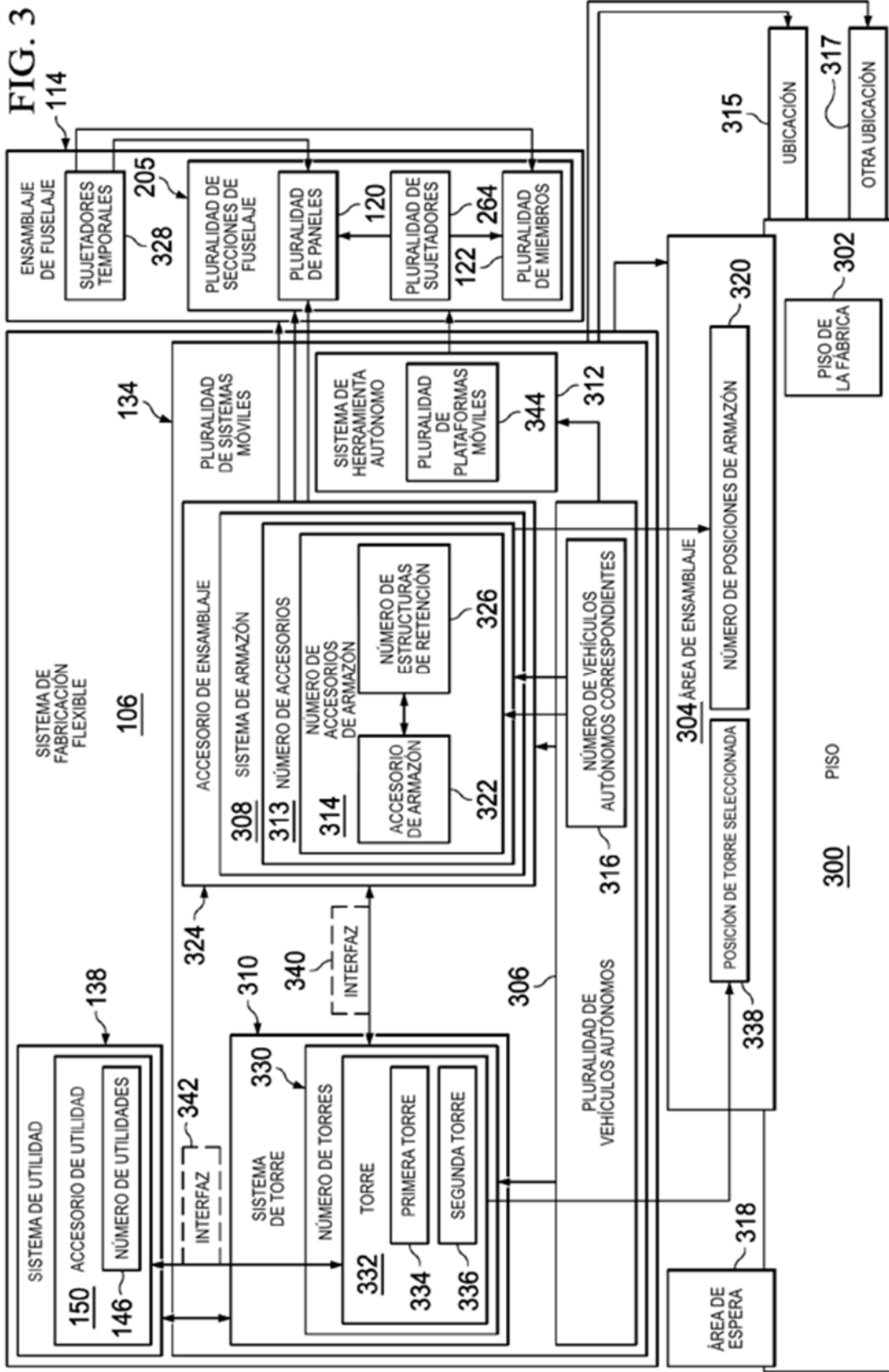
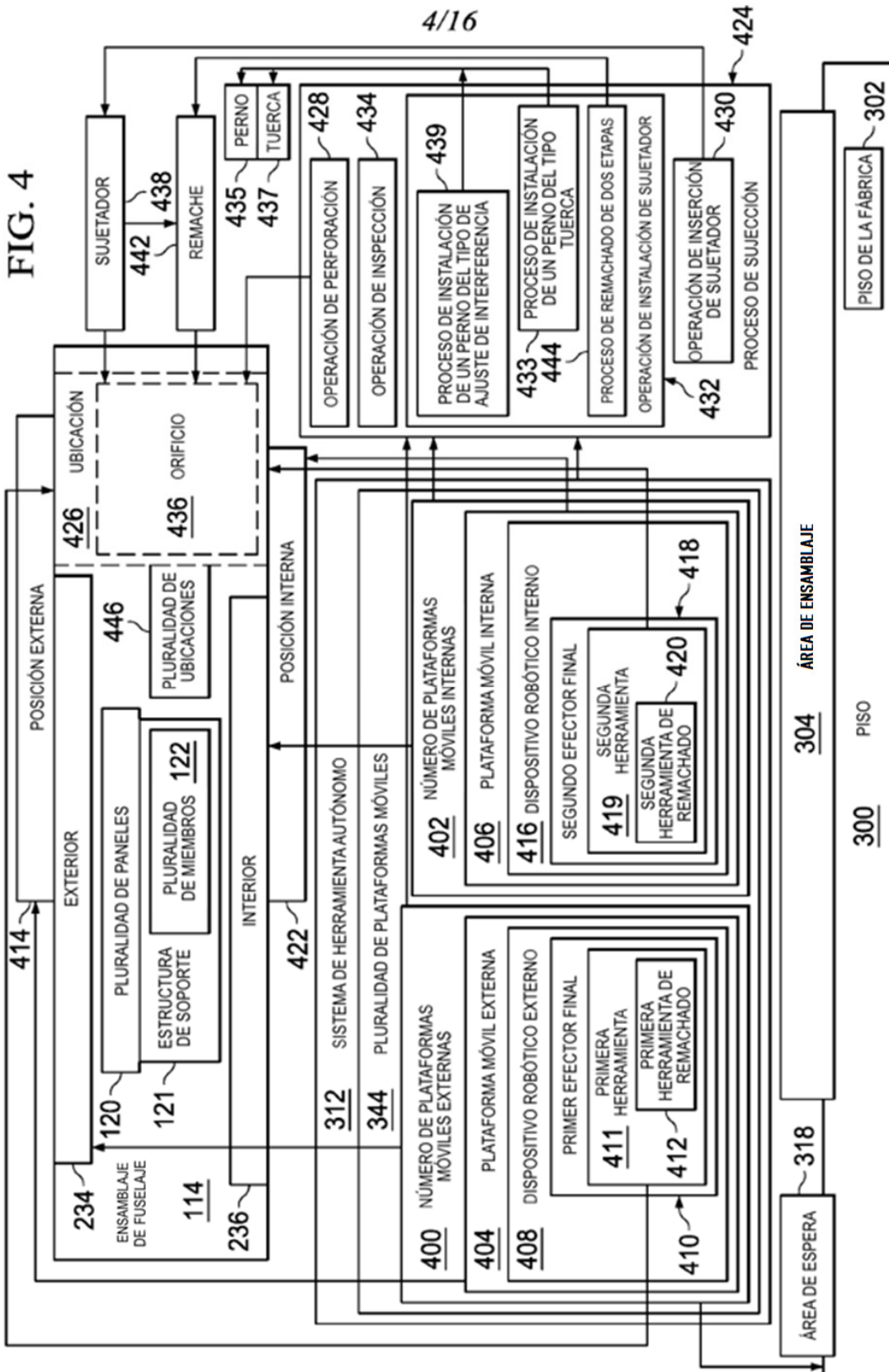


FIG. 1





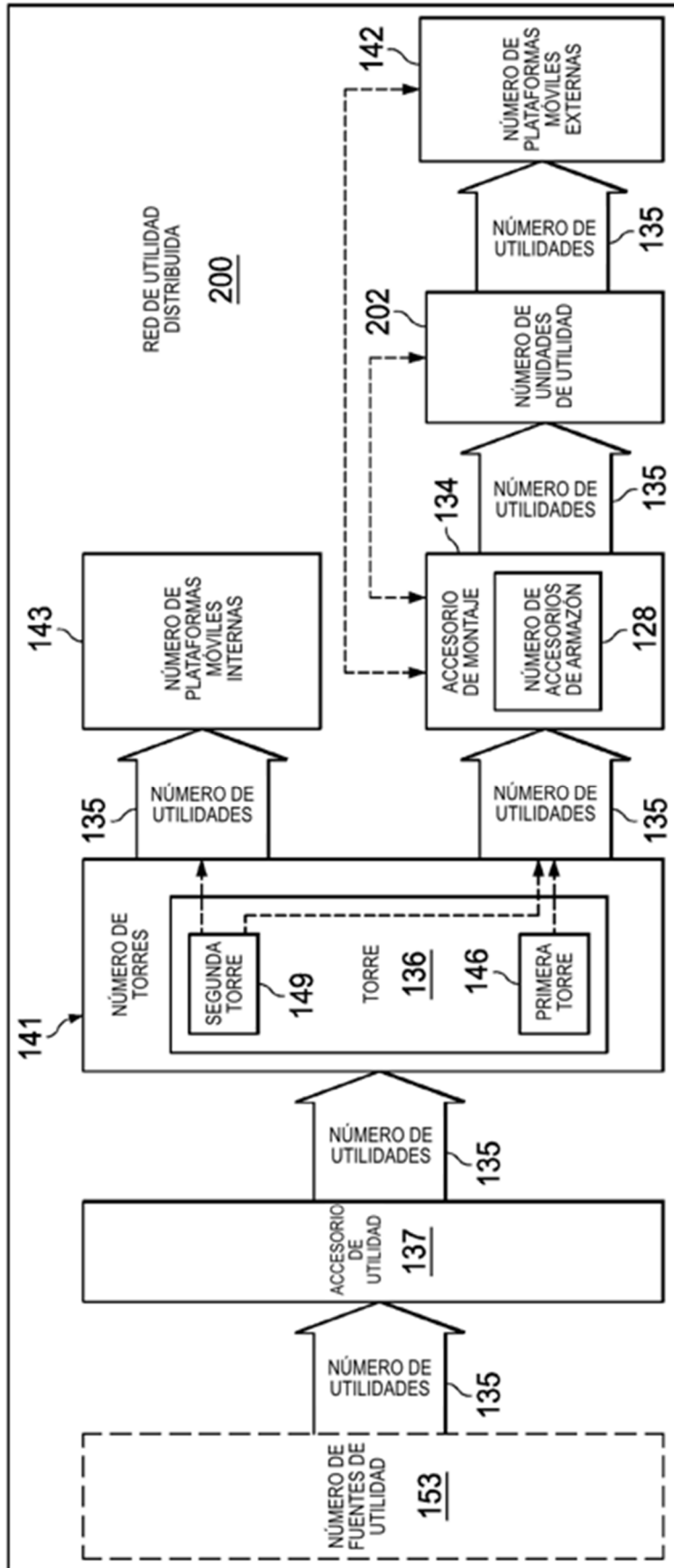


FIG. 5

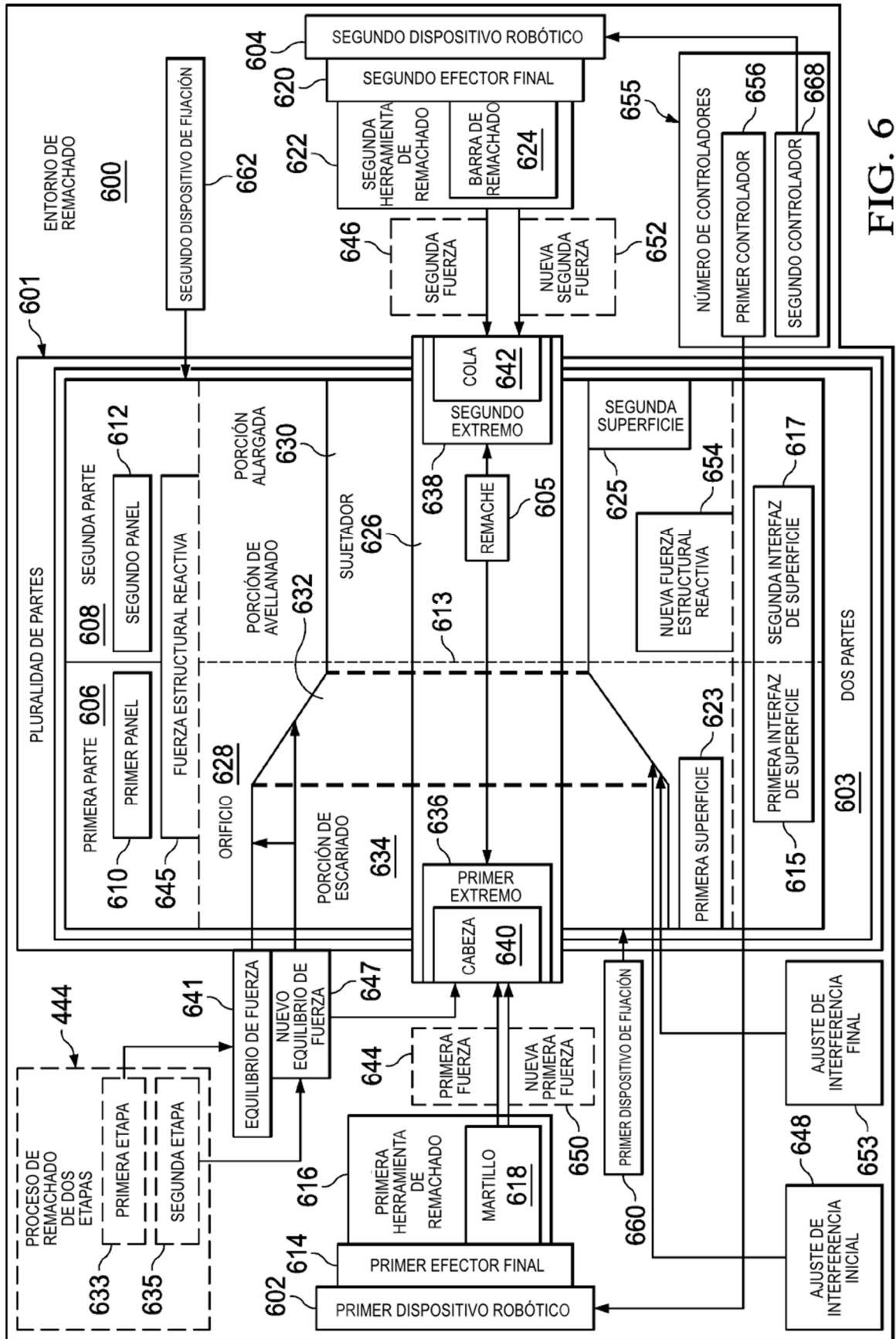


FIG. 6

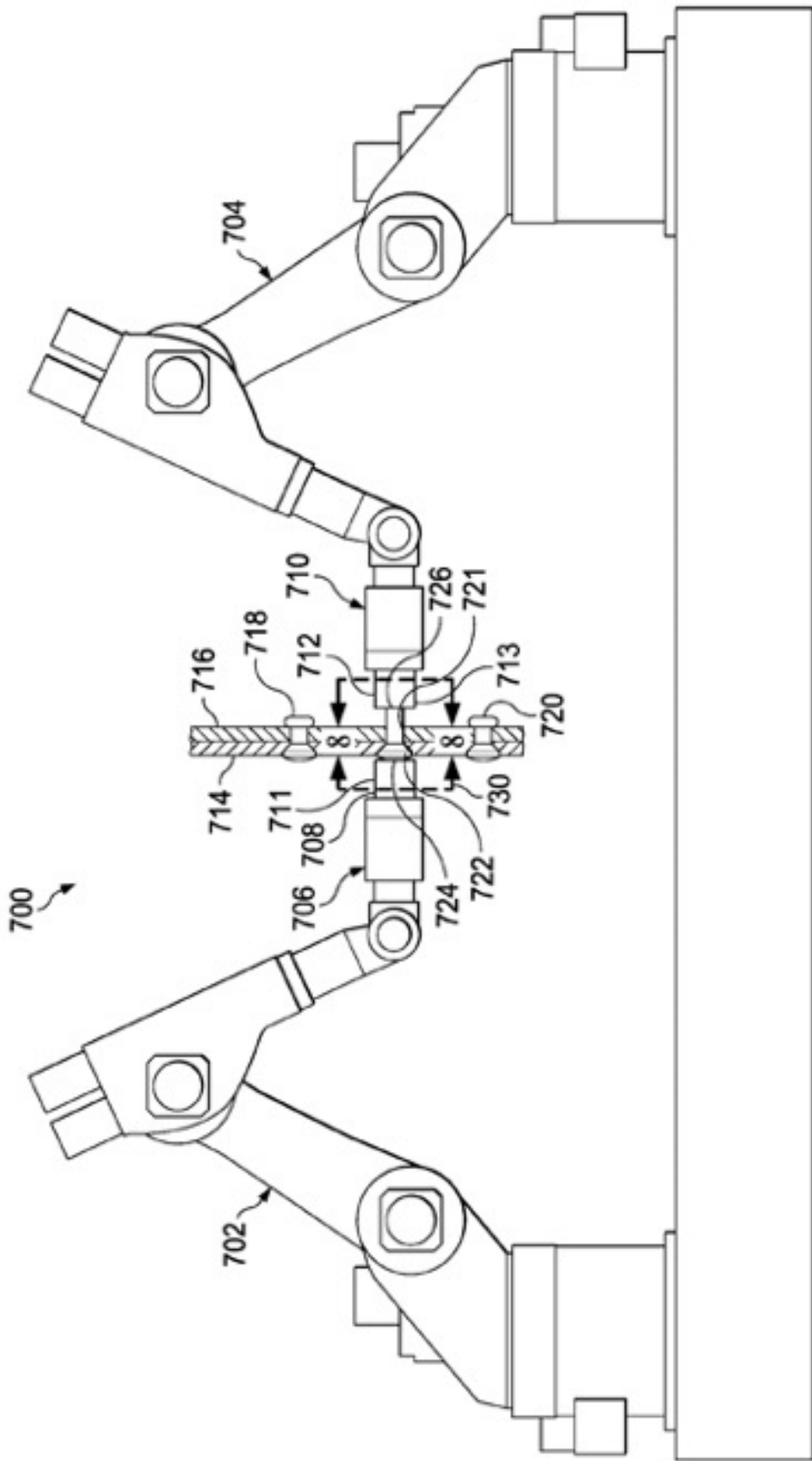


FIG. 7

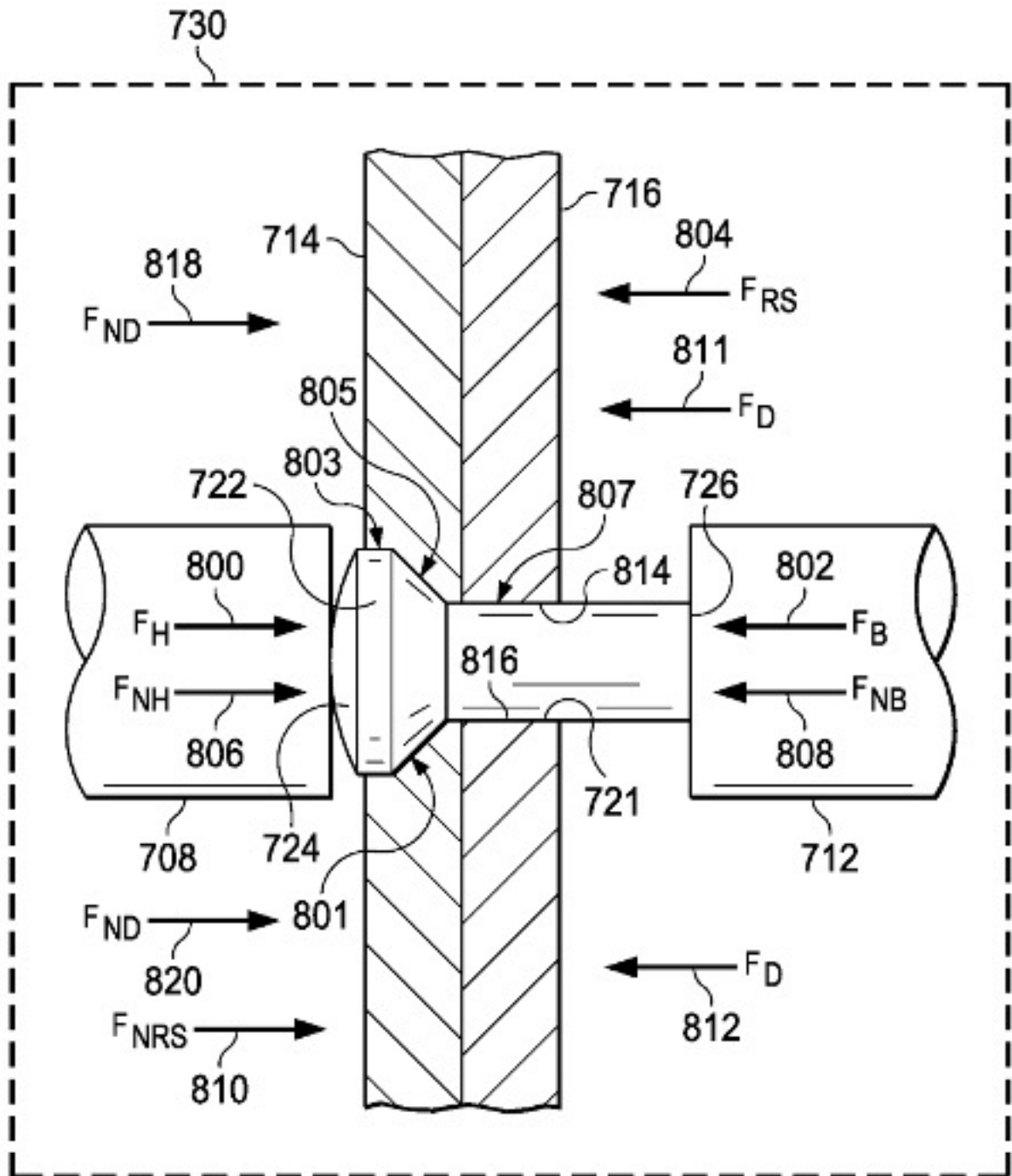


FIG. 8

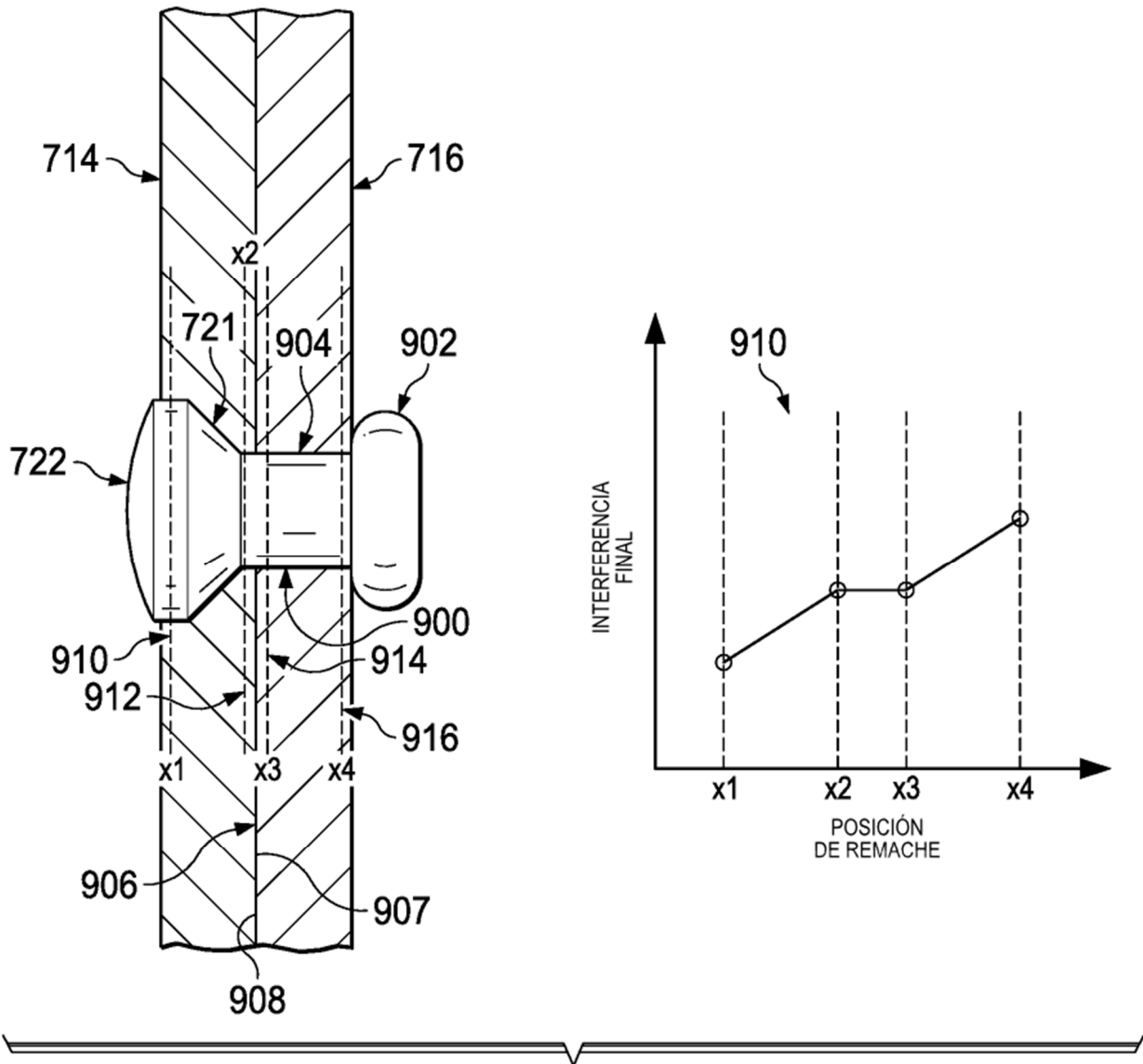


FIG. 9

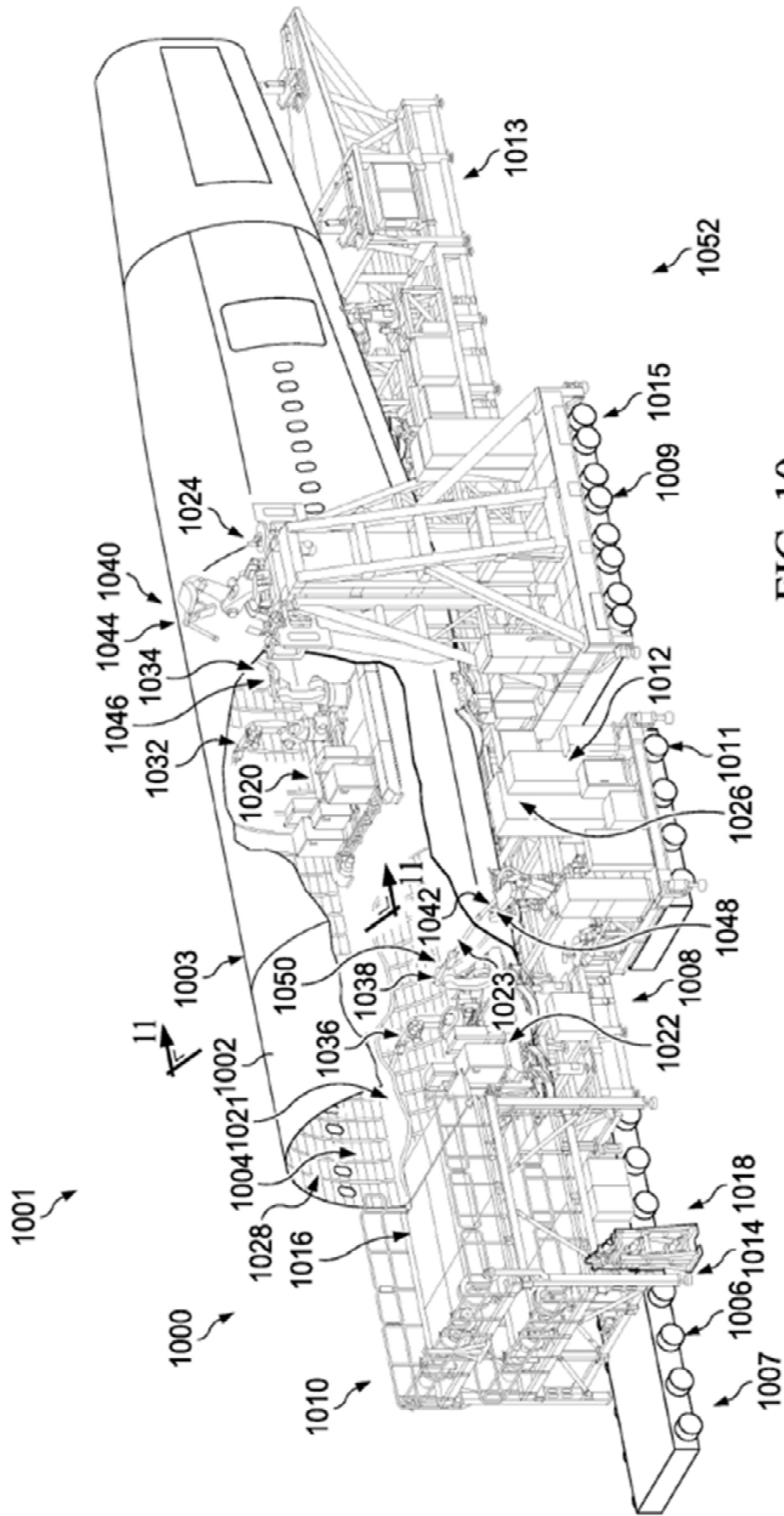


FIG. 10

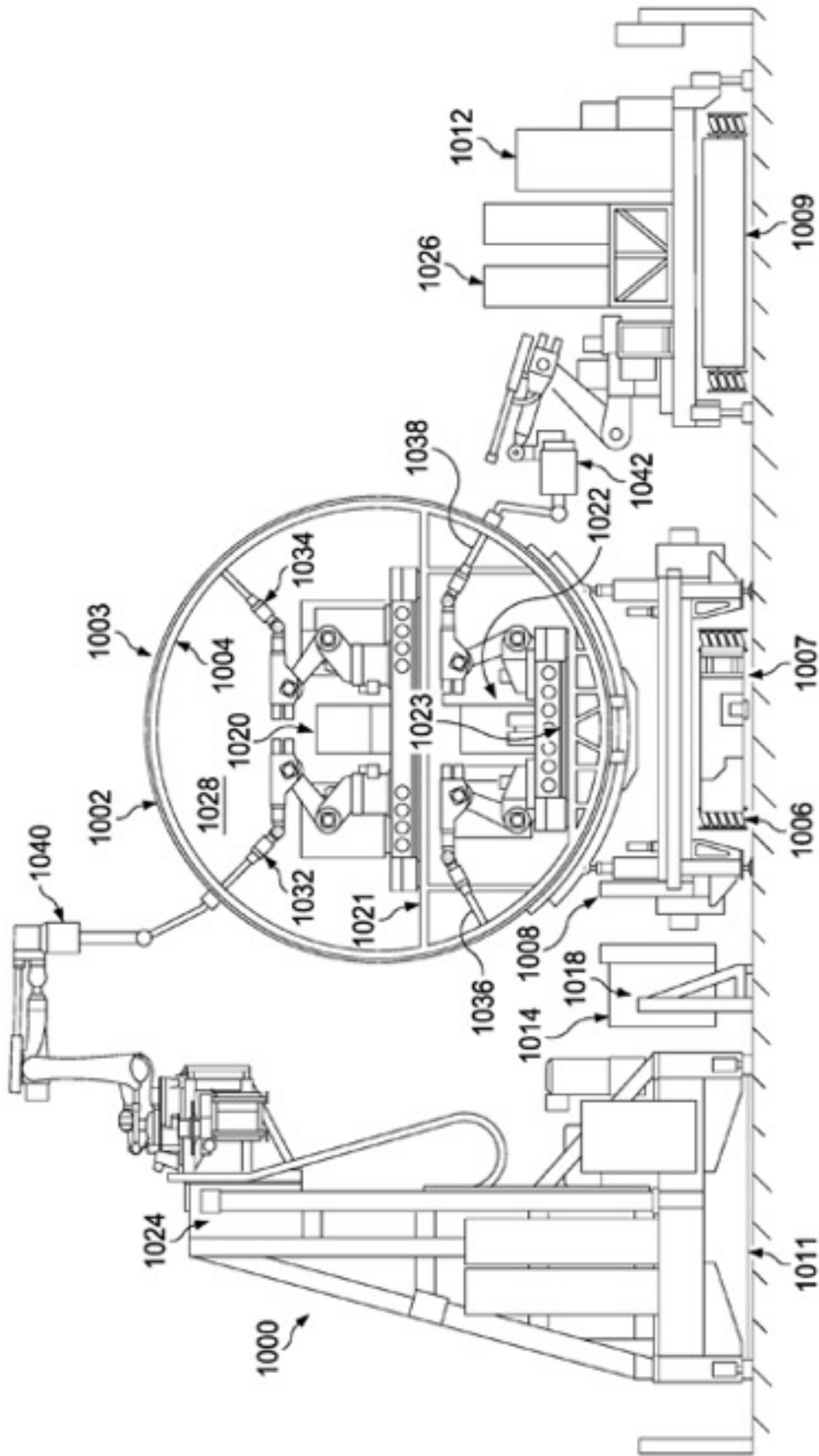


FIG. 11

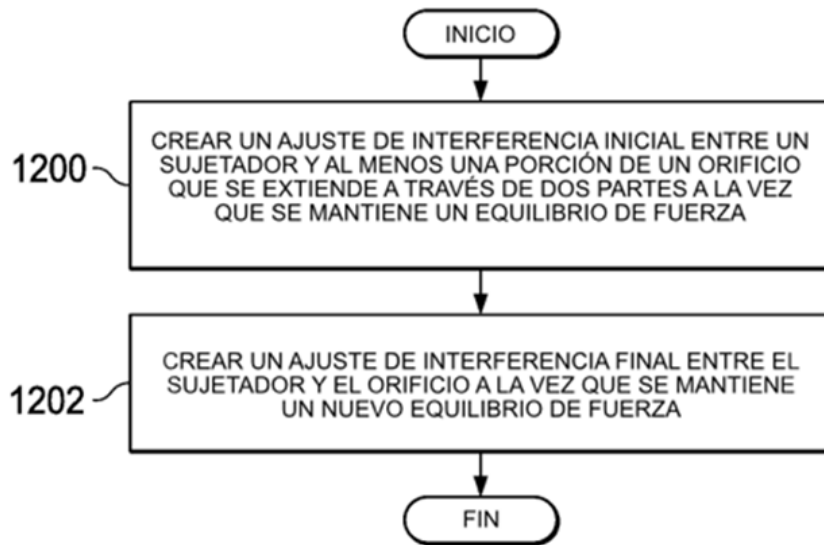


FIG. 12

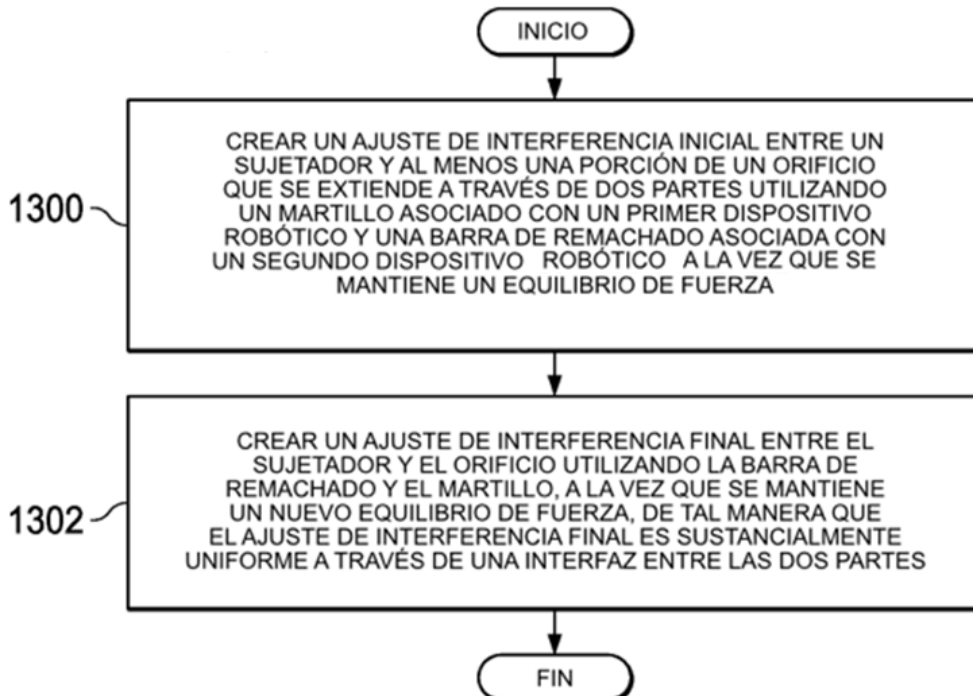


FIG. 13

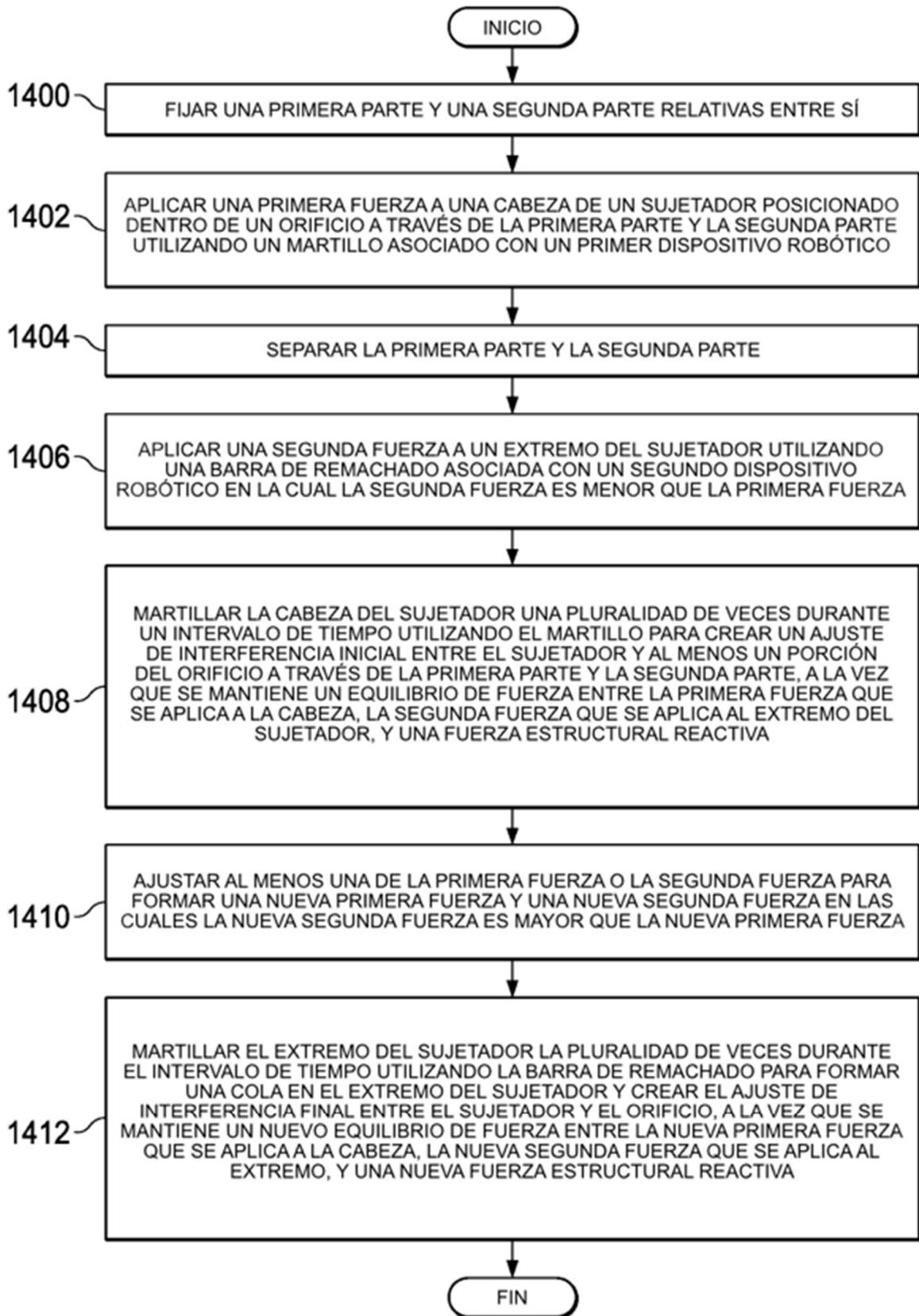


FIG. 14

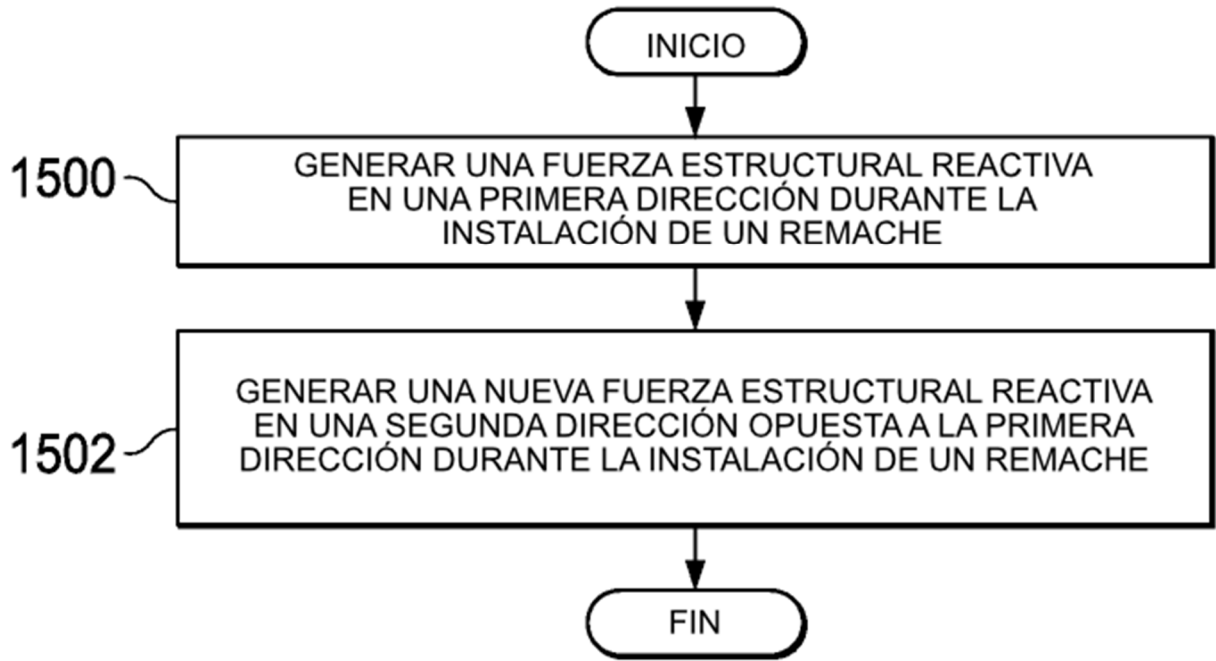


FIG. 15

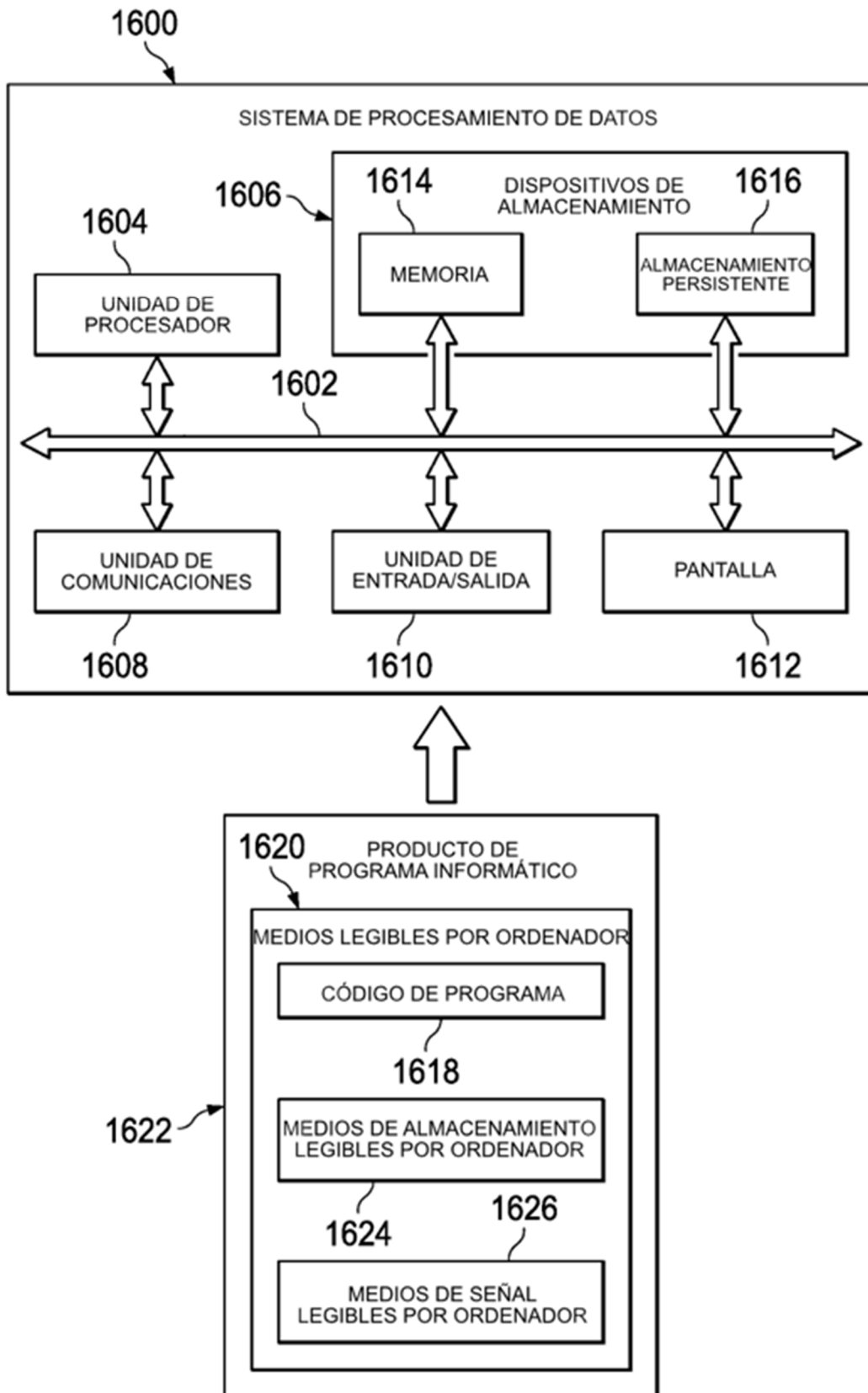


FIG. 16

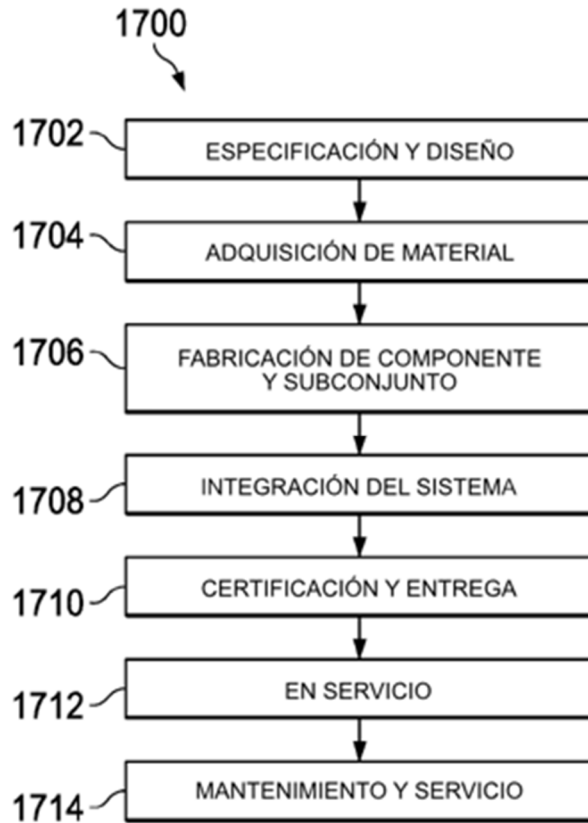


FIG. 17

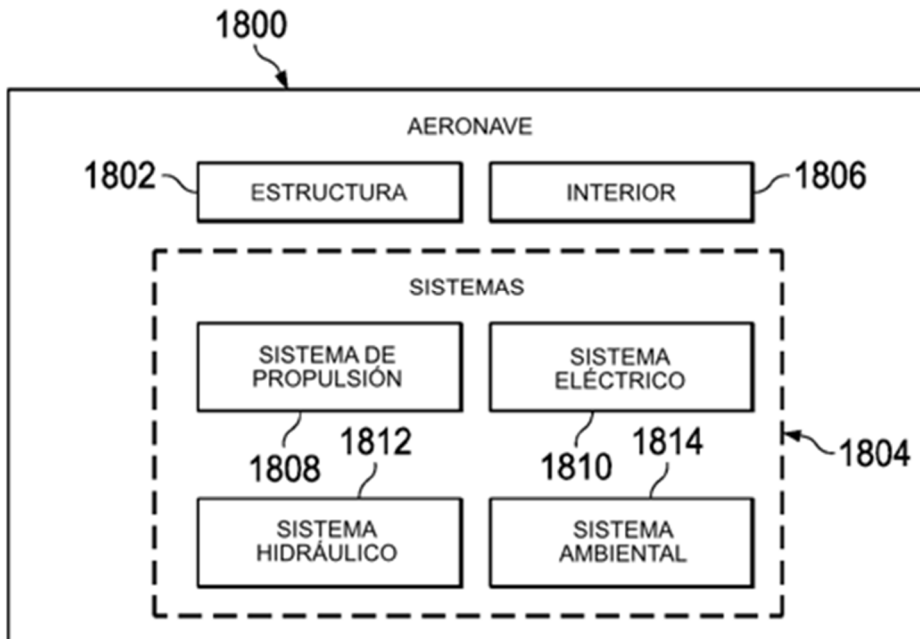


FIG. 18