

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 732 072**

51 Int. Cl.:

**B64D 39/00**

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.07.2013** E 13178587 (5)

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.03.2019** EP 2695814

54 Título: **Sistema de control de un brazo de repostaje**

30 Prioridad:

**09.08.2012 US 201213570713**

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

**20.11.2019**

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**HATCHER, JUSTIN CLEVE;  
SPEER, THOMAS EDWARD y  
MUSGRAVE, JEFFREY L.**

74 Agente/Representante:

**CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel**

**ES 2 732 072 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

Sistema de control de un brazo de repostaje

**1. Campo:**

5 La presente divulgación se refiere en general a aviones y, en particular, a un avión de repostaje. De forma aún más concreta, la presente divulgación se refiere a un método y a un aparato para gestionar el movimiento un brazo de repostaje para un avión de repostaje.

**2. Antecedentes:**

10 El repostaje aéreo es el proceso de transferencia de combustible de un avión a otro avión durante el vuelo. El avión desde el cual se origina el combustible se denomina avión cisterna. El avión que recibe el combustible se denomina avión receptor. Este tipo de proceso de repostaje puede aplicarse a varios tipos de aviones receptores, aviones cisterna, o aviones receptores y aviones cisterna. Los diferentes tipos de aviones pueden incluir aviones de ala fija, un aviones de alas giratorias y otros tipos adecuados de aviones.

15 Un enfoque común para repostar aviones durante el vuelo implica el uso de un brazo de repostaje y un sistema de receptáculo. El brazo de repostaje de combustible puede comprender un tubo que está fijo en un avión cisterna o puede ser un brazo de repostaje de combustible telescópico en el avión cisterna. El brazo de repostaje de combustible puede unirse a la parte trasera del avión cisterna. Este brazo de repostaje puede moverse a lo largo de tres ejes en relación con el avión. En algunos casos, el brazo de repostaje también puede ser flexible. Un operador puede extender un brazo de repostaje y también puede reposicionar el brazo de repostaje para su inserción en un receptáculo en el avión receptor. Cuando el extremo del brazo de repostaje de combustible se inserta en un  
20 receptáculo del avión receptor, el brazo de repostaje puede entonces considerarse que está conectado al avión receptor. Cuando se realiza una conexión, el combustible puede ser transferido desde el avión cisterna al avión receptor a través del brazo del repostaje.

25 Cuando el operador mueve el brazo de repostaje para realizar la conexión con el avión, el operador realiza esta operación utilizando un dispositivo de control. Este dispositivo de control puede tomar la forma de una palanca de control. Esta palanca de control puede ser similar a un joystick. El operador mueve la palanca de control en diferentes direcciones para hacer que el brazo de repostaje se mueva en diferentes direcciones.

30 Además, los diferentes aviones cisterna tienen diferentes tipos de sistemas para posicionar el brazo de repostaje. Como resultado, un operador entrenado y con experiencia en operaciones de repostaje de combustible en un tipo de avión cisterna puede no ser capaz de controlar el brazo de repostaje de combustible tan fácilmente en otro tipo de avión cisterna. Los diferentes controles y operaciones realizadas para mover el brazo de repostaje de combustible pueden ser diferentes entre los diferentes tipos de aviones cisterna.

35 En un ejemplo, un brazo de repostaje de combustible puede moverse alrededor de un eje de rotación. De manera más específica, el brazo de repostaje puede moverse alrededor de un eje de cabeceo y balanceo. El operador puede mover la palanca de control en una dirección que corresponda con el movimiento de cabeceo y balanceo deseado del brazo de repostaje. Este tipo de control de entrada puede ser más complicado de lo deseado y puede no ser tan intuitivo para un operador del brazo con menos experiencia.

En consecuencia, un operador que trabaja en más de un tipo de avión cisterna puede necesitar capacitación para los diferentes tipos de aviones cisterna. Como resultado, para realizar operaciones de repostaje en diferentes tipos de aviones cisterna, un operador dedica tiempo adicional a entrenar y practicar en diferentes tipos de aviones cisterna.

40 Esta diferencia en los controles para realizar operaciones de repostaje de combustible puede resultar en más capacitación y gastos de lo deseado. Asimismo, si los diferentes operadores no están familiarizados con todos los diferentes tipos de aviones cisterna utilizados, entonces los operadores preparados para realizar misiones en un tipo particular de avión pueden no estar disponibles como se desea. Por lo tanto, sería deseable disponer de un método y un aparato que tengan en cuenta al menos algunas de las cuestiones analizadas anteriormente, así como otras  
45 cuestiones posibles.

El documento WO 2010/065036 A1 divulga un método para posicionar de manera óptima un brazo de repostaje.

El documento WO 2012/030347 A1 divulga el uso de límites impuestos para limitar el movimiento de un sistema de brazo.

El documento EP 0 780 292 A1 divulga un brazo de repostaje de combustible arial accionado de eje de rodillos.

En la reivindicación 1 se define un aparato mejorado para mover un brazo de repostaje en un avión cisterna, y un método mejorado para mover un brazo de repostaje en un avión cisterna se define en la reivindicación 10.

- 5 Las características y funciones se pueden lograr independientemente en diversas realizaciones de la presente divulgación o se pueden combinar en aún otras realizaciones en las que se pueden ver detalles adicionales con referencia a la descripción y dibujos siguientes.

### Breve descripción de los dibujos

- 10 Las características novedosas que se consideran distintivas de las realizaciones ilustrativas se exponen en las reivindicaciones adjuntas. Las realizaciones ilustrativas, sin embargo, así como un modo preferente de uso, objetivos y características adicionales de las mismas, se entenderán mejor por referencia a la siguiente descripción detallada de una realización ilustrativa de la presente divulgación, cuando se lean junto con los dibujos adjuntos, en los que:

La **figura 1** es una ilustración de un entorno de repostaje en la que puede implementarse una realización ilustrativa;

La **figura 2** es una ilustración detallada de un brazo de repostaje de acuerdo con una realización ilustrativa;

La **figura 3** es una ilustración detallada de un sistema de soporte de acuerdo con una realización ilustrativa;

- 15 La **figura 4** es una ilustración de un diagrama de bloques de un entorno de repostaje de acuerdo con una realización ilustrativa;

La **figura 5** es una ilustración de un sistema de repostaje de acuerdo con una realización ilustrativa;

La **figura 6** es una ilustración de un gráfico de una envoltura de brazo de repostaje de acuerdo con una realización ilustrativa;

- 20 La **figura 7** es otra ilustración de un gráfico de una envoltura de un brazo de repostaje de acuerdo con una realización ilustrativa;

La **figura 8** es una ilustración del movimiento de un brazo de repostaje en respuesta al movimiento de una palanca de control de acuerdo con una realización ilustrativa;

- 25 La **figura 9** es otra ilustración del movimiento de un brazo de repostaje en respuesta al movimiento de una palanca de control de acuerdo con una realización ilustrativa;

La **figura 10** es otra ilustración del movimiento de un brazo de repostaje en respuesta al movimiento de una palanca de control utilizando un transformador de comando de acuerdo con una realización ilustrativa;

La **figura 11** es otra ilustración del movimiento de un brazo de repostaje en respuesta al movimiento de una palanca de control utilizando un transformador de comando de acuerdo con una realización ilustrativa;

- 30 La **figura 12** es una ilustración de un diagrama de flujo de un proceso para mover un brazo de repostaje en un avión cisterna de acuerdo con una realización ilustrativa;

La **figura 13** es una ilustración de un diagrama de flujo de un proceso para mover un brazo de repostaje en un avión cisterna de acuerdo con una realización ilustrativa;

- 35 La **figura 14** es una ilustración de un flujo de ecuación para obtener una matriz inversa jacobiana para usarse en la generación de comandos de balanceo y cabeceo a partir de comandos de acimut y elevación de acuerdo con una realización ilustrativa;

La **Figura 15** es una ilustración de un diagrama de bloques de un sistema de procesamiento de datos de acuerdo con una realización ilustrativa;

- 40 La **figura 16** es una ilustración de un método de fabricación y mantenimiento de un avión de acuerdo con una realización ilustrativa; y

La **figura 17** es una ilustración de una avión en la que puede implementarse una realización ilustrativa.

### Descripción detallada

5 Las diferentes realizaciones ilustrativas reconocen y tienen en cuenta una o más consideraciones. Por ejemplo, las realizaciones ilustrativas reconocen y tienen en cuenta que las diferencias en los controles utilizados para controlar un brazo de repostaje pueden aumentar la dificultad de realizar operaciones de repostaje con diferentes tipos de aviones cisterna. Asimismo, las realizaciones ilustrativas reconocen y tienen en cuenta que un control que puede ser diferente entre los diferentes tipos de aviones cisterna es la manera en que un brazo de repostaje se mueve en respuesta a un movimiento de una palanca de control.

10 Las realizaciones ilustrativas también reconocen y tienen en cuenta que si el operador mueve la palanca de control en una dirección, el brazo de repostaje no siempre puede moverse en la dirección que corresponde al movimiento de la palanca de control. Por ejemplo, el operador puede mover la palanca de control hacia la izquierda. El operador puede esperar que el brazo de repostaje de combustible se mueva en la dirección de azimut en la envoltura del brazo de repostaje. Este tipo de movimiento, sin embargo, puede no producirse con todos los tipos de aviones cisterna. Dependiendo del tipo de avión cisterna, el brazo de repostaje puede moverse con un movimiento de balanceo y un movimiento de cabeceo hacia la izquierda en lugar de simplemente moverse hacia la izquierda.

Este movimiento de balanceo y movimiento de cabeceo puede ser el resultado de la cinemática del brazo de repostaje. Dicho de otra forma, la manera en que se mueve el brazo de repostaje puede ser un movimiento de cabeceo y un movimiento de balanceo en lugar de un movimiento similar al movimiento de la palanca de control en una dirección de acimut y/o una dirección de elevación.

20 Por tanto, es posible que el operador deba ingresar comandos en la palanca de control para mover el brazo de repostaje de combustible a lo largo del eje de cabeceo y balanceo. En este ejemplo, mover el brazo de repostaje de combustible en la dirección de acimut en el entorno de repostaje puede requerir la entrada coordinada de la palanca de control por parte del operador. Como resultado, el operador ajusta para mover la palanca de control de manera que proporcione el movimiento deseado.

25 Este ajuste en la forma en que un operador mueve la palanca de control, sin embargo, puede no ser una sensación tan natural en comparación con un brazo de repostaje que se mueve en una dirección de acimut y una dirección de elevación que corresponde al movimiento de la palanca de control en la dirección izquierda y derecha o hacia adelante y hacia atrás. Asimismo, este tipo de movimiento de balanceo y movimiento de cabeceo requiere entrenamiento y experiencia adicionales en comparación con un brazo de repostaje que se mueve en una dirección de acimut y en una dirección de elevación en respuesta a un movimiento similar de la palanca de control.

Por tanto, las realizaciones ilustrativas proporcionan un método y un aparato para gestionar el movimiento de un brazo de repostaje. Una o más realizaciones ilustrativas proporcionan la capacidad de hacer que los brazos de repostaje se muevan en la misma dirección en diferentes tipos de aviones cisterna con respecto al mismo movimiento de una palanca de control.

35 Se reciben los comandos del operador generados por los dispositivos de control. Los comandos del operador son para un primer tipo de movimiento del brazo de repostaje. Comandos intermedios se generan para un segundo tipo de movimiento, que causan el movimiento del brazo de repostaje de combustible utilizando el primer tipo de movimiento.

40 En otro ejemplo ilustrativo, un controlador de repostaje puede configurarse para recibir una serie de comandos del operador para mover el brazo de repostaje en el avión cisterna en la dirección deseada. El número de comandos del operador definen al menos uno de entre un movimiento de azimut y un movimiento de elevación del brazo de repostaje de combustible durante el vuelo del avión cisterna. Asimismo, el controlador de repostaje puede generar una serie de comandos intermedios para mover el brazo de repostaje en la dirección deseada según lo definido por el número de comandos del operador. El número de comandos intermedios definen al menos uno de un movimiento de balanceo y un movimiento de cabeceo, de tal manera que el brazo de repostaje de combustible se mueve en una dirección deseada.

50 A continuación, con referencia a las figuras y, en particular, con referencia a la **figura 1**, se describe una ilustración de un entorno de repostaje de acuerdo con una realización ilustrativa. En este ejemplo ilustrativo, el entorno de repostaje **100** incluye un avión **102** que transfiere combustible a un avión **104**. El avión **102** es un avión cisterna **106**, mientras que el avión **104** es un avión receptor **108**.

En estos ejemplos ilustrativos, el brazo de repostaje **110** en el avión cisterna **106** está conectado al avión receptor **108**. Según se representa, el combustible se transfiere desde el avión cisterna **106** al avión receptor **108** a través de un brazo de repostaje **110**.

Se puede implementar una realización ilustrativa en un avión cisterna **106** para gestionar el movimiento del brazo de repostaje **110**. En particular, una o más realizaciones ilustrativas pueden implementarse en un avión cisterna **106** para gestionar el movimiento del brazo de repostaje **110** de una manera que sea más intuitiva para un operador del brazo de repostaje **110** en el avión cisterna **106**. Una ilustración más detallada del brazo de repostaje **110** en la sección **112** se muestra en la **figura 2**.

Con referencia a continuación a la **figura 2**, se describe una ilustración detallada de un brazo de repostaje de acuerdo con una realización ilustrativa. En este ejemplo ilustrativo, se muestra una vista más detallada de la sección **112** con el brazo de repostaje **110** en la **figura 1**.

Según se representa, el auge de repostaje de combustible **110** incluye un tubo fijo **200**, un tubo telescópico **202**, una boquilla **204**, y unas superficies de control **205**. El tubo fijo **200** también puede moverse en una dirección de elevación, como lo indica la flecha **212**. Este tipo de movimiento en la dirección de elevación se puede denominar movimiento de elevación del brazo de repostaje **110**. La flecha **212** se puede usar para describir el movimiento a lo largo de un eje z.

El tubo telescópico **202** puede extenderse o retraerse a lo largo de la dirección de la flecha **214**. La flecha **214** se puede usar para describir el movimiento a lo largo del eje del brazo de repostaje.

El brazo de repostaje **110** también puede moverse en una dirección de acimut, como lo indica la flecha **216**. La flecha **216** se puede usar para describir el movimiento a lo largo de un eje y. Este tipo de movimiento puede denominarse movimiento de acimut del brazo del repostaje **110**.

El movimiento del brazo de repostaje **110** en la dirección de elevación como lo indica la flecha **212** y a lo largo de la dirección de acimut como se indica con la flecha **216** puede controlarse utilizando las superficies de control **205**. En algunos ejemplos ilustrativos, un timón **206**, un timón **208** y un elevador **209** son superficies de control **205** que controlan el movimiento del brazo de repostaje **110**. Las superficies de control **205** forman un generador de fuerza **210** para el brazo de repostaje **110**. En otros ejemplos ilustrativos, otras superficies de control además de o en lugar del timón **206**, el timón **208** y el elevador **209** en la superficie de control **205** pueden estar presentes para controlar el movimiento del brazo de repostaje **110**.

El movimiento del brazo de repostaje **110** también se puede realizar utilizando el movimiento de balanceo y el movimiento de cabeceo. Por ejemplo, el brazo de repostaje **110** puede tener una rodadura como se indica mediante la flecha **220**. Además, el brazo de repostaje **110** también puede tener un movimiento de cabeceo como se indica mediante la flecha **222**. Las superficies de control **205** se pueden usar para controlar el movimiento de cabeceo y el movimiento de balanceo del brazo de repostaje **110**.

Con las realizaciones ilustrativas, el movimiento del brazo de repostaje **110** a lo largo de la flecha **214**, la flecha **216**, la flecha **212**, y en otras direcciones, puede controlarse por el operador de una manera más intuitiva. Asimismo, el control del brazo de repostaje **110** puede ser tal que el dispositivo de control utilizado por el operador mueva el brazo de repostaje **110** de la misma manera con diferentes tipos de aviones de repostaje, aunque pueden estar presentes diferentes tipos de sistemas para mover el brazo de repostaje **110**.

El tipo de movimiento que se produce puede depender de la estructura de soporte **230**. Dicho de otra forma, dependiendo de la estructura de soporte **230**, el brazo de repostaje **110** puede moverse en una dirección de acimut y una dirección de elevación, en una dirección de balanceo y una dirección de cabeceo, o de alguna otra manera en respuesta al movimiento de un dispositivo de control en un avión cisterna **106**.

Desde luego, aunque la estructura de soporte **230** puede proporcionar un tipo de movimiento tal como un movimiento de balanceo y un movimiento de cabeceo, el brazo de repostaje **110** se puede mover efectivamente con un movimiento de acimut y un movimiento de elevación a través de un movimiento más complejo del dispositivo de control. Dicho de otra forma, el movimiento del dispositivo de control en la primera dirección puede proporcionar típicamente un movimiento de balanceo mientras que el movimiento del dispositivo de control en una segunda dirección puede proporcionar un movimiento de cabeceo.

Para obtener un movimiento de acimut, las realizaciones ilustrativas también reconocen que puede ser necesario que el operador ingrese una combinación de direcciones de movimiento en el dispositivo de control. De esta manera, se puede obtener el tipo de movimiento deseado del brazo de repostaje **110**, pero con movimientos más complejos y menos naturales en el dispositivo de control. Dicho de otra forma, el movimiento del dispositivo de control en una dirección u otra dirección puede no resultar en un movimiento de acimut o un movimiento de elevación en estos ejemplos ilustrativos.

Por tanto, una o más realizaciones ilustrativas pueden incluir comandos de mapeo generados por un dispositivo de control que están destinados a un movimiento de acimut y un movimiento de elevación en uno o más comandos que

son para movimiento de balanceo y movimiento de cabeceo. Los comandos de mapeo desde el dispositivo de control al sistema de control del brazo de repostaje pueden permitir que un operador obtenga el tipo deseado de movimiento del brazo de repostaje **110**. Una ilustración más detallada de la estructura de soporte **230** en la sección **232** se muestra en la **figura 3** a continuación.

- 5 En estos ejemplos ilustrativos, la configuración del generador de fuerza **210** puede afectar la manera en que se puede mover el brazo de repostaje **110**. Dicho de otra forma, la configuración del generador de fuerza **210** puede dar lugar a diferentes tipos de movimiento para el brazo de repostaje **110**. Por ejemplo, el generador de fuerza **210** puede causar un movimiento de acimut y un movimiento de elevación en algunos casos. En otros casos, el generador de fuerza **210** puede dar como resultado un movimiento de balanceo y un movimiento de cabeceo. En este ejemplo ilustrativo, un timón **206**, un timón **208** y un elevador **209** están configurados de tal manera que el movimiento de un dispositivo de control en una dirección da como resultado un movimiento de balanceo y el movimiento del dispositivo de control en otra dirección da como resultado un movimiento de cabeceo. Este tipo de movimiento contrasta con un movimiento de acimut y un movimiento de elevación para el mismo tipo de movimiento del dispositivo de control.
- 10
- 15 Con referencia ahora a la **figura 3**, se describe una ilustración detallada de un sistema de soporte de acuerdo con una realización ilustrativa. La **figura 3** es una ilustración más detallada de la sección **232** de la **figura 2**.

En este ejemplo ilustrativo, el sistema de soporte que soporta el brazo de repostaje **110** incluye el accesorio de soporte del brazo **300**, el cardán **302**, el enlace **304**, y enlace **306**. El enlace **304** y el enlace **306** pueden proporcionar amortiguación, resistencia o ambas a los movimientos y vibraciones del cardán **302**. Según se representa, el cardán **302** tiene un punto de cardán de cabeceo **309** y el brazo de repostaje **110** tiene un punto de cardán de cabeceo **307**. El punto de cardán de cabeceo **307** y el punto de cardán de cabeceo **309** son puntos sobre los cuales se mueven el cardán **302** y el brazo de repostaje **110**.

20

En este ejemplo ilustrativo, el brazo de repostaje **110** no gira sobre el eje del brazo **308**. Por el contrario, el brazo de repostaje **110** rueda sobre el eje del cardán **310**. El eje del cardán **310** se extiende a través del cardán **302** en este ejemplo ilustrativo. El cardán **302** puede girar alrededor del eje **312**, mientras que el brazo de repostaje **110** puede moverse alrededor del eje **314**. Como el brazo de repostaje **110** cabecea alrededor del eje **314**, El cardán **302** no gira alrededor del eje **312**. De manera similar, a medida que el cardán **302** gira alrededor del eje **312**, el brazo de repostaje **110** no se mueve alrededor del eje **314**. De esta manera, está presente un sistema de "doble cabeceo" que permite el movimiento del cardán **302** o del brazo de repostaje **110** sin el movimiento de la otra estructura.

25

30 Como puede observarse, esta configuración de la estructura de soporte **230** proporciona movimiento de balanceo en respuesta al movimiento de un dispositivo de control en una primera dirección y un movimiento de cabeceo en respuesta al movimiento del dispositivo de control en una segunda dirección. La segunda dirección puede ser substancialmente perpendicular a la primera dirección.

A continuación, volviendo a la **figura 4**, se describe una ilustración de un diagrama de bloques de un entorno de repostaje de acuerdo con una realización ilustrativa. Los diferentes componentes en el entorno de repostaje de combustible **100** en la **figura 1** y en la **figura 3** son ejemplos de una implementación física para el entorno de repostaje de combustible **400** que se muestra en forma de bloque en esta figura.

35

Según se representa, el avión **402** puede proporcionar combustible **404** al avión **406**. El avión **402** es un avión cisterna **408**, mientras que el avión **406** es un avión receptor **410**. En este ejemplo ilustrativo, el combustible **404** se transfiere desde el avión cisterna **408** al avión receptor **410** utilizando el brazo de repostaje **412**.

40

La estación de repostaje del operador **414** proporciona una ubicación para que el operador **416** controle el brazo de repostaje **412**. Según se representa, la estación de repostaje del operador **414** tiene una pantalla **418** y un dispositivo de control **419**. En este ejemplo ilustrativo, el dispositivo de control **419** es un dispositivo de hardware que está configurado para controlar el movimiento del brazo de repostaje **412**. El dispositivo de control **419** toma la forma de una palanca de control **420**. Otros tipos de dispositivos de control pueden incluir, por ejemplo, sin limitaciones, un ratón, un teclado, un joystick, una pantalla táctil, y otros tipos adecuados de dispositivos de control.

45

La pantalla **418** está configurada para mostrar información sobre el brazo de repostaje **412**, así como otra información sobre la operación de repostaje para transferir combustible **404** al avión receptor **410**. La pantalla **418** también puede mostrar imágenes de video del brazo de repostaje **412** en el avión receptor **410** al operador **416**.

50 El operador **416** puede manipular la palanca de control **420** para generar la entrada del operador **422**. Dicho de otra forma, como el operador **416** manipula la palanca de control **420**, la palanca de control **420** genera la entrada del operador **422**. En estos ejemplos ilustrativos, la entrada del operador **422** toma la forma de comandos del operador **424**.

Según se representa, los comandos del operador **424** son recibidos por el controlador de repostaje **426**. El controlador de repostaje **426** pueden adoptar la forma de hardware, software, o una combinación de los dos. Cuando se usa software, las operaciones realizadas por el controlador de repostaje **426** pueden implementarse en un código de programa configurado para ejecutarse en una unidad de procesador. Cuando se emplea hardware, el hardware puede incluir circuitos que operan para realizar las operaciones en el controlador de repostaje **426**.

En estos ejemplos ilustrativos, el hardware puede tomar la forma de un sistema de circuito, un circuito integrado, un circuito integrado especificado de la aplicación (ASIC), un dispositivo lógico programable, o algún otro tipo de hardware adecuado configurado para realizar una serie de operaciones. Cuando se utiliza software, se puede configurar un dispositivo lógico programable para realizar el número de operaciones. El dispositivo puede ser reconfigurado en un momento posterior o puede estar configurado permanentemente para realizar el número de operaciones. Ejemplos de dispositivos lógicos programables incluyen, por ejemplo, una matriz lógica programable, una lógica de matriz programable, una matriz lógica programable de campo, una matriz de puerta programable de campo y otros dispositivos lógicos programables adecuados. Además, los procesos pueden implementarse en componentes orgánicos integrados con componentes inorgánicos y/o pueden estar compuestos completamente de componentes orgánicos que excluyen a un ser humano. Por ejemplo, los procesos pueden implementarse como circuitos en semiconductores orgánicos.

Según se representa, el controlador de repostaje **426** puede implementarse en el sistema informático **428**. El sistema informático **428** es uno o más ordenadores. Cuando más de un ordenador está presente en el sistema informático **428**, esos ordenadores pueden estar en comunicación entre sí a través de un medio de comunicación tal como una red.

En estos ejemplos ilustrativos, el controlador de repostaje **426** puede incluir leyes de control **432**. Las leyes de control **432** pueden implementarse como software, hardware, o una combinación de los dos. Según se representa, las leyes de control **432** están configuradas para controlar el brazo de repostaje **412**. El control del brazo de repostaje **412** mediante las leyes de control **432** puede incluir el procesamiento de comandos del operador **424** en la entrada del operador **422** recibida desde la estación de repostaje del operador **414**.

En estos ejemplos ilustrativos, el controlador de repostaje **426** puede procesar los comandos del operador **424** en la entrada del operador **422** utilizando las leyes de control **432** para generar los comandos **434**. En particular, los comandos **434** puede adoptar la forma de comandos de movimiento **435**. Los comandos de movimiento **435** se envían a la unidad de repostaje **436**. Según se representa, la estación de servicio de repostaje **414**, el controlador de repostaje **426** y la unidad de repostaje **436** forman el sistema de repostaje **437**.

Según se representa, la unidad de repostaje **436** incluye unos sensores **438**, un sistema de movimiento **440**, y un brazo de repostaje **412**. En estos ejemplos ilustrativos, los sensores **438** están configurados para generar datos **442** sobre el brazo de repostaje **412**. Los datos **442** pueden incluir, por ejemplo, sin limitaciones, la configuración del sistema de movimiento **440**, la posición del brazo de repostaje **412**, imágenes del brazo de repostaje **412**, y otra información adecuada.

En estos ejemplos ilustrativos, los sensores **438** pueden incluir al menos una de una unidad de medición inercial, un sensor de posición, un acelerómetro, un sensor de carga, un dispositivo de sistema de posicionamiento global, y otros dispositivos adecuados. En algunos ejemplos ilustrativos, uno o más de los sensores **438** pueden estar asociados con el brazo de repostaje **412**.

En estos ejemplos ilustrativos, el sistema de movimiento **440** está configurado para controlar el movimiento del brazo de repostaje **412**. Según se representa, el sistema de movimiento **440** utiliza los comandos de movimiento **435** para mover el brazo de repostaje **412**.

En este ejemplo ilustrativo, el sistema de movimiento **440** incluye un sistema de soporte **444** y un sistema de generación de fuerza **446**. El sistema de soporte **444** incluye estructuras físicas utilizadas para soportar el brazo de repostaje **412**. El sistema de soporte **444** puede incluir estructuras estacionarias **448** y estructuras móviles **450**. Estas estructuras soportan y permiten el movimiento del brazo de repostaje **412**.

El movimiento del brazo de repostaje **412** puede ser causado por el sistema de generación de fuerza **446**. En este ejemplo ilustrativo, el sistema de generación de fuerza **446** puede incluir al menos un sistema de accionador **452**, superficies de control **454**, y otros componentes adecuados.

El sistema de accionador **452** es uno o más accionadores configurados para provocar el movimiento del brazo de repostaje **412**. Este movimiento puede ser causado directa o indirectamente. Por ejemplo, el sistema de accionador **452** puede causar el movimiento del brazo de repostaje **412** indirectamente al causar el movimiento de la estructura móvil **450** en el sistema de soporte **444**.

Las superficies de control **454** incluyen una o más superficies de control que pueden estar asociadas con el brazo de repostaje **412**. La posición de estas superficies de control puede provocar el movimiento del brazo de repostaje **412**. Las superficies de control **454** pueden incluir, por ejemplo, al menos uno de una solapa, un ascensor, una cola en V, un timón, y otros tipos de superficies de control.

5 Dependiendo del diseño del sistema de movimiento **440**, el tipo de movimiento proporcionado por el sistema de movimiento **440** puede variar. En estos ejemplos ilustrativos, el sistema de movimiento **440** puede proporcionar varios tipos de movimiento **470**. Por ejemplo, El número de tipos de movimiento **470** proporcionados por el sistema de movimiento **440** puede incluir el primer tipo de movimiento **472** y el segundo tipo de movimiento **474**.

10 El primer tipo de movimiento **472** puede incluir movimiento de acimut **476** y movimiento de elevación **478**. El segundo tipo de movimiento **474** puede incluir movimiento de balanceo **480** y movimiento de cabeceo **482**.

En estos ejemplos ilustrativos, el tipo de movimiento generado por el sistema de movimiento **440** depende de la configuración de al menos uno del sistema de soporte **444** y el sistema de generación de fuerza **446** en el sistema de movimiento **440**. En estos ejemplos ilustrativos, el tipo de movimiento proporcionado es el movimiento que se produce cuando el dispositivo de control **419** se mueve en una dirección.

15 Por ejemplo, el sistema de movimiento **440** puede proporcionar movimiento en direcciones con movimiento de acimut y movimiento de elevación. En otros ejemplos, otras configuraciones del sistema de movimiento **440** pueden proporcionar movimiento en direcciones con movimiento de balanceo y movimiento de cabeceo. Desde luego, se pueden proporcionar otros tipos de movimiento dependiendo de la configuración del sistema de movimiento **440**.

20 Dependiendo del tipo de movimiento proporcionado por el sistema de movimiento **440**, el movimiento del brazo de repostaje **412** puede no ser tan intuitivo para el operador **416** como se desee. Por ejemplo, el operador **416** puede mover la palanca de control **420** en una dirección que corresponde al movimiento de acimut desde la perspectiva del operador **416**.

25 Sin embargo, los comandos del operador **424** pueden dar como resultado que el sistema de movimiento **440** se mueva en una dirección con un movimiento de balanceo. De manera más específica, el brazo de repostaje **412** puede tener primero un movimiento de balanceo en lugar de un movimiento de acimut. El movimiento de balanceo del brazo de repostaje no corresponde al movimiento de la palanca de control **420** en la dirección de acimut.

30 Los comandos de movimiento **435** se generan de una manera que hace que el movimiento del dispositivo de control **419** y el movimiento del brazo de repostaje **412** sean más intuitivos o más fáciles para el operador **416**. En estos ejemplos ilustrativos, el transformador de comando **456** está presente en el controlador de repostaje **426**. El transformador de comando **456** puede implementarse usando hardware, software, o una combinación de los dos. El transformador de comando **456** está configurado para transformar los comandos de operador **424** generados por la palanca de control **420** en comandos intermedios **458**.

35 Los comandos intermedios **458** dan como resultado comandos **434** que hacen que el brazo de repostaje **412** se mueva en una dirección que corresponde sustancialmente a la dirección de movimiento del dispositivo de control **419**. En particular, el movimiento del brazo de repostaje **412** puede moverse de una manera que corresponde al movimiento de la palanca de control **420** cuando es movido por el operador **416** en estos ejemplos ilustrativos.

40 La ilustración del entorno de repostaje **400** y los diferentes componentes en el entorno de repostaje **400** en la **figuras 4** no están destinados a implicar limitaciones físicas o arquitectónicas a la manera en que una realización ilustrativa se puede implementar. Pueden utilizarse otros componentes, además de o en lugar de los ilustrados. Algunos componentes pueden ser innecesarios. Además, los bloques se presentan para ilustrar algunos componentes funcionales. Uno o más de estos bloques pueden combinarse, dividirse, o combinarse y dividirse en diferentes bloques cuando se implementan en una realización ilustrativa.

45 En otro ejemplo ilustrativo, la palanca de control **420** se puede mover en otras direcciones distintas a la izquierda, derecha, hacia adelante y hacia atrás. Dicho de otra forma, la palanca de control **420** puede moverse en direcciones distintas a una primera dirección y una segunda dirección que es sustancialmente perpendicular a la primera dirección. Por ejemplo, la palanca de control **420** también se puede mover en una dirección diagonal. Esta dirección diagonal puede ser de 45 grados desde la primera dirección, la segunda dirección, o ambas. Este tipo de movimiento da como resultado una combinación de comandos de acimut y elevación que se generan.

50 En otro ejemplo adicional ilustrativo, el sistema de repostaje **437** puede incluir componentes adicionales además de la estación de repostaje **414** del operador, el controlador de repostaje **426**, y la unidad de brazo de repostaje **436**. En algunos ejemplos ilustrativos, el brazo de repostaje **412** también puede incluir tanques de combustible que almacenan combustible **404**.

Pasando a continuación a la **Figura 5**, se describe una ilustración de un sistema de repostaje de acuerdo con una realización ilustrativa. El sistema de repostaje **500** es un ejemplo de una implementación del sistema de repostaje **437** en la **figura 4**.

5 Según se representa, el sistema de repostaje **500** incluye una palanca de control **502**, un transformador de comando no lineal **504**, una ley de control del brazo **506**, un brazo de repostaje **110**, y un sistema de generación de fuerza **510**. La palanca de control **502** es un ejemplo de una implementación física de la palanca de control **420** mostrada en forma de bloque en la **figura 4**. El brazo de repostaje **110** y el sistema de generación de fuerza **510** son ejemplos de implementaciones físicas para el brazo de repostaje **412** y el sistema de generación de fuerza **446** que se muestran en forma de bloque en la **figura 4**. El transformador de comando no lineal **504** es un ejemplo del transformador de comando **456** en la **figura 4**.

15 En este ejemplo ilustrativo, el movimiento de la palanca de control **502** en la primera dirección **512** es un ejemplo de movimiento hacia la izquierda y hacia la derecha de la palanca de control **502**. Este tipo de movimiento provoca la generación del comando de acimut del operador ( $\Psi$ ) **514**. El movimiento de la palanca de control **502** en la segunda dirección **516** es un ejemplo de movimiento hacia adelante y hacia atrás de la palanca de control **502**. Este tipo de movimiento provoca la generación del comando de elevación del operador ( $\Theta$ ) **518**.

El movimiento de la palanca de control **502** en la primera dirección **512** y la segunda dirección **516** son ejemplos de movimiento que se corresponde de manera más intuitiva con el movimiento del brazo de repostaje **110**. En particular, este movimiento es un movimiento de acimut y un movimiento de elevación del brazo de repostaje **110**.

20 En este ejemplo ilustrativo, la ley de control del brazo **506** interpreta el comando de elevación del operador ( $\Theta$ ) **518** y el comando del operador de acimut **514** ( $\Psi$ ) como comandos de cabeceo y de balanceo que dan como resultado un movimiento de cabeceo y un movimiento de balanceo. Este tipo de movimiento del brazo de repostaje **110** en respuesta al movimiento de la palanca de control **502** no es tan intuitivo como se desea.

25 Por ejemplo, al mover la palanca de control **502** en la dirección de acimut, el operador puede esperar que el brazo de repostaje de combustible **110** se mueva directamente en la dirección de acimut correspondiente al movimiento de la palanca de control **502**. Dicho de otra forma, si el operador mueve la palanca de control **502** directamente a la derecha, el operador puede esperar que el brazo de repostaje **110** se mueva a esa ubicación. Sin embargo, debido a la cinemática del brazo del repostaje **110**, los comandos de cabeceo y los comandos de balanceo pueden ser tomados en cuenta. Como resultado, el movimiento del brazo de repostaje **110** utilizando los sistemas disponibles actualmente es más complejo de lo deseado.

30 A modo de ejemplo, es posible que un operador deba mover la palanca de control en múltiples direcciones para mover el brazo de repostaje **110** a una ubicación deseada, teniendo en cuenta la cinemática de cabeceo y balanceo del brazo. Por tanto, con el uso de las realizaciones ilustrativas, los comandos de la palanca de control pueden transformarse automáticamente para tener en cuenta la cinemática del brazo del repostaje **110**. Dicho de otra forma, el movimiento de la palanca de control **502** se vuelve más intuitivo con el uso de la ley de control del brazo **506**.

35 Según se representa, la ley de control del brazo **506** interpreta estos comandos y transforma estos comandos para dar cuenta de la cinemática de la estructura de soporte. Dicho de otra forma, la manera en que se mueve el brazo de repostaje puede ser un movimiento de cabeceo y un movimiento de balanceo en lugar de un movimiento similar al movimiento de la palanca de control en una dirección de acimut y/o una dirección de elevación.

40 En estos ejemplos ilustrativos, el movimiento deseado para el brazo de repostaje **110** es un movimiento de acimut en respuesta al movimiento de la palanca de control **502** en la primera dirección **512** y un movimiento de elevación en respuesta al movimiento de la palanca de control **502** en la segunda dirección **516**. Este tipo de movimiento del brazo de repostaje **110** en respuesta al movimiento de la palanca de control **502** es un tipo de movimiento más intuitivo y deseable.

45 El transformador de comando no lineal **504** es un ejemplo de una implementación del comando transformador **456** en la **figura 4**. El transformador de comando no lineal **504** realiza la transformación no lineal de los comandos de elevación y acimut en comandos de cabeceo y balanceo. De esta manera, el transformador de comando no lineal **504** tiene en cuenta la cinemática del sistema de soporte **444**.

50 En estos ejemplos ilustrativos, el transformador de comando no lineal **504** está configurado para generar comandos de cabeceo y comandos de balanceo para proporcionar el movimiento de acimut y el movimiento de elevación deseados. Dicho de otra forma, el transformador de comando no lineal **504** está configurado para asignar comandos de elevación y comandos de acimut en comandos de cabeceo y comandos de balanceo.

Por ejemplo, cuando el comando de acimut del operador ( $\Psi$ ) **514** es recibido por el transformador de comando no lineal **504**, el transformador de comando no lineal **504** está configurado para generar el comando de balanceo ( $\phi$ )

**520** y el comando de cabeceo ( $\theta$ ) **522** de una manera que proporciona movimiento de acimut sin movimiento de elevación. Cuando el comando de elevación del operador ( $\Theta$ ) **518** es recibido por el transformador de comando no lineal **504**, el transformador de comando no lineal **504** genera un comando de balanceo ( $\phi$ ) **520** y un comando de cabeceo ( $\theta$ ) **522** de una manera que proporciona movimiento de elevación sin movimiento de acimut como se establece en el comando de elevación del operador ( $\Theta$ ) **518**.

La ley de control del brazo **506** es un ejemplo de una ley de control en las leyes de control **432** en la **figura 4**. La ley de control del brazo **506** está configurada para recibir comandos de cabeceo y balanceo, como el comando de cabeceo ( $\theta$ ) **522** y el comando de balanceo ( $\phi$ ) **520**. En este ejemplo ilustrativo, la ley de control del brazo **506** genera combinaciones de uno o más del comando de timón derecho **524**, el comando del timón izquierdo **526** y el comando del elevador **528**. Estos comandos se utilizan para cambiar la configuración del sistema de generación de fuerza **510**. En particular, los comandos cambian la configuración de las superficies de control **205** en el sistema de generación de fuerza **510**, que incluyen el timón **206**, el timón **208**, y el elevador **209**.

El cambio en la configuración de las superficies de control **205** en el sistema de generación de fuerza **510** da como resultado un movimiento del brazo de repostaje **110** en la dirección de acimut en respuesta al comando de acimut del operador **514** ( $\Psi$ ) generado por el movimiento de la palanca de control **502** en la primera dirección **512** en lugar de un movimiento del rodillo. Además, el cambio en la configuración de las superficies de control **205** en el sistema de generación de fuerza **510** produce un movimiento de elevación del brazo de repostaje **110** en respuesta al comando de elevación del operador ( $\Theta$ ) **518** generado en respuesta al movimiento de la palanca de control **502** en la segunda dirección **516** en lugar de un movimiento de cabeceo.

Por tanto, el transformador de comando no lineal **504** proporciona un mapeo de los comandos de elevación del operador y los comandos de acimut del operador de una manera que genera comandos de cabeceo y de balanceo que hacen que el brazo de repostaje **110** se mueva en una dirección de elevación o una dirección de acimut. Este tipo de movimiento del brazo de repostaje **110** en respuesta a los movimientos descritos para la palanca de control **502** se consideran movimientos correspondientes. Dicho de otra forma, el movimiento de la palanca de control **502** en la primera dirección **512** da como resultado un movimiento del brazo de repostaje **110** que corresponde al movimiento de la palanca de control **502**. El movimiento del brazo de repostaje **110** es un movimiento de acimut. Por tanto, el movimiento del brazo de repostaje **110** en respuesta al movimiento de la palanca de control **502** es más intuitivo.

Además, un movimiento similar de la palanca de control **502** en la segunda dirección **516** da como resultado un movimiento correspondiente del brazo de repostaje **110**. Dicho de otra forma, el movimiento de la palanca de control **502** en la primera dirección **512** y la segunda dirección **516** son movimientos lineales. Los movimientos del brazo de repostaje **110** son movimientos correspondientes que también son movimientos lineales en estos ejemplos ilustrativos.

Pasando a continuación a la **figura 6**, se describe una ilustración de un sistema de repostaje de acuerdo con una realización ilustrativa. En este ejemplo ilustrativo, la gráfica **600** es una gráfica de la envolvente del brazo **602**. El eje X **604** representa el acimut, y el eje Y **606** representa la elevación. La línea **608** representa los límites mecánicos de la envolvente del brazo **602**. La línea **610** representa límites basados en leyes de control.

En este ejemplo ilustrativo, el comando de acimut del operador ( $\Psi$ ) **514** en la **figura 5** resulta en un movimiento de balanceo como lo indica la línea **612**. El comando de elevación del operador ( $\Theta$ ) **518** en la **figura 5** da como resultado un movimiento de cabeceo como se indica mediante la línea **614**. Como puede observarse, la línea **612** correspondiente al movimiento del rodillo indica movimiento en la dirección de acimut y en la dirección de elevación. Este movimiento se genera en respuesta al comando de acimut ( $\Psi$ ) **514** del operador cuando no se usa el transformador **504** de comando no lineal en la **figura 5**.

Dicho de otra forma, la ley de control del brazo **506** en la **figura 5** interpreta el comando de acimut del operador ( $\Psi$ ) **514** generado por el movimiento en la primera dirección **512** en la **figura 5** como un comando de balanceo en lugar de un comando de acimut. El movimiento en la segunda dirección **516** genera el comando de elevación del operador ( $\Theta$ ) **518** en la **figura 5**, que se interpreta como un comando de cabeceo en lugar de un comando de elevación.

En particular, el movimiento de la palanca de control **502** en una línea en la primera dirección **512** no produce el mismo tipo de movimiento del brazo de repostaje **110** en la **figura 5**, como se muestra mediante la línea **612**. Por tanto, el movimiento de la palanca de control **502** no produce el movimiento correspondiente del brazo de repostaje **110** cuando ese comando es interpretado directamente por la ley de control del brazo **506** sin el uso del transformador de comando no lineal **504** en la **figura 5**.

Este tipo de sistema de comando que utiliza la ley de control del brazo **506** sin el transformador de comando no lineal **504** es menos intuitivo porque el movimiento del brazo de repostaje **110** no corresponde sustancialmente al movimiento de la palanca de control **502** en la **figura 5**. Como resultado, es posible que el operador **416** deba

realizar más ajustes de la manera en que se mueve la palanca de control **502** para hacer que el brazo de repostaje se mueva a la ubicación deseada.

5 Pasando a continuación a la **figura 7**, se describe una ilustración de un sistema de repostaje de acuerdo con una realización ilustrativa. En este ejemplo ilustrativo, la gráfica **700** es una gráfica de la envolvente del brazo **702**. El eje X **704** representa el acimut y el eje Y **706** representa la elevación. La línea **708** representa los límites mecánicos de la envolvente del brazo **702**. La línea **710** representa límites basados en leyes de control.

10 En este ejemplo ilustrativo, el comando de acimut del operador ( $\Psi$ ) **514** en la **figura 5** resulta en un movimiento como lo indica la línea **712**. Como puede observarse, este movimiento es solo en la dirección de acimut y no en la dirección de elevación en comparación con el movimiento indicado por la línea **612** en la **figura 6**. Este movimiento corresponde sustancialmente al movimiento de la palanca de control **502** en la **figura 5**. Dicho de otra forma, el movimiento de la palanca de control **502** en la primera dirección **512** da como resultado el movimiento del brazo de repostaje **110** en la **figura 5**, como lo indica la línea **712** en lugar de la línea **612** en la **figura 6**.

15 De modo similar, el comando de elevación del operador ( $\Theta$ ) **518** en la **figura 5** da como resultado el movimiento del brazo de repostaje **110** como se indica mediante la línea **714**. El movimiento en la línea **714** es solo en la dirección de elevación y no incluye el movimiento en la dirección de acimut. Este movimiento se produce en lugar del movimiento indicado por la línea **614** en la **figura 6** cuando no se usa el transformador de comando no lineal **504**.

Por tanto, el movimiento de la palanca de control **502** en una línea da como resultado un movimiento similar del brazo de repostaje **110**. Cuando la palanca de control **502** se mueve en la primera dirección **512**, el brazo de repostaje **110** solo se mueve en la dirección de acimut y no en la dirección de elevación.

20 La ilustración del sistema de repostaje **500** en la **figura 5** y las gráficas de las envolturas del brazo de repostaje de combustible en la **figura 6** y la **figura 7** para el sistema de repostaje **500** son solo algunos ejemplos de una implementación para el sistema de repostaje **437** en la **figura 4**. Estas ilustraciones y gráficos no pretenden implicar limitaciones a otras implementaciones del sistema de repostaje **437** en la **figura 4**. Por ejemplo, aunque el sistema de repostaje **500** emplea un transformador de comando no lineal **504** en la **figura 5**, otras implementaciones pueden usar un transformador de comando lineal. Por tanto, la transformación proporcionada en diferentes transformadores de comando en diferentes sistemas de repostaje de combustible puede seleccionarse desde al menos uno de entre una transformación lineal y una transformación no lineal.

30 Pasando a continuación a la **figura 8**, de acuerdo con una realización ilustrativa, se ilustra una ilustración del movimiento de un brazo de repostaje en respuesta al movimiento de una palanca de control. El movimiento del brazo de repostaje **110** en la **figura 1** se produce con el uso de un transformador de comando.

35 Según se representa, la palanca de control **502** se mueve en la dirección de la flecha **800**. La flecha **800** está en la primera dirección **512**. En particular, la flecha **800** representa un movimiento hacia la izquierda en relación con el operador **802**. Cuando se opera el brazo de repostaje **110**, el operador **802** mira hacia la parte trasera del avión en estos ejemplos ilustrativos. Por tanto, el movimiento hacia la izquierda en relación con el operador **802** da como resultado el movimiento del brazo de repostaje **110** en una dirección hacia el ala derecha del avión cisterna, tal como el avión cisterna **106** en la **figura 1**.

Como puede observarse, este movimiento de la palanca de control **502** en la dirección de la flecha **800** causa el movimiento del brazo de repostaje **110** como se indica en la línea **804**. Como puede observarse, la línea **804** muestra un movimiento de balanceo del brazo de repostaje **110**.

40 Este movimiento no es el movimiento deseado del brazo de repostaje **110** cuando el operador **802** mueve la palanca de control **502** en la dirección de la flecha **800**. La línea **804** indica movimiento tanto en elevación como en acimut, lo cual es indeseable en base al movimiento de la palanca de control **502** en la dirección de la flecha **800**.

45 Pasando a continuación a la **figura 9**, de acuerdo con una realización ilustrativa, se ilustra otra ilustración del movimiento de un brazo de repostaje en respuesta al movimiento de una palanca de control. El movimiento del brazo de repostaje **110** se produce con el uso de un transformador de comando.

50 Después de moverse en la dirección de la flecha **800** en la **figura 8**, la palanca de control **502** ahora se mueve en la dirección de la flecha **900**. La flecha **900** está en la segunda dirección **516**, que es sustancialmente perpendicular a la primera dirección **512**. En este ejemplo, la flecha **900** es un movimiento hacia atrás respecto al operador **802**. Debido a que el operador **802** mira hacia la parte trasera del avión cuando opera el brazo de repostaje **110**, el movimiento de la palanca de control **502** en la dirección de la flecha **900** da como resultado el movimiento del brazo de repostaje **110** hacia el fuselaje del avión cisterna.

Este movimiento de la palanca de control **502**, sin embargo, resulta en el movimiento del brazo de repostaje **110** como lo indica la línea **902**. Este movimiento es un movimiento de cabeceo que incluye movimientos tanto en acimut como en dirección de elevación. Este tipo de movimiento es indeseable con respecto al movimiento de la palanca de control **502** en la dirección de la flecha **900** en este ejemplo particular.

5 Pasando a continuación a la **figura 10**, de acuerdo con una realización ilustrativa, se ilustra otra ilustración del movimiento de un brazo de repostaje en respuesta al movimiento de una palanca de control utilizando un transformador de comando. En este ejemplo, la palanca de control **502** se mueve de nuevo en la dirección de la flecha **800**.

10 Sin embargo, cuando se usa un transformador de comando en el controlador de repostaje, el brazo de repostaje de combustible se mueve en la dirección indicada por la línea **1000**. La línea **1000** indica que el brazo de repostaje se mueve en una dirección sustancialmente de acimut y no en una dirección de elevación. Este tipo de movimiento corresponde al movimiento de la palanca de control **502** en la dirección de la flecha **800**.

15 Pasando a continuación a la **figura 11**, de acuerdo con una realización ilustrativa, se ilustra otra ilustración del movimiento de un brazo de repostaje en respuesta al movimiento de una palanca de control utilizando un transformador de comando. En este ejemplo, la palanca de control **502** se mueve en la dirección de la flecha **900**. Este movimiento hacia atrás de la palanca de control **502** en la dirección de la flecha **900** da como resultado un brazo de repostaje **110** que se mueve a lo largo de la línea **1100**.

En este ejemplo ilustrativo, la línea **1100** está sustancialmente en una dirección de elevación y no en una dirección de acimut. Este movimiento corresponde al movimiento de la palanca de control **502** en la dirección de la flecha **900**.

20 La ilustración del movimiento del brazo de repostaje **110** en las **figuras 8-11** son solo ejemplos de algunos tipos de movimiento que pueden producirse. Por ejemplo, un movimiento de la palanca de control **502** en dirección diagonal a la primera dirección **512** y a la segunda dirección **516** puede dar como resultado un movimiento de elevación y cabeceo de la misma manera correspondiente del brazo de repostaje **110**. Otros movimientos, como mover la palanca de control **502** hacia la izquierda o hacia atrás, pueden dar como resultado un movimiento de acimut o un movimiento de elevación como se desee, en lugar de movimientos que pueden incluir el balanceo y el cabeceo sin el uso de un transformador de comando.

25 Los diferentes componentes que se muestran en las **figura 1-3, 5 y 8-11** se pueden combinar con los componentes de la **figura 2** y la **figura 4**, utilizados con componentes en la **figura 2** y la **figura 4**, o una combinación de los dos. Además, algunos de los componentes en la **figura 1** y la **figura 2** pueden ser ejemplos ilustrativos de cómo los componentes que se muestran en forma de bloques en la **figura 2** y la **figura 4** pueden ser implementados como estructuras físicas.

30 Pasando a continuación a la **figura 12**, se muestra una ilustración de un diagrama de flujo de un proceso para mover un brazo de repostaje en un avión cisterna de acuerdo con una realización ilustrativa. El proceso ilustrado en la **figura 12** puede implementarse en el avión cisterna **408** en la **figura 4**. En particular, este proceso puede implementarse utilizando el sistema de repostaje **437** en la **figura 4**.

El proceso comienza al recibir los comandos del operador generados por un dispositivo de control para un primer tipo de movimiento (operación **1200**). Los comandos del operador son para el primer tipo de movimiento del brazo del repostaje. Este primer tipo de movimiento puede ser, por ejemplo, movimiento en una dirección de acimut y una dirección de elevación.

40 El proceso genera comandos intermedios para un segundo tipo de movimiento que causa un movimiento de un brazo de repostaje utilizando el primer tipo de movimiento (operación **1202**) con el proceso que termina posteriormente. Este segundo tipo de movimiento puede ser, por ejemplo, movimiento en una dirección de balanceo y una dirección de cabeceo. Estos comandos intermedios son comandos tales como los comandos de balanceo y cabeceo que dan como resultado el movimiento de acimut y de elevación deseados, tal como lo indican los comandos del operador en forma de comandos de acimut y comandos de elevación.

Pasando a continuación a la **figura 13**, se muestra una ilustración de un diagrama de flujo de un proceso para mover un brazo de repostaje en un avión cisterna de acuerdo con una realización ilustrativa. El proceso ilustrado en la **figura 13** puede implementarse en el sistema de repostaje **437** en la **figura 4**.

50 El proceso comienza al recibir una serie de comandos del operador para mover un brazo de repostaje en un avión cisterna en una dirección deseada (operación **1300**). Estos comandos del operador definen al menos uno de entre un movimiento de azimut y un movimiento de elevación del brazo de repostaje de combustible durante el vuelo del avión cisterna.

El proceso genera una serie de comandos intermedios para mover el brazo de repostaje de combustible en la dirección deseada según lo definido por el número de comandos del operador (operación **1302**). El proceso luego envía el número de comandos intermedios a las leyes de control (operación **1304**). En respuesta, los comandos de movimiento se envían a un sistema de movimiento para mover el brazo de repostaje (operación **1306**) con el proceso que termina después.

Los diagramas de flujo y los diagramas de bloques en las diferentes realizaciones mostradas ilustran la arquitectura, la funcionalidad y el accionamiento de algunas posibles implementaciones de aparatos y métodos en una realización ilustrativa. En este sentido, cada bloque en los diagramas de flujo o los diagramas de bloques puede representar un módulo, un segmento, una función y/o una porción de una operación o etapa. Por ejemplo, uno o más de los bloques pueden implementarse como código de programa, en hardware, o una combinación del código de programa y hardware. Cuando se implementa en hardware, el hardware puede, por ejemplo, tomar la forma de circuitos integrados que se fabrican o configuran para realizar una o más operaciones en los diagramas de flujo o diagramas de bloques.

En algunas implementaciones alternativas de una realización ilustrativa, la función o funciones indicadas en los bloques pueden tener lugar fuera del orden indicado en las figuras. Por ejemplo, en algunos casos, dos bloques mostrados en sucesión se pueden ejecutar de forma sustancialmente concurrente, o los bloques se pueden realizar a veces en el orden inverso, dependiendo de la funcionalidad implicada. Además, otros bloques pueden añadirse además de los bloques que se ilustran en un diagrama de flujo o diagrama de bloques.

Pasando a continuación a la **Figura 14**, de acuerdo con una realización ilustrativa, se ilustra una ilustración de un flujo de ecuación para obtener una matriz inversa jacobiana para usar en la generación de comandos de balanceo y cabeceo a partir de comandos de acimut y de elevación. El flujo de ecuaciones **1400** es un diagrama de ecuaciones que se usa para derivar una matriz inversa jacobiana para usar en el transformador de comandos **456** en la **figura 4**.

Por ejemplo, el transformador de comando **456** puede proporcionar un brazo de repostaje de combustible para la transformación del avión. Dicho de otra forma, el transformador de comando **456** puede proporcionar un mapeo desde el tipo de movimiento de rotación del avión a un movimiento más lineal proporcionado usando las coordenadas del brazo. Por ejemplo, el movimiento de balanceo y el movimiento de cabeceo pueden asignarse al movimiento de acimut y al movimiento de elevación.

En un ejemplo ilustrativo, esta transformación se puede proporcionar utilizando la ecuación de transformación **1402**. En la ecuación de transformación **1402**,  $C_{ba}$  es la rotación del avión transformada en coordenadas del brazo,  $\theta_b$  es el ángulo de cabeceo del brazo del repostaje,  $\phi$  es el eje de balanceo, y  $\theta_i$  es el ángulo de cabeceo del punto de cardán de balanceo. En estos ejemplos ilustrativos, el punto de cardán rodante es el punto sobre el cual el cardán proporciona movimiento. El punto de cardán de cabeceo **307** y el punto de cardán de cabeceo **309** en la **figura 3** son ejemplos de puntos de cardán de cabeceo.

La ubicación de la punta del brazo se puede identificar utilizando la ecuación **1404** y la ecuación **1406**. Estas dos ecuaciones identifican un sistema de coordenadas para el brazo. En estas dos ecuaciones,  $X_b$ ,  $Y_b$  y  $Z_b$  son coordenadas de la punta del brazo del repostaje.  $X_t$ ,  $Y_t$ ,  $Z_t$  son las coordenadas transpuestas que utilizan la función transpuesta como se indica en la ecuación **1406**.

La ecuación **1404** y la ecuación **1406** suponen que el origen se encuentra en un pivote del brazo, tal como el punto de cardán rodante **307** en la **figura 3**. Un valor positivo de  $X$  en estos ejemplos está en una dirección desde el punto del cardán rodante hacia la nariz del avión cisterna. Un valor negativo de  $X$  está en una dirección desde el punto del cardán rodante hacia el final del brazo.

Un valor positivo para  $Y$  está en una dirección desde el punto del cardán rodante hacia fuera desde el ala derecha del avión. Un valor negativo para  $Y$  está en una dirección desde el punto del cardán rodante hacia fuera desde el ala izquierda del avión. Un valor positivo de  $Z$  está en una dirección desde el punto de cardán rodante hacia abajo desde el avión y un valor negativo de  $Z$  está en dirección desde el punto de cardán rodante hacia arriba desde el avión.

El ángulo de acimut para el brazo de repostaje se puede definir utilizando la ecuación **1408**. Por tanto, el ángulo de acimut se puede representar como la ecuación **1410**.

El ángulo de elevación se define mediante la ecuación **1412**. En este ejemplo, el ángulo de elevación también se puede representar utilizando **1414**. La ecuación **1410** y la ecuación **1414** se pueden usar en la ecuación **1420**. La ecuación **1420** es una matriz jacobiana en estos ejemplos ilustrativos.

Una matriz jacobiana se ilustra en la ecuación **1420**. Cuando el acimut y la elevación se expanden para tomar las derivadas parciales del ángulo de acimut en la ecuación **1410** y el ángulo de elevación en la ecuación **1414**, resulta en la matriz jacobiana **1422**. Una inversa de la matriz jacobiana **1422** da como resultado una matriz jacobiana

inversa **1424**. La matriz jacobiana inversa **1424** es un ejemplo ilustrativo de una ecuación que se puede usar en el transformador de comando **456** para proporcionar un mapeo de comandos para el movimiento de acimut y elevación en comandos para el movimiento de balanceo y movimiento de cabeceo que resulta en el movimiento de elevación y acimut deseado.

5 Pasando a continuación a la **Figura 15**, se muestra una ilustración de un diagrama de bloques de un sistema de procesamiento de datos de acuerdo con una realización ilustrativa. El sistema de procesamiento de datos **1500** se puede usar para implementar uno o más ordenadores en el sistema informático **428** en un avión cisterna **408** en la **figura 4**.

10 En este ejemplo ilustrativo, el sistema de procesamiento de datos **1500** incluye un marco de comunicaciones **1502**, que proporciona comunicaciones entre la unidad de procesador **1504**, la memoria **1506**, el almacenamiento persistente **1508**, la unidad de comunicaciones **1510**, la unidad de entrada/salida **1512** y la pantalla **1514**. En este ejemplo, el marco de comunicaciones puede tomar la forma de un sistema de bus.

15 La unidad de procesador **1504** sirve para ejecutar instrucciones para soporte lógico que se pueden cargar en la memoria **1506**. La unidad de procesador **1504** puede ser una serie de procesadores, un núcleo multiprocesador, o algún otro tipo de procesador, dependiendo de la implementación particular.

20 La memoria **1506** y el almacenamiento persistente **1508** son ejemplos de los dispositivos de almacenamiento **1516**. Un dispositivo de almacenamiento es cualquier fragmento de soporte físico que sea capaz de almacenar información, tales como, por ejemplo, sin limitaciones, datos, código de programa en forma funcional y/u otra información adecuada o bien de una forma temporal y/o bien de una forma permanente. Los dispositivos de almacenamiento **1516** también pueden denominarse dispositivos de almacenamiento legibles por ordenador en estos ejemplos ilustrativos. La memoria **1506**, en estos ejemplos, puede ser, por ejemplo, una memoria de acceso aleatorio o cualquier otro dispositivo de almacenamiento volátil o no volátil adecuado. El almacenamiento persistente **1508** puede adoptar diversas formas, dependiendo de la implementación particular.

25 Por ejemplo, el almacenamiento persistente **1508** puede contener uno o más componentes o dispositivos. Por ejemplo, el almacenamiento persistente **1508** puede ser una unidad de disco duro, una memoria flash, un disco óptico regrabable, una cinta magnética regrabable o alguna combinación de lo anterior. Los soportes usados por el almacenamiento persistente **1508** también pueden ser extraíbles. Por ejemplo, una unidad de disco duro extraíble se puede usar para el almacenamiento persistente **1508**.

30 La unidad de comunicaciones **1510**, en estos ejemplos ilustrativos, prevé comunicaciones con otros dispositivos o sistemas de procesamiento de datos. En estos ejemplos ilustrativos, la unidad de comunicaciones **1510** es una tarjeta de interfaz de red.

35 La unidad de entrada/salida **1512** prevé la entrada y la salida de datos con otros dispositivos que se pueden conectar al sistema de procesamiento de datos **1500**. Por ejemplo, la unidad de entrada/salida **1512** puede proporcionar una conexión para las entradas de usuario a través de un teclado, un ratón y/o algún otro dispositivo de entrada adecuado. Además, la unidad de entrada/salida **1512** puede enviar una salida a una impresora. La pantalla **1514** proporciona un mecanismo para presentar información a un usuario.

40 Las instrucciones para el sistema operativo, aplicaciones y/o programas se pueden ubicar en los dispositivos de almacenamiento **1516**, que se encuentran en comunicación con la unidad de procesador **1504** a través del marco de comunicaciones **1502**. Los procesos de las diferentes realizaciones pueden ser realizados por la unidad de procesador **1504** usando instrucciones implementadas por ordenador, que se pueden ubicar en una memoria, tal como la memoria **1506**.

45 Se hace referencia a estas instrucciones como código de programa, código de programa utilizable por ordenador o código de programa legible por ordenador que puede ser leído y ejecutado por un procesador en la unidad de procesador **1504**. El código de programa en las diferentes realizaciones se puede materializar en diferentes medios de almacenamiento físicos o legibles por ordenador, tales como la memoria **1506** o el almacenamiento persistente **1508**.

50 El código de programa **1518** está ubicado en una forma funcional en el soporte legible por ordenador **1520** que se puede extraer de forma selectiva y se puede cargar en o transferirse al sistema de procesamiento de datos **1500** para su ejecución por la unidad de procesador **1504**. El código de programa **1518** y los soportes legibles por ordenador **1520** forman el producto de programa informático **1522** en estos ejemplos ilustrativos. En un ejemplo, los medios legibles por ordenador **1520** pueden ser medios de almacenamiento legibles por ordenador **1524** o medios de señal legibles por ordenador **1526**.

En estos ejemplos ilustrativos, los medios de almacenamiento legibles por ordenador **1524** son un dispositivo de almacenamiento físico o tangible utilizado para almacenar el código de programa **1518** en lugar de un medio que propaga o transmite el código de programa **1518**.

5 Como alternativa, el código de programa **1518** puede transferirse al sistema de procesamiento de datos **1500** utilizando medios de señal legibles por ordenador **1526**. Los medios de señal legibles por ordenador **1526** pueden ser, por ejemplo, una señal de datos propagada que contiene el código de programa **1518**. Por ejemplo, los medios de señal legibles por ordenador **1526** pueden ser una señal electromagnética, una señal óptica, y/o cualquier otro tipo de señal adecuado. Estas señales pueden ser transmitidas a través de enlaces de comunicaciones, tales como enlaces de comunicaciones inalámbricas, cable de fibra óptica, cable coaxial, un alambre, y/o cualquier otro tipo  
10 adecuado de enlace de comunicaciones.

Los diferentes componentes ilustrados para el sistema de procesamiento de datos **1500** no tienen por objeto proporcionar limitaciones arquitectónicas a la forma en la que se pueden implementar diferentes realizaciones. Las diferentes realizaciones ilustrativas se pueden implementar en un sistema de procesamiento de datos que incluye componentes además de y/o en lugar de los que se ilustran para el sistema de procesamiento de datos **1500**. Otros  
15 componentes mostrados en la **figura 15** se pueden hacer variar con respecto a los ejemplos ilustrativos que se muestran. Las diferentes realizaciones pueden implementarse utilizando cualquier dispositivo de hardware o sistema capaz de ejecutar el código de programa **1518**.

Las realizaciones ilustrativas de la divulgación pueden describirse en el contexto de un método de fabricación y mantenimiento **1600** de la aeronave, tal y como se muestra en la **Figura 16** y de la aeronave **1700**, tal y como se muestra en la **Figura 17**. Pasando primero a la **Figura 16**, se muestra una ilustración de un método de fabricación y servicio de un avión de acuerdo con una realización ilustrativa. Durante la producción previa, el método fabricación del avión y de servicio **1600** puede incluir la especificación y el diseño **1602** del avión **1700** en la **figura 17** y la adquisición de materiales **1604**.  
20

Durante la producción, se lleva a cabo la fabricación de componentes y subconjuntos **1606** y la integración de sistemas **1608** del avión **1700** de la **Figura 17**. A continuación, el avión **1700** de la **Figura 17** se puede certificar y expedirse **1610** para su puesta en servicio **1612**. Mientras un cliente lo tiene en servicio **1612**, se programa el avión **1700** de la **Figura 17** para ser sometido a un mantenimiento y servicio **1614** rutinarios, que puede incluir modificaciones, reconfiguraciones, reformas y otro tipo de mantenimiento o servicio.  
25

Cada uno de los procesos del método de fabricación y de servicio **1600** de un avión puede ser realizado o efectuado por un integrador de sistemas, un tercero y/o un operador. En estos ejemplos, el operador puede ser un cliente. A efectos de esta descripción, un integrador de sistemas puede incluir, sin limitaciones, cualquier número de fabricantes de aviones y subcontratistas del sistema principal; un tercero puede incluir, sin limitaciones, cualquier número de distribuidores, subcontratistas y proveedores; y un operario puede ser una aerolínea, una empresa de alquiler, una entidad militar, una organización servicios y así sucesivamente.  
30

Con referencia a continuación a la **Figura 17**, se describe una ilustración de un avión en la que puede implementarse una realización ilustrativa. el avión **1700** puede ser un ejemplo del avión **102** y del avión **104** mostrados en la **figura 1**.  
35

En este ejemplo, el avión **1700** se produce mediante el método de fabricación y servicio de un avión **1600** de la **Figura 16** y puede incluir un fuselaje **1702** con una pluralidad de sistemas **1704** y un interior **1706**. Los ejemplos de los sistemas **1704** incluyen uno o más del sistema de propulsión **1708**, el sistema eléctrico **1710**, un sistema hidráulico **1712** y un sistema de control ambiental **1714**. Puede incluirse cualquier número de otros sistemas.  
40

Los aparatos y métodos representados en el presente documento pueden emplearse durante al menos una de las etapas del método de fabricación y servicio de un avión **1600** en la **Figura 16**. Por ejemplo, una o más realizaciones ilustrativas pueden implementarse para desarrollar el avión **1700** durante la especificación y el diseño **1602**. En otro ejemplo ilustrativo, el transformador de comando **456** en la **figura 4** puede incluirse en el avión **1700** durante la integración del sistema **1608**. Por ejemplo, hardware, El software, o tanto el hardware como el software para el transformador de comando **456** pueden implementarse en el avión **1700** durante el montaje de la avión **1700** en la integración del sistema **1608**. Además, el transformador de comando **456** en la **figura 4** también puede incluirse en el avión **1700** durante el mantenimiento y el servicio **1614** como una modificación, una actualización, o una renovación del avión **1700**.  
45  
50

Por tanto, las realizaciones ilustrativas proporcionan un método y un aparato para mover un brazo de repostaje. En particular, una o más realizaciones ilustrativas pueden proporcionar una capacidad para generar comandos para mover un brazo de repostaje en direcciones que correspondan a la dirección de movimiento de una palanca de control. Por ejemplo, si una palanca de control se mueve en una primera dirección para una dirección de acimut, el transformador de comando genera comandos apropiados de tal manera que las leyes de control en el controlador de  
55

repostaje generan comandos a la unidad de brazo de repostaje que mueve el brazo de repostaje en una dirección de acimut en lugar de algún otro tipo de movimiento.

5 La descripción de las diferentes realizaciones ilustrativas se ha presentado con fines de ilustración y descripción, y no se tiene por objeto que sea exhaustiva o que se limite a las realizaciones en la forma divulgada. Muchas modificaciones y variaciones serán evidentes para los expertos en la técnica. Además, diferentes realizaciones ilustrativas pueden proporcionar diferentes características, en comparación con otras realizaciones ilustrativas. La realización o realizaciones seleccionadas se eligen y se describen con el fin de explicar del mejor modo los principios de las realizaciones, la aplicación práctica, y para posibilitar que otros expertos habituales en la materia entiendan la divulgación de las diversas realizaciones con sus diversas modificaciones, según se adecuen al uso particular  
10 contemplado.

**REIVINDICACIONES**

1. Un aparato para mover un brazo de repostaje (110, 412) en un avión cisterna (408), que comprende:

un dispositivo de control (419) que está configurado para producir una serie de comandos de operador (424) para controlar el movimiento del brazo de repostaje (110, 412) en una dirección deseada;  
 5 un sistema de soporte (300, 302) mediante el cual el brazo de repostaje (110, 412) se puede conectar al avión cisterna, incluyendo el sistema de soporte (300, 302) un accesorio de soporte del brazo (300) configurado para la conexión al avión cisterna y un cardán (302),  
 10 en el que el cardán (302) tiene un punto de inclinación de cardán (309) en el que está conectado al accesorio de soporte del brazo (300) para girar alrededor de un primer eje de cabeceo (312), y un eje de balanceo del cardán (310), estando configurado el cardán (302) para permitir la rotación del brazo de repostaje (110, 412) sobre el eje de balanceo del cardán (310) cuando el brazo de repostaje (110, 412) está conectado al cardán (302) en un punto de cabeceo del cardán adicional (307) del brazo de repostaje (110, 412) para su rotación alrededor de un  
 15 segundo eje de cabeceo (314) de tal manera que una rotación del cardán (302) alrededor del punto de cabeceo del cardán (309) y el primer eje de cabeceo (312), o del brazo de repostaje (110, 412) alrededor del punto de cardán de cabeceo adicional (307) y el eje de cabeceo adicional (314), se permite sin la rotación concurrente del otro de dicho cardán (302) o del brazo de repostaje (110, 412); y  
 un controlador de repostaje (426) que incluye una serie de leyes de control (432) y está configurado para:

20 recibir desde el dispositivo de control (419) el número de comandos de operador (424) para mover el brazo de repostaje (412) en una dirección deseada, en el que el número de comandos de operador (424) define al menos uno de un movimiento de acimut (476) deseado y un movimiento de elevación (478) deseado del brazo de repostaje (412) con respecto al avión cisterna (408) durante el vuelo del avión cisterna (408) y generar un número de comandos intermedios (458) para mover el brazo de repostaje (412) en la dirección deseada según lo definido por el número de comandos del operador (424), en el que el número de comandos  
 25 intermedios (458) define al menos uno de un movimiento de balanceo (480) del brazo de repostaje alrededor de un eje de balanceo y un movimiento de cabeceo (482) del brazo de repostaje alrededor de un eje de cabeceo, tal que el brazo de repostaje (412) se mueve en la dirección deseada, en el que el número de leyes de control (432) está configurado para procesar el número de comandos intermedios (458) para generar comandos de movimiento (435) para mover el brazo de repostaje (412)  
 30 mediante al menos uno del movimiento de balanceo (480) y el movimiento de cabeceo (482), cuyo movimiento del brazo de repostaje (412) resulta en al menos uno del movimiento de acimut (476) y el movimiento de elevación (478) del brazo de repostaje.

2. El aparato de la reivindicación 1, en el que el número de comandos de operador (424) es generado por el movimiento del dispositivo de control (419) por un operador (416) en una primera dirección (512) que corresponde al  
 35 movimiento de acimut (476) y en una segunda dirección (516) que corresponde al movimiento de elevación (478) para el brazo de repostaje (412).

3. El aparato de la reivindicación 1 o 2, en el que el dispositivo de control (419) es una palanca de control (420).

4. El aparato de cualquier reivindicación anterior, en el que un transformador de comando (456) en el controlador de repostaje (426) está configurado para recibir el número de comandos de operador (424) para mover el brazo de  
 40 repostaje (412) en el avión cisterna (408) en la dirección deseada.

5. El aparato de la reivindicación 1, en el que el número de leyes de control (432) está configurado para generar comandos de movimiento (435) y enviar los comandos de movimiento (435) a un sistema de generación de fuerza (446) para causar un movimiento del brazo de repostaje.

6. El aparato de cualquier reivindicación anterior, en el que el controlador de repostaje (426) está configurado para  
 45 realizar una transformación del número de comandos de operador (424) al número de comandos intermedios (458), en el que la transformación se selecciona de al menos una de una transformación lineal y una transformación no lineal.

7. El aparato de la reivindicación 6, en el que la transformación se realiza utilizando una matriz jacobiana inversa (1424).

8. El aparato de cualquiera de las reivindicaciones 5 a 7, en el que el sistema de generación de fuerza (446) está  
 50 compuesto por superficies de control (205) que están asociadas con el brazo de repostaje, en el que una posición de las superficies de control puede causar el movimiento del brazo de repostaje.

9. El aparato de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en el que dicho sistema de soporte (300, 302) está configurado para proporcionar cinemática de cabeceo y balanceo del brazo de repostaje (412) de modo que el brazo de repostaje (412) sea móvil con respecto al avión cisterna (408) alrededor de un eje de cabeceo (312, 314) y un eje de balanceo (310).
- 5 10. Un método para mover un brazo de repostaje (412) en un avión cisterna (408), en el que un dispositivo de control (419) está configurado para producir una serie de comandos de operador (424) para controlar el movimiento del brazo de repostaje (110, 412) en una dirección deseada; en el que el brazo de repostaje (110, 412) se puede conectar mediante un sistema de soporte (300, 302) al avión cisterna,
- 10 en el que el sistema de soporte (300, 302) incluye un accesorio de soporte del brazo (300) configurado para la conexión al avión cisterna y un cardán (302), en el que el cardán (302) tiene un punto de inclinación de cardán (309) en el que está conectado al accesorio de soporte del brazo (300) para girar alrededor de un primer eje de cabeceo (312), y un eje de balanceo del cardán (310), estando configurado el cardán (302) para permitir la rotación del brazo de repostaje (110, 412) sobre el eje de balanceo del cardán (310) cuando el brazo de repostaje (110, 412) está conectado al cardán (302) en un punto de cabeceo del cardán adicional (307) del brazo de repostaje (110, 412) para su rotación alrededor de un segundo eje de cabeceo (314) de tal manera que una rotación del cardán (302) alrededor del punto de cabeceo del cardán (309) y el primer eje de cabeceo (312), o del brazo de repostaje (110, 412) alrededor del punto de cardán de cabeceo adicional (307) y el eje de cabeceo adicional (314), se permite sin la rotación concurrente del otro de dicho cardán (302) o del brazo de repostaje (110, 412); y
- 15 en el que un controlador de repostaje (426) incluye varias leyes de control (432) y realiza las etapas del método de:
- 20 recibir (1200) desde el dispositivo de control (419) el número de comandos de operador (424) para mover el brazo de repostaje (412) en una dirección deseada, en el que el número de comandos de operador (424) define al menos uno de un movimiento de acimut (476) deseado y un movimiento de elevación (478) deseado del brazo de repostaje (412) con respecto al avión cisterna (408) durante el vuelo del avión cisterna (408) y
- 25 generar (1202) un número de comandos intermedios (458) para mover el brazo de repostaje (412) en la dirección deseada según lo definido por el número de comandos del operador (424), en el que el número de comandos intermedios (458) define al menos uno de un movimiento de balanceo (480) del brazo de repostaje alrededor de un eje de balanceo y un movimiento de cabeceo (482) del brazo de repostaje alrededor de un eje de cabeceo, tal que el brazo de repostaje (412) se mueve en la dirección deseada,
- 30 en el que el número de leyes de control (432) está configurado para procesar el número de comandos intermedios (458) para generar comandos de movimiento (435) para mover el brazo de repostaje (412) mediante al menos uno del movimiento de balanceo (480) y el movimiento de cabeceo (482), cuyo movimiento del brazo de repostaje (412) resulta en al menos uno del movimiento de acimut (476) y el movimiento de elevación (478)
- 35 del brazo de repostaje.
11. El método de la reivindicación 10, en el que el número de comandos de operador (424) se genera por el movimiento de un dispositivo de control (419).
12. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 10 a 11, en el que el número de comandos del operador (424) se genera mediante el movimiento de una palanca de control (420).
- 40 13. El método de la reivindicación 10, que comprende:
- generar el número de comandos de operador (424) para el movimiento de acimut (476) en respuesta al movimiento del dispositivo de control (419) en una primera dirección (512); y
- generar el número de comandos de operador (424) para el movimiento de elevación (478) en respuesta al movimiento del dispositivo de control (419) en una segunda dirección (516).
- 45 14. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 10 a 13, en el que la etapa de recepción (1200) y la etapa de generación (1202) se realizan en un transformador de comando (456) en el controlador de repostaje (426) en el avión cisterna (408).

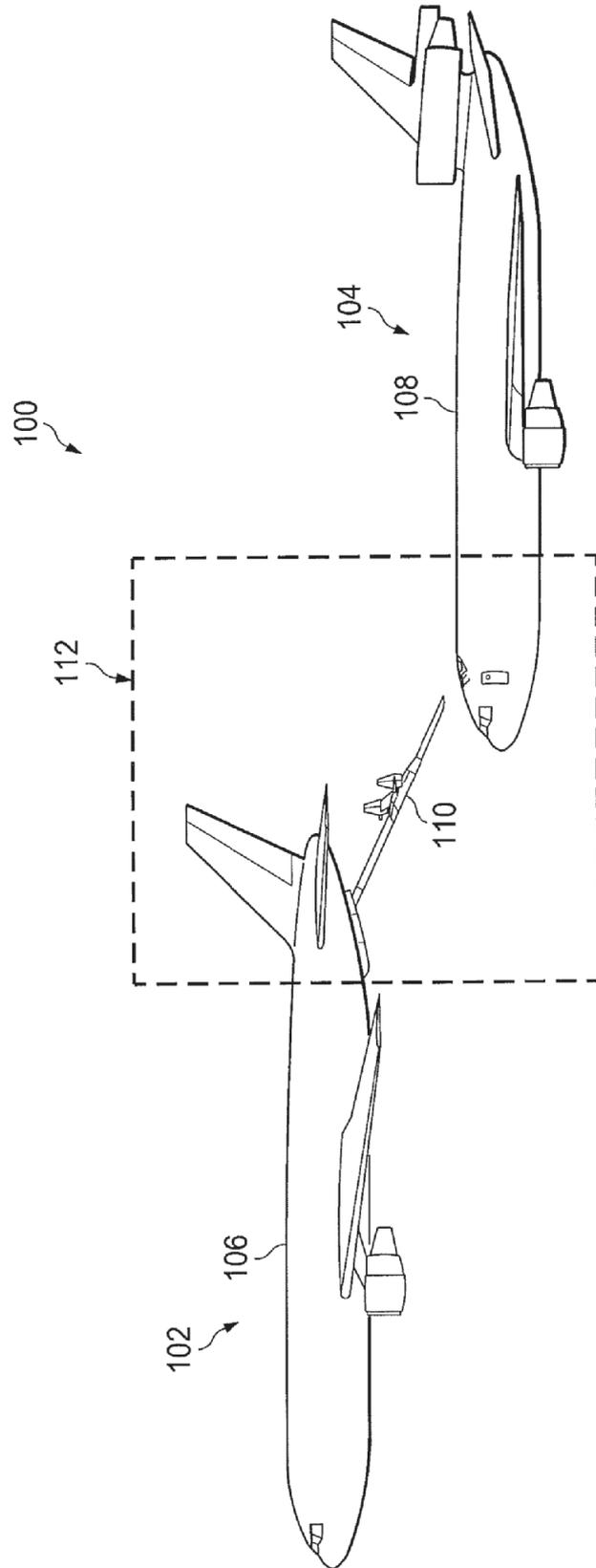


FIG. 1

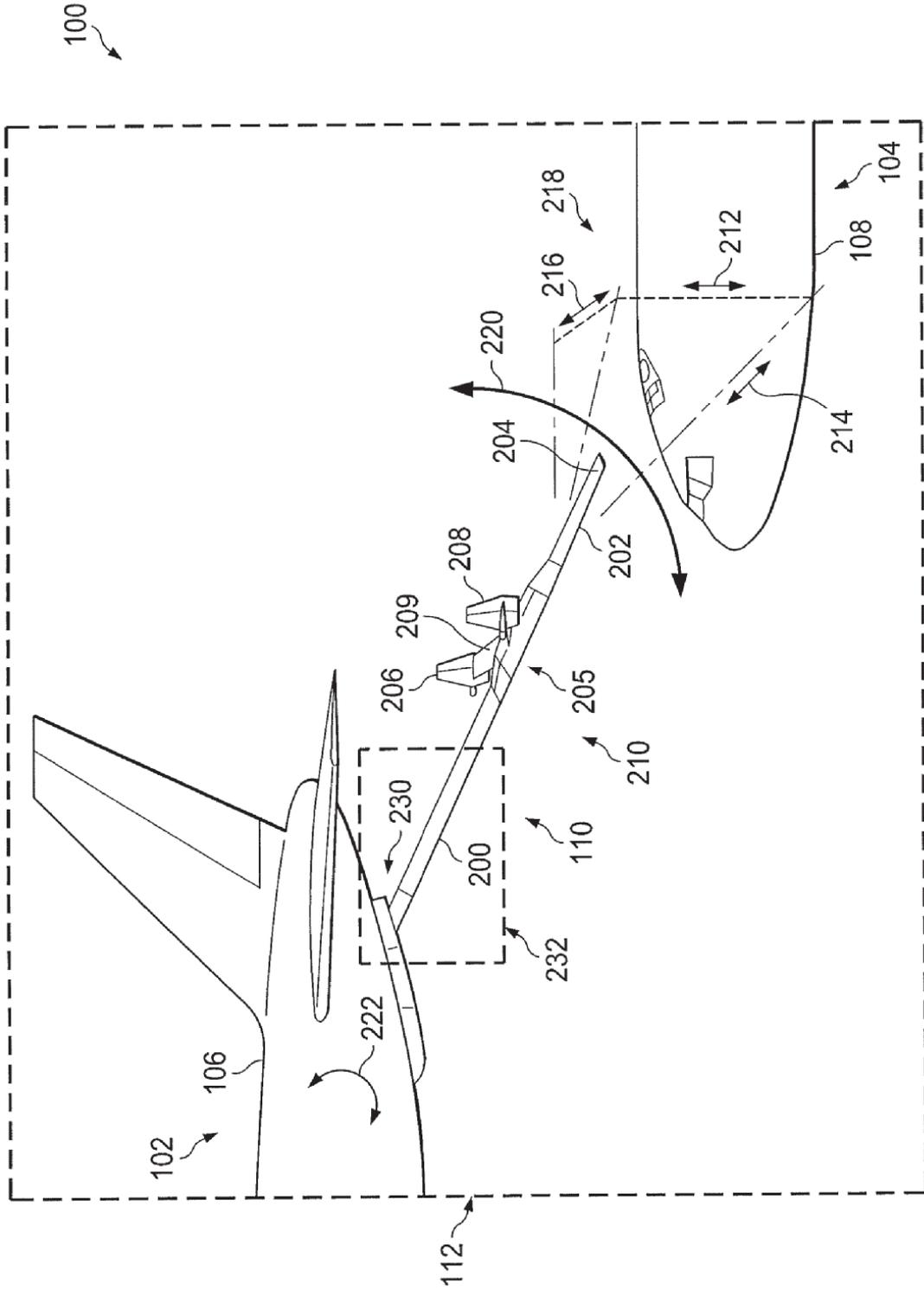
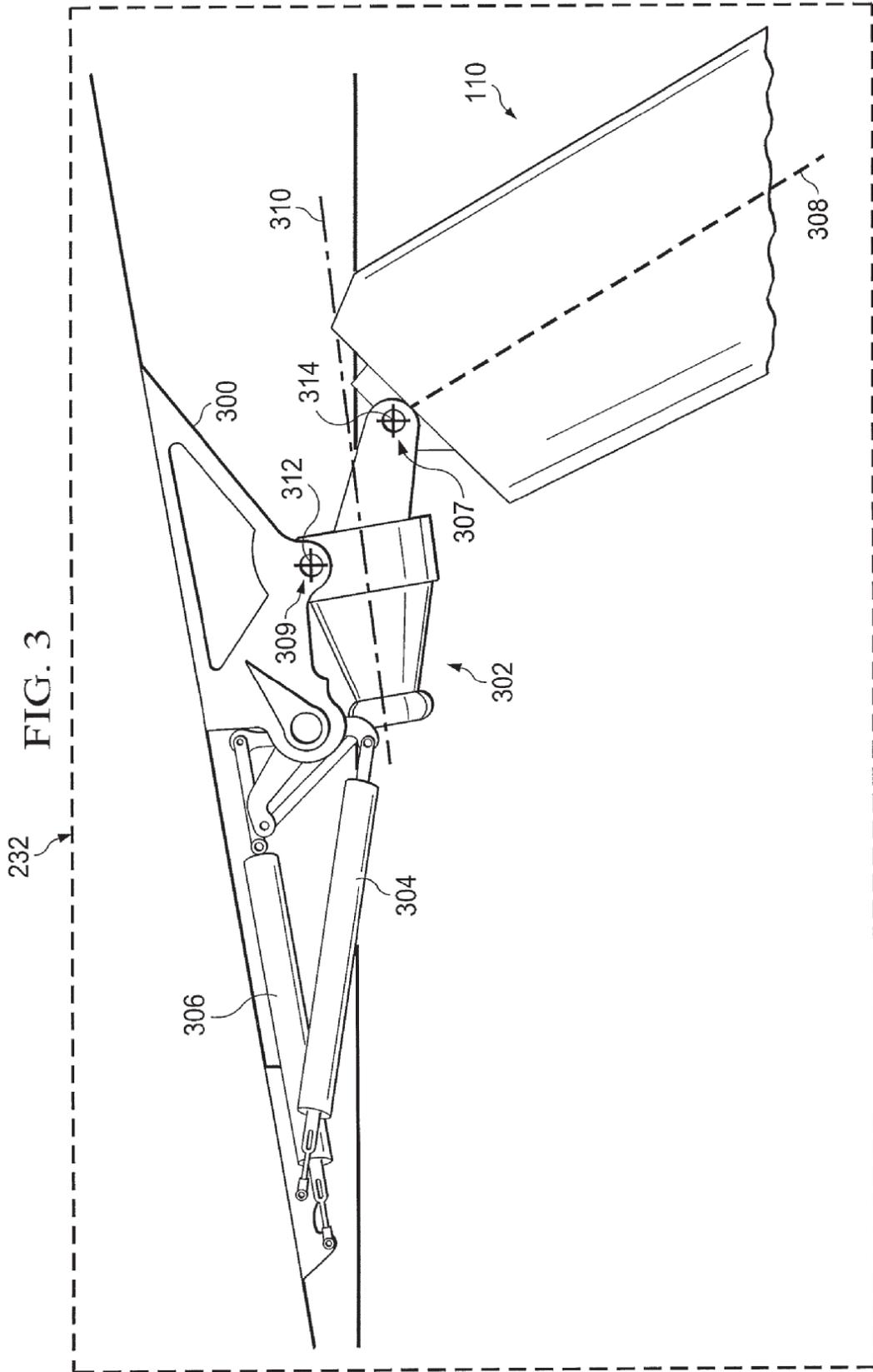


FIG. 2



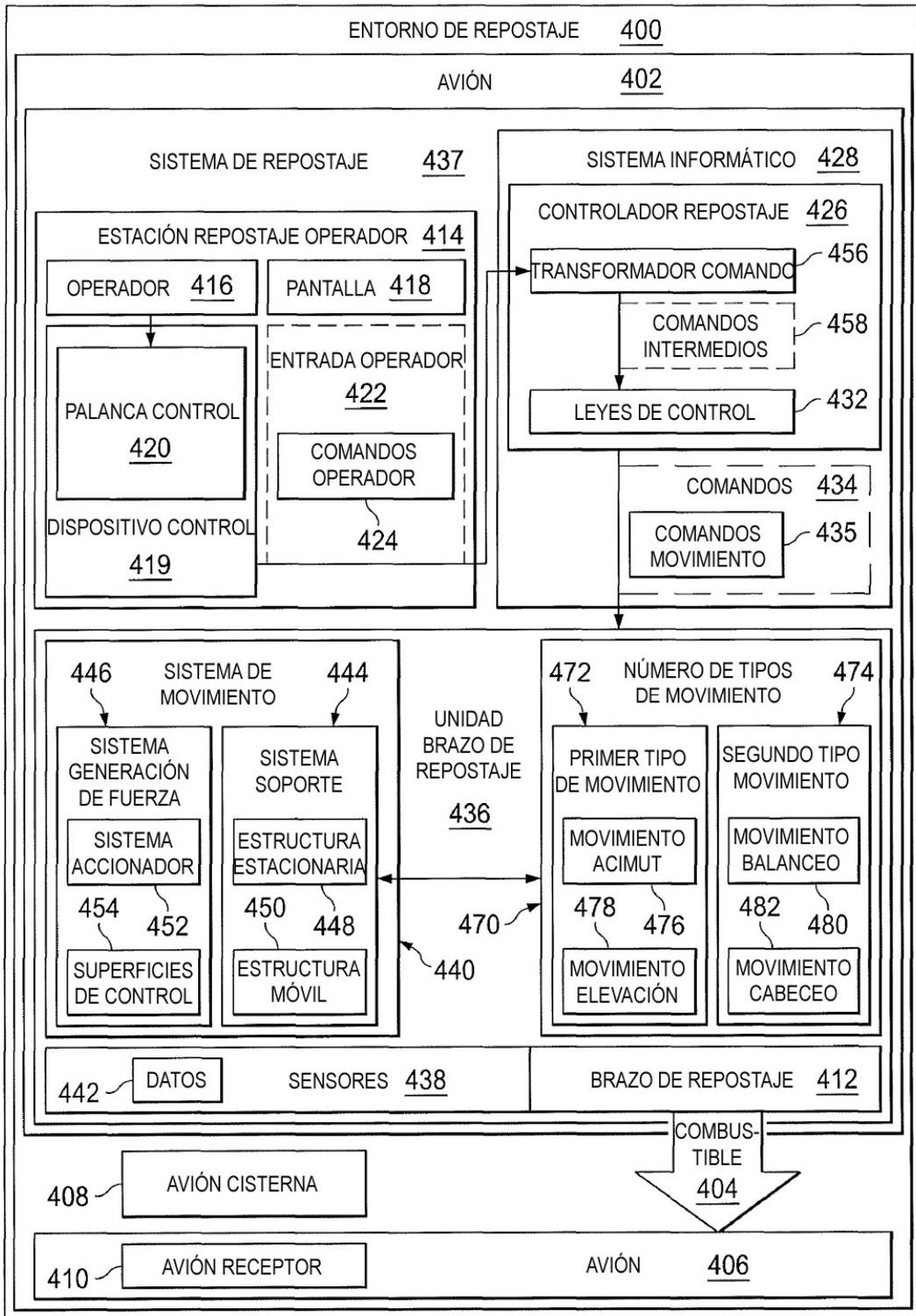


FIG. 4

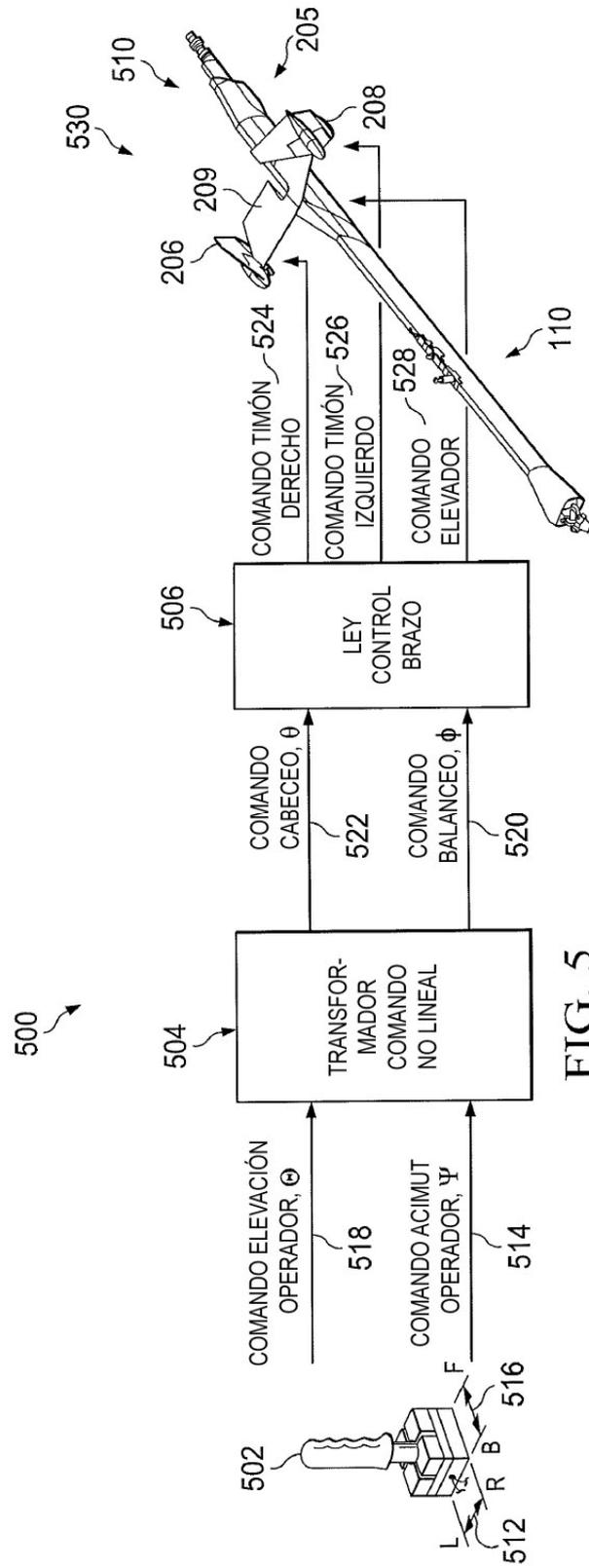
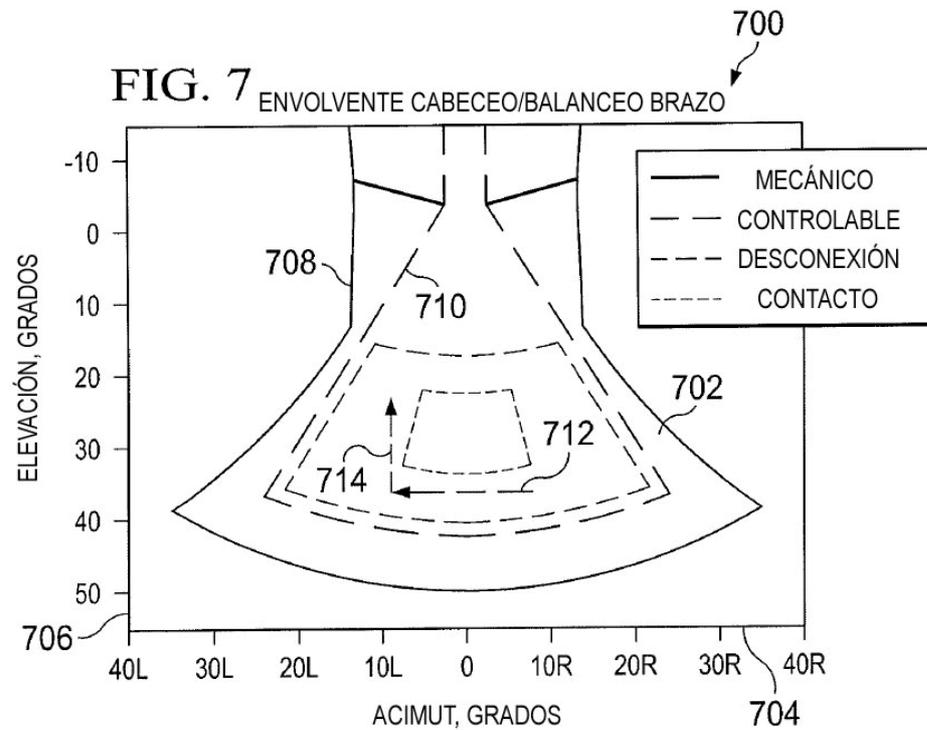
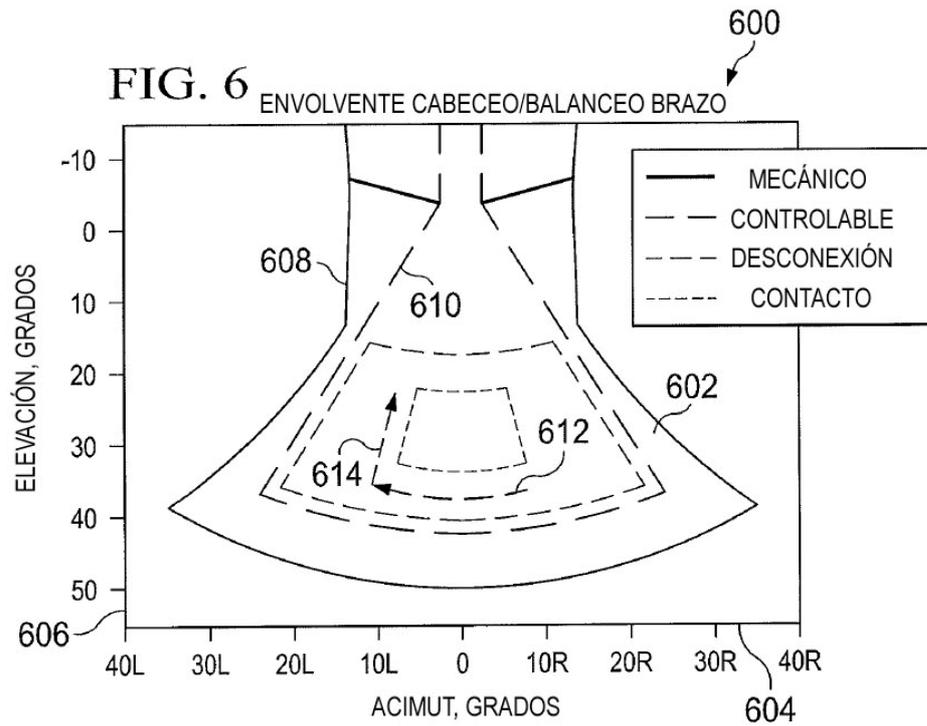
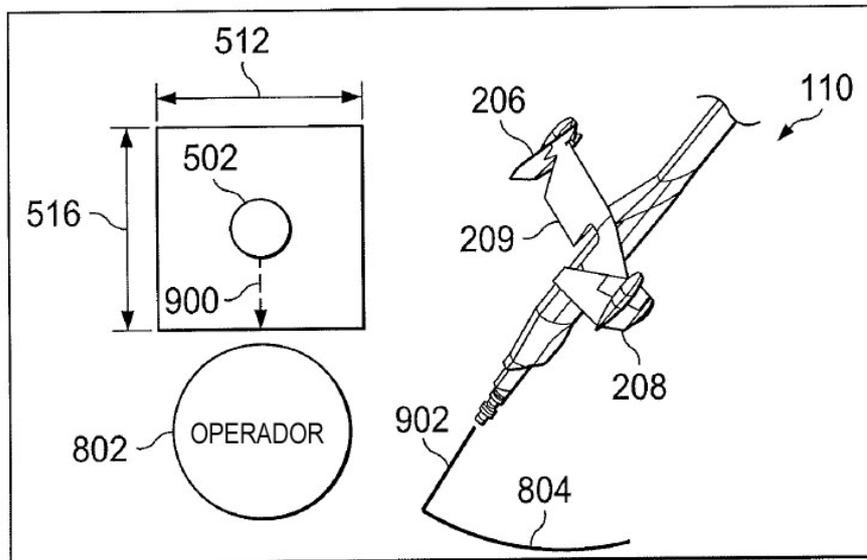
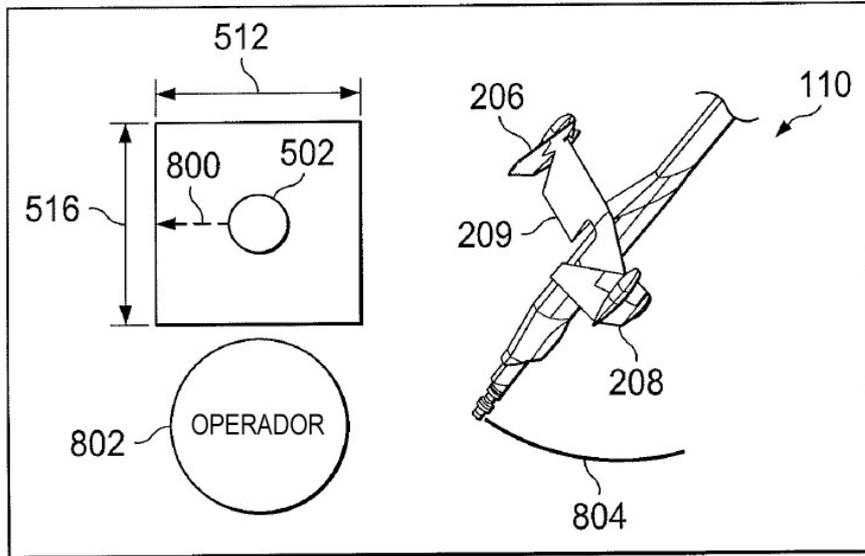


FIG. 5





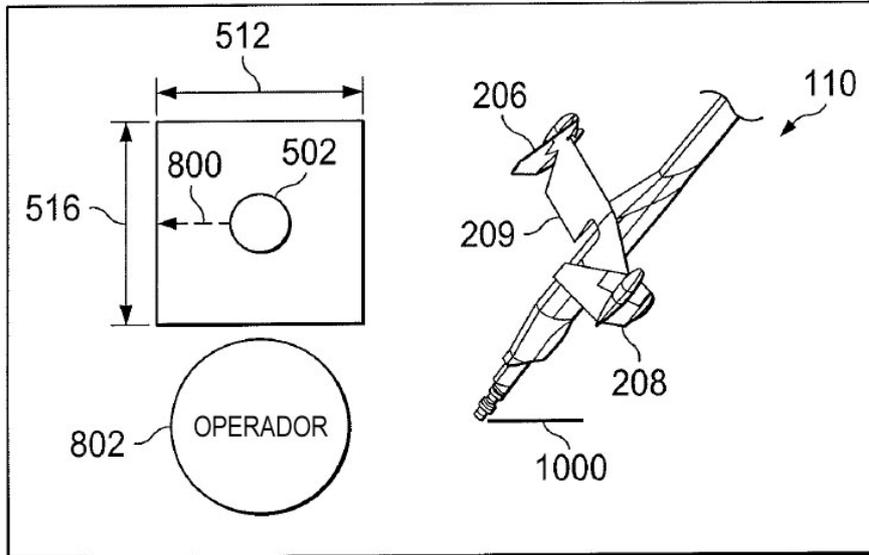


FIG. 10

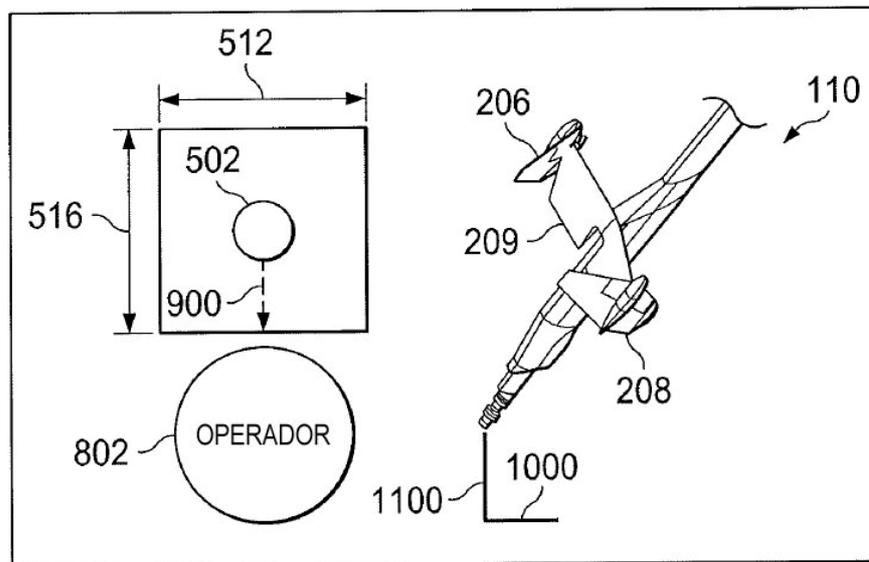


FIG. 11

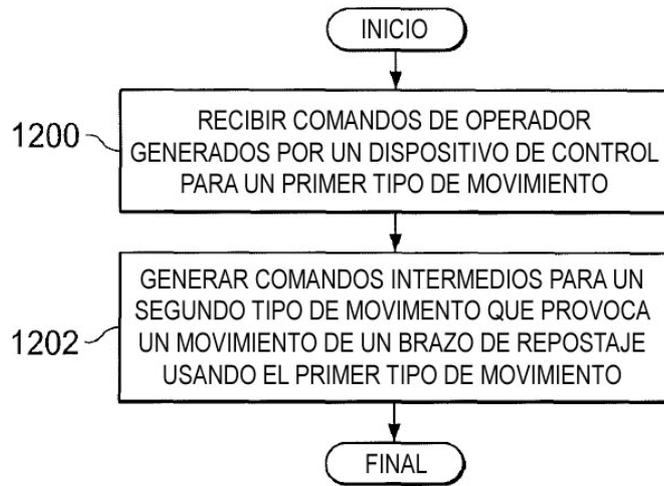


FIG. 12

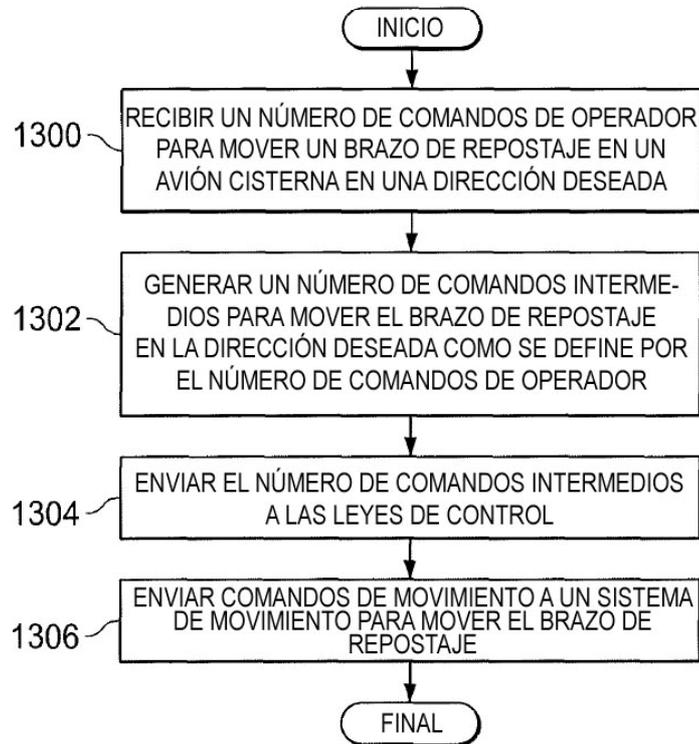
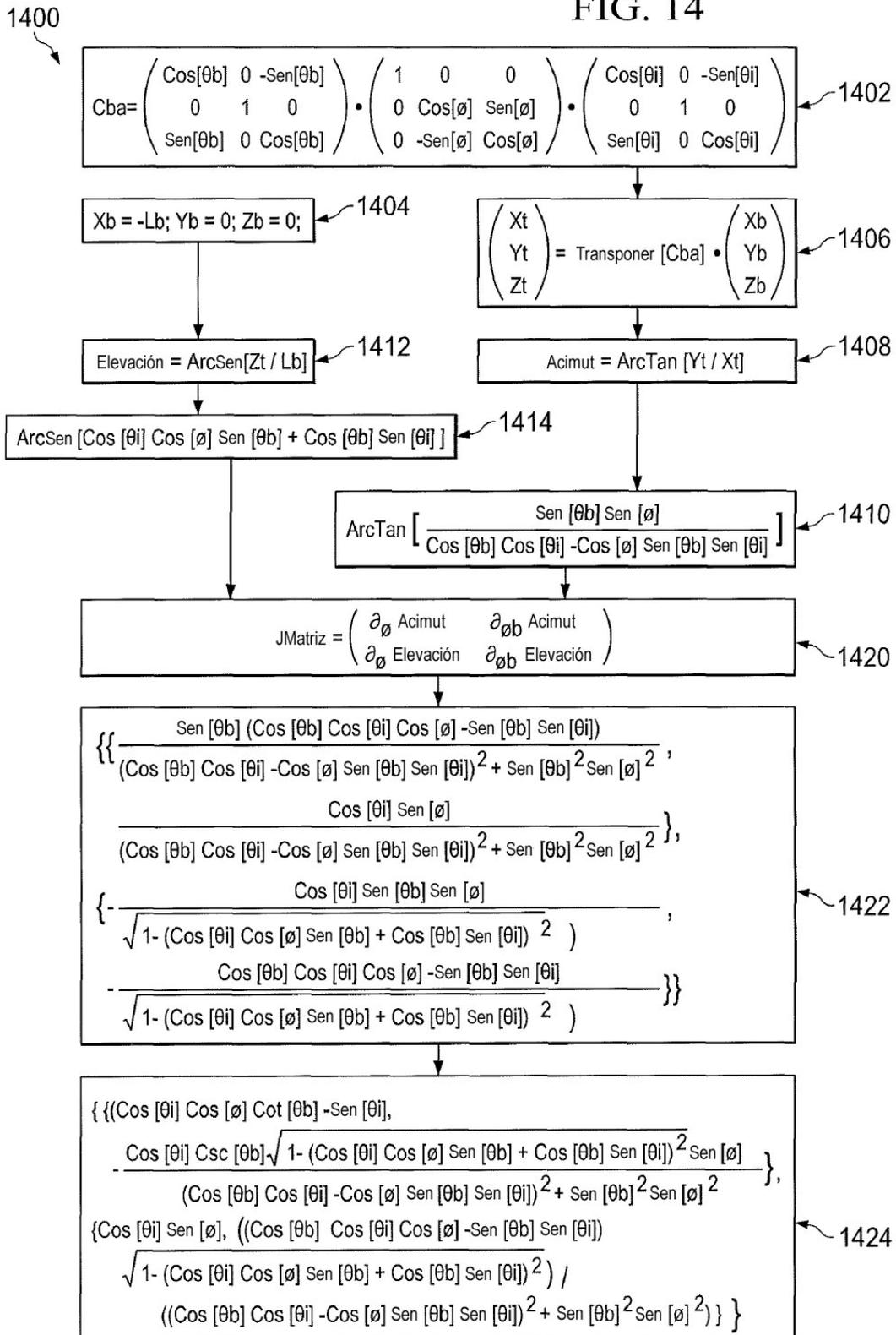


FIG. 13

FIG. 14



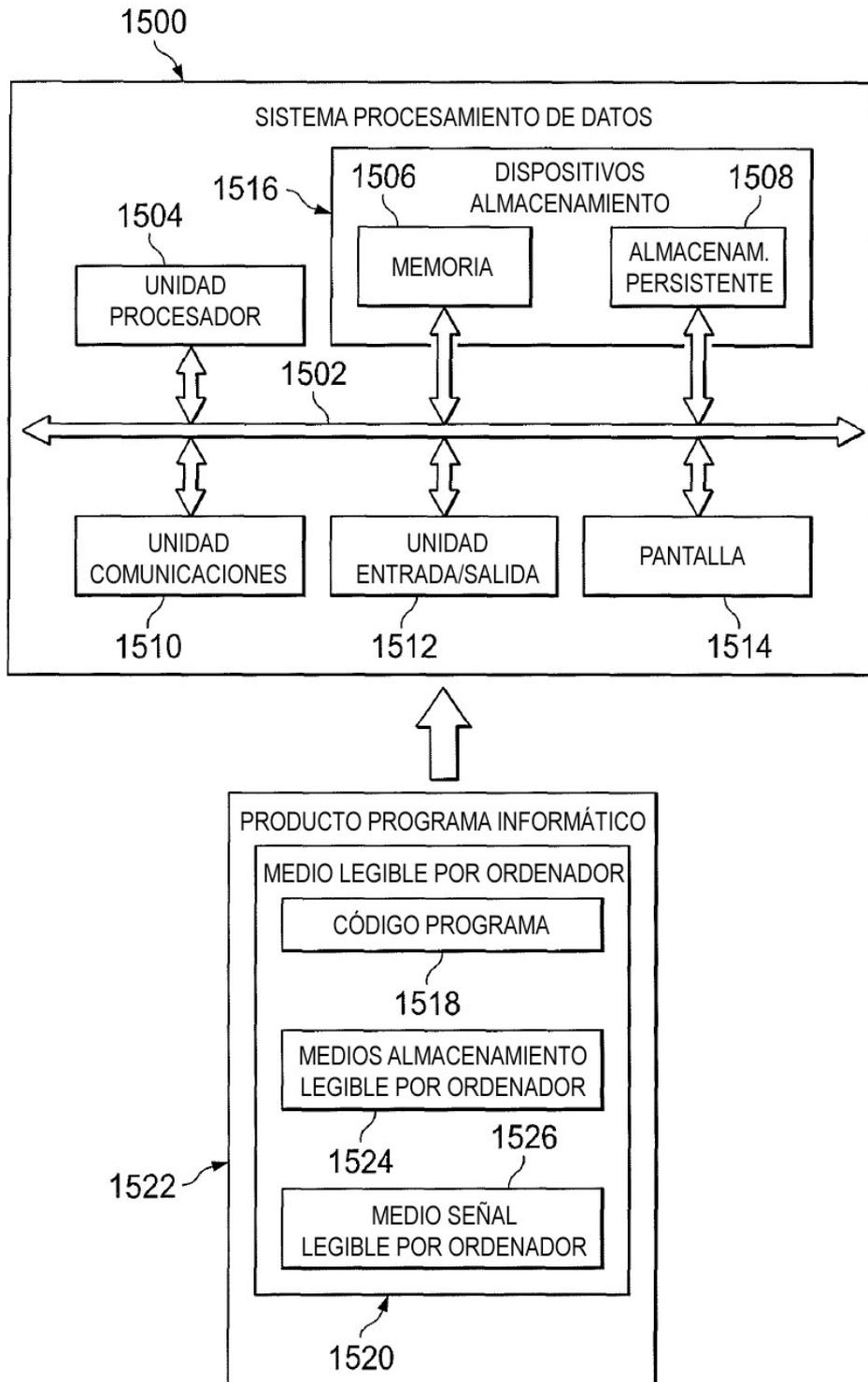


FIG. 15

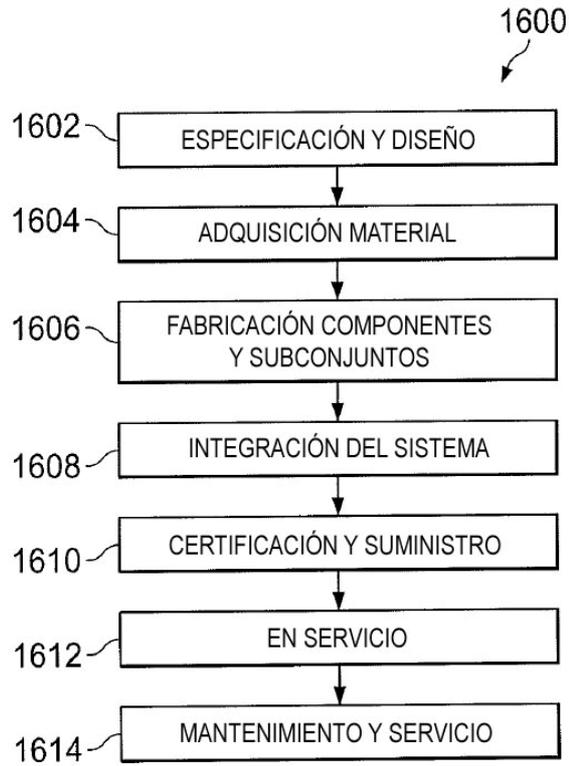


FIG. 16

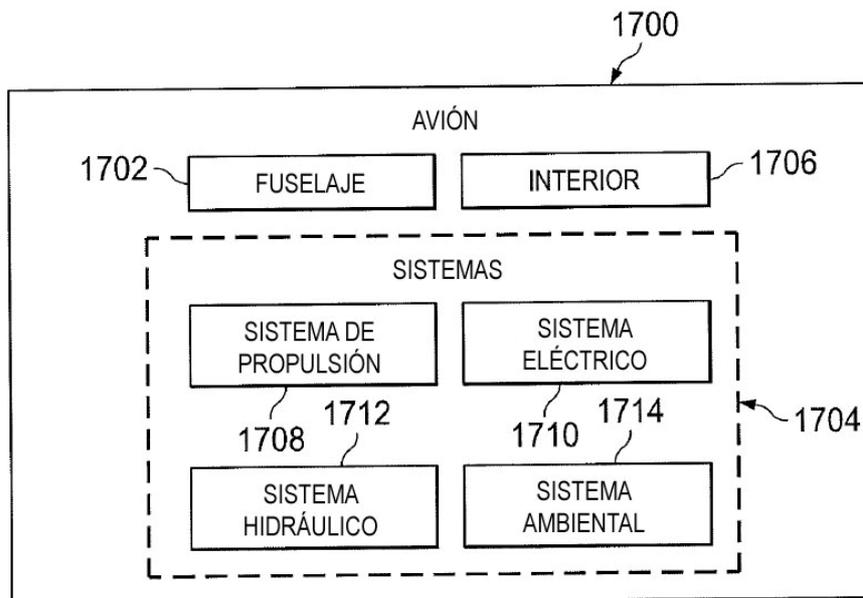


FIG. 17