

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 994 977**

51 Int. Cl.:

G05D 1/00 (2014.01)
H04Q 1/00 (2006.01)
H04B 17/00 (2015.01)
F16M 11/12 (2006.01)
F16M 11/18 (2006.01)
F16M 13/02 (2006.01)
G01R 29/08 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **12.08.2021** **PCT/EP2021/072560**
87 Fecha y número de publicación internacional: **17.02.2022** **WO22034200**
96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.08.2021** **E 21765599 (2)**
97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.10.2024** **EP 4196858**

54 Título: **Sistema de estabilización de cardán**

30 Prioridad:

14.08.2020 GB 202012756

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
05.02.2025

73 Titular/es:

QUADSAT APS (100.00%)
Lufthavnvej 151
5270 Odense N, DK

72 Inventor/es:

BUCHI, ANDRIAN;
ESPELAND, JOAKIM y
GUPTA, RASMUS KUMAR UDESEN

74 Agente/Representante:

DEL VALLE VALIENTE, Sonia

ES 2 994 977 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 estabilización de cardán

- 5 La presente solicitud se refiere a un sistema, aparato y método para un sistema de estabilización de cardán de una aeronave, tal como un vehículo aéreo no tripulado (UAV, por sus siglas en inglés), para su uso en la prueba de una antena bajo prueba (AUT, por sus siglas en inglés) y sus aplicaciones.

Antecedentes

- 10 Existen soluciones para las mediciones de antenas, en las que la antena de sonda transmisora y/o receptora está montada en una aeronave, tal como, sin limitación, por ejemplo, un vehículo aéreo no tripulado (UAV). Estos sistemas suelen utilizar un sistema de antena de sonda montada de forma fija, y se pueden utilizar para la medición de entornos de radiodifusión y telecomunicaciones. Como las antenas de sonda direccionales en los UAV se suelen utilizar para
15 las mediciones, la ganancia cambiará según hacia dónde se oriente la antena de sonda. Aunque la tecnología existente utiliza antenas de sonda direccionales que están montadas de forma fija en la estructura del UAV, cuando el UAV está en movimiento no podrá apuntar a la antena que se está probando y, por lo tanto, la ganancia relativa de la antena de sonda cambiará según los movimientos de balanceo, cabeceo y guiñada del UAV. Esto es un problema cuando se realizan mediciones relativas de la AUT, donde se requiere tener una ganancia constante de la sonda que se está
20 utilizando para tomar la medición a medida que se mueve alrededor de la AUT. Alternativamente, el vuelo del UAV debe preprogramarse y/o ajustarse manualmente de tal modo que la antena de sonda fija se dirija hacia la AUT. Esto es difícil de mantener manualmente durante el vuelo de un UAV, para obtener mediciones precisas mediante la antena de sonda fija.
- 25 Además, para la transmisión de RF de polarización lineal, es importante que la AUT y la antena de sonda en el UAV que se está utilizando para las mediciones, estén alineadas. Esto permitirá realizar mediciones copolares y transpolares de la AUT. Sin embargo, mientras vuela el UAV tendrá movimiento en su actitud, tal como, por ejemplo, de cabeceo, balanceo y guiñada. Estos movimientos, y también la trayectoria de vuelo, pueden provocar una desalineación de la antena de sonda si la antena de sonda está fijada a la estructura del UAV. De nuevo, dicha
30 alineación es difícil de mantener manualmente durante el vuelo del UAV, para obtener mediciones precisas mediante la antena de sonda fija.
- Locke Michael y col., «High-performance two-axis gimbal system for free space laser communications onboard unmanned aircraft systems», describe el desarrollo de un sistema de cardán personalizado con un amplio campo de
35 visión y un tiempo de respuesta rápido. El sistema es un sistema de 24 voltios con *drivers* y controladores de motor integrados, que ofrece un campo de visión completo tanto en acimut como en elevación; esto proporciona una capacidad de seguimiento más continua, así como velocidades incrementadas de hasta 479° por segundo.
- El documento US-2019138012A se refiere a un soporte para vehículos aéreos no tripulados. El soporte está
40 configurado para soportar y permitir que una carga útil se mueva con respecto al cuerpo central. El soporte incluye una guía acoplada al cuerpo central, y un cardán configurado para acoplar una carga útil a la guía. El cardán está configurado, además, para voltear la carga útil por encima del soporte cuando la carga útil se encuentre en un extremo superior de la guía con respecto al cuerpo central.
- 45 Salazar Jorge L y col., «UAS-Based Antenna Pattern Measurements and Radar Characterization», analiza la caracterización y calibración de antenas *in situ* de un sistema de radar, utilizando un sistema de aeronaves no tripuladas (UAS, por sus siglas en inglés) personalizado. El UAS es una gran plataforma multirrotor diseñada para un tiempo de vuelo prolongado, una alta precisión de posicionamiento, y estabilidad. Está equipado con un cardán preciso de 3 ejes que sostiene una matriz de antenas y un generador-transmisor de impulsos, que admite mediciones en el
50 rango de 2 GHz a 10 GHz. La configuración se centra en una sonda de matriz en banda S con un ancho de haz de sonda de RF cuidadosamente optimizado para mediciones precisas de la antena durante el vuelo.
- Yiqun Zhang y col., «The Laser Communication and Aiming Antenna Research for Micro-nano Satellite», analiza el creciente interés en la utilización de micro/nanosatélites de órbita baja para redes de comunicación, impulsado por los
55 avances en tecnología espacial. La comunicación láser ofrece ventajas, tal como alta capacidad, peso ligero, bajo consumo de energía y mayor confidencialidad. El documento se centra en la optimización del diseño de antenas de comunicación láser mediante el análisis modal y de termoacoplamiento, y aborda los desafíos en la alineación del eje óptico con un dispositivo de ajuste de coaxialidad.
- 60 Duthoit Simon y col.: «UAV-Based In Situ Antenna Characterization: Analysis and Design Requirements. A Thesis Approved for the School of Electrical and Computer Engineering», 11 de mayo de 2018 (11-5-2018), páginas 1-157, XP093142452, Norman, Oklahoma, recuperado de Internet: URL: <https://hdl.handle.net/11244/299790> [recuperado el 18 de marzo de 2022URL] describe un sistema para la caracterización de antenas *in situ* que comprende un UAV que vuela alrededor del sistema de radar/antena para realizar mediciones. Cuando el UAV vuela alrededor de una AUT, una sonda, que es una matriz de antenas montada en el UAV, y la AUT mantienen la misma alineación durante todas
65 las mediciones. Un cardán, que es un sistema de 3 ejes, porta una antena como carga útil del UAV, y tiene 3 grados

de libertad. El cardán, en el que se monta la antena, se acciona por 3 motores de balanceo, cabeceo y guiñada. La posición real del UAV se calcula a partir de un GPS, una IMU, un barómetro y un filtro de Kalman implementados en un controlador de vuelo.

- 5 Existe el deseo de un sistema de sonda de antena para aeronaves/UAV mejorado que supere al menos una o más de estas desventajas.

Las realizaciones descritas a continuación no se limitan a implementaciones que resuelvan cualquiera o todas las desventajas de los enfoques conocidos descritos anteriormente.

10

Resumen

Este resumen se proporciona para presentar una selección de conceptos de forma simplificada, que se describen con más detalle a continuación en la descripción detallada. Este resumen no pretende identificar características clave o características esenciales del objeto reivindicado, ni pretende ser utilizado para determinar el alcance del objeto reivindicado; las variantes y características alternativas que facilitan el funcionamiento de la invención y/o sirven para lograr un efecto técnico sustancialmente similar, deben considerarse incluidas en el alcance de la invención descrita en la presente memoria.

15

20

La presente descripción proporciona método(s), aparato(s) y sistema(s) para controlar una estructura de cardán, a fin de garantizar que una carga útil acoplada a la estructura de cardán, cuando se monta en una aeronave, tal como, sin limitación, por ejemplo, un vehículo aéreo no tripulado que se oriente y/o alinee con una antena bajo prueba (AUT). La carga útil puede configurarse y operarse para utilizarse durante un procedimiento de rendimiento de la antena (APE, por sus siglas en inglés) para probar y/o medir el rendimiento de la AUT. La orientación y/o la alineación de la carga útil se calculan y ajustan en función de la información de posición recibida, tal como, sin limitación, por ejemplo, la posición/ubicación(es), la actitud, el rumbo y/o la velocidad de la estructura de la aeronave/cardán, y también la información de posición recibida, tal como, sin limitación, por ejemplo, la posición/ubicación(es) de la AUT. A partir de esto, se realizan ajustes en la estructura del cardán para ajustar/mantener/controlar la orientación y/o la alineación de la carga útil en la dirección de la AUT. Por ejemplo, para ajustar/controlar y/o mantener la orientación y la alineación de una primera sección de la carga útil hacia la AUT, al menos durante el APE mientras la aeronave está en vuelo. Ajustar la carga útil de esta manera garantiza que se pueda realizar una prueba de APE precisa con la AUT.

25

30

35

En un primer aspecto, la presente descripción proporciona un método implementado por ordenador para controlar un sistema de estabilización de cardán de una aeronave en un sistema de prueba de antena para probar una antena bajo prueba (AUT), comprendiendo el sistema de estabilización de cardán un conjunto de control acoplado de forma giratoria a un conjunto de cardán que comprende una carga útil, comprendiendo la carga útil una primera sección que incluye una interfaz de sensor de comunicación para su uso en las pruebas de la AUT, y una segunda sección acoplada de forma giratoria al conjunto de cardán, comprendiendo el conjunto de control un controlador, el método, realizado por el controlador, comprendiendo además: recibir una posición en vuelo de la aeronave durante las pruebas de la AUT; recibir la posición de la AUT en relación con la aeronave; y controlar el conjunto de cardán: calculando la dirección de orientación y la alineación de la primera sección de la carga útil con respecto a la AUT, en función de la posición recibida de la aeronave y la posición recibida de la AUT; y mantener la orientación y alineación de la primera sección de la carga útil con respecto a la AUT, en función de la dirección de orientación y la alineación calculadas de la primera sección de la carga útil.

45

50

Como opción, el método implementado por ordenador, en donde recibir la posición en vuelo de la aeronave comprende además, recibir datos representativos del sistema de posicionamiento global, GPS, la posición, el rumbo, la altitud y/o la actitud de la aeronave. Como otra opción, el método implementado por ordenador comprende además, recibir la posición de la AUT, y comprende además, recibir datos representativos de la información asociada con la posición de la AUT. Como opción adicional, el método implementado por ordenador, en donde la interfaz del sensor de comunicación comprende además, al menos uno del grupo de: un receptor; un transmisor; un transceptor; y/o cualquier otra interfaz de comunicación y/o interfaz de sensor de comunicación configuradas para probar la AUT.

55

60

65

Como opción, el método implementado por ordenador comprende además, controlar la orientación y/o la alineación de la carga útil alrededor de al menos dos ejes de rotación, en donde el conjunto de control se acopla de forma giratoria al conjunto de cardán, y la carga útil se acopla de forma giratoria al conjunto de cardán. Como otra opción, el método implementado por ordenador, que comprende además, controlar la orientación y/o la alineación de la carga útil alrededor de al menos tres ejes de rotación, en donde el conjunto de control se acopla de forma giratoria al conjunto de cardán, la carga útil se acopla de forma giratoria al conjunto de cardán, en donde el conjunto de cardán incluye un eje de rotación adicional para su uso en el control de la orientación y/o la alineación de la carga útil. Como otra opción, el método implementado por ordenador, en donde el conjunto de control se acopla de forma giratoria al conjunto de cardán mediante un primer motor, comprendiendo además, el conjunto de cardán: un primer brazo giratorio acoplado al primer motor, el primer motor configurado para hacer girar el primer brazo giratorio alrededor de un primer eje de rotación, el primer brazo giratorio acoplado a un segundo motor en un extremo del primer brazo giratorio distal al acoplamiento del primer brazo giratorio al primer motor; un segundo brazo giratorio acoplado al segundo motor, el segundo motor configurado para girar el segundo brazo giratorio alrededor de un segundo eje de rotación, el segundo

- eje de rotación ortogonal al primer eje de rotación, el segundo brazo giratorio acoplado a un tercer motor, en donde el tercer motor está configurado para hacer girar la carga útil acoplada al tercer motor en la segunda sección de la carga útil alrededor de un tercer eje de rotación, en donde el tercer eje de rotación es diferente del segundo eje de rotación; y el controlador del conjunto de control conectado eléctricamente al primer motor, al segundo motor y al tercer motor;
- 5 en donde controlar el conjunto de cardán comprende además: mantener la orientación y la alineación de la primera sección de la carga útil, que comprende además, controlar uno o más del primer motor, el segundo motor y el tercer motor, en función de la dirección de orientación calculada y la alineación de la primera sección de la carga útil hacia la AUT.
- 10 Como opción, el método implementado por ordenador, en donde el primer eje de rotación es un eje de rotación de guiñada en relación con el conjunto de cardán, el segundo eje de rotación es un eje de rotación de cabeceo en relación con el conjunto de cardán, y el tercer eje de rotación es un eje de rotación de balanceo en relación con el conjunto de cardán.
- 15 Como otra opción, el método implementado por ordenador, en donde los motores primero, segundo y tercero comprenden cada uno al menos uno del grupo de: un motor de cardán; un motor sin escobillas; un motor de cardán sin escobillas; un motor de accionamiento de cardán; y/o cualquier motor adecuado para su uso en el ajuste y/o mantenimiento de la dirección de orientación y/o la alineación de la primera sección de la carga útil en la dirección de la AUT. Como opción, el método implementado por ordenador, en donde los motores primero, segundo y tercero corresponden a un motor de guiñada, un motor de cabeceo y un motor de balanceo, respectivamente.
- 20 Como opción, el método implementado por ordenador, en donde el conjunto de control se acopla de forma giratoria al conjunto de cardán mediante un motor de guiñada, comprendiendo el conjunto de cardán, además: un brazo giratorio de guiñada acoplado al motor de guiñada, el motor de guiñada configurado para hacer girar el brazo giratorio de guiñada alrededor de un eje de rotación de guiñada, el brazo giratorio de guiñada acoplado a un motor de cabeceo en un extremo del brazo giratorio de guiñada distal al acoplamiento del brazo giratorio de guiñada hacia el motor de guiñada; un brazo giratorio de cabeceo acoplado al motor de cabeceo, el motor de cabeceo configurado para hacer girar el brazo giratorio de cabeceo alrededor de un eje de rotación de cabeceo, el eje de rotación de cabeceo ortogonal al eje de rotación de guiñada, el brazo giratorio de cabeceo acoplado a un motor de balanceo, en donde el motor de balanceo está configurado para hacer girar una carga útil acoplada al motor de balanceo en la segunda sección de la carga útil alrededor de un eje de rotación de balanceo, en donde el eje de rotación de balanceo es ortogonal al eje de rotación de cabeceo; y el controlador del conjunto de control conectado eléctricamente al motor de guiñada, al motor de cabeceo y al motor de balanceo; en donde controlar el conjunto de cardán comprende además: mantener la orientación y la alineación de la primera sección de la carga útil, que comprende además, controlar uno o más del motor de guiñada, el motor de cabeceo y el motor de balanceo, en función de la dirección de orientación y la alineación calculadas de la primera sección de la carga útil hacia la AUT.
- 25 Como otra opción, el método implementado por ordenador, en donde el control del conjunto de cardán comprende además: calcular los ángulos teóricos de guiñada, cabeceo y balanceo de la carga útil en relación con la AUT; calcular las compensaciones de deriva del conjunto de cardán, en función de la comparación de la retroalimentación de los datos representativos de la posición actual recibida de la aeronave, y con el sistema de referencia de actitud y rumbo de la aeronave para corregir la deriva en el conjunto de cardán; y enviar comandos de ángulo y compensaciones de deriva a un controlador de cardán, para controlar uno o más de los motores primero, segundo y tercero, en función de la combinación de compensaciones de deriva con ángulos teóricos de guiñada, cabeceo y balanceo.
- 30 Como otra opción, el método implementado por ordenador, en donde controlar el conjunto de cardán comprende además: cuando se utiliza la carga útil para probar sistemas polarizados lineales, controlar el conjunto de cardán para mantener la alineación de polarización de la polarización de la interfaz del sensor de comunicación de la carga útil con la polarización de la AUT mediante: comparar la posición recibida en vuelo de la aeronave con la posición recibida de la AUT; calcular un valor teórico de ajuste de balanceo para al menos ajustar el ángulo de balanceo de la carga útil en relación con la AUT, en función de la comparación para mantener la alineación de polarización; y enviar un comando de ángulo de balanceo al motor de balanceo del conjunto de cardán.
- 35 Como opción, el método implementado por ordenador, en donde una estación base está ubicada en una posición geográfica con respecto a la AUT, definiendo la ubicación de la estación base una posición de referencia para la aeronave durante la prueba de la AUT, y recibir la posición de la AUT, que comprende además: recibir la posición de la estación base; calcular la posición de la AUT en función de la posición geográfica de la AUT en relación con la posición de la estación base.
- 40 Como otra opción, el método implementado por ordenador, en donde la carga útil comprende además, una cámara ubicada en el primer extremo de la carga útil, y la recepción de la posición de la AUT, que comprende además: analizar una o más imágenes de la cámara para identificar una posición de la AUT; y calcular la posición de la AUT en función de la posición identificada de la AUT en dichas una o más imágenes analizadas.
- 45 Como opción adicional, el método implementado por ordenador, en donde: analizar una o más imágenes de la cámara para identificar una posición de la AUT, comprende además, analizar una o más imágenes de la cámara para identificar
- 50
- 55
- 60
- 65

la AUT; y calcular la posición de la AUT en función de la posición de la AUT identificada en dichas una o más imágenes analizadas.

5 Como otra opción, el método implementado por ordenador, en donde: analizar una o más imágenes de la cámara para identificar una posición de la AUT, comprende además, analizar una o más imágenes de la cámara para identificar la estación base; y calcular la posición de la AUT en función de la posición de la estación base identificada en dichas una o más imágenes analizadas y en función de la posición geográfica de la AUT en relación con la posición de la estación base identificada.

10 Como opción, el método implementado por ordenador, en donde la AUT incluye una señal de baliza y recibir la posición de la AUT, que comprende además: recibir la señal de baliza asociada a la AUT; y determinar la posición de la AUT en función de la señal de baliza recibida.

15 Como otra opción, el método implementado por ordenador, en donde la estación base incluye una señal de baliza y recibir la posición de la AUT, que comprende además: recibir la señal de baliza asociada a la estación base; y determinar la posición de la AUT en función de la señal de baliza recibida desde la estación base y la posición geográfica de la AUT en relación con la posición de la estación base.

20 Como opción adicional, el método implementado por ordenador, comprende además, mantener la orientación de la primera sección de la carga útil hacia una posición designada en relación con la AUT.

25 Como otra opción, el método implementado por ordenador, en donde la interfaz del sensor de comunicación es un transceptor, y el método comprende además, controlar el transceptor de la carga útil para realizar al menos una o más del grupo de: generar y transmitir una onda continua o una señal de prueba modulada en una frecuencia deseada; recibir una onda continua o una señal de prueba modulada en una frecuencia deseada; generar y transmitir a la AUT una señal polarizada linealmente; generar y transmitir a la AUT una señal polarizada circularmente; recibir desde la AUT una señal polarizada linealmente; y recibir desde la AUT una señal polarizada circularmente; cualquier otra generación, transmisión y/o recepción de una señal u onda basada según lo requerido por el APE para probar la antena de la AUT.

30 Como opción, el método implementado por ordenador, en donde la interfaz del sensor de comunicación es un transceptor, comprendiendo el método, además, controlar el conjunto de cardán para realizar al menos uno o más del grupo de: orientar una bocina de alimentación de transmisión de RF del transceptor hacia un punto geométrico especificado asociado a la AUT; cancelar cualquier movimiento o desplazamiento de la aeronave para mantener la orientación de la bocina de alimentación de transmisión de RF en el punto geométrico especificado o en la AUT; mantener la alineación de la polarización de la bocina de alimentación del transceptor de RF con la correspondiente polarización de la bocina de alimentación del transceptor de la AUT durante la prueba de la AUT.

35 Como opción adicional, el método implementado por ordenador, en donde, al probar la AUT, el método comprende además: ajustar y/o mantener la orientación y/o la alineación de la primera sección de la carga útil hacia la AUT durante una ruta de prueba de vuelo (p. ej., una ruta de prueba de vuelo preprogramada) de la aeronave en relación con la AUT; recibir en la interfaz del sensor de comunicación las mediciones asociadas con al menos el haz principal de la AUT; y recopilar puntos de datos de medición asociados con al menos el acimut del haz principal y la elevación de la AUT; enviar los puntos de datos de medición recopilados y la posición de la aeronave, a una estación de control para su uso en la determinación de al menos la orientación de la AUT en función del análisis de los puntos de datos de medición recopilados.

40 En un segundo aspecto, la presente descripción proporciona un sistema de estabilización de cardán para una aeronave, que comprende un conjunto de control acoplado de forma giratoria a un conjunto de cardán que comprende una carga útil, comprendiendo el conjunto de control un controlador configurado para operar el conjunto de cardán para mantener la orientación de una primera sección de la carga útil, hacia una antena bajo prueba, AUT, con una segunda sección de la carga útil acoplada de forma giratoria al conjunto de cardán, en donde la primera sección comprende una interfaz de sensor de comunicación para su uso en la prueba de la AUT.

45 Como opción, el sistema de estabilización de cardán del segundo aspecto, comprendiendo el conjunto de cardán, además, operar el controlador del sistema de estabilización de cardán en función del método implementado por ordenador según cualquiera de las características del primer aspecto, combinaciones de las mismas, modificaciones de las mismas y/o tal como se describe en la presente memoria.

50 En un tercer aspecto, la presente descripción proporciona un aparato que comprende una unidad procesadora, una unidad de memoria y una interfaz de comunicación, la unidad procesadora conectada a la unidad de memoria y a la interfaz de comunicación, en donde la unidad procesadora, la unidad de memoria y la interfaz de comunicación están adaptadas para implementar el método implementado por ordenador según cualquiera de las características del primer aspecto, combinaciones de las mismas, modificaciones de las mismas y/o tal como se describe en la presente memoria.

En un cuarto aspecto, la presente descripción proporciona un sistema que comprende: una aeronave que comprende un aparato de estabilización de cardán según el segundo o tercer aspecto, combinaciones de los mismos, modificaciones de los mismos y/o tal como se describe en la presente memoria; y una antena bajo prueba, en donde la aeronave está configurada para realizar pruebas de la AUT, utilizando el aparato de estabilización de cardán.

Como opción, los aspectos primero, segundo, tercero y/o cuarto, en donde la aeronave es un vehículo aéreo no tripulado.

En un quinto aspecto, la presente descripción proporciona un medio legible por ordenador, que comprende código o instrucciones informáticas almacenadas en el mismo, que cuando se ejecutan en un procesador, hacen que el procesador lleve a cabo el método implementado por ordenador según cualquiera de las características del primer aspecto, combinaciones de las mismas, modificaciones de las mismas y/o tal como se describe en la presente memoria.

En un sexto aspecto, la presente descripción proporciona un sistema, tal como se describe en la presente memoria, con referencia a los dibujos adjuntos.

En un séptimo aspecto, la presente descripción proporciona un método, tal como se describe en la presente memoria, con referencia a los dibujos adjuntos.

En un octavo aspecto, la presente descripción proporciona un aparato, tal como se describe en la presente memoria, con referencia a los dibujos adjuntos.

En un noveno aspecto, la presente descripción proporciona un producto de programa informático, tal como se describe en la presente memoria, con referencia a los dibujos adjuntos.

Los métodos y/o procesos descritos en la presente memoria pueden realizarse mediante software en forma legible por máquina en un medio de almacenamiento tangible, p. ej., en forma de un programa informático que comprende medios de código de programa informático adaptados para realizar todas las etapas de cualquiera de los métodos descritos en la presente memoria, cuando el programa se ejecuta en un ordenador y donde el programa informático puede incorporarse en un medio legible por ordenador. Los ejemplos de medios de almacenamiento tangibles (o no transitorios) incluyen discos, memorias USB, tarjetas de memoria, etc., y no incluyen señales propagadas. El software puede ser adecuado para su ejecución en un procesador paralelo o en un procesador en serie, de modo que las etapas del método puedan llevarse a cabo en cualquier orden adecuado o simultáneamente.

Esta solicitud reconoce que el firmware y el software pueden ser productos valiosos que se pueden comercializar por separado. Se pretende abarcar software, que se ejecuta o controla hardware «tonto» o estándar, para llevar a cabo las funciones deseadas. También se pretende abarcar software que «describa» o defina la configuración del hardware, tal como el software HDL (del inglés «hardware description language»; lenguaje de descripción del hardware), que se utiliza para diseñar chips de silicio o para configurar chips programables universales, para llevar a cabo las funciones deseadas.

Las características preferidas se pueden combinar según sea apropiado, como será evidente para un experto en la técnica, y se pueden combinar con cualquiera de los aspectos de la invención.

Breve descripción de los dibujos

Realizaciones de la invención se describirán, a modo de ejemplo, con referencia a los siguientes dibujos, en los que:

la Figura 1a es un diagrama esquemático que ilustra un ejemplo de sistema de estabilización de cardán para su uso en la prueba de una antena bajo prueba (AUT), según algunas realizaciones de la invención;

la Figura 1b es un diagrama de flujo que ilustra un ejemplo de proceso de estabilización de cardán para su uso con la Figura 1a, según algunas realizaciones de la invención;

las Figuras 2a y 2b son diagramas esquemáticos que ilustran una vista lateral y una vista frontal de un ejemplo de sistema de estabilización de cardán con un conjunto de cardán y una carga útil, según algunas realizaciones de la invención;

la Figura 2c es un diagrama esquemático adicional que ilustra una vista en perspectiva del ejemplo de sistema de estabilización de cardán, según algunas realizaciones de la invención;

la Figura 2d es diagrama esquemático adicional que ilustra una vista en sección transversal lateral del ejemplo de sistema de estabilización de cardán de las Figuras 2a a 2c, según algunas realizaciones de la invención;

la Figura 3a es un diagrama esquemático que ilustra otro ejemplo de sistema de estabilización de cardán para su uso en la prueba de una AUT, según algunas realizaciones de la invención;

la Figura 3b es un diagrama de flujo que ilustra otro ejemplo de proceso de estabilización de cardán para su uso con la Figura 3a, según algunas realizaciones de la invención;

la Figura 3c es un diagrama esquemático que ilustra un sistema de pruebas que usa el sistema de estabilización de cardán, según algunas realizaciones de la invención;

las Figuras 4a y 4b son diagramas esquemáticos que ilustran vistas en perspectiva de un ejemplo de carga útil para su uso con el sistema de estabilización de cardán, según algunas realizaciones de la invención;

la Figura 5 es un diagrama esquemático que ilustra un ejemplo de proceso de prueba para una AUT que usa el sistema de estabilización de cardán, según algunas realizaciones de la invención; y

la Figura 6a es un diagrama esquemático que ilustra un ejemplo de sistema, dispositivo o aparato informático, según algunas realizaciones de la invención.

La Figura 6b es un diagrama esquemático que ilustra un ejemplo de sistema UAV-APE, según algunas realizaciones de la invención.

Se usan números de referencia comunes en todas las figuras para indicar características similares.

Descripción detallada

Las realizaciones de la presente invención se describen a continuación únicamente a manera de ejemplo. Estos ejemplos representan los mejores modos de poner en práctica la invención, conocidos actualmente por el solicitante, aunque no son las únicas formas en las que esto podría lograrse. La descripción expone las funciones del ejemplo y la secuencia de etapas para construir y operar el ejemplo. Sin embargo, las mismas funciones y secuencias o equivalentes pueden lograrse mediante diferentes ejemplos.

La presente descripción proporciona método(s), aparato(s) y sistema(s) para un sistema de estabilización de cardán montado en una aeronave que incluye una carga útil de prueba de antena que está configurada para dirigir la orientación y/o la alineación de la carga útil de prueba de antena con una antena bajo prueba (AUT) durante los procedimientos de evaluación del rendimiento de antena (APE) y similares. Preferiblemente, la aeronave puede ser un vehículo aéreo no tripulado (UAV) con un sistema de estabilización de cardán montado en el mismo, que incluye un controlador configurado para dirigir y mantener la orientación y/o la alineación de la carga útil de prueba de antena hacia una antena bajo prueba (AUT) durante el procedimiento de evaluación de la antena en relación con la AUT. El sistema de estabilización de cardán está configurado para recibir información de posición asociada a la AUT, información de posición asociada al UAV y calcular los ajustes necesarios en el sistema de estabilización de cardán para mantener la orientación y/o la alineación de la carga útil de prueba de antena hacia la AUT durante el procedimiento de evaluación de la antena. El sistema de estabilización de cardán incluye un mecanismo de cardán montado en el UAV, en donde el mecanismo de cardán incluye una combinación de elementos estructurales giratorios controlados por el controlador, que permiten que la carga útil de prueba de antena se ajuste, oriente y/o alinee de forma controlable con la AUT, independientemente de la trayectoria de vuelo, ruta y/o actitud de la aeronave o el UAV.

En esencia, el sistema de estabilización de cardán con carga útil proporciona al menos varias de las siguientes funcionalidades y/o capacidades: generar, transmitir y/o recibir una señal de prueba en cualquier frecuencia deseada y similares (p. ej., en frecuencias de banda Ku); utiliza polarización lineal o circular; orientar la interfaz de comunicación de la carga útil (p. ej., una bocina de alimentación de RF) a un punto geométrico/geográfico específico asociado a la AUT (p. ej., donde se ubica la AUT); cancelar cualquier movimiento del UAV para mantener la interfaz de comunicación orientada continuamente hacia la AUT (p. ej., mantener la bocina de alimentación de RF siempre orientada hacia la AUT); y/o conservar/mantener la alineación de la interfaz de comunicación con la interfaz de comunicación/antena correspondiente de la AUT (p. ej., mantener la alineación de la polarización [lineal] de la bocina de alimentación con la polarización de la antena de la AUT durante las pruebas).

La aeronave puede comprender o representar cualquier vehículo capaz de volar. Los ejemplos de aeronaves pueden incluir, solo a modo de ejemplo, pero no se limitan a, aeronaves de ala fija, aeronaves de ala giratoria, helicóptero(s), avión(es), vehículo(s) aéreo(s) no tripulado(s) (UAV), tales como, sin limitación, por ejemplo, dron(es), dron(es) comercial(es)/civil(es), y similares. Para simplificar, el sistema de estabilización de cardán se describirá con referencia a un UAV, que es una realización preferida de la invención. Un UAV de este tipo puede configurarse y/u operarse para que tenga un sistema de estabilización de cardán y una carga útil (tal como se describe en la presente memoria) montados en el mismo, y es capaz de realizar una evaluación del rendimiento de la antena (APE) para probar el rendimiento de una AUT, tal como se describe en la presente memoria. Aunque en la presente memoria se describe un UAV para su uso con el sistema de estabilización de cardán, esto es solo a modo de ejemplo, y la invención no está tan limitada, el experto en la técnica ha de apreciar que el sistema de estabilización de cardán se puede aplicar,

montar y/o operar utilizando cualquier tipo de aeronave para realizar procedimientos de evaluación del rendimiento de la antena y similares, y/o según lo exija la aplicación. Sin embargo, el uso de UAV capaces de montarse con el sistema/carga útil de estabilización de cardán para realizar procedimientos de evaluación del rendimiento de antena (APE) ofrece la ventaja de permitir un método portátil y rentable para probar el rendimiento de una AUT *in situ*, en un sitio de prueba y/o en un sitio de prueba antes de la instalación y similares. Además, el peso del sistema de cardán con carga útil para realizar la APE en las AUT está dentro del rango de capacidad de carga útil de los UAV. Además, los UAV son más rentables que las aeronaves tripuladas, y el tamaño de los UAV significa que son fácilmente transportables a cualquier lugar donde se pueda probar la AUT.

La estructura del sistema de estabilización del cardán puede incluir un conjunto de control y un conjunto de cardán que estén estructurados y configurados para controlar la orientación y/o la alineación de la carga útil alrededor de al menos dos ejes de rotación. Por ejemplo, el conjunto de control puede estar acoplado de forma giratoria al conjunto de cardán, y la carga útil puede estar acoplada de forma giratoria al conjunto de cardán. Como otro ejemplo, el conjunto de control puede estar acoplado de forma giratoria al conjunto de cardán, la carga útil está acoplada de forma giratoria al conjunto de cardán. El conjunto de cardán puede incluir al menos un eje de rotación adicional para su uso en el control de la orientación y/o la alineación de la carga útil. De esta manera, el sistema de estabilización de cardán puede estructurarse y/o configurarse para controlar la orientación y/o la alineación de la carga útil alrededor de al menos tres ejes de rotación.

Por ejemplo, el sistema de estabilización de cardán del UAV, cuando el UAV realiza procedimientos de APE (UAV-APE), está configurado para utilizar una carga útil en función de, sin limitación, por ejemplo, una antena de sonda direccional (u otra interfaz adecuada de sensor de comunicación) combinada con una configuración de estabilización de cardán de 3 ejes del sistema de estabilización de cardán, en donde los movimientos del UAV pueden contrarrestarse durante la APE de la AUT. De este modo, se puede mantener una ganancia de sonda relativa constante, tanto para, sin limitación, por ejemplo, la orientación axial y/o la alineación de polarización de la antena de la sonda y el sistema de antena (o antena) bajo prueba (AUT). Las ventajas del sistema de estabilización de cardán cuando se usa con un sistema de UAV, son que la tecnología de RF proporciona un sistema eficiente, preciso y rentable para realizar procedimientos de APE en una AUT, en todo tipo de escenarios. Estos escenarios pueden incluir, sin limitación, por ejemplo: la aprobación del tipo de antena; pruebas de aceptación de antenas de fábrica; mantenimiento preventivo de antenas; instalación de antenas; verificación de antenas; comparación de antenas. Los tipos de pruebas y/o procedimientos de APE pueden incluir, sin limitación, por ejemplo: la medición del campo electromagnético propagado/recibido, tanto en planos de polarización conjunta como cruzada; evaluación de orientación errónea de la antena; mediciones de ganancia; definición de zonas de bloqueo de antenas; mediciones del haz principal y/o del lóbulo lateral de antenas, y similares; y/o cualquier otro tipo de mediciones/pruebas adecuadas para probar el rendimiento de una AUT, según lo exija la aplicación.

Aunque hay varios ejemplos de la estructura del sistema de estabilización del cardán, el conjunto de control y/o el conjunto de cardán que están estructurados y configurados para controlar la dirección de orientación de una carga útil alrededor de dos o tres ejes de rotación, esto es solo a modo de ejemplo, y la invención no está tan limitada, el experto en la técnica ha de apreciar que la estructura y/o la configuración del sistema de estabilización de cardán, el conjunto de control y/o el conjunto de cardán, pueden modificarse, estructurarse y/o configurarse adicionalmente, para que incluyan dos, tres y/o más ejes de rotación, según lo exija la aplicación.

Por ejemplo, el sistema de estabilización de cardán puede incluir un conjunto de control que se acople de forma giratoria al conjunto de cardán mediante un primer motor, en donde el conjunto de cardán incluya la carga útil. El conjunto de cardán puede incluir un primer brazo giratorio acoplado al primer motor, el primer motor configurado para hacer girar el primer brazo giratorio alrededor de un primer eje de rotación. El primer brazo giratorio puede acoplarse a un segundo motor en un extremo del primer brazo giratorio distal al acoplamiento del primer brazo giratorio al primer motor. El conjunto de cardán incluye un segundo brazo giratorio acoplado al segundo motor, el segundo motor configurado para hacer girar el segundo brazo giratorio alrededor de un segundo eje de rotación, siendo el segundo eje de rotación ortogonal al primer eje de rotación. El segundo brazo giratorio está acoplado a un tercer motor, en donde el tercer motor está configurado para hacer girar la carga útil acoplada al tercer motor en la segunda sección de la carga útil alrededor de un tercer eje de rotación, en donde el tercer eje de rotación es diferente del segundo eje de rotación. Por ejemplo, el tercer eje de rotación puede ser ortogonal al segundo eje de rotación. El controlador del conjunto de control está conectado eléctricamente al primer motor, al segundo motor y al tercer motor, y está configurado para controlar el conjunto de cardán para mantener la orientación y/o la alineación de la primera sección de la carga útil, en función del control de uno o más del primer motor, el segundo motor y el tercer motor, en relación con una dirección de orientación y alineación calculada/estimada de la primera sección de la carga útil hacia la AUT, utilizando la información de posición asociada al UAV (p. ej., una aeronave) y la AUT.

El primer eje de rotación puede considerarse un eje de rotación de guiñada en relación con el conjunto de cardán y/o la aeronave, el segundo eje de rotación puede considerarse un eje de rotación de cabeceo en relación con el conjunto de cardán y/o la aeronave, y el tercer eje de rotación puede considerarse un eje de rotación de balanceo en relación con el conjunto de cardán y/o la aeronave. Por lo tanto, los motores primero, segundo y tercero pueden corresponder a un motor de guiñada, un motor de cabeceo y un motor de balanceo, respectivamente. Además, los motores primero, segundo y tercero pueden basarse, sin limitación, en al menos uno del grupo de: un motor de cardán; un motor sin

escobillas; un motor de cardán sin escobillas; un motor de accionamiento de cardán; un motor eléctrico; y/o cualquier motor adecuado para su uso en el ajuste y/o mantenimiento de la dirección de orientación y/o la alineación de la primera sección de la carga útil en la dirección de la AUT.

Aunque en la presente memoria se pueden describir un eje de rotación de guiñada, un eje de rotación de cabeceo y un eje de rotación de balanceo, esto es solo a modo de ejemplo, y la invención no está tan limitada, el experto en la técnica ha de apreciar que el sistema y/o método(s) de estabilización de cardán, tal como se describen en la presente memoria, pueden diseñarse y/o modificarse para utilizar tres o más ejes de rotación para controlar la orientación y/o la alineación de la primera sección de la carga útil, modificaciones de los mismos, combinaciones de los mismos y/o según lo exija la aplicación. Aunque en la presente memoria se describen un motor de guiñada (o un primer motor), un motor de cabeceo (o un segundo motor), un motor de balanceo (o un tercer motor), esto es solo a modo de ejemplo, y la invención no está tan limitada, el experto en la técnica ha de apreciar que el sistema, aparato y/o método de estabilización de cardán, tal como se describe en la presente memoria, pueden utilizar otros mecanismos o medios capaces u operativos para hacer girar las partes requeridas del sistema de estabilización de cardán, para controlar la orientación y/o la alineación de la primera sección de la carga útil en la dirección de la AUT y/o según lo exija la aplicación.

La Figura 1a es un diagrama esquemático que ilustra un ejemplo de un sistema 100 de prueba de antena (p. ej., un sistema UAV-APE) en el que una aeronave (p. ej., un UAV) 102 tiene montado un sistema 104 de estabilización de cardán para su uso en la prueba de una antena 106 bajo prueba (AUT) según algunas realizaciones de la invención. En este ejemplo, la aeronave es un UAV 102 en el que el sistema 104 de estabilización de cardán incluye un conjunto 104a de control acoplado de forma giratoria a un conjunto 104b de cardán, en donde el conjunto 104b de cardán incluye una carga útil 108 para su uso en la prueba de la AUT 106, es decir, una carga útil de prueba de antena. Por ejemplo, la carga útil 108 puede incluir una primera sección 108a que incluya una interfaz 110 de sensor de comunicación para su uso en la prueba de la AUT 106, y una segunda sección 108b acoplada de forma giratoria al conjunto 104b de cardán. El conjunto 104a de control de carga útil puede incluir un controlador 112 y/o un aparato/receptor 113 de posición. El controlador 112 está configurado para recibir información de posición asociada al UAV 102 y/o a la AUT 106, para su uso en el control del conjunto 104b de cardán para mantener la dirección de orientación/alineación de la primera sección 108a de la carga útil hacia la AUT 106 en los momentos apropiados durante un procedimiento de APE de la AUT 106.

La interfaz de comunicación o la interfaz del sensor de comunicación pueden comprender o representar cualquier tipo de sensor y/o aparato para probar la AUT durante un procedimiento de APE. Los ejemplos de interfaz de comunicación o interfaz de sensor de comunicación pueden incluir, solo a modo de ejemplo, pero no se limitan a, uno o más de un receptor; un transmisor; un transceptor; un receptor para recibir transmisiones de RF desde la AUT; un transmisor configurado para transmitir transmisiones de RF hacia la AUT; un transceptor configurado para recibir y/o transmitir transmisiones de RF hacia/desde la AUT; y/o cualquier otra interfaz de comunicación y/o interfaz de sensor de comunicación configurada para su uso en la prueba de la AUT durante, sin limitación, por ejemplo, un procedimiento de APE.

En este ejemplo, el conjunto 104b de cardán está montado de forma giratoria en el UAV 102, de tal modo que el conjunto 104b de cardán pueda girar de forma controlable mediante un primer mecanismo de rotación alrededor de un primer eje 114a de rotación con respecto al UAV 102. El conjunto 104a de control o el conjunto 104b de cardán pueden incluir el primer mecanismo de rotación, en el que el controlador 112 está configurado para operar haciendo girar el conjunto 104b de cardán alrededor del primer eje 114a de rotación. El conjunto 104b de cardán incluye, además, un segundo mecanismo de rotación configurado para hacer girar de forma móvil la carga útil 108 alrededor de un segundo eje 114b de rotación, en el que el segundo eje 114b de rotación es sustancialmente diferente del primer eje 114a de rotación. Por ejemplo, los ejes de rotación primero y segundo pueden ser ortogonales entre sí. El conjunto 104b de cardán incluye, además, un tercer mecanismo de rotación configurado para hacer girar de forma móvil la carga útil 108 alrededor de un tercer eje 114c de rotación a lo largo, sin limitación, por ejemplo, del eje longitudinal de la carga útil 108. El tercer mecanismo de rotación puede estar fijado a la segunda sección 108b de la carga útil 108. Por lo tanto, el controlador 112 puede controlar de forma móvil los mecanismos de rotación primero, segundo y tercero, en función de datos representativos de la información de posición asociada al UAV 102 y/o a la AUT 106, para su uso dirigiendo y/o manteniendo la dirección de orientación/alineación de la primera sección 108a de la carga útil 108 del conjunto 104b de cardán hacia la AUT 106 durante un procedimiento de APE de la AUT 106. Los ejes de rotación primero, segundo y tercero pueden ser, sin limitación, por ejemplo, un eje de rotación de guiñada, un eje de rotación de cabeceo y un eje de rotación de balanceo, en relación con la carga útil y/o el conjunto de cardán.

En funcionamiento, el controlador 112 está configurado para recibir, sin limitación, por ejemplo, desde el aparato 113 receptor de posición, que forma parte del sistema de estabilización del cardán (p. ej., cuadro de líneas discontinuas) o puede ubicarse en el UAV (p. ej., cuadro de líneas continuas), datos representativos de una información de posicionamiento en vuelo del UAV 102 durante el vuelo en y/o alrededor de la AUT 106 y/o durante las pruebas de APE de la AUT 106. La información de posicionamiento del UAV 102 puede comprender o representar cualquier tipo de información para su uso en la determinación de la posición del UAV 102 en el espacio tridimensional. Por ejemplo, la información de posicionamiento del UAV 102 según las realizaciones de la invención incluye, sin limitación, por ejemplo, datos representativos de uno o más de los siguientes tipos de información de posicionamiento: coordenadas

del sistema de posicionamiento global (GPS) del UAV 102; altitud del UAV 102; velocidad o rapidez del UAV 102; rumbo del UAV 102; actitud del UAV 102; datos de la unidad de medición inercial (IMU) asociados al UAV 102; y/o cualquier otro tipo de información de posicionamiento utilizada para determinar la posición del UAV 102 en el espacio tridimensional, según lo exija la aplicación.

El controlador 112 también está configurado para recibir, desde el aparato 113 receptor de posición, datos representativos de una información de posicionamiento de la AUT 106, que pueden estar relacionados con el UAV 102 durante el vuelo del UAV 102 en y/o alrededor de la AUT 106 y/o durante las pruebas de APE de la AUT 106. La información de posicionamiento de la AUT 106 puede comprender o representar cualquier tipo de información para su uso en la determinación de la posición de la AUT 106 en relación con el UAV 102. La información de posicionamiento de la AUT 106 es utilizada por el UAV 102 para determinar dónde está la AUT 106 en relación con la posición del UAV 102 durante el vuelo del UAV 102. Por ejemplo, la información de posicionamiento de la AUT 106 según algunas realizaciones de la invención, puede incluir, sin limitación, por ejemplo, datos representativos de uno o más de los siguientes tipos de información de posicionamiento: coordenadas geográficas y/o GPS de la AUT 106; coordenadas geográficas y/o GPS de una estación base 114 a una distancia 116 conocida desde la AUT 106; información de posicionamiento derivada del procesamiento de imágenes de un sistema de obtención de imágenes del UAV 102 que identifica la AUT 106; información de posicionamiento en función del posicionamiento/triangulación por radio de la AUT 106; información de posicionamiento en función de la detección de uno o más lóbulos del haz de la AUT 106 y/o la intensidad máxima de transmisión de RF de las transmisiones de RF desde la AUT 106, utilizando la interfaz 110 de comunicación de la carga útil 108 del UAV 102; altitud de la AUT 106; velocidad o rapidez de la AUT 106 (p. ej., para la AUT móvil/no estacionaria); rumbo de la AUT 106; actitud de la AUT 106; datos de la IMU asociados a la AUT 106; y/o cualquier otro tipo de información de posicionamiento utilizada para determinar la posición de la AUT 106 en el espacio tridimensional, según lo exija la aplicación; combinaciones de los mismos; modificaciones de los mismos; y/o cualquier otro tipo de información de posicionamiento para determinar la posición de la AUT 106 en relación con el UAV 102 durante el vuelo del UAV 102 y/o durante la APE de la AUT 106 por parte del UAV 102, según lo exija la aplicación.

En este ejemplo, el controlador 112 procesa la información de posicionamiento recibida asociada al UAV 102, y también la información de posicionamiento asociada a la AUT 106, para determinar los ajustes/actualizaciones requeridos en uno o más de los mecanismos de rotación primero, segundo y tercero del sistema 104 de estabilización de cardán para garantizar que la primera sección 108a de la carga útil 108 se oriente en la dirección de la AUT 106 y, en algunos casos, la carga útil 108 se alinee con la AUT 106 (p. ej., la recepción/transmisión de polarización de RF de la interfaz 110 de comunicación de la carga útil 108 está alineada con la correspondiente transmisión/recepción de polarización de RF de la AUT 106). Determinar y/o mantener la orientación de la primera sección 108a de la carga útil 108 del UAV 102, es particularmente importante cuando el UAV 102 está en vuelo realizando un procedimiento de APE en relación con la AUT 106. En tal caso, el UAV 102 típicamente puede recibir instrucciones y/o configurarse en tiempo real para que sobrevuele una o más trayectorias de vuelo mientras usa la carga útil 108 para realizar un procedimiento de APE en la AUT 106, en donde el controlador 112 está configurado para procesar la información de posicionamiento en tiempo real del UAV 102 y también la información de posicionamiento de la AUT 106, para garantizar que la carga útil 108 se oriente de manera eficiente y precisa utilizando el sistema 104 de estabilización de cardán hacia y/o alineada en relación con la AUT 106.

Por ejemplo, el procedimiento de APE puede configurarse para determinar la precisión de orientación de la AUT 106 mientras está en movimiento en un vehículo, en relación con las comunicaciones por satélite para determinar si la AUT 106 cumple con un conjunto estándar de requisitos y/o si son necesarios ajustes en relación con la AUT 106. Por ejemplo, el procedimiento de APE puede requerir que la AUT 106 permanezca inmóvil cuando se mida su diagrama de radiación electromagnética. Posteriormente, el procedimiento de APE puede requerir que la base de la AUT 106 (p. ej., automóvil, barco y avión) permanezca inmóvil, pero la antena de la AUT 106 puede configurarse para seguir al UAV 102 a medida que el UAV 102 atraviesa una trayectoria de vuelo que simula el movimiento que experimenta la AUT 106 cuando está en uso. Esto es contrario al funcionamiento normal de la AUT, en donde el satélite permanece fijo con respecto a la Tierra, y el barco/automóvil/avión se desplaza.

En un procedimiento de APE de este tipo, el UAV 102 está configurado para simular un satélite utilizando la interfaz 110 de comunicación de la carga útil 108 del UAV 102. Por lo tanto, el UAV 102 y la interfaz 110 de comunicación de la carga útil 108 pueden configurarse para simular la comunicación por satélite con la AUT 106, mientras la base de la AUT 106 permanece inmóvil, pero el UAV 102 se desplaza a lo largo de una trayectoria de vuelo que simula el movimiento de la AUT 106 cuando opera normalmente. Durante el procedimiento de APE, la base de la AUT 106 puede mantenerse inmóvil, pero la antena de la AUT 106 puede seguir al UAV 102 mientras se le indica al UAV 102 que sobrevuele una trayectoria de vuelo que simule el movimiento relativo en el mundo real que la AUT 106 puede experimentar durante las comunicaciones por satélite y/o condiciones operativas normales. Por ejemplo, la AUT 106 puede ser un sistema de antenas en un barco, de modo que la trayectoria de vuelo simule el movimiento real que un barco puede experimentar mientras está en el mar (p. ej., oleajes, olas, tormentas, condiciones de calma). Alternativamente, la AUT 106 puede ser un sistema de antena en un vehículo terrestre, de modo que la trayectoria de vuelo simule el movimiento real que experimenta el vehículo terrestre mientras está en uso (p. ej., terreno accidentado, terreno plano y similares). Simular el movimiento de la AUT 106 mientras se mantiene la AUT 106 inmóvil, significa que las trayectorias de vuelo del UAV 102 pueden ser muy erráticas. En tales casos, es importante que el UAV 102

pueda, a través del sistema 104 de estabilización de cardán, orientar/alinear continuamente la interfaz 110 de comunicación de la carga útil 108 con precisión en la dirección y/o alineada con la AUT 106 durante el procedimiento de APE (p. ej., al medir el rendimiento de RF de la AUT 106 durante la APE), para garantizar mediciones de RF precisas para que la APE determine, en este ejemplo, el rendimiento de orientación de la AUT 106 cuando está en movimiento, y/o cualquier ajuste/calibración necesarios que puedan requerirse en relación con el sistema de antenas de la AUT 106.

De esta manera, el controlador 112 del sistema 104 de estabilización de cardán controla el conjunto 104b de cardán calculando los ajustes de posicionamiento necesarios en una dirección de orientación y/o alineación de la primera sección 108a de la carga útil 108 con respecto a la AUT 106, en función de la información de posición recibida asociada al UAV 102, y la información de posición recibida asociada a la AUT 106. En función de los ajustes de posicionamiento calculados en relación con la dirección de orientación y/o la alineación de la primera sección 108a de la carga útil 108 del UAV 102, el controlador 112 está configurado para controlar al menos uno o más de los mecanismos de rotación primero, segundo y/o tercero del sistema 104 de estabilización de cardán, el conjunto 104b de control y/o el conjunto de cardán, para ajustar de forma giratoria y/o mantener la orientación y/o alineación de la primera sección 108a de la carga útil 108 hacia la AUT 106.

La Figura 1b es un diagrama de flujo que ilustra un ejemplo de proceso 120 de estabilización de cardán para su uso con un sistema 104 de estabilización de cardán con el controlador 112 montado en una aeronave 102 (p. ej., un UAV) de la Figura 1a, según algunas realizaciones de la invención. Por simplicidad, los números de referencia en relación con la Figura 1a se usarán para iguales o similares componentes y/o características, y similares. El proceso 120 de estabilización del cardán puede incluir las siguientes etapas de: En la etapa 122, recibir datos representativos de una posición en vuelo de la aeronave 102 durante la prueba de la AUT 106; En la etapa 124, recibir datos representativos de una posición de la AUT 106 en relación con la aeronave 102; En la etapa 126, calcular la dirección de orientación y/o la alineación de la primera sección 108a de la carga útil 108 de la aeronave 102, con respecto a la AUT 106 en función de los datos recibidos representativos de la posición de la aeronave 102 y la posición de la AUT 106; En la etapa 128, ajustar y/o mantener la orientación y/o la alineación de la primera sección 108a de la carga útil 108 hacia la AUT 106, en función de la dirección de orientación y/o alineación calculadas de la primera sección 108a de la carga útil 108.

La etapa 126 puede incluir, además, uno o más de los siguientes: calcular los ángulos teóricos de guiñada, cabeceo y balanceo de la carga útil 108 en relación con la AUT 106; calcular las compensaciones de deriva del conjunto 104b de cardán en función de la comparación de la retroalimentación de los datos representativos de la posición actual recibida de la aeronave 102 y con el sistema de referencia de actitud y rumbo de la aeronave 102 para corregir la deriva en el conjunto 104b de cardán; y enviar comandos de ángulo y compensaciones de deriva a un controlador de cardán para controlar los mecanismos de rotación primero, segundo y/o tercero, en función de la combinación de las compensaciones de deriva con los ángulos teóricos de guiñada, cabeceo y balanceo. Como opción, los mecanismos de rotación primero, segundo y/o tercero pueden ser un motor de guiñada, un motor de cabeceo y/o un motor de balanceo, respectivamente. Aunque en la presente memoria se describen un motor de guiñada (o un primer mecanismo de rotación), un motor de cabeceo (o un segundo mecanismo de rotación), un motor de balanceo (o un tercer mecanismo de rotación), esto es solo a modo de ejemplo, y la invención no está tan limitada, el experto en la técnica ha de apreciar que el sistema, aparato y/o método(s) de estabilización de cardán tal como se describe en la presente memoria, pueden utilizar otros mecanismos o medios capaces u operativos para hacer girar y/o mover las partes requeridas del sistema de estabilización de cardán, para controlar la orientación y/o la alineación de la primera sección 108a de la carga útil 108 en la dirección de la AUT 106 y/o según lo exija la aplicación.

De forma adicional y/o alternativa, cuando se utiliza la carga útil 108 para probar sistemas de AUT polarizados lineales, controlar el conjunto de cardán para mantener la alineación de la polarización de la de la interfaz del sensor de comunicación de la carga útil 108 con la polarización de la AUT, en función de: comparar la posición en vuelo recibida de la aeronave 102 con la posición recibida de la AUT 106; calcular un valor teórico de ajuste de balanceo en función de la comparación, para mantener la alineación de la polarización; y enviar un comando de ángulo de balanceo al tercer mecanismo de rotación (p. ej., un motor de balanceo) del conjunto 104b de cardán.

Haciendo referencia a las Figuras 1a y 1b, la posición de la AUT 106 puede basarse en el uso de una estación base 115 que esté ubicada en una posición geométrica/geográfica con respecto a la AUT 106. Es decir, la estación base 115 puede estar ubicada a una distancia y un rumbo 116 conocidos desde la AUT 106. La posición geométrica/geográfica de la estación base 115 o la ubicación de la estación base 115, se pueden utilizar para definir una posición de referencia para la aeronave 102 durante la prueba de la AUT 106. Por lo tanto, la aeronave 102 solo necesita tener una estimación de posición precisa de la estación base 115 a partir de la cual pueda inferir o calcular una estimación de posición precisa de la AUT 106 durante los cálculos para mantener la orientación/alineación de la carga útil 108 con la AUT 106. Por lo tanto, recibir la posición de la AUT 106 puede incluir, además: recibir datos representativos de la posición de la estación base 108; calcular la posición de la AUT 106 en función de la posición de la estación base 115 en relación con la posición geométrica/geográfica de la AUT 106, utilizando una distancia 116 conocida y/o el rumbo de la estación base 115 desde la AUT 106.

La aeronave 102 puede incluir, además, otros tipos de sistemas o sensores de posicionamiento y/o capacidades de procesamiento para su uso en la determinación del posicionamiento de la AUT 106 en relación con la aeronave 102. Por ejemplo, la aeronave 102 puede incluir, además, una cámara o un sistema de obtención imágenes, que puede ser parte de la carga útil 108 o parte del fuselaje de la aeronave 102, en donde las imágenes se procesen en tiempo real para identificar esas imágenes con la AUT 106. Dada la marca de tiempo de la imagen o imágenes y la posición identificada dentro de las imágenes de la AUT 106, el sistema de obtención de imágenes puede determinar una estimación de la posición actual de la AUT 106, y enviar esta información de posicionamiento al controlador 112. Por ejemplo, si la cámara del sistema de obtención de imágenes está ubicada en la primera sección 108a de la carga útil 108, entonces cuando la primera sección 108a de la carga útil 108 se oriente generalmente en la dirección de la AUT 106, el análisis de la imagen o imágenes puede permitir apuntar a la carga útil 108 en función de la identificación de en qué parte de la imagen o imágenes se ubique la AUT 106, y determinar un ajuste en el conjunto 104b de cardán y/o el sistema 104 de estabilización de cardán, de tal modo que la AUT 106 esté ubicada en una posición objetivo particular dentro de la imagen y/o dentro de cualquier imagen o imágenes adicionales o posteriores capturadas de la AUT 106 por el sistema de obtención de imágenes. De esta manera, la AUT 106 puede rastreadse visualmente usando técnicas de procesamiento de imágenes, y el control de la orientación/alineación de la primera sección 108a de la carga útil 108 en la dirección de la AUT 106, se mantiene y/o ajusta en consecuencia.

Alternativa o adicionalmente, la cámara o el sistema de obtención de imágenes pueden ubicarse en la primera sección 108a de la carga útil 108, en donde la etapa 122 de recepción de la posición de la AUT 106 puede incluir, además: analizar una o más imágenes capturadas por la cámara/sistema de obtención de imágenes, para identificar una posición de la AUT 106 dentro de la imagen o imágenes; y calcular la posición geográfica/geométrica de la AUT 106 en función de la posición identificada de la AUT 106 en dichas una o más imágenes analizadas. Como otro ejemplo, analizar una o más imágenes de la cámara para identificar una posición de la AUT 106, puede incluir, además, analizar una o más imágenes de la cámara para identificar la AUT 106 y calcular la posición de la AUT 106 en función de la posición de la AUT 106 identificada en dichas una o más imágenes analizadas.

Si la aeronave 102 (p. ej., un UAV) usa la unidad 115 de estación base como punto de referencia para determinar la posición de la AUT 106, el sistema de obtención de imágenes puede configurarse para procesar imágenes o analizar una o más imágenes capturadas por la cámara del sistema de obtención de imágenes, para identificar una posición de la AUT 106, sin limitación, por ejemplo, analizando una o más imágenes capturadas por la cámara para identificar la estación base 115 y, por lo tanto, calcular la posición o información de posición de la AUT 106 en función de la posición de la estación base identificada en dicha una o más imágenes analizadas, y en función de la posición geométrica/geográfica de la AUT 106 con respecto a la posición de la estación base 115 identificada.

Alternativa o adicionalmente, la posición de la AUT 106 puede determinarse en función del uso de una señal de baliza. Por ejemplo, la AUT 106 puede incluir una funcionalidad para transmitir una señal de baliza, y la carga útil 108 o la aeronave 102 pueden incluir una funcionalidad para recibir dicha señal de baliza. Por lo tanto, el controlador 112 que recibe datos representativos de la posición de la AUT 106, puede incluir recibir la señal de baliza asociada con la AUT 106, y determinar la posición de la AUT 106 con respecto a la aeronave 102 en función de la señal de baliza recibida. Alternativa o adicionalmente, si se usa una estación base 115 que incluya la funcionalidad de transmitir una señal de baliza, entonces el controlador 112 que recibe datos representativos de la información de posición de la AUT 106, puede incluir que la carga útil 108 y/o la aeronave 102 (p. ej., un UAV) reciban la señal de baliza asociada a la estación base 115, y determinen la posición de la AUT 106 en función de la señal de baliza recibida desde la estación base 115 y la posición geométrica/geográfica de la AUT 106, en relación con la posición rica/geográfica de la estación base 115.

Las Figuras 2a a 2d son diagramas esquemáticos que ilustran diversas vistas 202a, 202b, 202c, 202d de un ejemplo de sistema 204 de estabilización de cardán según la invención. Las Figuras 2a y 2b son diagramas esquemáticos que ilustran una vista lateral 202a y una vista frontal 202b del ejemplo de sistema 204 de estabilización de cardán con un conjunto 204a de controlador, un conjunto 204b de cardán acoplado de forma giratoria a la carga útil 108 según la invención; la Figura 2c es un diagrama esquemático adicional que ilustra una vista en perspectiva hacia atrás del ejemplo de sistema 200 de estabilización de cardán según la invención; y la Figura 2d es un diagrama esquemático adicional que ilustra una vista en sección transversal lateral del ejemplo de sistema 200 de estabilización de cardán cuando se ve en la dirección de la flecha D de la Figura 2c, según la invención. El sistema 200 de estabilización de cardán se basa en el sistema 104 de estabilización de cardán descrito con referencia a las Figuras 1a y 1b, con modificaciones adicionales que muestran ejemplos adicionales de características estructurales del conjunto 202 de control, el conjunto 204 de cardán y/o la carga útil 208 del sistema 200 de estabilización de cardán. El conjunto 204a de control y el conjunto 204b de cardán están configurados para proporcionar 3 ejes o grados de libertad para permitir que una primera sección 208a de la carga útil 208 del conjunto 204b de cardán se controle y ajuste para mantener su dirección y/o alineación con una AUT durante un procedimiento de APE. La carga útil 208 incluye una primera sección 208a de la carga útil 208 y una segunda sección 208b de la carga útil 208, en donde la segunda sección 208b de la carga útil 208 está acoplada de forma giratoria al conjunto 204b de cardán.

Haciendo referencia a las Figuras 2a a 2d, el sistema 200 de estabilización de cardán incluye el conjunto 204a de control que está acoplado de forma giratoria al conjunto 204b de cardán mediante un primer mecanismo de rotación (p. ej., un motor de guiñada), y puede girar alrededor de un primer eje A de rotación (p. ej., el eje de rotación de

guiñada en relación con el conjunto 204a de control) en relación con el conjunto 204a de control. El conjunto 204a de control incluye una carcasa con una primera superficie 207a y una segunda superficie 207b. En este ejemplo, la primera superficie 207a está separada de la segunda superficie 207b, y es sustancialmente paralela a la segunda superficie 207a de la carcasa del conjunto 204a de control. El primer eje A de rotación también es sustancialmente ortogonal a las superficies primera y segunda 207a y 207b del conjunto 204a de control. El conjunto 204a de control incluye uno o más mecanismos 205a a 205d de montaje en la primera superficie 207a del conjunto 204a de control. En este ejemplo, el o los mecanismos 205a a 205d de montaje incluyen una pluralidad de pernos o fijaciones de montaje configurados para montar el sistema 200 de estabilización de cardán en, sin limitación, por ejemplo, el fuselaje de una aeronave (p. ej., un UAV). El conjunto 204b de cardán se acopla de forma giratoria, utilizando el primer mecanismo de rotación, al conjunto 204a de control a través de la segunda superficie 207b del conjunto 204a de control.

El conjunto 204b de cardán incluye un conjunto 210 de brazo de guiñada con un primer brazo 210a giratorio de guiñada y un segundo brazo 210b giratorio de guiñada conectados al conjunto 210 de brazo de guiñada. El conjunto 210 de brazo de guiñada puede incluir el motor de guiñada en el que un eje del motor de guiñada se conecta a través de la segunda superficie 207b del conjunto 204a de control, o el conjunto 204a de control puede incluir un motor de guiñada en el que el eje del motor de guiñada se conecta al conjunto 210 de brazo de guiñada. En cualquier caso, cuando se activa el motor de guiñada, hace girar el eje del motor de guiñada alrededor del primer eje A de rotación, de tal modo que el conjunto 210 de guiñada gire alrededor del primer eje A de rotación. En este ejemplo, una primera sección 211a del primer brazo 210a giratorio de guiñada está conectada a una primera parte del conjunto 210 de rotación de guiñada, y una primera sección 211b del segundo brazo 210b giratorio de guiñada está conectada a otra parte del conjunto 210 de rotación de guiñada. A medida que el conjunto 210 de rotación de guiñada gira alrededor del primer eje A de rotación, tanto el primer como el segundo brazo 210a y 210b de rotación de guiñada también giran alrededor del primer eje A de rotación (p. ej., un eje de rotación de guiñada).

En este ejemplo, el primer brazo 210a de rotación de guiñada se extiende hacia fuera desde el conjunto 210 de guiñada en una dirección sustancialmente a lo largo del primer eje A de rotación y en una dirección que se aleja de la segunda superficie 207b del conjunto 204a de control. De manera similar, el segundo brazo 210b de rotación de guiñada se extiende de manera similar al primer brazo 210a de rotación de guiñada. Al final de la extensión del primer brazo 210a de rotación de guiñada hay una segunda sección 211c del primer brazo 210a de rotación de guiñada que está distal a la primera sección 211a del primer brazo 210a de rotación de guiñada. La segunda sección 211c del primer brazo 210a de rotación de guiñada está acoplada de forma giratoria a un primer brazo 212a de cabeceo de un conjunto 212 de brazo de rotación de cabeceo. De manera similar, el segundo brazo 210b de rotación de guiñada tiene una segunda sección 211d del segundo brazo 210b de rotación de guiñada que está distal a la primera sección 211b del segundo brazo 210b de rotación de guiñada. La segunda sección 211d del segundo brazo 210b de rotación de guiñada está acoplada de forma giratoria a un segundo brazo 212b de cabeceo del conjunto 212 de brazo de rotación de cabeceo. Ambas segundas secciones 211c y 211d de los brazos 210a y 210b de rotación de guiñada primero y segundo, respectivamente, están configuradas para acoplarse de manera giratoria a los brazos 212a y 212b de cabeceo primero y segundo del conjunto 212 de rotación de cabeceo, de tal modo que los brazos 212a y 212b de cabeceo primero y segundo puedan girar alrededor del mismo segundo eje B de rotación (p. ej., un eje de rotación de cabeceo). El segundo eje B de rotación es sustancialmente ortogonal al primer eje A de rotación. Por ejemplo, la segunda sección 211c del primer brazo 210a giratorio de guiñada puede acoplarse de forma giratoria al primer brazo 212a de cabeceo del conjunto 212 de brazo de rotación de cabeceo mediante un motor de cabeceo, mientras que la segunda sección 211d del segundo brazo de rotación de guiñada puede acoplarse de forma giratoria al segundo brazo 212b de cabeceo del conjunto 212 de rotación de cabeceo mediante un cojinete y similares, en los que el motor de cabeceo se puede utilizar para hacer girar de forma controlable el conjunto 212 de rotación de cabeceo alrededor del segundo eje B de rotación. Alternativamente, tanto la segunda sección 211c del primer brazo 210a giratorio de guiñada como la segunda sección 211d del segundo brazo de rotación de guiñada pueden acoplarse de forma giratoria al primer brazo 212a de cabeceo y al segundo brazo 212b de cabeceo, respectivamente, del conjunto 212 de brazo de rotación de cabeceo, mediante los motores de cabeceo correspondientes, que pueden controlarse para hacer girar el conjunto 212 de brazo de cabeceo alrededor del segundo eje B de rotación. Esto puede encontrarse en un extremo del brazo 210a giratorio de guiñada que esté distal al acoplamiento del brazo 210a giratorio de guiñada al conjunto 210 de guiñada y/o al motor de guiñada, y similares.

El conjunto 212 giratorio de cabeceo incluye, además, un anillo 212c de rotación de cabeceo que está configurado para guiar la carga útil 208 para que gire alrededor de un tercer eje C de rotación (p. ej., un eje de rotación de balanceo), en donde el tercer eje C de rotación sea sustancialmente ortogonal o perpendicular al segundo eje B de rotación. La sección trasera 212d del conjunto de rotación de cabeceo está acoplada a un conjunto 214 de motor de balanceo que incluye un motor 214a de balanceo configurado para hacer girar la carga útil 208, cuando está acoplado al motor 214a de balanceo en la región de la segunda sección 208b de la carga útil 208, alrededor del tercer eje C de rotación (p. ej., el eje de rotación de balanceo). Por lo tanto, la carga útil 208 tiene tres grados de libertad en relación con el eje de guiñada, el eje de cabeceo y el eje de balanceo. La carga útil 208 puede incluir una interfaz de sensor de comunicación para su uso en un procedimiento de APE en relación con una AUT. En este ejemplo, como se muestra en las Figuras 2c y 2d, la interfaz del sensor de comunicación de la carga útil 208 incluye un conjunto de seudosatélite para simular un satélite durante un procedimiento de APE en relación con una AUT.

El conjunto de control incluye un controlador que está conectado eléctricamente al motor de guiñada, al motor de cabeceo y al motor 214a de balanceo, y está configurado para ajustar y/o el motor de guiñada, el motor de cabeceo y el motor 214a de balanceo para mantener la orientación y/o la alineación de la primera sección 208a de la carga útil 208 en la dirección hacia un objetivo terrestre, tal como, sin limitación, una AUT y/u otra unidad de estación base y similares, tal como se describe con referencia a las Figuras 1a y/o 1b, 3a a 3c, y 5, y/o tal como se describe en la presente memoria con y/o según lo exija la aplicación. El controlador está configurado para controlar uno o más del motor de guiñada, el motor de cabeceo y el motor 214 de balanceo en función de un ajuste calculado en la dirección de orientación y/o la alineación de la primera sección 208a de la carga útil 208 hacia, sin limitación, por ejemplo, la AUT.

En este ejemplo, como se muestra en la Figura 2d, el conjunto de seudosatélite de la carga útil 208 puede incluir, sin limitación, por ejemplo, un generador 215a de señales en la región de la segunda sección 208b de la carga útil 208, una bocina 215b de alimentación de doble polarización (p. ej., con una ganancia de 10 dBi), y un radomo 215c en la región de la primera sección 208a de la carga útil 208, y similares, que están conectados entre sí para simular un transceptor satelital. La carga útil 208 puede incluir, además, sin limitación, por ejemplo, la antena GPS 215d, el módulo GPSDO 215e de 10 MHz; la unidad 215f de movimiento/medición inercial (IMU); para su uso para determinar/proporcionar la información de posicionamiento de la aeronave y/o el sistema 200 de estabilización de cardán que está montado en la aeronave, y/o cualquier información de deriva o posición asociada al sistema 200 de estabilización de cardán. El conjunto de seudosatélite de la carga útil 208 se puede utilizar para probar las AUT que normalmente se comunican con la carga útil de los satélites. Cuando el sistema 200 de estabilización de cardán se monta en una aeronave, tal como, sin limitación, por ejemplo, un UAV, el UAV puede actuar como un «bus» de seudosatélite (p. ej., los satélites están compuestos por un «bus» y una carga útil, que la porta el «bus»), y la carga útil 208 del sistema 200 de estabilización de cardán es una carga útil del conjunto de seudosatélite. Por lo tanto, el UAV puede controlarse para utilizar la carga útil 208 del conjunto de seudosatélite para determinar la precisión de orientación y/o el rendimiento de la AUT durante un procedimiento de APE. Se muestra otro ejemplo de carga útil 208, solo a modo de ejemplo, pero la invención no está tan limitada, como se describe con referencia a las Figuras 4a y 4b. Aunque en este ejemplo la carga útil 208 se describe como un conjunto de seudosatélite, esto es solo a modo de ejemplo, y la invención no está tan limitada, los expertos en la técnica han de apreciar que la carga útil 208 puede ser cualquier tipo de interfaz de comunicación o interfaz de sensor de comunicación para su uso en uno o más procedimientos de APE en relación con una AUT que puede montarse o acoplarse al motor de balanceo del conjunto 204b de cardán y similares.

En particular, en este ejemplo, la configuración del sistema 200 de estabilización de cardán proporciona a la carga útil 208 3 grados de libertad, en donde estos 3 grados de libertad se ilustran en las Figuras 2a a 2d, para que estén en un orden específico para un funcionamiento eficiente y efectivo del conjunto 104b de cardán. El orden del eje de rotación de los 3 grados de libertad es el siguiente, desde arriba: Guiñada (p. ej., primer eje A de rotación), cabeceo (p. ej., segundo eje B de rotación) y balanceo (p. ej., tercer eje C de rotación). La estructura específica que se indica en las Figuras 2a a 2d, ilustra un ejemplo preferido de la estructura del conjunto 104a de cardán que se construye alrededor de estos tres ejes en relación con la carga útil 208. Se ha descubierto que esta estructura con los ejes de guiñada, cabeceo y balanceo, y el acoplamiento de los motores de guiñada, cabeceo y balanceo, proporcionan la mejor maniobrabilidad de la carga útil 208 para garantizar que se pueda orientar y/o alinear con la AUT en la mayoría, si no en todas, las trayectorias de vuelo y/o la actitud que un UAV (u otra aeronave) puede adoptar y/o experimentar al realizar procedimientos de APE en una AUT. Aunque se ha descrito un orden específico del eje de rotación de los 3 grados de libertad, esto es solo a modo de ejemplo, y la invención no está tan limitada, el experto en la técnica ha de apreciar que la estructura y/o el diseño del sistema 200 de estabilización de cardán pueden modificarse adicionalmente para incluir, sin limitación, por ejemplo, un orden diferente de dos, tres o más ejes de rotación en los dos, tres o más grados de libertad correspondientes y/o según lo exija la aplicación.

Como se ha descrito, el sistema 200 de estabilización de cardán incluye un conjunto 204a de control y un conjunto 204b de cardán. En este ejemplo, el conjunto 204a de control es una carcasa electrónica que incluye, sin limitación, por ejemplo, placas de circuitos (p. ej., uno o más controladores) y una interfaz de arnés eléctrico con el UAV (u otra estructura de aeronave) y/o el conjunto 204b de cardán. Como se describe brevemente con referencia a las Figuras 2a a 2d, el conjunto 204a de control incluye el sistema 205a a 205d de montaje para montar el sistema 200 de estabilización de cardán en un UAV, que puede incluir, además, un sistema de amortiguación de vibraciones. El sistema de amortiguación de vibraciones puede absorber las vibraciones procedentes del UAV que, de otro modo, podrían causar problemas en las interfaces de comunicación, los sensores y las vibraciones en la estructura del conjunto 200 de estabilización de cardán.

El conjunto 204b de cardán está fijado al conjunto 204a de control mediante un motor de guiñada que se conecta al conjunto 210 de brazo giratorio de guiñada del conjunto 204b de cardán. La estructura del conjunto 204a de cardán puede reforzarse internamente utilizando placas compuestas a través de los brazos 210a y 210b giratorios de guiñada, y los elementos 212, 212a a 212d estructurales restantes pueden estar hechos, sin limitación, por ejemplo, de un material polimérico no conductor y/o cualquier otro material que pueda soportar las vibraciones del UAV mientras sostiene la carga útil.

En la segunda sección 211c del primer brazo 210a giratorio de guiñada, puede ubicarse un motor de cabeceo, en donde la segunda sección 211d del segundo brazo 210b giratorio de guiñada en el lado opuesto del conjunto 204b de cardán puede ubicarse un conjunto de cojinete y eje. El conjunto 212 de cabeceo está fijado al motor de cabeceo dentro de la segunda sección 211c, que incluye los brazos 212a, 212b giratorios de cabeceo y/o el anillo 212d giratorio de cabeceo, que proporciona soporte estructural a la carcasa de la carga útil 208 y una zapata deslizante ajustable para el brazo 212c giratorio de cabeceo. La carga útil 208, en este ejemplo, es un seudosatélite. El brazo 212a o 212b giratorio de cabeceo se puede ajustar en el anillo 212c giratorio de cabeceo para equilibrar la carga útil 208 (p. ej., el conjunto de seudosatélite) alrededor del segundo eje C de rotación (p. ej., el eje de cabeceo).

La carga útil 208 puede alimentarse mediante el UAV a través de un cable de interfaz dentro de la carcasa eléctrica del conjunto 204a de control. Las operaciones del controlador del UAV pueden alimentarse y/o realizarse mediante un controlador que puede incluir, sin limitación, por ejemplo, una placa controladora de cardán y un microordenador que esté integrado en una placa base en la carcasa eléctrica del conjunto 204a de control. La placa base distribuye canales de potencia y señal entre, sin limitación, por ejemplo, la placa controladora de cardán, el microordenador, los motores de los conjuntos 204a/204b de control/cardán, los codificadores, los sensores y las conexiones en serie a los dispositivos en la carga útil 208. Un arnés eléctrico está conectado a la placa base del conjunto 204a de control, que atraviesa el conjunto 204b de cardán y el conjunto 210 de guiñada (p. ej., una carcasa giratoria de guiñada) a través del primer brazo 210a de rotación de guiñada hasta el motor de cabeceo, y a través del cojinete del segundo brazo 210b de rotación de guiñada opuesto. El arnés termina en la sección trasera 212d del conjunto 212 de cabeceo, tal como, sin limitación, por ejemplo, el brazo 212c giratorio de cabeceo. Un conjunto 214 de motor de balanceo está acoplado o fijado a la sección trasera 212d del conjunto 212 de cabeceo, y el conjunto 214 de motor de balanceo incluye, sin limitación, un motor 214a de balanceo y el correspondiente anillo deslizante 214b de los canales N. La carga útil 208 se fija, mediante una segunda sección 208b de la carga útil 208, al conjunto 214 de motor de balanceo. La conexión a través de la segunda sección 208a de la carga útil 208 del conjunto de seudosatélite puede realizarse, sin limitación, mediante, por ejemplo, el anillo deslizante 214b de los canales N (p. ej., un anillo deslizante de 12 canales), ubicado dentro del conjunto 214 de motor de balanceo, que incluye el motor 214a de balanceo, etc. En algunos ejemplos, los cables externos del anillo deslizante 214b (estacionario) están conectados a una placa de circuito impreso de interfaz de arnés en el brazo 212a/212b giratorio de cabeceo, los cables giratorios del anillo deslizante 214b están conectados a la segunda sección 208b de la carga útil 208 que, en este caso, puede que sea la placa de distribución de energía y señales en la parte posterior de la carcasa del sintetizador de frecuencia (p. ej., el generador 215a de señales) del conjunto de seudosatélite de la carga útil 208. La placa de distribución de energía y señales puede convertir la energía de la placa base y distribuir las conexiones en serie a los dispositivos y sensores del controlador del conjunto 204a de controlador. El controlador incluye, sin limitación, por ejemplo, un microcontrolador y/o un controlador de cardán, y similares.

La carga útil 208 incluye una interfaz de comunicación y/o una interfaz de sensor de comunicación. En este ejemplo, la interfaz de comunicación puede incluir, sin limitación, por ejemplo, un sistema de RF que incluya un generador 215a de señales de microondas de doble canal ubicado en la región de la segunda sección 208b de la carga útil 208, estando la segunda sección 208b acoplada al motor 214a de balanceo del conjunto 214 de motor de balanceo y a una bocina 215b de alimentación lineal de doble polarización ubicada en la región de la primera sección 208a de la carga útil. La primera sección 208a de la carga útil 208 que se dirige por el controlador utilizando el conjunto 204a de control y/o el conjunto 204b de cardán para orientarse y/o alinearse en la dirección de la AUT durante una APE. La carga útil 208 puede incluir, además, un oscilador disciplinado GPS (GPSDO, por sus siglas en inglés) 215e que incluye, sin limitación, por ejemplo, un reloj de referencia de 10 MHz. En este ejemplo, el generador 215a de señales puede suministrar una señal de onda limpia a una frecuencia única de entre 10 MHz y 24 GHz. La amplitud del generador de señales se puede ajustar de -40 dBm a +18 dBm. El generador 215a de señales se estabiliza en frecuencia usando un GPSDO 215e de 10 MHz. Este módulo está conectado a una antena GPS 215d, y la salida de señal de referencia de 10 MHz está conectada al generador 215a de señales. Cada canal del generador 215a de señales está conectado a cada canal individual en la bocina 215b de alimentación polarizada lineal de la primera sección 208a de la carga útil 208. En este ejemplo, la bocina 215b de alimentación es una bocina 215b de alimentación de doble canal polarizada lineal. Los dos canales polarizados lineales son perpendiculares entre sí. La ganancia de la bocina 215b de alimentación tiene una potencia nominal de 12 dB, con un ancho de haz de 3 dB de 77-24° (según la frecuencia) y un aislamiento polar cruzado de un mínimo de 30 dB. En la parte frontal de la bocina 215b de alimentación, se fija un radome 215c que protege contra la intemperie.

La Figura 3a es un diagrama esquemático que ilustra otro ejemplo de sistema 300 de estabilización de cardán para su uso en la prueba de una AUT, según algunas realizaciones de la invención. El sistema 300 de estabilización de cardán se basa en el sistema 104, 200 de estabilización de cardán tal como se describió con referencia a las Figuras 1a a 2d, las modificaciones de los mismos, combinaciones de los mismos y/o según lo exija la aplicación. En este ejemplo, el sistema 300 de estabilización de cardán está acoplado a un UAV 302, e incluye un conjunto 304a de control y un conjunto 304b de cardán, para controlar la carga útil 308. El conjunto 304a de control está conectado al UAV 302, al conjunto 304b de cardán y a la carga útil 308. El conjunto 304a de control incluye un controlador que incluye, en este ejemplo, un microcontrolador 305a y un controlador 305b de cardán conectados entre sí. El conjunto 304a de control está conectado, además, al conjunto 304b de cardán, que incluye un motor 310a de guiñada, un motor 310b de cabeceo y un motor 310c de balanceo conectados al controlador 305b de cardán, y que están configurados para ajustar, dirigir y/o mantener la orientación y/o alineación de la primera sección 308a de la carga útil 308 hacia una AUT

durante un procedimiento de APE bajo el control del controlador 305b de cardán y/o el microcontrolador 305a. Como se describe en la presente memoria, la primera sección 308a de la carga útil 308 puede ser una bocina de alimentación, y la segunda sección 308b de la carga útil 308, que está conectada a la bocina de alimentación, puede ser un sintetizador de frecuencia, que también está conectado al microcontrolador 305a del controlador del conjunto 304a de control. Una unidad 312 de medición inercial (IMU) del conjunto 304b de cardán puede conectarse al controlador 305b de cardán para proporcionar datos AHRS para su uso en la determinación de los ajustes de los motores 310a a 310c de guiñada, cabeceo y balanceo. Además, los motores 310a a 310c de guiñada, cabeceo y balanceo también pueden retroalimentar las posiciones del motor al controlador 305b de cardán para su uso en la determinación de los ajustes requeridos.

El controlador 305b de cardán del sistema 300 de estabilización de cardán puede alimentarse mediante una placa de microcontrolador de cardán, que puede conectarse a través de una interfaz en serie al microcontrolador 305a (p. ej., un microordenador). El controlador 305b de cardán está conectado a los motores 310a a 310c del conjunto 304a de control y/o del conjunto 304b de cardán, y a sensores, tales como, sin limitación, por ejemplo, la unidad 312 de medición inercial (IMU) y/o los codificadores absolutos. El controlador 305b de cardán puede incluir uno o más módulos o componentes de control de cardán y/o software/hardware de control de cardán, que utilicen un control de bucle de retroalimentación con información de los sensores 312 y/o los motores 310a a 310c, para controlar los motores 310a a 310c que, a su vez, mueven, sin limitación, por ejemplo, el conjunto de rotación de guiñada del cardán, los brazos de rotación de guiñada, el conjunto de rotación de cabeceo, los brazos de rotación de cabeceo, el anillo de rotación de cabeceo, el conjunto de balanceo y/u otras estructuras de juntas del cardán. La función principal del controlador 305a de cardán es estabilizar el conjunto de cardán/conjunto de control contra los movimientos externos del UAV (p. ej., la trayectoria de vuelo, la actitud, las turbulencias del aire, el rumbo, la dirección, etc. de la aeronave/UAV) y mantener/ajustar la orientación y/o la alineación de la carga útil hacia la AUT durante un procedimiento de APE en relación con dichos movimientos externos. Una función secundaria del controlador 305b de cardán es aceptar comandos de movimiento desde el microcontrolador 305a (p. ej., un microordenador de a bordo). El microcontrolador 305a incluye componentes de software/hardware que están configurados para enviar comandos de movimiento al controlador 305b de cardán.

Por ejemplo, el controlador del conjunto 304a de control incluye el microcontrolador 305a y el controlador 305b de cardán. El controlador está configurado para operar para recibir información de posición (p. ej., datos de GPS/AHRS asociados a un UAV/aeronave y/o una AUT, y similares) asociada al UAV/aeronave y recibir información de posición asociada a la AUT, calcular los ajustes de los mecanismos de rotación (p. ej., motores de guiñada, cabeceo, balanceo, y brazos/anillos de rotación del conjunto de cardán, etc.) del conjunto de cardán/conjunto de control, para mantener la orientación/alineación de la bocina 308a de alimentación de la carga útil 308 del sistema 300 de estabilización de cardán en la dirección de la AUT durante los procedimientos de APE en el que el microcontrolador 305a opera el sintetizador 308b/308a de frecuencia en consecuencia, para realizar pruebas de APE y similares.

En funcionamiento, el microcontrolador 305a está configurado para recibir y/o recuperar información de posición del UAV y/o información de posición asociada a la AUT, en función, sin limitación, por ejemplo, del sistema de posicionamiento global (GPS) y/o el sistema de referencia de actitud y rumbo (AHRS, por sus siglas en inglés) del UAV y/o la AUT, y similares. Como se describe con referencia a las Figuras 1a a 1b, la información posicional asociada a la AUT puede derivarse de otras fuentes y/o sistemas posicionales/de obtención de imágenes, y similares, según lo exija la aplicación. El microcontrolador 305a procesa la información de posición recibida o recuperada para calcular y enviar comandos al microcontrolador 305b de cardán que, a su vez, está configurado para controlar los motores 310a a 310c de guiñada, cabeceo y/o balanceo del conjunto 304b de cardán, para orientar la carga útil 308 (p. ej., la bocina 308a de alimentación) del conjunto 304b de cardán hasta una coordenada posicional predefinida (p. ej., la coordenada GPS) asociada a la AUT. El microcontrolador 305a también puede controlar el controlador 305b de cardán de cualquier manera que pueda definir el usuario del UAV/aeronave, utilizando el sistema 300 de estabilización de cardán. Esto puede incluir, sin limitación, por ejemplo, procedimientos de ajuste de polarización y/o calibración, y similares, según lo exija la aplicación. Como opción, el microcontrolador 305a y/o un microordenador del UAV pueden configurarse para almacenar datos que incluyen, sin limitación, por ejemplo, datos de vuelo, datos de RF, datos de posición y/u otros datos requeridos por el procedimiento de APE para analizar la AUT y similares, de los sensores (p. ej., bocina de alimentación, IMU, GPS, conjunto de comunicaciones, etc.) y el UAV/aeronave, que pueden usarse para el procesamiento en tiempo real y/o el posprocesamiento y la representación del rendimiento de la AUT, sin limitación, por ejemplo, los patrones de radiación de RF de la AUT, los lóbulos del haz, la orientación, la direccionalidad, la alineación y cualquier otra propiedad, parámetro y/o característica de la AUT, que requiera una evaluación del rendimiento y similares, y/o según lo exija la aplicación.

La Figura 3b es un diagrama de flujo que ilustra otro ejemplo del proceso 320 de estabilización de cardán para su uso con el sistema 300 de estabilización de cardán de la Figura 3a, y/o los sistemas 100 y/o 200 de estabilización de cardán, tal como se describe con referencia a las Figuras 1a a 2d, combinaciones de los mismos, modificaciones de los mismos y/o tal como se describe en la presente memoria según algunas realizaciones de la invención. El proceso 320 de estabilización de cardán puede realizarse por el controlador del sistema 300 de estabilización de cardán, que incluye, solo a modo de ejemplo, pero no se limita a, un microcontrolador 305a y un controlador 305b de cardán. El microcontrolador 305a puede realizar la mayor parte del procesamiento en relación con la determinación de las correcciones necesarias para que el conjunto 304b de cardán dirija y/o mantenga la orientación de la carga útil 308

(p. ej., la bocina 308a de alimentación de la carga útil 308) y/o la alineación de la carga útil 308 con la AUT. El proceso 320 de estabilización de cardán puede incluir las siguientes etapas: En la etapa 322a, recibir información de posición asociada a la aeronave/UAV, tal como, sin limitación, por ejemplo, la posición GPS del UAV y la altitud. En la etapa 322b, recibir información de posición asociada a la AUT, tal como, sin limitación, por ejemplo, la posición GPS de la AUT y/o la altitud. En la etapa 322c, recibir información posicional adicional asociada al procedimiento de AUT y/o APE, que se está realizando en la AUT, incluyendo, sin limitación, por ejemplo, el acimut de la AUT, la elevación de la AUT y/o la polarización de la AUT. En la etapa 324, procesar la información posicional recibida asociada al UAV/aeronave y a la AUT recibida en las etapas 322a a 322c, en las que se calculan los ángulos relativos para orientar una primera sección 308a de la carga útil 308 (p. ej., la bocina de alimentación) hacia un objetivo (p. ej., la AUT). El objetivo puede ser la AUT que se está probando durante un procedimiento de APE. Por lo tanto, se puede calcular la dirección de orientación y/o la alineación de la primera sección 308a de la carga útil 308 con respecto a la AUT, en función de la información posicional recibida del UAV y/o la AUT. Esto se usa entonces para controlar los motores 310a a 310b de guiñada, cabeceo y balanceo del conjunto 304b de cardán. En la etapa 326, la compensación de deriva también se calcula en función de los ángulos calculados actuales y/o las posiciones 310a a 310c de motor retroalimentados desde el controlador 305b del conjunto de cardán en la etapa 332.

En la etapa 328, se calculan una o más compensaciones en función de los ángulos relativos, y la compensación de deriva calculada de las etapas 324 y 326. Las compensaciones se pueden utilizar para controlar y ajustar los motores de guiñada, cabeceo y/o balanceo del conjunto 304b de cardán, para ajustar la orientación y/o la alineación de la carga útil 308 en relación con la AUT. En la etapa 330, los comandos de ángulo, la compensación de deriva y/o las instrucciones de control del ángulo del cardán, se envían al controlador 305b de cardán, que realiza el control del motor de los motores 310a a 310c de guiñada, cabeceo y/o balanceo del conjunto 304b de cardán, según los comandos de ángulo recibidos, la compensación de deriva y/o las instrucciones de control del ángulo del cardán. Por lo tanto, se puede lograr ajustar y/o mantener la orientación y/o la alineación de la primera sección 308a (p. ej., la bocina de alimentación) de la carga útil 308 hacia la AUT. Esto se basa en la dirección de orientación y/o alineación calculadas de la primera sección 308a de la carga útil 308. El conjunto 304b de cardán también puede proporcionar retroalimentación de estado/posición, que incluye datos representativos de, sin limitación, por ejemplo, los codificadores del motor de guiñada, cabeceo y/o balanceo del cardán, las posiciones del motor de guiñada, cabeceo y/o balanceo, y/o los datos AHRS del UAV, tales como, sin limitación, por ejemplo, el rumbo, la actitud y otros datos de vuelo del UAV. Esto puede proporcionarse, sin limitación, a través de, por ejemplo, los motores 310a a 310c de cardán y/o la IMU 312, u otros sensores y similares. En la etapa 332, los datos de retroalimentación de estado/posición asociados al conjunto 304b de cardán pueden recibirse desde el controlador 305b de cardán (p. ej., datos representativos del AHRS, los codificadores, el rumbo, la actitud, etc.), que se introducen en la etapa 326 de compensación de deriva para calcular la deriva asociada a la posición de los motores y/o el UAV, y similares, que se pueden combinar con los ángulos relativos requeridos para orientar la carga útil hacia el objetivo (p. ej., la AUT).

En este ejemplo, el proceso 320 de estabilización del cardán opera, en las etapas 322a a 322c, tomando datos de posición desde el UAV y la AUT en relación con la posición GPS, el rumbo y la actitud, e información sobre la AUT. Con estos datos posicionales, el proceso 320 de estabilización del cardán, en la etapa 324, calcula los ángulos teóricos de guiñada, cabeceo y balanceo necesarios para garantizar que la carga útil 308 se oriente hacia la AUT y/o esté alineada con ella. Tras calcular los valores teóricos de los ángulos, en la etapa 326 una rutina/algoritmo de compensación de deriva comprueba cualquier dato de retroalimentación recibido que el controlador 305a de cardán reciba de los motores 310a a 310c de guiñada, cabeceo y balanceo y/o de la IMU 312 y otros sensores, que incluyen datos representativos de las posiciones del motor, el rumbo y la actitud actuales del UAV, y similares, y los compara con, por ejemplo, el sistema de brújula del UAV y/o las coordenadas GPS y similares. De esta manera, el proceso 320 de estabilización del cardán está configurado para corregir cualquier posible deriva en el sistema con referencia a la posición GPS y AHRS del UAV. Después de la etapa 326, las compensaciones asociadas a cualquier deriva que deba compensarse en relación con los motores 310a a 310c de guiñada, cabeceo y/o balanceo y/o a la posición del UAV, pueden aplicarse a los ángulos calculados, que luego se envían, en la etapa 330, al controlador 305b de cardán como comandos/instrucciones de ángulo, etc. Por ejemplo, las compensaciones aplicadas pueden basarse, sin limitación, por ejemplo, en compensaciones constantes, compensaciones de estructura mecánica o mal colocación/mala calibración del sensor, y similares. El controlador 305b de cardán envía instrucciones de control a los motores 310a a 310c de guiñada, cabeceo y/o balanceo en relación con las correspondientes instrucciones/comandos de ángulo desde el microcontrolador 305a. Por lo tanto, se mantiene la dirección de orientación y/o la alineación de la primera sección 308a de la carga útil 308 con respecto a la AUT, especialmente durante los procedimientos de APE en relación con la AUT, mientras el UAV está en vuelo.

En este ejemplo, el proceso 320 de estabilización de cardán puede realizarlo el microcontrolador 305a y/o, en parte, el controlador 305b de cardán. Aunque el controlador del conjunto de control se describe e ilustra con referencia a un microcontrolador 305a y un controlador 305b de cardán, esto es solo a modo de ejemplo, y la invención no está tan limitada, el experto en la técnica entenderá que el controlador del sistema 300 de estabilización de cardán puede implementarse utilizando, sin limitación, por ejemplo, uno o más procesadores, sensores, microcontroladores y/o cualquier otra solución de hardware/software, una combinación de los mismos, modificaciones de los mismos y/o según lo exija la aplicación.

La Figura 3c es un diagrama esquemático que ilustra un sistema 340 de prueba de UAV que usa el proceso 320 de estabilización de cardán de la Figura 3b y el sistema 300 de estabilización de cardán en un procedimiento de APR en relación con una AUT 342, según algunas realizaciones de la invención. En este ejemplo, el sistema 340 de prueba de UAV está configurado para probar sistemas de antenas polarizadas lineales, por lo que el proceso 320 de estabilización del cardán y la carga útil 308 se modifican adicionalmente para tener en cuenta garantizar la alineación de la carga útil 308 del UAV 302 con la AUT 342, mientras el UAV 302 atraviesa una ruta/trayectoria 344 de vuelo durante el procedimiento de APE. Esto es para garantizar que haya una alineación de polarización entre la bocina 308a de alimentación de la carga útil 308 y la antena correspondiente de la AUT 342. Por lo tanto, el sistema 300 de estabilización del cardán y el proceso 320 pueden modificarse adicionalmente para rastrear la actitud de la bocina 308a de alimentación y/o del conjunto 304b de cardán, para garantizar que la bocina 308a de alimentación esté alineada con la antena polarizada lineal de la AUT 342.

En la Figura 3c, el sistema 340 de prueba del UAV 302 está probando una antena polarizada lineal de una AUT 342 en la que el UAV 302 atraviesa un arco 344 de trayectoria de vuelo. El UAV 302 está representado por cruces formadas por líneas 302a y 302b ortogonales de polarización H y polarización V, respectivamente, (denominadas cruz H-V 302a/302b del UAV) que representan la orientación de la bocina 308a de alimentación de la carga útil 308 del UAV. La antena polarizada lineal de la AUT 342 también tiene líneas 342a y 342b de polarización H y polarización V, respectivamente (denominadas cruz H-V 342a/342b de la AUT). Como puede verse, en una primera instancia en el tiempo 346a del UAV 302 en el arco 344 de la trayectoria de vuelo, la cruz H-V 302a/302b del UAV está desalineada con la cruz H-V 342a/342b de la AUT, por lo que la bocina 308a de alimentación de la carga útil 308 puede no estar realizando un procedimiento de APE preciso. Como se mencionó anteriormente, la alineación de la bocina 308a de alimentación de la carga útil 308 del UAV es necesaria para probar con precisión los sistemas de antenas polarizadas lineales. En tales escenarios, la primera sección 308a de la carga útil 308 (p. ej., la bocina 308a de alimentación de la carga útil 308) no solo debe orientarse en la dirección de la AUT 342 cuando el UAV atraviesa el arco 344 de trayectoria de vuelo, sino que también debe alinear la polarización de alimentación de la AUT con la polarización de la sonda de prueba/bocina de alimentación de la carga útil 308. Es decir, la cruz H-V 302a/302b del UAV también debería alinearse con la cruz H-V 342a/342b de la AUT. Cuando la AUT 342 tenga un ángulo de elevación $> 0^\circ$, habrá una diferencia relativa del ángulo de polarización a medida que el UAV 302 se mueva o vuele alrededor de la AUT 342 con respecto al suelo. En este caso, para garantizar que la polarización esté alineada, es decir, la cruz H-V 302a/302b del UAV esté alineada con la cruz H-V 342a/342b de la AUT, el ángulo de la bocina 308a de alimentación con respecto al suelo, también debe cambiar en consecuencia.

Por lo tanto, el proceso 320 de estabilización de cardán puede incluir las modificaciones adicionales de: En la etapa 324 del proceso 320 de estabilización del cardán, que puede realizar el microcontrolador 305a, puede modificarse adicionalmente para controlar la alineación de polarización de la carga útil 308, en función de: leer la posición GPS del UAV 302; comparar la posición GPS del UAV 302 con las coordenadas GPS de la AUT; calcular un ángulo teórico de alineación a través del cual debería ajustarse la bocina 308a de alimentación de la carga útil 308, en función de la comparación; y/o calcular un valor teórico de ajuste de balanceo en función de la comparación; y en la etapa 330, enviar una instrucción/comando del ángulo de balanceo (p. ej., teniendo en cuenta cualquier deriva/compensación y similares en las etapas 326 y 328 del proceso 320) al controlador 305b de cardán. El controlador 305b de cardán puede recibir la instrucción/comando del ángulo de balanceo y controlar/operar el motor 310a de balanceo del conjunto 304b de cardán para ajustar su orientación en consecuencia. Por lo tanto, la bocina 308a de alimentación del UAV 302 puede alinearse con la polarización. Si el UAV 302 se mueve fuera de los planos principales (p. ej., los planos que se alinean con la polarización H y V de la AUT), tal como en la etapa 346c, entonces, en su lugar, se puede aplicar un método matemático de ajuste de la polarización en la etapa 324, para calcular un ángulo de corrección (polarización) de balanceo para la sonda transmisora o bocina 308a de alimentación de la carga útil 308 del UAV 302. El principio tras el método matemático de ajuste de la polarización se describe en el artículo de A. Ludwig, «The definition of cross polarization», en IEEE Transactions on Antennas and Propagation, vol. 21, n.º 1, págs. 116-119, enero de 1973.

Las Figuras 4a y 4b son diagramas esquemáticos que ilustran las vistas 402 y 404 en perspectiva, respectivamente, de un ejemplo de carga útil 400 para su uso con los sistemas 100, 200 y/o 300 de estabilización de cardán, tal como se describe con referencia a las Figuras 1a a 3c, modificaciones de los mismos, combinaciones de los mismos y/o tal como se describe en la presente memoria según algunas realizaciones de la invención. En este ejemplo, la carga útil 400 es un conjunto de seudosatélite (o un conjunto generador/receptor de señales y bocina direccional), y es similar o igual a la carga útil 208 del ejemplo de sistema 200 de estabilización de cardán, tal como se describe con referencia a las Figuras 2a a 2d. Por simplicidad, los números de referencia de las Figuras 2a a 2d pueden reutilizarse para los mismos componentes y/o componentes similares. En este ejemplo, el motor 214a de balanceo del conjunto 214 de motor de balanceo se muestra fijado al conjunto 400 de seudosatélite. El motor 214a de balanceo está fijado al conjunto 214 de motor de balanceo del anillo 212c giratorio de cabeceo del conjunto 212 de rotación de cabeceo del conjunto 204b de cardán. Haciendo referencia a las Figuras 4a y 4b, en este ejemplo, el conjunto 400 de seudosatélite incluye una placa 406 de circuito impreso de distribución de potencia y señal, tal como se ve en la Figura 4b, un generador 408 de señales de RF (o sintetizador de frecuencia) cubierto por una carcasa de generador de señales de RF que soporta carga, a la que también está conectada una bocina 410 de alimentación de doble polarización. Además, hay una disposición 412 de montaje que aloja una unidad de medición inercial (IMU), y otra disposición 414 de montaje que aloja un conjunto de GPSDO. El conjunto 400 de seudosatélite puede configurarse para generar una señal de

prueba de onda continua (CW, por sus siglas en inglés) en banda Ku para procedimientos de APE con la AUT, en los que el UAV simula un satélite.

Aunque una carga útil 400 de UAV-APE, tal como se describe aquí, se basa en la generación de una señal de prueba de onda continua (CW) en banda Ku (p. ej., tipo 1), esto es solo a modo de ejemplo, y la invención no está tan limitada, el experto en la técnica ha de apreciar que hay muchas otras variantes de la carga útil 400 que pueden utilizar los mismos principios o principios similares, tales como, sin limitación, por ejemplo, uno o más de: una carga útil tipo 1 de UAV-APE, que está configurada para generar una señal de prueba de onda continua en banda Ku; una carga útil tipo 2 de UAV-APE, que está configurada para generar una señal modulada o de frecuencia única en banda Ka; una carga útil tipo 3 de UAV-APE, que está configurada para combinar la transmisión de RF de polarización lineal desde la bocina de alimentación para producir una señal polarizada circular; una carga útil tipo 4 de UAV-APE, que está configurada para generar una señal modulada o de frecuencia única en banda Ku; una carga útil tipo 5 de UAV-APE, que está configurada como una combinación de haz dirigido electrónico y mecánico (antena de matriz en fase); una carga útil tipo 6 de UAV-APE, que está configurada para utilizar un haz dirigido electrónicamente (antena de matriz en fase); cualquier otro tipo de carga útil con una interfaz de comunicación y/o una interfaz de sensor de comunicación, que incluya, sin limitación, por ejemplo, un transceptor, un receptor, un transmisor y otro sensor/circuito y similares, que puedan configurarse para su uso en procedimientos de prueba de APE, utilizando un UAV/aeronave en relación con la prueba de cualquier tipo de antena de una AUT; combinaciones de los mismos; modificaciones de los mismos; como se describe en la presente memoria; y/o según lo exija la aplicación.

Aunque se ha descrito que la carga útil 400 de UAV-APE es configurable y/u operativa para utilizar varios tipos de señales de prueba de onda continua en banda Ku/Ka y similares, en diferentes tipos de pruebas de APE, esto es solo a modo de ejemplo, y la invención no está tan limitada, el experto en la técnica ha de apreciar que la carga útil 400 de UAV-APE puede configurarse para incluir cualquier tipo de interfaz de comunicación/sensor de comunicación que sea un transceptor, receptor y/o transmisor, y ser controlable para generar, transmitir y/o recibir, sin limitación, una señal de comunicaciones, una señal de prueba, una señal de RF, una onda continua y similares, y/o según lo exija la aplicación en una o más frecuencias deseadas, y/o cualquier una o más polarizaciones deseadas, y similares. Por ejemplo, el transceptor, el receptor y/o el transmisor de la carga útil 400 pueden operar para realizar, cuando sea relevante, al menos una o más del grupo de: generar y transmitir una señal de prueba modulada o de onda continua en una frecuencia deseada; recibir una onda continua o una señal de prueba modulada en una frecuencia deseada; generar y transmitir a la AUT una señal polarizada linealmente; generar y transmitir a la AUT una señal polarizada circularmente; recibir desde la AUT una señal polarizada linealmente; y recibir desde la AUT una señal polarizada circularmente; cualquier otra generación, transmisión y/o recepción de una señal u onda y similares, en base a, o según lo requiera el tipo de APE utilizado para probar la antena de la AUT y/o según lo exija la aplicación.

La Figura 5 es un diagrama esquemático que ilustra un ejemplo de sistema 500 de prueba de UAV que utiliza un UAV 502 para un procedimiento de prueba de APE para una AUT 506, en donde el UAV 502 está configurado para utilizar un sistema 100, 200, 300 de estabilización de cardán, tal como se describe con referencia a las Figuras 1a a 4b, modificaciones de los mismos, combinaciones de los mismos y/o tal como se describe en la presente memoria según algunas realizaciones de la invención. En este ejemplo, el sistema 500 de prueba de UAV está configurado para utilizar un UAV 502 para realizar un procedimiento de APE en relación con la AUT 506. Antes del procedimiento de prueba de APE, es necesario configurar el sistema 500 de prueba de UAV. Un usuario del UAV 502 (p. ej., un técnico, un operador, un operador de prueba de APE, y similares) puede llegar al sitio 501 de prueba en el que se ubica la AUT 506 en el que ha de probar una antena de la AUT 506. El usuario puede traer un UAV (p. ej., un dron) con el sistema 100, 200, 300 de estabilización de cardán, y/o tal como se describe en la presente memoria, montado en el mismo. El sistema de estabilización del cardán tiene una carga útil adecuada configurada para la prueba en el conjunto de cardán. El usuario también puede proporcionar otro equipo de prueba y una estación base 504. Por ejemplo, la estación base 504 puede incluir una estación de control para recibir, sin limitación, por ejemplo, cualquier medición de RF, datos de vuelo y similares, desde el UAV 502, para su análisis en tiempo real y/o posterior en relación con el procedimiento de APE de la AUT 506. La estación base 504 también puede configurarse para controlar la operación y la ruta/trayectoria de vuelo del UAV 502 durante un procedimiento de APE con la AUT 506 y similares. La estación base 504 puede ser un dispositivo portátil.

La estación base 504 puede ser una estación base cinemática en tiempo real (RTK, por sus siglas en inglés), que es la posición de referencia para el sistema 500 de prueba de UAV. Por lo tanto, permanecerá en la misma ubicación durante las pruebas de APE, y se puede utilizar para calcular el error de posicionamiento local. Esto también permite que el UAV (p. ej., un dron) 502 sepa dónde está y ayude al UAV 502 a realizar un vuelo automatizado preciso con respecto al procedimiento de APE cuando se prueba la AUT 506. El usuario también puede medir la posición de la antena de la AUT 506 con referencia a la estación base RTK 504. Esto garantizará entonces que la antena de la AUT 506 esté en el centro de todas las trayectorias de vuelo de medición. El usuario también puede identificar y definir el entorno 501 de prueba eligiendo un punto seguro de despegue y aterrizaje para el UAV 502, así como para decidir la ubicación, si es necesario, de la AUT 506 (si es lo suficientemente portátil, o no está ya *in situ* o instalada en un vehículo, y similares) y cualquier otro equipo requerido para el procedimiento de APE. Una vez que todo el equipo esté preparado, incluido el calentamiento del equipo de prueba, la AUT 506 puede prepararse para el procedimiento de prueba de APE. Esto puede incluir, sin limitación, por ejemplo, identificar su posición, garantizar la funcionalidad adecuada durante la prueba, y colocar el equipo receptor de la prueba en la AUT 506, y similares. Además, la

determinación de estimaciones precisas del acimut (Az) y la elevación (El) para la prueba de APE a fin de proporcionar una línea de visión clara, es decir, evitar el arco del satélite, cualquier edificio alto, antenas, árboles u otras estructuras que puedan obstruir la línea de visión de la antena en relación con el UAV 502. El usuario también puede comprobar si hay interferencias locales y calibrar/compensar el procedimiento de prueba de APE (p. ej., la carga útil del UAV 502) en consecuencia. El usuario también puede iniciar o arrancar la alineación encontrando de manera aproximada el Az y la El de la orientación de antena de la AUT 506. En función de esta alineación aproximada, el UAV 502 puede configurarse para que atraviese una trayectoria de vuelo que realice una medición de barrido de trama en la que se identifiquen los correctos ángulos de Az y de El de la AUT 506. Se pueden realizar verificaciones adicionales para garantizar una precisión óptima.

Una vez que se haya configurado el sistema 500 de prueba de UAV, y el UAV 502 pueda determinar con precisión los ángulos de Az y de El de la AUT 506, se puede realizar la prueba de APE del UAV. Por lo tanto, desde la estación base 504, el usuario puede, en tiempo real, guiar la trayectoria de vuelo del UAV para realizar cualquier medición deseada en función de la prueba de APE, mientras que el conjunto de estabilización del cardán mantiene/ajusta automáticamente la orientación de la primera sección de la carga útil (p. ej., la bocina de alimentación) del UAV 502 en la dirección de la AUT 506, y/o mantiene/ajusta la alineación (p. ej., la alineación de polarización) de la primera sección de la carga útil (p. ej., una bocina de alimentación) del UAV 502 con la de la antena de la AUT 506. Por lo tanto, durante la prueba de APE, el usuario no necesita ajustar o compensar continuamente la posición de la carga útil en función de la trayectoria de vuelo y/o la actitud del UAV 502, y similares. En su lugar, el usuario puede concentrarse en realizar la prueba de APE. Por ejemplo, el usuario puede planificar numerosas pruebas de APE en función de, sin limitación, por ejemplo, uno o más de: un corte acimutal 508, un corte 510 en elevación o un barrido de trama, así como cambiar la frecuencia y la amplitud de señal de la bocina de alimentación de la carga útil en el conjunto de cardán del sistema de estabilización de cardán montado en el UAV 502.

Se puede realizar una prueba de APE realizando manual y/o automáticamente un guiado en tiempo real de la trayectoria de vuelo del UAV 502 mientras está en vuelo. El UAV 502 puede configurarse para tomar cualquier medición deseada para realizar la prueba de APE en relación con la AUT 506, como, sin limitación, por ejemplo: realizar un corte acimutal 508, un corte 510 en elevación y/o un barrido de trama, y/o cualquier otra trayectoria de vuelo o corte y similares, mientras se varían las frecuencias y amplitudes de señal de la bocina de alimentación de la carga útil, etc. Inicialmente, los primeros resultados de la prueba devueltos por el UAV 502 pueden revelar cuan directiva es una antena de la AUT 506 y/o, además, proporcionar suficiente información para mostrar la forma del diagrama de radiación de la AUT 506. La medición de la ganancia real de la antena se logra mediante el uso de diferentes métodos determinados por la precisión de medición final deseada. Como otro ejemplo de prueba de APE, se puede realizar un corte de patrón en el que se mida y recopile una ruta de prueba preprogramada, con el UAV 502 siguiendo una trayectoria de vuelo que mantenga una distancia constante entre la AUT 506 (en función del haz principal 512 Az y El) y cada punto de datos de RF medido y recogido, y transmitido/almacenado para su posterior procesamiento, sin limitación, por ejemplo, por la estación base 504 y similares. El UAV 502 y el estado de la señal recibida pueden monitorizarse constantemente, y los resultados generados pueden trazarse gráficamente para su inspección visual o proporcionarse en formato de datos.

Inicialmente, para estos métodos de prueba, el registrador de potencia es relativo, en dBm, y esencialmente el primer conjunto de resultados puede revelar cuán directiva es una antena de una AUT 506 y la forma del diagrama de radiación. Es posible que se requieran otros métodos de prueba para, sin limitación, por ejemplo, realizar uno o más de: medir la ganancia real de la antena; aplicar la máscara correcta, donde se pueda utilizar una antena de ganancia conocida; o calcular la ganancia utilizando la regla del ancho de haz de 3 dB; y/o calcular cuidadosamente el balance de enlaces del sistema; y/o cualquier otro tipo de prueba y similares según lo exija la aplicación. El método de prueba elegido depende de la precisión final de medición deseada. El UAV puede realizar otro tipo de método de prueba, tal como un corte de patrón, a lo largo de una ruta de prueba preprogramada. Por ejemplo, la ruta puede construirse o diseñarse como una línea semicircular frente a la AUT 506 (en función del haz principal 512 Az y El) y con todos los puntos a la misma distancia hacia la AUT 506. La velocidad de vuelo del UAV 502 puede determinarse mediante un factor de distancia desde la AUT 506 y el número de puntos de datos recopilados deseados para el análisis. Durante el vuelo, el estado del UAV 502 y la señal recibida se monitorizan desde la estación base 504 (p. ej., la estación de control terrestre). El sistema puede registrar la posición GNSS del UAV. El equipo de medición de recepción puede registrar en el modo de nivel de potencia máxima (PPL, por sus siglas en inglés). Los resultados se generan combinando la información sobre la orientación y la posición de la antena con la posición del UAV 502 y el nivel de potencia registrado. Los resultados pueden trazarse gráficamente para una inspección visual, o proporcionarse en formato de datos para su uso en otro software de terceros.

El uso de un UAV 502 para realizar procedimientos de prueba de APE en relación con una AUT 506, puede ofrecer muchas ventajas, tales como, por ejemplo, la flexibilidad y maniobrabilidad del UAV 502; simular movimiento en relación con la AUT 506; seleccionar el entorno, así como la dirección y la elevación de la antena; el UAV 502 permite que la medición se realice en un rango más amplio de distancias de campo lejano, que van desde unas pocas docenas de metros hasta kilómetros; y/o portabilidad. Además, el uso de los UAV con el sistema de estabilización de cardán, tal como se describe con referencia a las Figuras 1a a 6b, para realizar procedimientos de evaluación del rendimiento de la antena (APE) ofrece la ventaja de permitir un método preciso, rentable y portátil para probar el rendimiento de una AUT *in situ*, en un sitio de prueba y/o en un sitio de prueba antes de la instalación y similares. El peso del sistema

de estabilización de cardán con carga útil para realizar la APE en la AUT, está dentro del rango de capacidad de carga útil de los UAV. Por lo tanto, los UAV son más rentables que las aeronaves tripuladas, y el tamaño de los UAV significa que son fácilmente transportables a cualquier lugar donde se pueda probar la AUT.

La Figura 6a es un diagrama esquemático que ilustra un ejemplo de sistema informático 600 que comprende al menos un dispositivo informático 602 que puede utilizarse para implementar uno o más aspectos del sistema de estabilización de cardán, el UAV, la aeronave, el controlador y/o cualquier otro aspecto según la invención, y/o incluye los métodos/procesos/sistemas y aparatos descritos con referencia a las Figuras 1a a 5. El dispositivo informático 602 incluye una o más unidades procesadoras 604, una unidad 606 de memoria y una interfaz 608 de comunicación, en la que una o más unidades 604 de procesamiento se conectan a la unidad 606 de memoria y a la interfaz 608 de comunicación. La interfaz 608 de comunicaciones puede conectar el dispositivo informático 602 a uno o más dispositivos, unidades de comando y control, uno o más sensores, estaciones de RF, sistemas externos o de almacenamiento o procesamiento en la nube, y similares. La unidad 606 de memoria puede almacenar una o más instrucciones de programa, códigos o componentes, tales como, solo a modo de ejemplo, pero sin limitarse a, un sistema operativo 606a para operar el dispositivo informático 602, y un almacén 606b de datos para almacenar datos adicionales y/o más instrucciones de programa, códigos y/o componentes asociados a la implementación de la funcionalidad y/o una o más funciones o funcionalidades asociadas al sistema de estabilización de cardán y/o la funcionalidad de uno o más del conjunto de controlador, conjunto de cardán, controlador, motores de guiñada, cabeceo y/o balanceo, sistema(s) de control de vuelo y/o carga útil, método(s), proceso(s), cualquier otra funcionalidad de la aeronave/UAV, procedimientos de APE tal como se describen con referencia a las Figuras 1a a 5, combinaciones de los mismos, modificaciones de los mismos y/o tal como se describe en la presente memoria y similares, según la invención.

La unidad de memoria puede incluir un medio legible por ordenador con datos o código de instrucciones que, cuando se ejecute en la unidad de procesamiento, hace que la unidad de procesamiento implemente la funcionalidad del controlador, el conjunto de control, el conjunto de cardán y/o el sistema de estabilización de cardán, proceso(s)/método(s), tal como se describen en la presente memoria, y/o las modificaciones de los mismos. El aparato o dispositivo informático puede configurarse, además, para implementar la funcionalidad del sistema de estabilización de cardán, el UAV/aeronave, una interfaz de usuario y/o el conjunto de sensores/carga útil o interactuar con el conjunto de sensores/carga útil, como se describe en la presente memoria y/o modificaciones de los mismos.

La Figura 6b es un diagrama esquemático que ilustra un ejemplo de sistema UAV-APE 610 con un sistema 612 de estabilización de cardán según algunas realizaciones de la invención. El sistema 612 de estabilización de cardán para una aeronave/UAV incluye un conjunto de control acoplado de forma giratoria a un conjunto de cardán que incluye una carga útil, incluyendo el conjunto de control un controlador configurado para recibir información de posicionamiento asociada al UAV y/o a una AUT durante un APE desde el posicionamiento del módulo o módulos UAV/AUT 614, incluyendo el controlador, además, un módulo/componente de control de cardán/carga útil 616 configurado para operar el conjunto de control/conjunto de cardán y/o el motor o motores de guiñada, cabeceo y/o balanceo del sistema de estabilización de cardán, en función de la información de posicionamiento y para ajustar/mantener la orientación y/o la alineación de una primera sección de la carga útil en la dirección o hacia una AUT, en donde una segunda sección de la carga útil se acopla de forma giratoria al conjunto de cardán del sistema 612 de estabilización de cardán. El UAV/controlador puede configurarse, además, para incluir un módulo AUT 618 de prueba/control configurado para operar la carga útil y/o realizar un procedimiento de APE en relación con la AUT. La primera sección de la carga útil incluye una interfaz de comunicación/interfaz de sensor de comunicación para su uso en la prueba de la AUT durante el procedimiento de APE y similares. El sistema 612 de estabilización de cardán incluye la funcionalidad, proceso(s), método(s), aparatos, conjunto de control, conjunto de cardán, carga útil y otros sensores/sensores de comunicación y similares, tal como se describe con referencia a las Figuras 1a a 6b, combinaciones de los mismos, modificaciones de los mismos y/o tal como se describe en la presente memoria, y/o según lo exija la aplicación.

Otros aspectos de la invención pueden incluir uno o más aparatos y/o dispositivos que incluyen una interfaz de comunicaciones, una unidad de memoria y una unidad de procesamiento, la unidad de procesamiento conectada a la interfaz de comunicaciones y a la unidad de memoria, en donde la unidad de procesamiento, la unidad de almacenamiento y la interfaz de comunicaciones están configuradas para realizar o implementar la funcionalidad del conjunto de controlador/control del sistema de estabilización de cardán, el conjunto de cardán, los sistemas de control de vuelo, el control/motores de guiñada, cabeceo y/o balanceo, método(s), proceso(s), cualquier otra funcionalidad del sistema de estabilización de cardán, carga útil y/o UAV/aeronave tal como se describe con referencia a las Figuras 1a a 6b, combinaciones de los mismos, modificaciones de los mismos y/o tal como se describe en la presente memoria.

En la(s) realización(es) y ejemplo(s) descritos anteriormente, el sistema de control de vuelo y/o el centro de control de operaciones pueden incluir dispositivo(s) informático(s) y/o uno o más servidores, que pueden comprender un único servidor o una red de servidores. En algunos ejemplos, la funcionalidad o partes de la funcionalidad del dispositivo informático y/o servidor pueden proporcionarse mediante una red de servidores distribuidos por un área geográfica, tal como una red de servidores distribuida por todo el mundo, y un usuario puede conectarse a uno apropiado de la red de servidores, en función de la ubicación del usuario.

Se puede proporcionar un medio legible por ordenador que incluya datos o códigos de instrucciones, que cuando se ejecuten en uno o más procesadores, haga que el uno o más procesadores implementen la funcionalidad y/o una o más funciones o funcionalidades asociadas al sistema de estabilización del cardán, el conjunto de control, el conjunto de cardán, los motores de guiñada, cabeceo y/o balanceo, método(s), proceso(s), cualquier otra funcionalidad del UAV/aeronave, carga útil, centro de operaciones/estaciones de comando y control, tal como se describe con referencia a las Figuras 1a a 6b, combinaciones de los mismos, modificaciones de los mismos y/o tal como se describe en la presente memoria y similares, según la invención.

En la realización descrita anteriormente, el servidor puede comprender un único servidor o una red de servidores. En algunos ejemplos, la funcionalidad del servidor puede proporcionarla una red de servidores distribuidos por un área geográfica, tal como una red de servidores distribuida por todo el mundo, y un usuario puede conectarse a uno apropiado de la red de servidores, en función de la ubicación del usuario.

La descripción anterior analiza las realizaciones de la invención con referencia a un único usuario para mayor claridad. Se entenderá que, en la práctica, el sistema puede ser compartido por una pluralidad de usuarios, y posiblemente por un gran número de usuarios simultáneamente.

Las realizaciones descritas anteriormente son completamente automáticas. En algunos ejemplos, un usuario u operador del sistema puede instruir manualmente que se lleven a cabo algunas etapas del método.

En las realizaciones descritas de la invención, el sistema puede implementarse como cualquier forma de dispositivo informático y/o electrónico. Dicho dispositivo puede comprender uno o más procesadores, que pueden ser microprocesadores, controladores o cualquier otro tipo adecuado de procesadores para procesar instrucciones ejecutables por ordenador para controlar el funcionamiento del dispositivo con el fin de recopilar y registrar información de enrutamiento. En algunos ejemplos, por ejemplo, cuando se utiliza un sistema en una arquitectura de chip, los procesadores pueden incluir uno o más bloques de función fija (también denominados aceleradores) que implementan una parte del método en hardware (en lugar de en software o firmware). El software de plataforma que comprende un sistema operativo o cualquier otro software de plataforma adecuado, puede proporcionarse en el dispositivo informático para permitir que el software de aplicación se ejecute en el dispositivo.

Diversas funciones descritas en la presente memoria pueden implementarse en hardware, software o cualquier combinación de los mismos. Si se implementa en software, las funciones se pueden almacenar o transmitir como una o más instrucciones o código en un medio legible por ordenador. Los medios legibles por ordenador pueden incluir, por ejemplo, medios de almacenamiento legibles por ordenador. Los medios de almacenamiento legibles por ordenador pueden incluir medios volátiles o no volátiles, extraíbles o no extraíbles, implementados en cualquier método o tecnología para el almacenamiento de información, tales como instrucciones legibles por ordenador, estructuras de datos, módulos de programa u otros datos. Un medio de almacenamiento legible por ordenador puede ser cualquier medio de almacenamiento disponible al que se pueda acceder mediante un ordenador. A modo de ejemplo, y no de limitación, dichos medios legibles por ordenador pueden comprender RAM, ROM, EEPROM, memoria flash u otros dispositivos de memoria, CD-ROM u otro almacenamiento en disco óptico, almacenamiento en disco magnético u otros dispositivos de almacenamiento magnético, o cualquier otro medio que pueda utilizarse para transportar o almacenar un código de programa deseado en forma de instrucciones o estructuras de datos, y al que se puede acceder mediante un ordenador. Los discos, tal como se usan en la presente memoria, incluyen disco compacto (CD), disco láser, disco óptico, disco versátil digital (DVD), disquete y disco Blu-ray (BD). Además, una señal propagada no está incluida dentro del alcance de los medios de almacenamiento legibles por ordenador. Los medios legibles por ordenador también incluyen los medios de comunicación, incluido cualquier medio que facilite la transferencia de un programa informático de un lugar a otro. Una conexión, por ejemplo, puede ser un medio de comunicación. Por ejemplo, si el software se transmite desde un sitio web, un servidor u otra fuente remota mediante un cable coaxial, cable de fibra óptica, par trenzado, DSL o tecnologías inalámbricas, tal como infrarrojos, radio y microondas, se incluyen en la definición de medio de comunicación. Las combinaciones de los anteriores también deben incluirse dentro del alcance de los medios legibles por ordenador.

Alternativamente, o además, la funcionalidad descrita en la presente memoria puede realizarse, al menos en parte, mediante uno o más componentes lógicos de hardware. Por ejemplo, y sin limitación, los componentes lógicos de hardware que se pueden utilizar pueden incluir matrices de puertas programables en campo (FPGA, por sus siglas en inglés), circuitos integrados específicos de programas de aplicaciones (ASIC, por sus siglas en inglés), productos estándar específicos de programas de aplicaciones (ASSP, por sus siglas en inglés), sistemas de sistema en chip (SoC, por sus siglas en inglés), dispositivos lógicos programables complejos (CPLD, por sus siglas en inglés), etc.

Aunque se ilustra como un sistema único, debe entenderse que el dispositivo informático puede ser un sistema distribuido. Por lo tanto, por ejemplo, varios dispositivos pueden estar en comunicación por medio de una conexión de red, y pueden realizar colectivamente las tareas descritas como realizadas por el dispositivo informático.

Aunque se ilustra como un dispositivo local, se apreciará que el dispositivo informático puede ubicarse de forma remota y acceder a él a través de una red u otro enlace de comunicación (por ejemplo, utilizando una interfaz de comunicación).

El término “ordenador” se usa en la presente memoria para referirse a cualquier dispositivo con capacidad de procesamiento, de tal modo que pueda ejecutar instrucciones. Los expertos en la técnica se darán cuenta de que tales capacidades de procesamiento se incorporan en muchos dispositivos diferentes y, por lo tanto, el término “ordenador” incluye PC, servidores, teléfonos móviles, asistentes digitales personales y muchos otros dispositivos.

Los expertos en la técnica se darán cuenta de que los dispositivos de almacenamiento utilizados para almacenar instrucciones de programa pueden distribuirse a través de una red. Por ejemplo, un ordenador remoto puede almacenar un ejemplo del proceso descrito como software. Un ordenador local o terminal puede acceder al ordenador remoto y descargar una parte o todo el software para ejecutar el programa. Alternativamente, el ordenador local puede descargar partes del software según sea necesario, o ejecutar algunas instrucciones de software en el terminal local, y otras en el ordenador remoto (o red informática). Los expertos en la técnica también se darán cuenta de que, al utilizar técnicas convencionales conocidas por los expertos en la técnica, todas o una parte de las instrucciones del software pueden llevarse a cabo mediante un circuito dedicado, tal como un DSP, una matriz lógica programable, o similar.

Se entenderá que los beneficios y ventajas descritos anteriormente pueden estar relacionados con una realización o pueden estar relacionados con varias realizaciones. Las realizaciones no están limitadas a aquellas que resuelven alguno o todos los problemas indicados o aquellas que tienen alguno o todos los beneficios y ventajas indicados. Debe considerarse que las variantes están incluidas en el alcance de la invención.

Cualquier referencia a 'un' elemento se refiere a uno o más de esos elementos. La expresión 'que comprende' se usa en la presente memoria para significar incluir las etapas o elementos de método identificados, pero tales etapas o elementos no comprenden una lista exclusiva y un método o aparato puede contener etapas o elementos adicionales.

Tal como se usa en la presente memoria, los términos “componente” y “sistema”, están destinados a abarcar un almacenamiento de datos legibles por ordenador que esté configurado con instrucciones ejecutables por ordenador que hagan que se realice cierta funcionalidad cuando se ejecute por un procesador. Las instrucciones ejecutables por ordenador pueden incluir una rutina, una función o similares. También debe entenderse que un componente o sistema puede localizarse en un único dispositivo o distribuirse a través de varios dispositivos.

Además, tal como se usa en la presente memoria, el término “ilustrativo” pretende significar “que sirve como ilustración o ejemplo de algo”.

Además, en la medida en que el término “incluye” se use en la descripción detallada o en las reivindicaciones, se pretende que tal término sea inclusivo de una manera similar a la expresión “que comprende”, tal como se interpreta “que comprende” cuando se emplea como palabra de transición en una reivindicación.

Las figuras ilustran métodos ilustrativos. Si bien los métodos se muestran y describen como una serie de actos que se realizan en una secuencia particular, debe entenderse y apreciarse que los métodos no están limitados por el orden de la secuencia. Por ejemplo, algunos actos pueden ocurrir en un orden diferente al que se describe en la presente memoria. Además, un acto puede ocurrir al mismo tiempo con otro acto. Además, en algunos casos, es posible que no se requieran todos los actos para implementar un método descrito en la presente memoria.

Además, los actos descritos en la presente memoria pueden comprender instrucciones ejecutables por ordenador que puedan implementarse mediante uno o más procesadores y/o almacenarse en un medio o medios legibles por ordenador. Las instrucciones ejecutables por ordenador pueden incluir rutinas, subrutinas, programas, hilos de ejecución y/o similares. Además, los resultados de las acciones de los métodos pueden almacenarse en un medio legible por ordenador, mostrarse en un dispositivo de visualización y/o similares.

El orden de las etapas de los métodos descritos en la presente memoria es ilustrativo, pero las etapas pueden llevarse a cabo en cualquier orden adecuado, o simultáneamente cuando sea apropiado. Además, se pueden añadir o sustituir etapas, o se pueden eliminar etapas individuales de cualquiera de los métodos sin abandonar el ámbito del objeto descrito en la presente memoria. Aspectos de cualquiera de los ejemplos descritos anteriormente se pueden combinar con aspectos de cualquiera de los otros ejemplos descritos para formar ejemplos adicionales sin perder el efecto buscado.

Se entenderá que la descripción anterior de una realización preferida se proporciona sólo a manera de ejemplo, y que los expertos en la técnica puede que realicen diversas modificaciones. Lo que se ha descrito anteriormente incluye ejemplos de una o más realizaciones. Por supuesto, no es posible describir todas las modificaciones y alteraciones concebibles de los dispositivos o métodos anteriores para describir los aspectos antes mencionados, pero un experto en la técnica puede reconocer que son posibles muchas modificaciones y permutaciones adicionales de diversos aspectos. En consecuencia, se pretende que los aspectos descritos abarquen todas las alteraciones, modificaciones y variaciones que caen dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un método implementado por ordenador para controlar un sistema (104) de estabilización de cardán de una aeronave (102) en un sistema (100) de prueba de antena para probar una antena bajo prueba, AUT (106), comprendiendo el sistema (104) de estabilización de cardán un conjunto (104a) de control acoplado de forma giratoria a un conjunto (104b) de cardán que comprende una carga útil (108), comprendiendo la carga útil (108) una primera sección (108a) que incluye una interfaz de sensor de comunicación para su uso en la prueba del AUT (106) y una segunda sección (108b), la carga útil (108) acoplada de forma giratoria al conjunto (104b) de cardán, comprendiendo el conjunto (104a) de control un controlador (112), el método, realizado por el controlador (112), que comprende además:
recibir una posición en vuelo de la aeronave (102) durante la prueba de la AUT (106); **caracterizado porque** el método comprende además:

recibir una posición de la AUT (106) en relación con la aeronave (102); y
controlar el conjunto (104b) de cardán mediante:

calcular la dirección de orientación y la alineación de la primera sección (108a) de la carga útil (108) con respecto a la AUT (106), en función de la posición recibida de la aeronave (102) y la posición recibida de la AUT (106); y
mantener la orientación y la alineación de la primera sección (108a) de la carga útil (108) hacia la AUT (106), en función de la dirección de orientación y la alineación calculadas de la primera sección (108a) de la carga útil (108), que comprende además:
controlar la orientación y la alineación de la primera sección (108a) de la carga útil (108) alrededor de al menos tres ejes de rotación, en donde un eje de rotación de dichos al menos tres ejes de rotación está configurado para controlar dicha alineación de la primera sección (108a) de la carga útil, en donde dicha alineación de la primera sección (108a) de la carga útil (108) comprende una alineación de polarización de la interfaz del sensor de comunicación.
2. El método implementado por ordenador de la reivindicación 1, en donde recibir la posición en vuelo de la aeronave comprende además, recibir datos representativos del sistema de posicionamiento global, GPS, la posición, el rumbo, la altitud y/o la actitud de la aeronave; y/o

que comprende además, recibir la posición de la AUT, que comprende además, recibir datos representativos de la información asociada a la posición de la AUT; y/o
en donde la interfaz del sensor de comunicación comprende además, al menos una del grupo de:

un receptor;
un transmisor;
un transceptor;
y/o cualquier otra interfaz de comunicación y/o interfaz de sensor de comunicación configuradas para probar la AUT.
3. El método implementado por ordenador de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 2, en donde el conjunto de control se acopla de forma giratoria al conjunto de cardán mediante un primer motor, comprendiendo además, el conjunto de cardán:

un primer brazo giratorio acoplado al primer motor, el primer motor configurado para hacer girar el primer brazo giratorio alrededor de un primer eje de rotación, el primer brazo giratorio acoplado a un segundo motor en un extremo del primer brazo giratorio distal al acoplamiento del primer brazo giratorio al primer motor;
un segundo brazo giratorio acoplado al segundo motor, el segundo motor configurado para girar el segundo brazo giratorio alrededor de un segundo eje de rotación, el segundo eje de rotación ortogonal al primer eje de rotación, el segundo brazo giratorio acoplado a un tercer motor, en donde el tercer motor está configurado para hacer girar la carga útil acoplada al tercer motor en la segunda sección de la carga útil alrededor de un tercer eje de rotación, en donde el tercer eje de rotación es diferente del segundo eje de rotación; y
el controlador del conjunto de control conectado eléctricamente al primer motor, al segundo motor y al tercer motor;
en donde controlar el conjunto de cardán comprende además:
mantener la orientación y la alineación de la primera sección de la carga útil, que comprende además, controlar uno o más del primer motor, el segundo motor y el tercer motor, en función de la dirección de orientación calculada y la alineación de la primera sección de la carga útil hacia la AUT.
4. El método implementado por ordenador de la reivindicación 3, en donde el primer eje de rotación es un eje de rotación de guiñada en relación con el conjunto de cardán, el segundo eje de rotación es un eje de cabeceo

de rotación en relación con el conjunto de cardán, y el tercer eje de rotación es un eje de rotación de balanceo en relación con el conjunto de cardán; y/o

5 en donde cada uno de los motores primero, segundo y tercero comprende al menos uno del grupo de: un motor de cardán; un motor sin escobillas; un motor de cardán sin escobillas; un motor de accionamiento de cardán; y/o cualquier motor adecuado para su uso en el ajuste y/o mantenimiento de la dirección de orientación y/o la alineación de la primera sección de la carga útil en la dirección de la AUT; y/o
10 en donde los motores primero, segundo y tercero corresponden a un motor de guiñada, un motor de cabeceo y un motor de balanceo, respectivamente.

5. El método implementado por ordenador de cualquiera de las reivindicaciones 3 a 4, en donde el control del conjunto de cardán comprende además:

15 calcular los ángulos teóricos de guiñada, inclinación y balanceo de la carga útil en relación con la AUT;
calcular las compensaciones de deriva del conjunto de cardán, en función de la comparación de la retroalimentación de los datos representativos de la posición actual recibida de la aeronave, y con el sistema de referencia de actitud y rumbo de la aeronave para corregir la deriva en el conjunto de
20 cardán; y
enviar comandos de ángulo y compensaciones de deriva a un controlador de cardán para controlar uno o más del primer motor, el segundo motor y el tercer motor, en base a la combinación de compensaciones de deriva con ángulos teóricos de guiñada, cabeceo y balanceo.

25 6. El método implementado por ordenador de cualquiera de las reivindicaciones 3 a 5, en donde el control del conjunto de cardán comprende además:
cuando se utilice la carga útil para probar sistemas polarizados lineales, controlar el conjunto de cardán para mantener la alineación de la polarización de la polarización de la interfaz del sensor de comunicación de la carga útil con la polarización de la AUT, mediante:

30 comparar la posición en vuelo recibida de la aeronave con la posición recibida de la AUT;
calcular un valor teórico de ajuste de balanceo para al menos ajustar el ángulo de balanceo de la carga útil en relación con la AUT, en función de la comparación para mantener la alineación de polarización; y
35 enviar un comando de ángulo de balanceo al motor de balanceo del conjunto de cardán.

7. El método implementado por ordenador según cualquier reivindicación anterior, en donde una estación base está ubicada en una posición geográfica con respecto a la AUT, definiendo la ubicación de la estación base una posición de referencia para la aeronave durante la prueba de la AUT, y que recibe la posición de la AUT, que comprende además:

40 recibir la posición de la estación base;
calcular la posición de la AUT en función de la posición geográfica de la AUT en relación con la posición de la estación base.

45 8. El método implementado por ordenador según cualquier reivindicación anterior, en donde la carga útil comprende además, una cámara ubicada en el primer extremo de la carga útil, y que recibe la posición de la AUT, que comprende además:

50 analizar una o más imágenes de la cámara para identificar una posición de la AUT; y
calcular la posición de la AUT en función de la posición identificada de la AUT en dichas una o más imágenes analizadas; y
en donde:

55 el analizar una o más imágenes de la cámara para identificar una posición de la AUT, comprende además, analizar una o más imágenes de la cámara para identificar la AUT; y
calcular la posición de la AUT en función de la posición de la AUT identificada en dichas una o más imágenes analizadas; y
cuando depende de la reivindicación 7, en donde:

60 el analizar una o más imágenes de la cámara para identificar una posición de la AUT, comprende además, analizar una o más imágenes de la cámara para identificar la estación base; y

calcular la posición de la AUT en función de la posición de la estación base identificada en dichas una o más imágenes analizadas, y en función de la posición geográfica de la AUT en relación con la posición de la estación base identificada.

- 5 9. El método implementado por ordenador según cualquier reivindicación anterior, en donde la AUT incluye una señal de baliza y recibir la posición de la AUT, que comprende además:

recibir la señal de baliza asociada a la AUT; y
determinar la posición de la AUT en función de la señal de baliza recibida.
- 10 10. El método implementado por ordenador según cualquiera de las reivindicaciones 8 a 9, cuando depende de la reivindicación 7, en donde la estación base incluye una señal de baliza y recibir la posición de la AUT, que comprende además:

recibir la señal de baliza asociada a la estación base; y
determinar la posición de la AUT en función de la señal de baliza recibida desde la estación base y la posición geográfica de la AUT en relación con la posición de la estación base.
- 15 11. El método implementado por ordenador según cualquier reivindicación anterior, que comprende además, mantener la orientación de la primera sección de la carga útil hacia una posición designada en relación con la AUT
- 20 12. Un sistema (104) de estabilización de cardán para una aeronave (102) que comprende un conjunto (104a) de control acoplado de forma giratoria a un conjunto (104b) de cardán que comprende una carga útil (108), comprendiendo el conjunto (104a) de control un controlador (112) configurado para operar el conjunto (104b) de cardán para mantener la orientación de una primera sección (108a) de la carga útil (108) hacia una antena bajo prueba, AUT (106), con una segunda sección (108b) de la carga útil (108) acoplada de forma giratoria al conjunto (104b) de cardán, en donde la primera sección (108a) comprende una interfaz de sensor de comunicación para su uso al probar la AUT (106); y
30 comprendiendo el conjunto (104b) de cardán, además, operar el controlador (112) del sistema (104) de estabilización de cardán en función del método implementado por ordenador según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11.
- 35 13. Un aparato que comprende una unidad de procesamiento, una unidad de memoria y una interfaz de comunicación, la unidad de procesamiento conectada a la unidad de memoria y a la interfaz de comunicación, en donde la unidad de procesamiento, la unidad de memoria y la interfaz de comunicación están adaptadas para implementar el método implementado por ordenador según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11.
- 40 14. Un sistema que comprende:

una aeronave (102) que comprende un aparato de estabilización de cardán según la reivindicación 13; y
una antena bajo prueba (106),
45 en donde la aeronave (102) está configurada para realizar pruebas de la AUT (106) utilizando el aparato de estabilización de cardán; y en donde la aeronave (102) es un vehículo aéreo no tripulado.
15. Un medio legible por ordenador que comprende código informático o instrucciones almacenadas en el mismo, que cuando se ejecuten en un procesador, hace que el procesador lleve a cabo el método implementado por ordenador según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11.

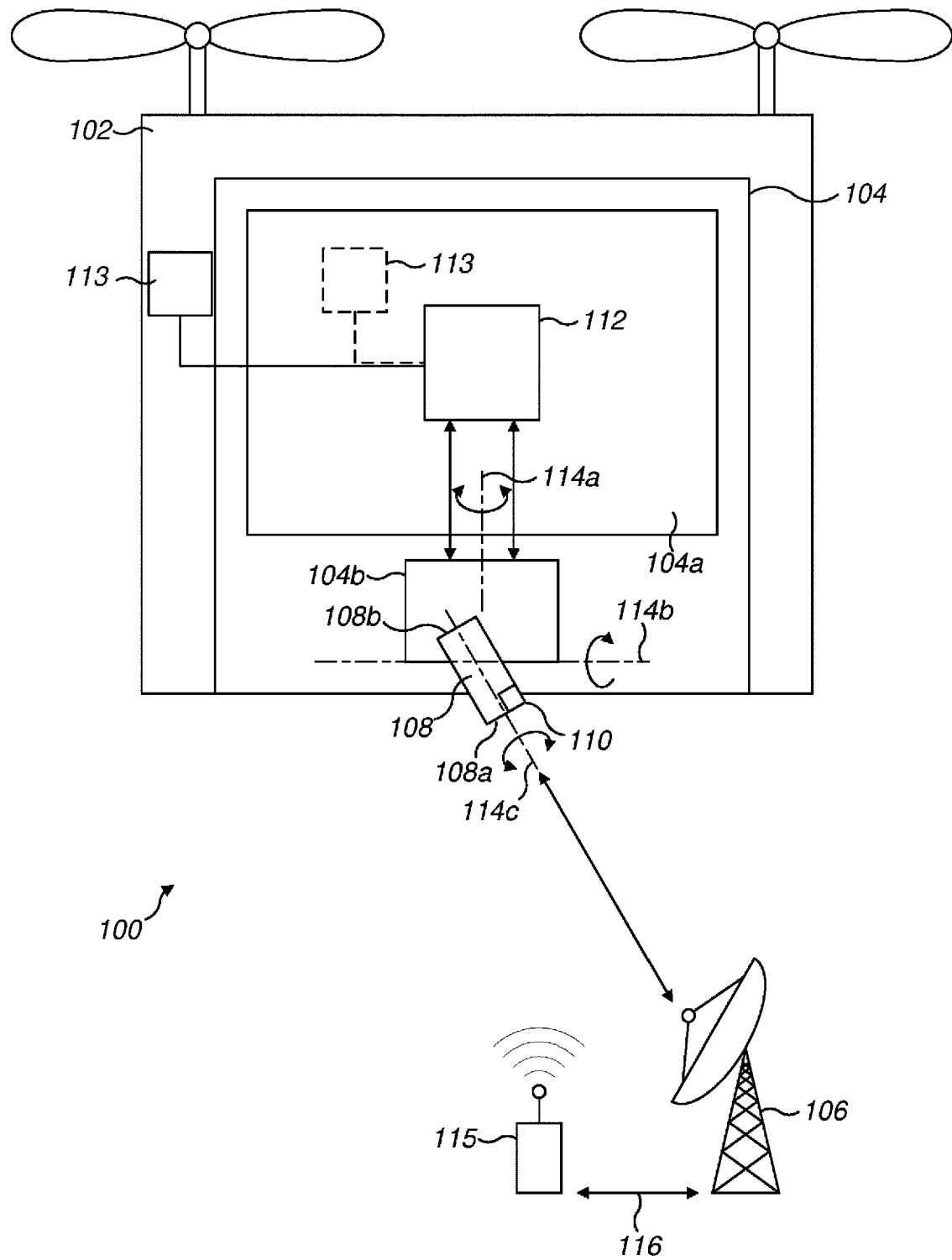


Figura 1a

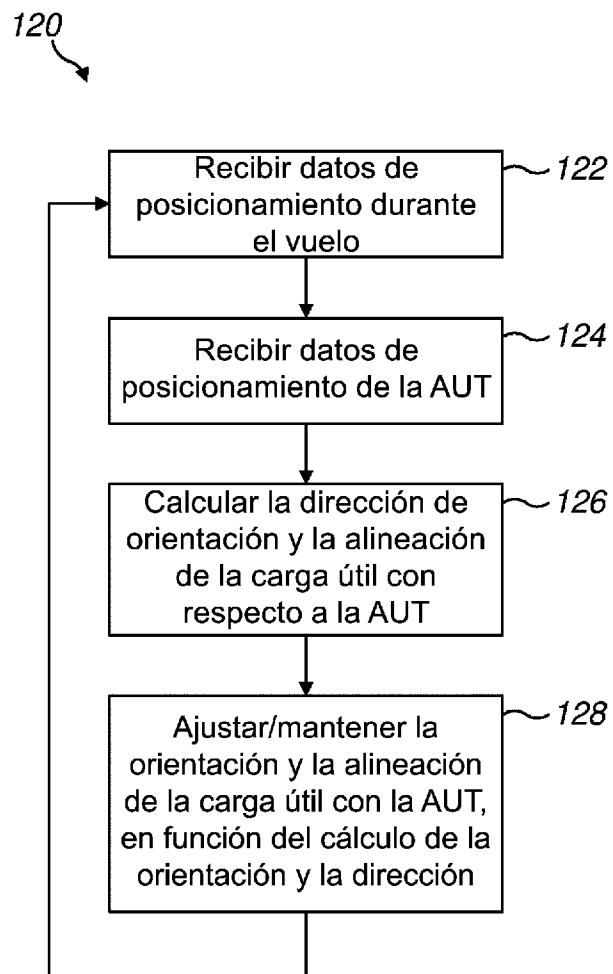


Figura 1b

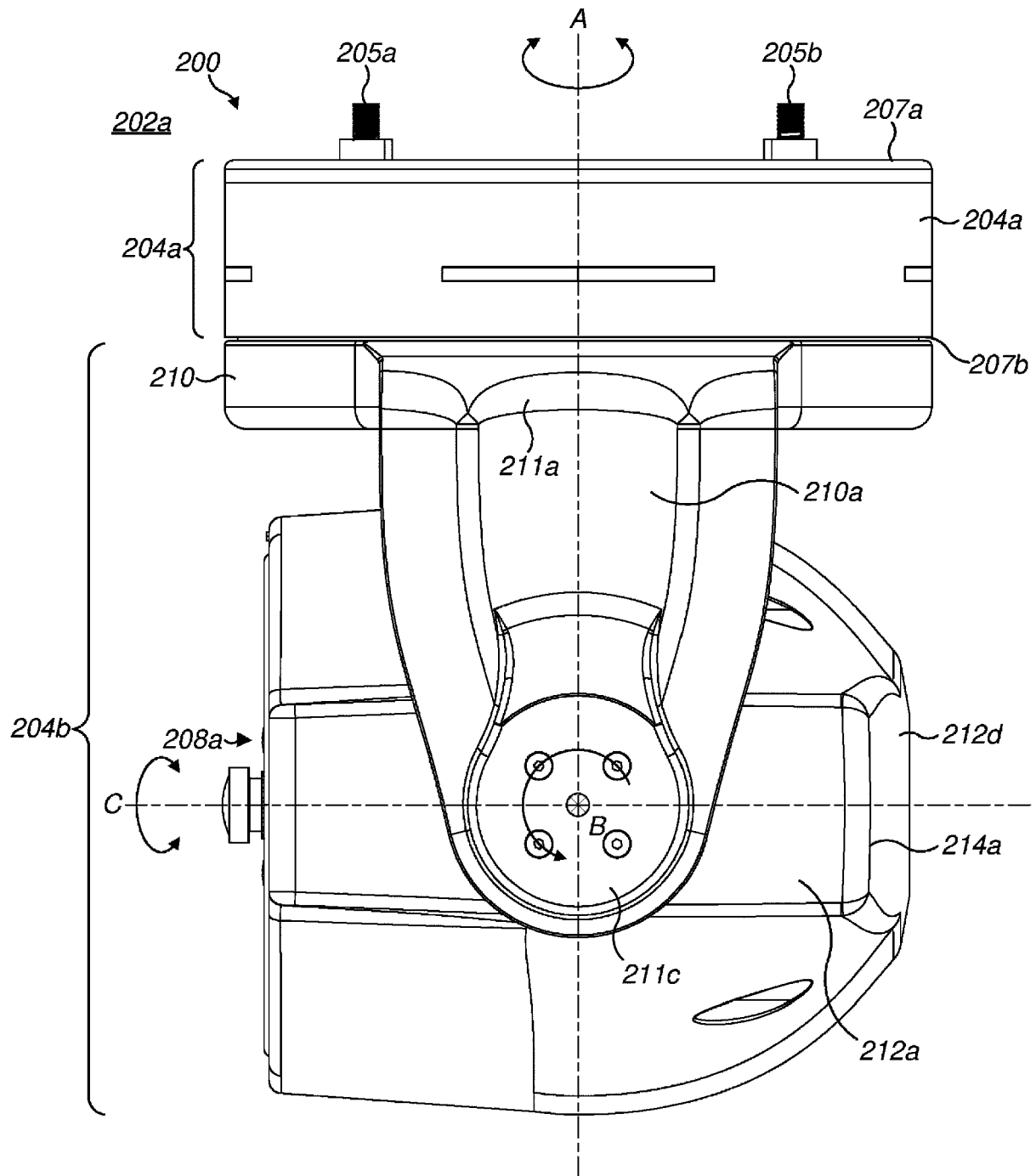


Figura 2a

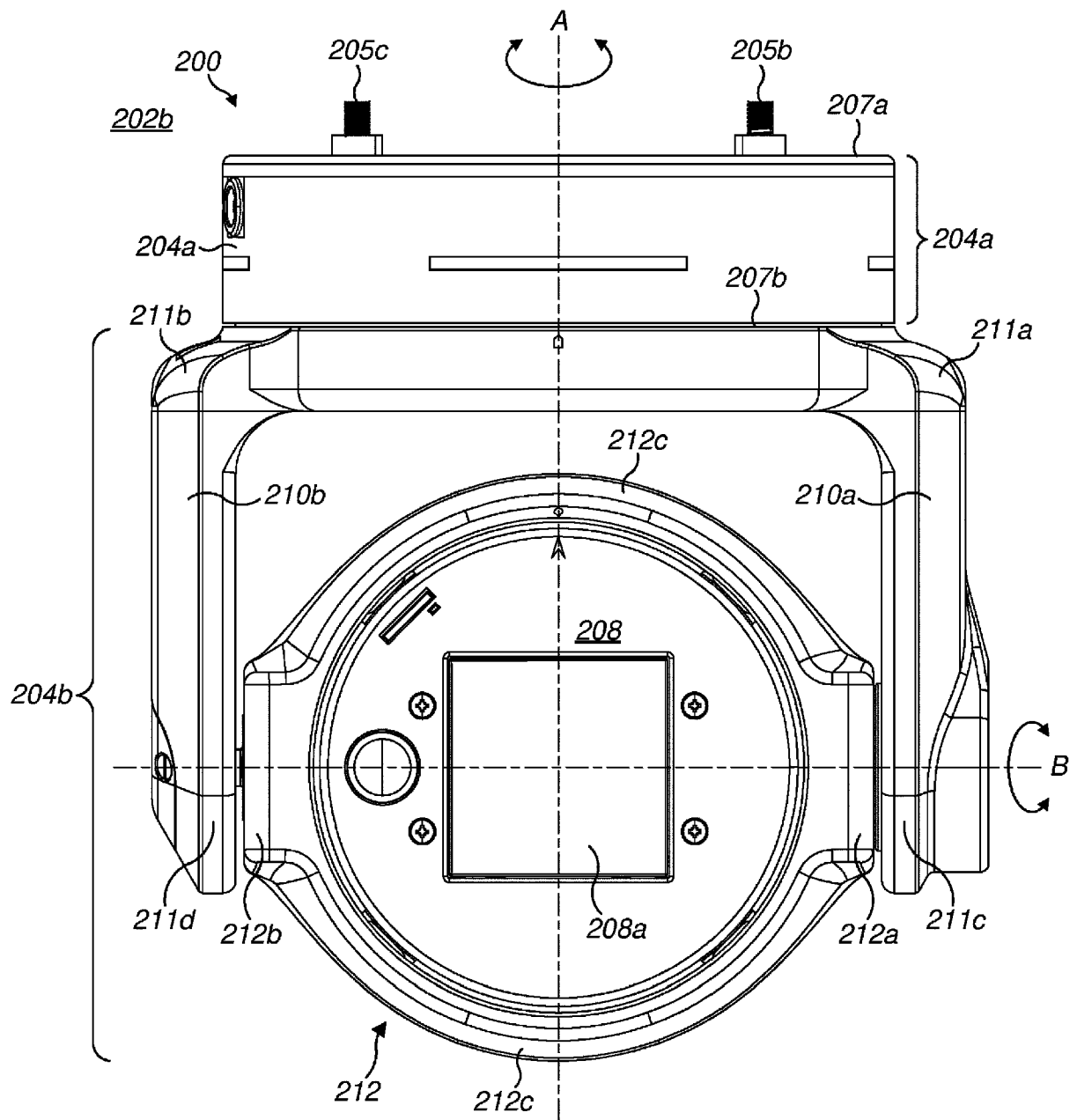


Figura 2b

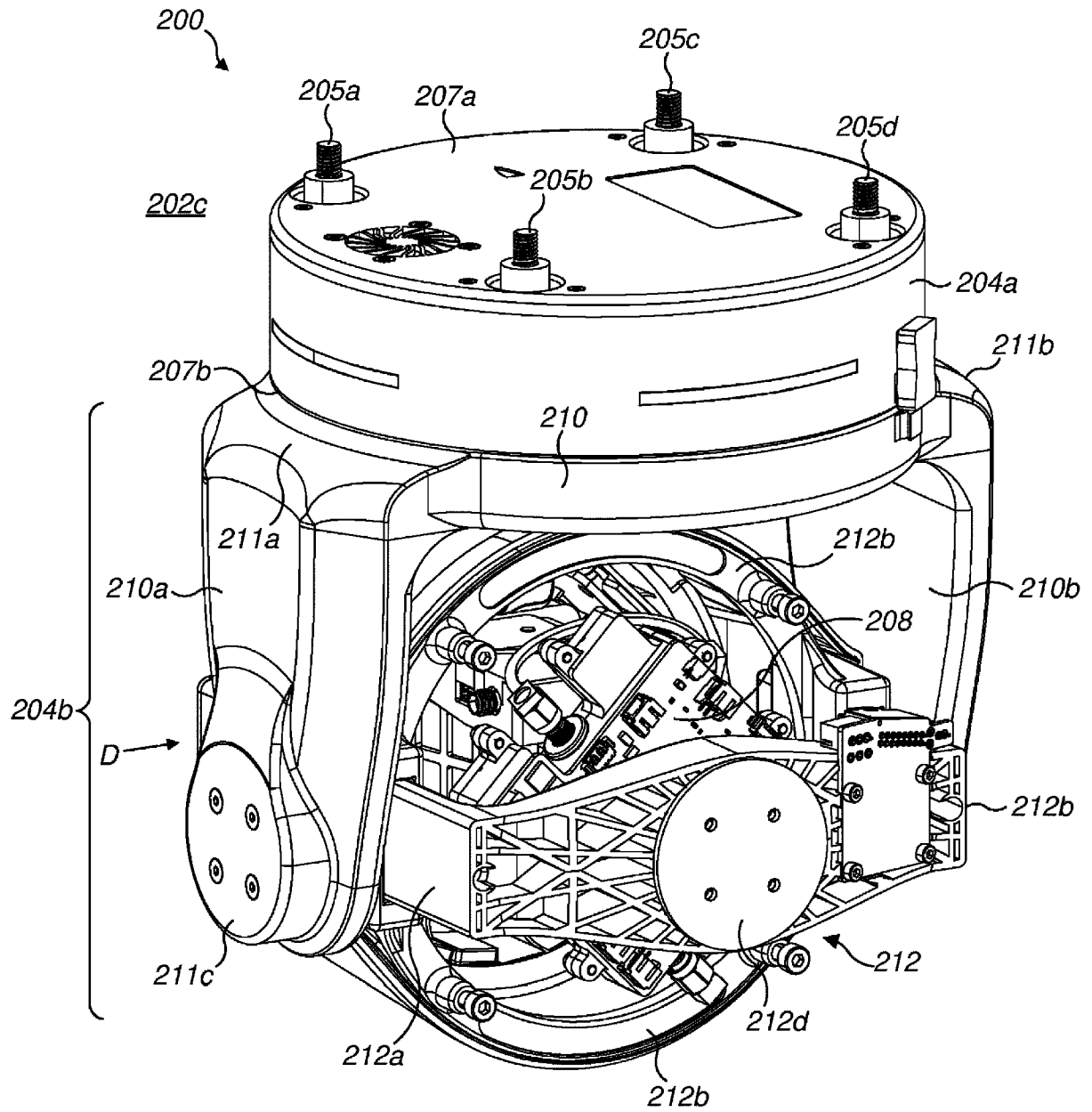


Figura 2c

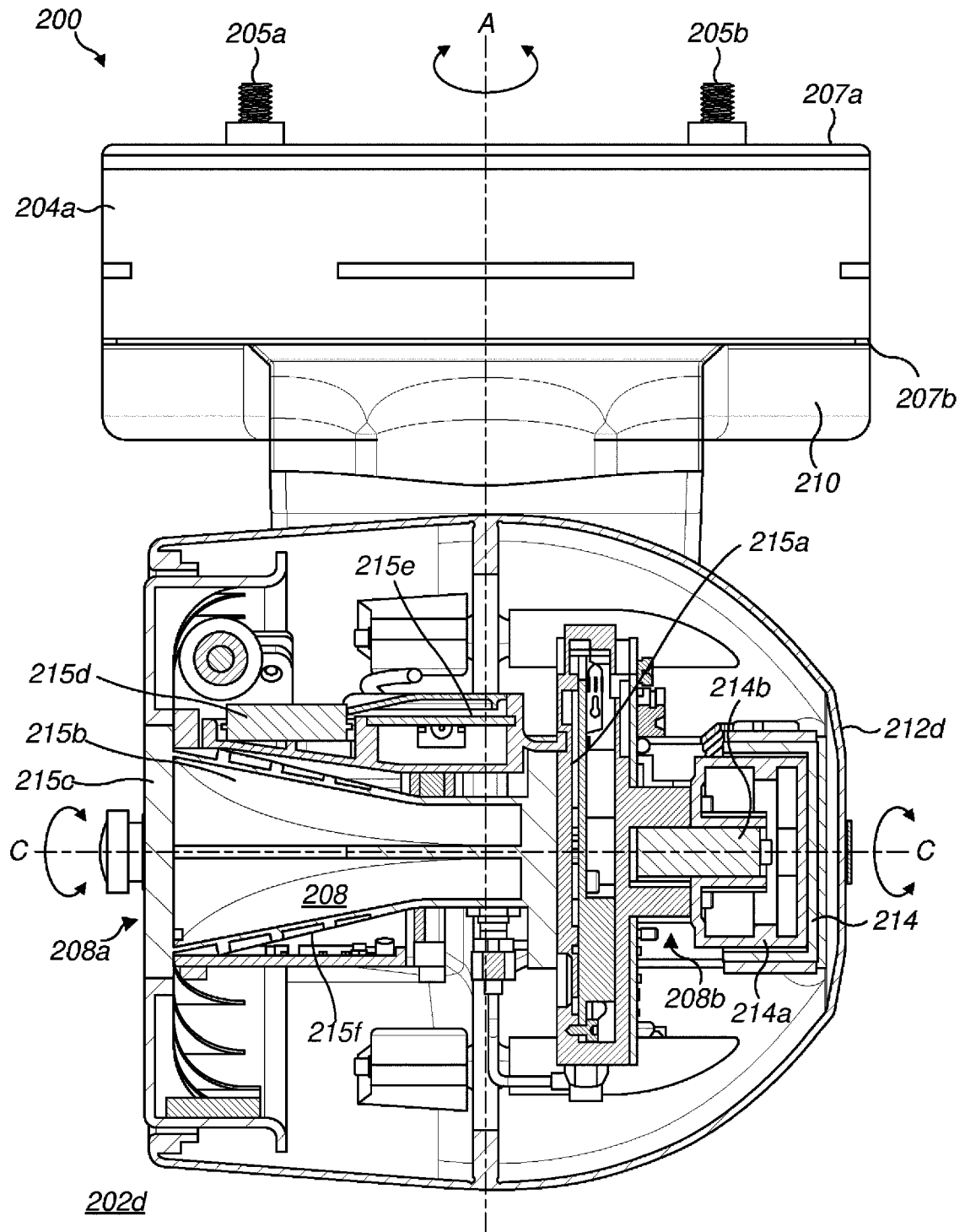


Figura 2d

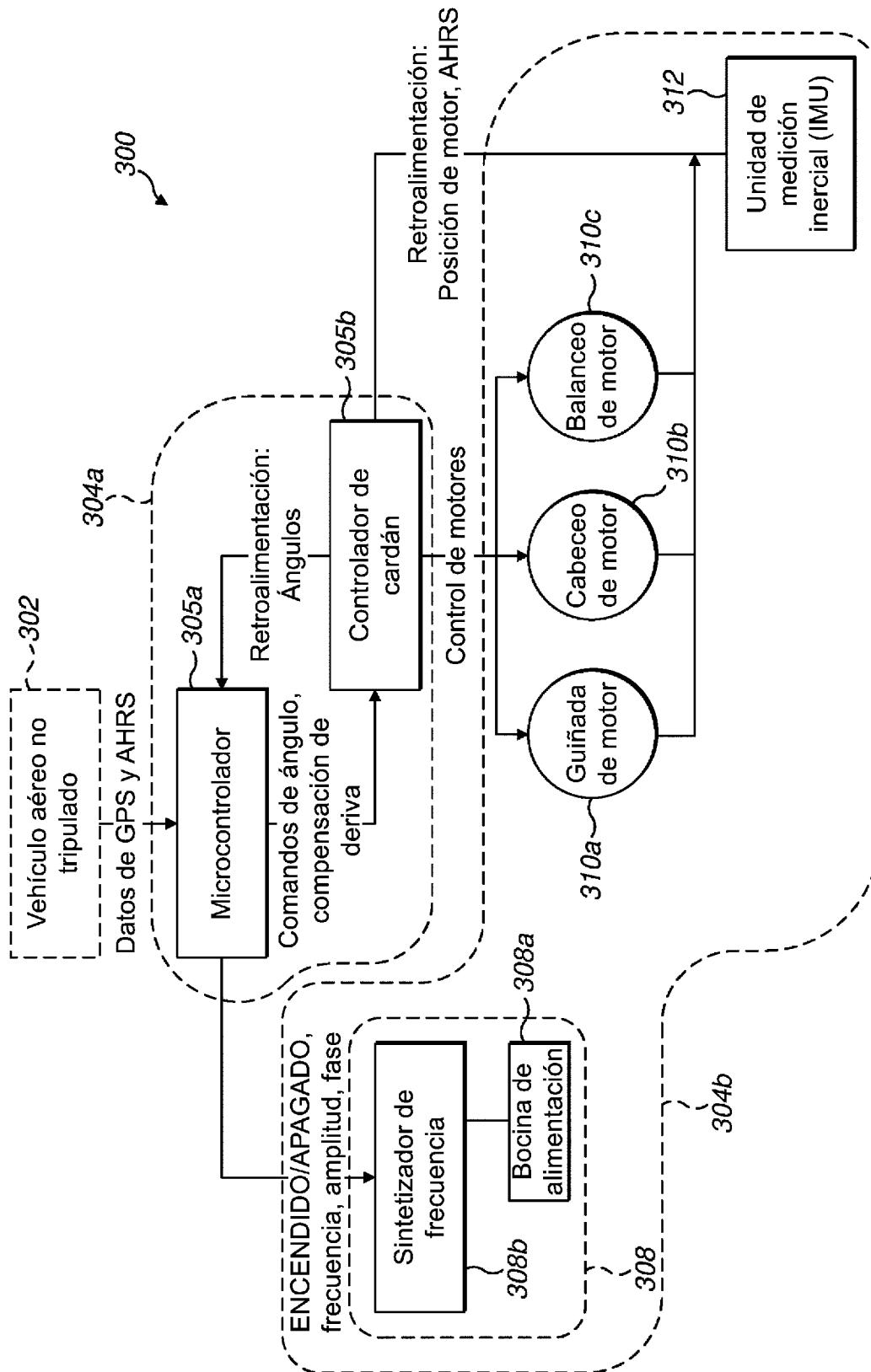


Figura 3a

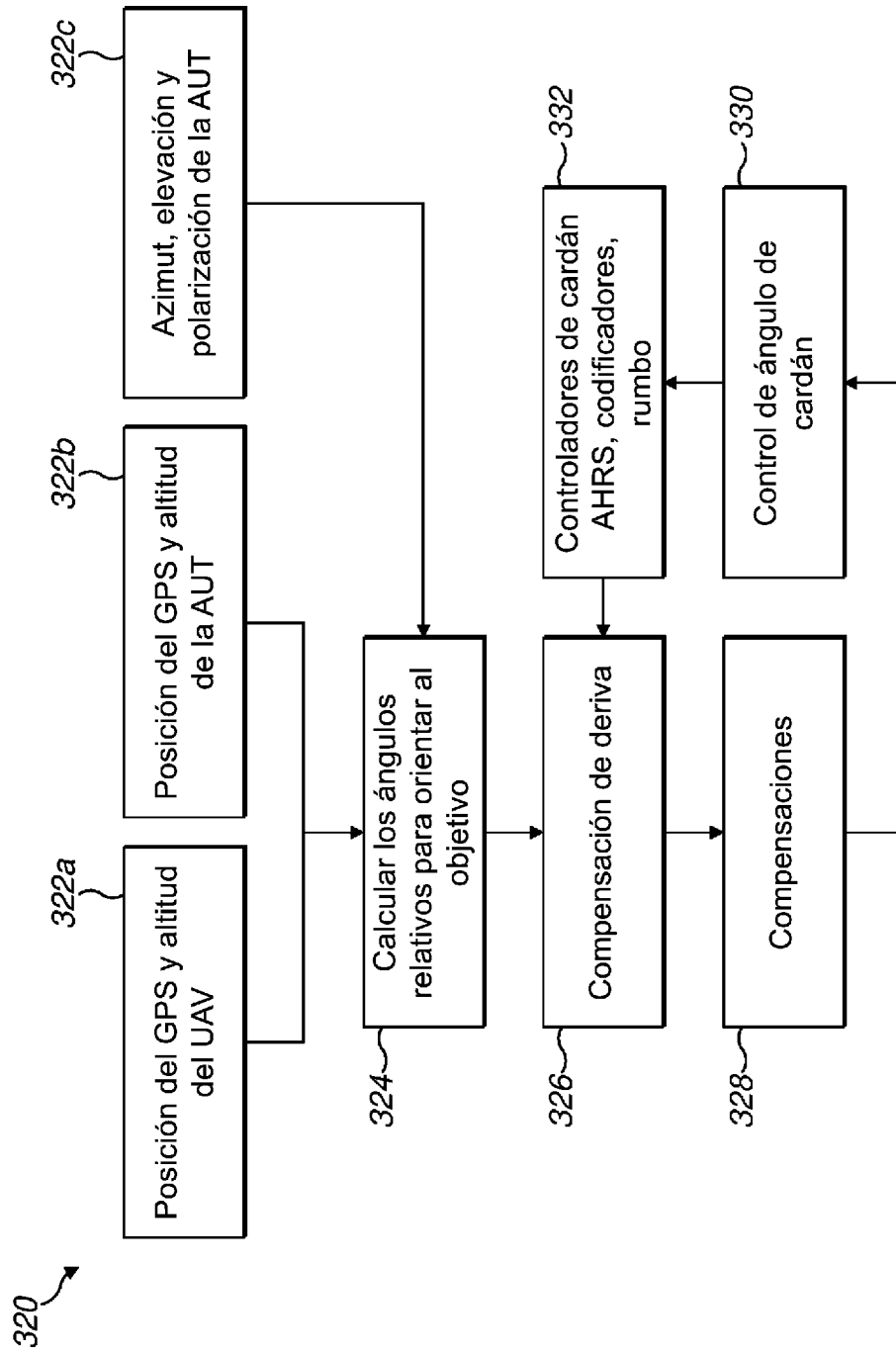


Figura 3b

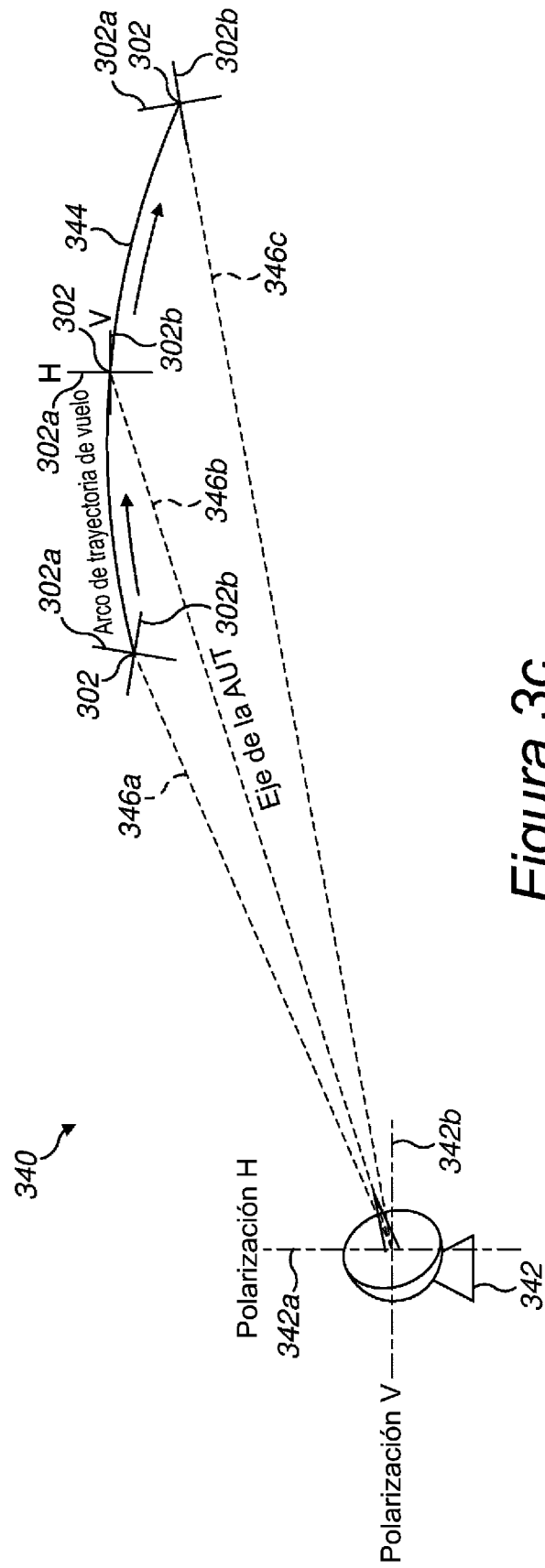


Figura 3c

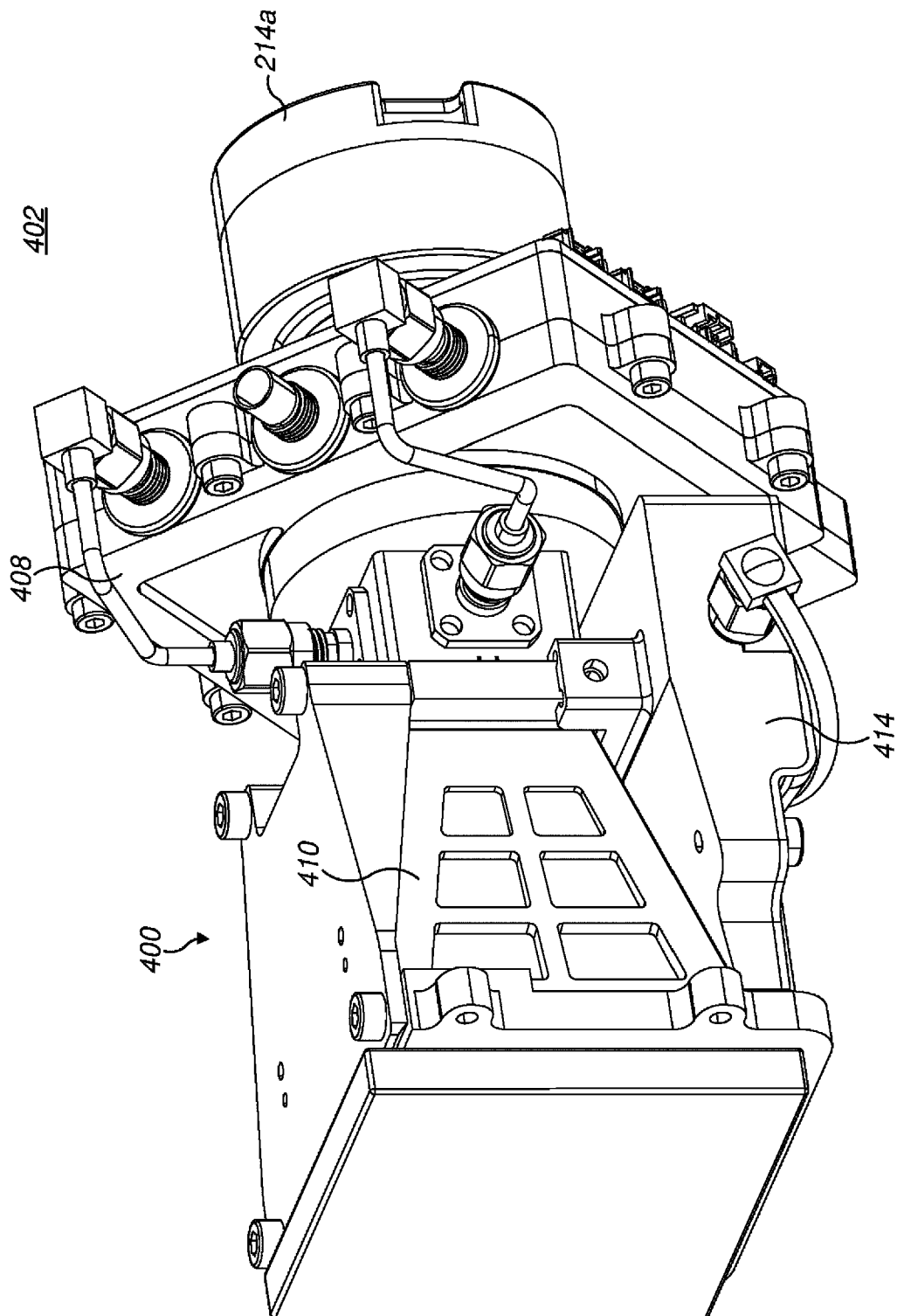


Figura 4a

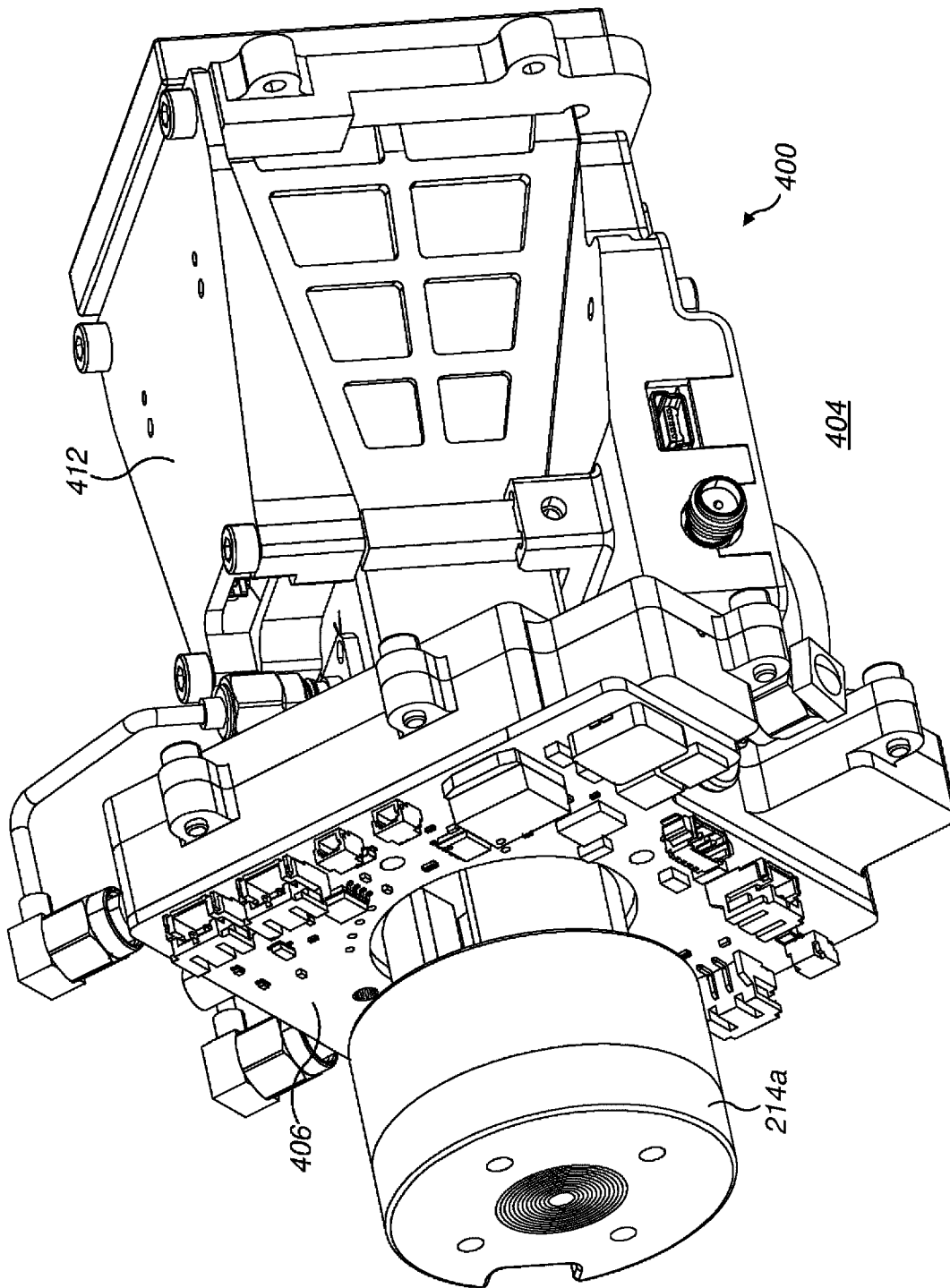


Figura 4b

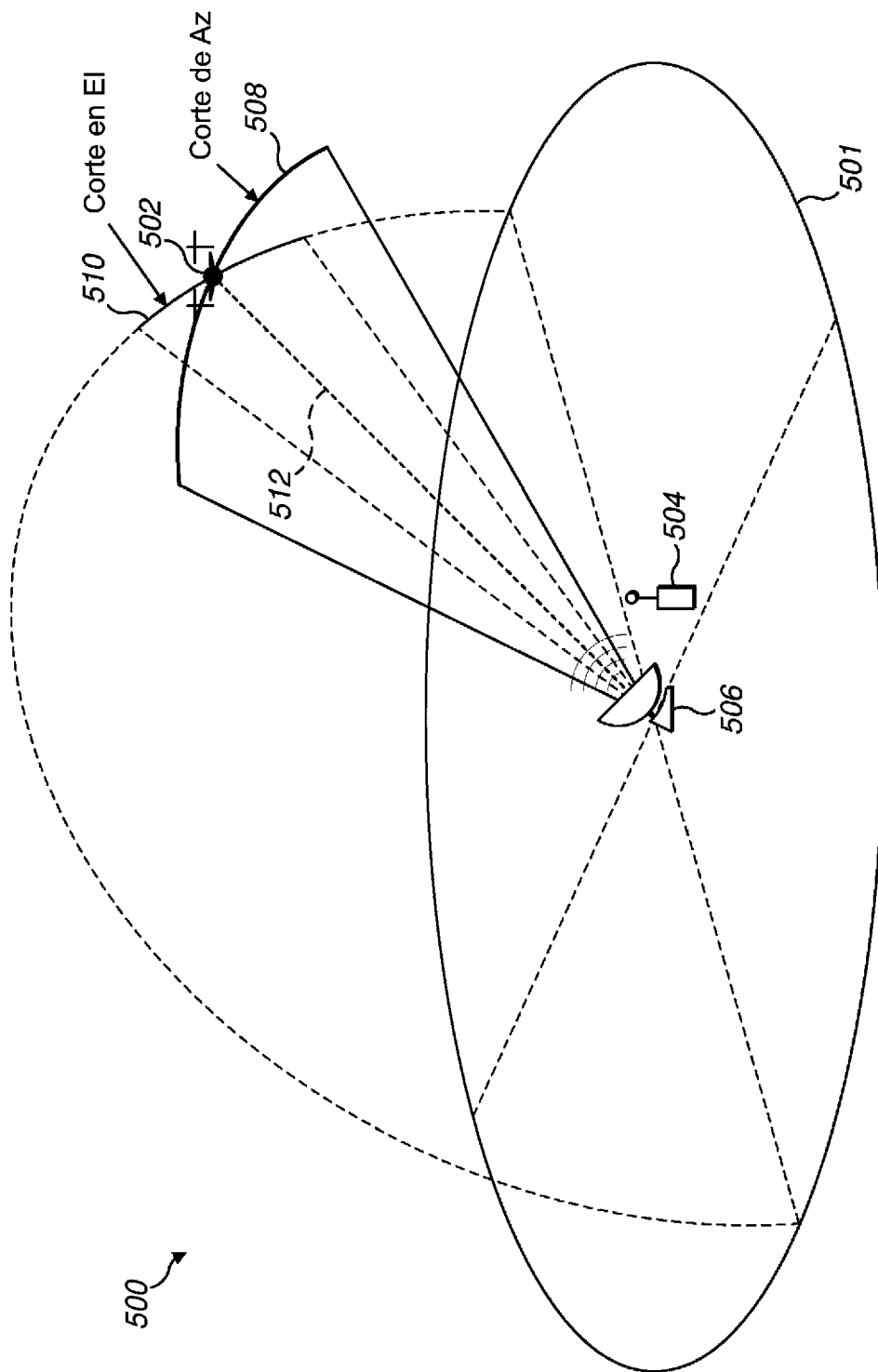


Figura 5

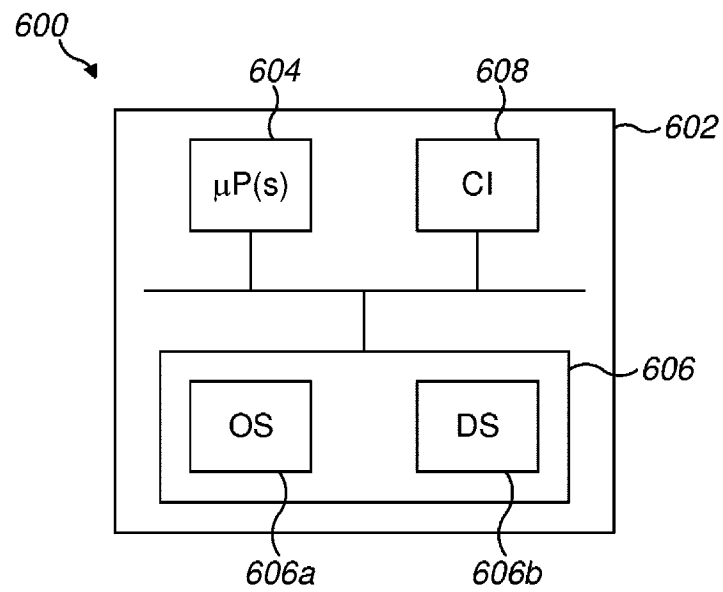


Figura 6a

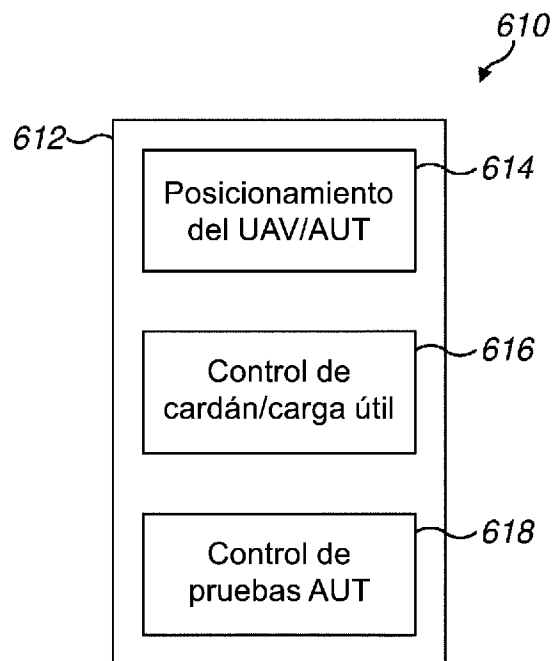


Figura 6b