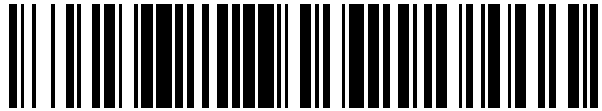


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 397 546**

51 Int. Cl.:

**G05D 1/06**

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.08.2007 E 07873304 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **31.10.2012 EP 2118713**

54 Título: **Control de aproximación de precisión**

30 Prioridad:

**19.09.2006 US 533226**

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

**07.03.2013**

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**DOCKTER, GREGORY, E.;  
CALDWELL, DONALD, G. y  
GRAHAM, JASON**

74 Agente/Representante:

**DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto**

**ES 2 397 546 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**

Control de aproximación de precisión.

5 ANTECEDENTES

La presente revelación se refiere, en general, a sistemas de guiado y control de aeronaves, y, en particular, a un sistema de mando y control de aproximación que permite a una aeronave tripulada o no tripulada que opera cerca del suelo o de la cubierta de un barco en movimiento, entregar o recoger de forma segura y precisa una carga externa que bloquea los sensores de línea de vista (LOS) directos de la aeronave al suelo o al barco.

En una operación de un helicóptero de enganche de una carga externa a una velocidad baja, es difícil obtener una altitud precisa encima del nivel del suelo (AGL), debido a que la carga interfiere típicamente con los sensores de altitud de AGL habituales del vehículo. Todos tales sensores, incluyendo los sensores de Altitud por Radar, Altitud por Ultrasonidos y Altitud por Láser, proporcionan la altitud de AGL relativamente precisa, pero necesita una ruta directa de línea de visión al suelo para determinar la distancia entre, por ejemplo, un gancho de carga o las ruedas o patines del helicóptero y el suelo.

Este problema se agrava más cuando se opera un helicóptero no tripulado u otro vehículo aéreo de baja velocidad, tal como un vehículo aéreo no tripulado (UAV) con capacidades de baja velocidad o de vuelo estacionario, cerca del suelo, y ya sea con o sin una carga externa. Un número de problemas pueden surgir cuando se transporta una carga con un helicóptero tripulado o no tripulado.

En primer lugar, y lo más importante, es que el sistema que controla al helicóptero debe conocer la localización precisa del suelo en relación con el vehículo cuando éste último está operando muy cerca del mismo. Cuando transporta una carga externa, los sensores de altitud de AGL convencionales no funcionan bien debido a que la carga a menudo oscurece su visión del suelo. Esta interferencia hace que los sensores de altitud convencionales indiquen la altitud por encima de la carga, en lugar de la altitud sobre el suelo. Esto hace que los sensores de altitud de AGL convencionales sean relativamente inútiles para cualquier sistema de control de vuelo cuando se opera cerca del suelo con una carga externa. Otras fuentes de información de altitud, tales como la Altitud Barométrica o la altitud GPS, cuando se combina con una base de datos del terreno, se pueden utilizar para proporcionar estimaciones de altitud de AGL, pero estas fuentes tiene errores que son lo suficientemente grandes para que no se pueda confiar en ellas en operaciones cercanas a la Tierra. Además, es difícil ubicar los sensores de altitud de AGL a bordo de una aeronave de tal manera que las cargas externas no interfieran en todas las condiciones.

Un segundo problema es proporcionar un mecanismo de mando conveniente y eficiente en una estación terrestre remota para operar un helicóptero no tripulado con respecto a una carga que se debe recoger o entregar en una zona de aterrizaje. El operador de la estación terrestre remota debe ser capaz de posicionar el helicóptero con precisión sobre la carga que se debe recoger, y a la inversa, debe ser capaz de entregar la carga en una localización precisa en el suelo.

Un tercer problema es proporcionar una fuente redundante de altitud de AGL para un helicóptero no tripulado cuando se trabaja cerca del suelo, incluso cuando no se está transportando una carga externa.

Típicamente, se utiliza un altímetro de radar en las operaciones de baja altitud, y es de importancia fundamental para un helicóptero tener la altitud de AGL para efectuar operaciones y aterrizajes de precisión. Si el altímetro de radar es la única fuente de altitud de AGL, la pérdida de este sensor se hace muy crítica con respecto a las operaciones de vuelo de la aeronave. Un fallo del altímetro de radar durante una aproximación, mientras se está en vuelo estacionario, o al aterrizar, podría causar graves daños o la pérdida del vehículo. Por lo tanto, una fuente redundante de altitud de AGL, independiente y precisa reduciría en gran medida la probabilidad de una ocurrencia de este tipo.

Otro problema se refiere a las operaciones del helicóptero efectuadas sobre o cerca de una plataforma móvil, tal como la cubierta de un barco. Las actualizaciones precisas y continuas de la posición y de la velocidad de un barco en movimiento son necesarias para la retroinformación al sistema de control del helicóptero para que pueda mantener con precisión la posición y la velocidad del helicóptero con relación a una zona de aterrizaje, recogida o entrega en un barco en movimiento.

60 BREVE SUMARIO

El documento GB – A - 2 224 613 desvela un sistema de mando y control de una aeronave que comprende una cámara que incluye un telémetro, que se encuentra dispuesto a bordo de una aeronave, y un sistema de navegación que se encuentra dispuesto a bordo de la aeronave. La ayuda al aterrizaje basada en cámara es una adición a un sistema de piloto automático existente. Este sistema conocido también comprende un ordenador y un controlador. Este sistema conocido utiliza una disposición triangular de tres fuentes de luz fijadas al objeto que se mueve. También el documento FR 2 727 082 desvela un sistema de mando y control de una aeronave que comprende una

cámara, un sistema de navegación, un ordenador y un controlador. Estas características se describen también en el documento norteamericano US 2003/0225487, que desvela un método para guiar una aeronave en la fase de aproximación final. Este sistema y método conocido tiene medios para la adquisición y envío de imágenes de vídeo y está conectado a una pantalla en la cabina. Las imágenes de vídeo se utilizan para identificar una pista de aterrizaje.

La presente invención proporciona un sistema de mando y control de aeronaves, que comprende:

una cámara, que incluye un telémetro, dispuesto a bordo de una aeronave, para medir un ángulo de acimut, un ángulo de elevación y una distancia de alcance oblicuo desde un punto fijo en la aeronave con relación a un punto objetivo seleccionado sobre una superficie situada debajo de la aeronave; un sistema de navegación dispuesto a bordo de la aeronave para medir la latitud y la longitud de un punto en la superficie que está dispuesto perpendicularmente debajo del punto fijo en la aeronave; un ordenador para calcular la posición del punto fijo en la aeronave con respecto al punto objetivo en la superficie a partir de las mediciones respectivas de la cámara y del sistema de navegación; y, un controlador para controlar el movimiento de la aeronave de manera que el punto fijo en la aeronave esté posicionado con un ángulo de acimut, un ángulo de elevación y una distancia oblicua seleccionados encima del punto objetivo seleccionado sobre la superficie, en el que la cámara está soportada sobre suspensiones de tipo cardán, y en el que las suspensiones de tipo cardán se utilizan para medir los ángulos de acimut y de elevación al punto objetivo.

El sistema de guiado y control de aeronaves de acuerdo con la presente invención proporciona un control mayor y más fácil de helicópteros, en particular de helicópteros no tripulados en un entorno de vuelo estacionario o de baja velocidad, y una solución simple y económica para los aterrizajes, y las operaciones con ganchos de carga sobre suelo fijo y plataformas de buques móviles, en relación con los sistemas más complicados y caros de la técnica anterior.

Sigue la descripción original, a partir de la página 3, línea 1.

El controlador del sistema ejemplar puede incluir, además, un mecanismo de seguimiento automático para mantener la posición del punto fijo en la aeronave en el ángulo de acimut, ángulo de elevación y la distancia seleccionados encima de un objeto que se está moviendo sobre la superficie, tal como un coche o una embarcación marina.

En una realización ejemplar preferida, el telémetro de la cámara comprende un telémetro láser, y la cámara está soportada en un par de suspensiones de tipo cardán que incorporan respectivamente mecanismos de medición angular, tales como codificadores de ángulos, que se utilizan para medir los ángulos de acimut y de elevación al punto objetivo.

La aeronave puede comprender un helicóptero o un vehículo aéreo que es pilotado por un piloto a bordo, o alternativamente, puede ser no tripulado, y ser controlado por un operador situado en una estación de control terrestre remota. En el caso de una aeronave no tripulada, el sistema puede incluir, además, una pantalla de Interfaz Gráfica de Usuario que es utilizable por un operador remoto de la aeronave para controlar la posición de la aeronave con respecto al punto objetivo.

El punto objetivo seleccionado puede comprender una zona de aterrizaje en el suelo, o una carga dispuesta en el mismo, o un objeto que se está moviendo en el suelo o en la superficie del agua. La superficie puede comprender una superficie de suelo, o, por ejemplo, una superficie de una embarcación marina, tal como la cubierta de un barco que se encuentra parado o en movimiento.

Un método ejemplar para controlar la posición de un punto fijo en una aeronave con un ángulo de acimut, un ángulo de elevación y una distancia seleccionados encima de un punto objetivo seleccionado sobre una superficie situada debajo de la aeronave utilizando el sistema de mando y control ejemplar de la invención, comprende medir el ángulo de acimut, el ángulo de elevación y la distancia desde el punto fijo en la aeronave con respecto al punto objetivo seleccionado con la cámara, medir la latitud y una longitud de un punto en la superficie dispuesto perpendicularmente debajo del punto fijo en la aeronave con un sistema de navegación, calcular la posición del punto fijo en la aeronave con relación al punto objetivo en la superficie por medio de las mediciones respectivas de la cámara y del sistema de navegación con un ordenador, y controlar el movimiento de la aeronave de manera que el punto fijo en la aeronave se posicione con el ángulo de acimut, el ángulo de elevación y la distancia seleccionados encima del punto objetivo seleccionado en la superficie con un controlador.

En el método ejemplar, los ángulos de acimut y de elevación al punto objetivo se miden apuntando la cámara al punto objetivo y midiendo los ángulos de acimut y de elevación utilizando las suspensiones de tipo cardán de la cámara. La distancia de línea de visión (LOS) desde la cámara hasta el punto objetivo es medida por el telémetro láser de la cámara de una manera convencional.

En una aplicación ventajosa del sistema, la aeronave comprende un helicóptero, el punto fijo comprende un gancho de carga en el helicóptero, y el método ejemplar comprende, además, posicionar el gancho de carga inmediatamente encima de una carga dispuesta en la superficie, fijar la carga al gancho de carga, y levantar la carga de la superficie con el helicóptero.

5 En una aplicación relacionada, la aeronave comprende un helicóptero, el punto fijo comprende una carga transportada debajo del helicóptero, y el método ejemplar incluye, además, posicionar la carga inmediatamente encima del punto objetivo seleccionado en la superficie, y separar la carga del helicóptero de manera que la carga quede dispuesta sobre la superficie en el punto objetivo seleccionado.

10 En otra aplicación ventajosa de "vigilancia" del sistema, el punto objetivo seleccionado puede ser un objeto que se mueve sobre la superficie, y el método ejemplar comprende, además, mantener la posición del punto fijo en la aeronave con el ángulo de acimut, con el ángulo de elevación y con la distancia seleccionados encima del objeto en movimiento.

15 En todavía otra aplicación de "aterrizaje", la aeronave puede ser un helicóptero, el punto fijo puede comprender el tren de aterrizaje del helicóptero, por ejemplo, ruedas o patines, y el método ejemplar puede comprender, además, posicionar el tren de aterrizaje inmediatamente encima del punto objetivo seleccionado, y a continuación, reducir la altitud del helicóptero hasta que el tren de aterrizaje se aplique a la superficie.

20 Las anteriores realizaciones ejemplares de la invención proporcionan un control mayor y más fácil de helicópteros, en particular de helicópteros no tripulados, en un entorno de vuelo estacionario o de baja velocidad, y una solución simple y económica para los aterrizajes y las operaciones con ganchos de cargas, tanto sobre el suelo fijo como sobre plataformas de buques en movimiento, con respecto a los sistemas más complicados y caros de la técnica anterior.

25 Una mejor comprensión de las anteriores y muchas otras características y ventajas del sistema de mando y control de aeronaves de la presente invención se puede obtener a partir de una consideración de la descripción detallada de algunas realizaciones ejemplares de la misma que siguen a continuación, en particular si tal consideración se hace en conjunto con los dibujos adjuntos, en los que los mismos números de referencia se utilizan para identificar los mismos elementos ilustrados en una o más las figuras de los mismos.

#### BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

35 La figura 1 es una vista en alzado frontal de un helicóptero equipado con una realización ejemplar de un sistema de mando y de control de acuerdo con la presente invención, que está operando sobre una superficie de suelo o de agua y con relación a un punto objetivo designado en la superficie;  
 La figura 2 es una vista en alzado lateral derecho del helicóptero de la figura 1;  
 La figura 3 es una vista en alzado lateral derecho del helicóptero, que muestra las posiciones relativas de las  
 40 diversas características del helicóptero relevantes para la operación del sistema de mando y control;  
 La figura 4 es una vista en alzado frontal del helicóptero de la figura 3;  
 La figura 5 es un diagrama de bloques funcional del sistema de mando y control ejemplar;  
 La figura 6 es un diagrama funcional de bloques más detallado de un Sistema de Gestión de Vehículos (VMS) del sistema de mando y control, y,  
 45 La figura 7 es una vista en planta de una realización ejemplar de una Interfaz Gráfica de Usuario (GUI) de la estación terrestre que puede ser utilizada por un operador remoto de un helicóptero no tripulado para controlar la posición del helicóptero relativa a un punto capturada por una cámara y telémetro láser del sistema de mando y control.

#### 50 DESCRIPCIÓN DETALLADA

Las figuras 1 y 2 ilustran, respectivamente, vistas en alzado frontal y lateral derecho de una aeronave 10, por ejemplo, un helicóptero, equipada con una realización ejemplar de un sistema de mando y control de aproximación 12 (véase la figura 5) de acuerdo con la presente invención, que se muestra operando sobre una superficie de suelo  
 55 o agua 14 y en relación con un punto objetivo seleccionado 16 situado en la superficie 14. El helicóptero puede ser tripulado, por ejemplo por un piloto, o puede ser no tripulado y controlado por un operador situado en un centro de mando remoto.

El sistema de control y mando 12 novedoso comprende una cámara 18, que incluye un telémetro, preferiblemente un telémetro láser, dispuesto a bordo de la aeronave 10 para la medición de un ángulo de acimut  $\beta$ , un ángulo de elevación  $\alpha$  y una distancia de línea de visión (LOS), o distancia oblicua, desde un punto fijo en la aeronave con relación al punto objetivo seleccionado 16 en la superficie 14 debajo de la aeronave, un sistema de navegación convencional (no ilustrado) dispuesto a bordo de la aeronave para medir la latitud y la longitud de un punto 20 en la superficie 14 que está dispuesto perpendicularmente debajo del punto fijo en la aeronave, un ordenador para  
 60 calcular la posición del punto fijo en la aeronave con relación al punto objetivo por medio de las mediciones respectivas de la cámara y del sistema de navegación, y un controlador para controlar el movimiento de la aeronave  
 65

10 de tal manera que el punto fijo en la aeronave está situado con un ángulo de acimut  $\beta$ , un ángulo de elevación  $\alpha$  y una distancia oblicua seleccionados encima del punto objetivo 16 seleccionado en la superficie 14.

5 Cualquier punto fijo en la aeronave 10 puede ser elegido como el punto de datos deseado, por ejemplo, el centro de gravedad (CG) 22 de la aeronave (véanse las figuras 3 y 4), su tren de aterrizaje 24, tal como una pluralidad de ruedas o patines ilustrados en las figuras, o una carga o eslinga (no ilustrada) dispuesta en el mismo. El punto seleccionado 16 puede comprender, por ejemplo, una zona de aterrizaje en la superficie del suelo 14, o una carga (no ilustrada) dispuesta sobre el mismo que debe ser recogida por la aeronave, o un objeto (no ilustrado) que se está moviendo sobre la superficie 14, tal como un coche o un barco. La superficie 14 puede comprender una superficie de suelo, o, por ejemplo, una superficie de una embarcación marina, tal como la cubierta de un barco, y, además, la superficie puede estar parada o en movimiento.

15 Algunos helicópteros tripulados y sustancialmente todos los no tripulados están equipados con una cámara 18 dispuesta sobre suspensiones de tipo cardán que proporciona vídeo en tiempo real del entorno del helicóptero. Esta cámara se puede utilizar para la búsqueda y vigilancia usando televisión diurna e imágenes por Infrarrojos. Muchas cámaras de este tipo también ofrecen capacidades de apuntamiento por láser, designación por láser y búsqueda de alcance por láser.

20 De acuerdo con la presente invención, la cámara 18 del sistema de mando y control 12 requerido para proporcionar un control de precisión a baja velocidad de la aeronave 10 debe tener las siguientes capacidades: debe estar soportada por suspensiones de tipo cardán que incluyen, por ejemplo, codificadores de posición angular relativamente precisos, para proporcionar mediciones relativamente precisas de los ángulos de acimut y elevación  $\beta$  y  $\alpha$  desde el punto fijo seleccionado en el helicóptero 10, tal como su CG 22, el tren de aterrizaje 24, o el gancho de carga dispuesto debajo del fuselaje de la aeronave, en relación con el punto objetivo seleccionado 16 en la superficie 14 debajo de la aeronave, tal como una zona de aterrizaje, o un punto de recogida o entrega de la carga.

30 La cámara 18 también debe tener una capacidad telemétrica relativamente precisa, preferiblemente de láser, que proporciona la distancia de LOS a la localización del suelo objetivo (u otro objeto) 16 al que se le ordena apuntar. De esta manera, la cámara proporciona mediciones de alcance o distancia, acimut y elevación desde el punto fijo en la aeronave 10 a un punto objetivo seleccionado 16 en el suelo o cualquier otra superficie 14. El punto objetivo 16 puede ser seleccionada por el piloto, en el caso de una aeronave pilotada, o por un operador situado en una estación terrestre remota, en el caso de un vehículo no tripulado, el cual está en control de la aeronave 10 y de la cámara 18. Por medio de las mediciones obtenidas por la cámara 18, a continuación la localización del punto objetivo seleccionado 16 con relación a la aeronave 10, o más específicamente, al punto fijo en la aeronave, puede ser calculada rápida y automáticamente.

40 El sistema de navegación de la aeronave 10, que puede comprender un sistema convencional de Posicionamiento Global por Satélite (GPS) o un Sistema de Navegación Inercial (INS), o ambos, que operan de forma interactiva, proporciona, a su vez, al sistema de mando y control 12 la posición absoluta, es decir, la latitud y la longitud, de la aeronave 10 con respecto a la superficie 14, o más precisamente, la posición geográfica de un punto 20 sobre la superficie 14 que está dispuesto perpendicularmente debajo del punto fijo en la aeronave 10 (véanse las figuras 1 y 2). La localización por GPS / INS del punto objetivo seleccionado 16 se determina entonces añadiendo su distancia con relación a la aeronave 10, como es determinada por la cámara telemétrica 18, a la posición absoluta 20 de la aeronave 10 con relación al suelo 14, como es determinada por el o los sistemas GPS / INS. El sistema de control de la invención utiliza esta técnica para definir inicialmente, o para refinar posteriormente, los puntos de referencia seleccionados, que a continuación son utilizados por el controlador de vuelo automático del sistema para posicionar la aeronave con relación al punto objetivo seleccionado en el suelo o en otra superficie de la manera deseada.

50 Se debe hacer notar que la precisión absoluta de la posición GPS / INS 20 no es crítica debido a que se utiliza tanto para la definición de los puntos de referencia como de la realimentación posicional utilizada para encontrar los errores de posición en el sistema de control y mando correcto 12. También se debe hacer notar que la posición relativa del punto objetivo 16 en el suelo o en otra superficie 14 se determina en todas las tres dimensiones. Todas las tres dimensiones son cruciales para el control preciso de la aeronave 10 cerca del suelo, pero la determinación de la dimensión vertical H, es decir, la altitud, proporciona una indicación redundante, relativamente precisa, del AGL y por tanto, evita la dependencia de los sensores de altitud que pueden estar ya sea inoperativos u oscurecidos por una carga transportada externamente debajo de la aeronave.

60 En el caso de una aeronave no tripulada 10, el sistema de mando y control 12 de la invención también define una interfaz de operador de la estación terrestre situada remotamente que permite el control de la cámara 18, su telémetro láser asociado, y los comandos de puntos de referencia del sistema de control de vuelo 12 de la aeronave 10. El operador de la estación terrestre remota de esta manera puede apuntar la cámara simplemente a cualquier localización 16 sobre una superficie 14 situada debajo de la aeronave para definir un punto estacionario, un punto de aterrizaje, u otro punto de referencia con respecto al cual la posición de la aeronave puede ser controlada con precisión.

65

Las figuras 1 y 2 ilustran los parámetros trigonométricos requeridos para determinar la posición del punto objetivo seleccionado 15 con relación al CG 22 de la aeronave 10, como es definido por su latitud, longitud y altitud, y por lo tanto, hasta el punto fijo relevante en la aeronave, por ejemplo, la posición de su tren de aterrizaje 24, tal como sus patines, ruedas o un gancho de carga. Por ejemplo, en las figuras 3 y 4, la cámara 18 se muestra situada a una distancia X hacia delante, y Z por debajo, del CG de la aeronave, y el tren de aterrizaje de la aeronave 24 que comprende un par de patines, se encuentra situado a una distancia S debajo del CG.

Los datos requeridos para determinar la posición del punto objetivo seleccionado 16 en el suelo 14 con relación a la cámara 18 son el ángulo de acimut  $\beta$ , el ángulo de elevación  $\alpha$  y la distancia oblicua LOS hasta el punto objetivo 16, tal como son medidos por la cámara. Con estos datos, el punto seleccionado con relación a la cámara, y desde allí, hasta el punto correspondiente en la aeronave, es determinado con precisión con un ordenador utilizando las siguientes relaciones trigonométricas.

Mediciones desde la cámara 18:

- R= Distancia oblicua al objetivo
- $\beta$ = Ángulo de acimut al objetivo (positivo es a la derecha)
- $\alpha$ = Ángulo de elevación al objetivo (positivo es hacia arriba)

Mediciones del GPS / INS:

- $\Theta$  = Ángulo de cabeceo de la aeronave
- $\Phi$  = Ángulo de balanceo de la aeronave
- $\Psi$  = Rumbo verdadero de la aeronave

Distancia al objetivo en el marco del eje del cuerpo de la aeronave:

$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R \cos \alpha \cos \beta \\ R \cos \alpha \sin \beta \\ -R \sin \alpha \end{bmatrix}$$

Distancia al objetivo en el marco del sistema de navegación:

$$\begin{bmatrix} \Delta N \\ \Delta E \\ \Delta D \end{bmatrix} = c_b^n \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix}$$

en la que:

- $\Delta N$  = distancia Norte
- $\Delta E$  = distancia Este
- $\Delta D$  = distancia Abajo

y,

$$c_b^n = \begin{bmatrix} \cos \Theta \cos \Psi & \sin \Phi \sin \Theta \cos \Psi - \cos \Phi \sin \Psi & \cos \Phi \sin \Theta \cos \Psi + \sin \Phi \sin \Psi \\ \cos \Theta \sin \Psi & \sin \Phi \sin \Theta \sin \Psi + \cos \Phi \cos \Psi & \cos \Phi \sin \Theta \sin \Psi - \sin \Phi \cos \Psi \\ -\sin \Theta & \sin \Phi \cos \Theta & \cos \Phi \cos \Theta \end{bmatrix}$$

La altitud precisa de la cámara 18 de la aeronave 10 encima del punto objetivo 16 está dada entonces por:

$$H = \Delta D.$$

Cuando se ha determinado, esta altitud puede ser ajustada entonces con relación al GC 22 de la aeronave 10, teniendo en cuenta la localización vertical y hacia adelante / atrás, o desviación, del puntero láser de la cámara con respecto al CG, y a continuación, las desviaciones del punto fijo en la aeronave, por ejemplo, sus patines de aterrizaje 24, con relación el CG de la aeronave proporcionan la altitud de AGL precisa deseada de los patines encima del punto objetivo seleccionado 16 en el suelo 14. Una determinación posicional similar relativa se puede

calcular rápidamente para cualquier otro punto fijo en la aeronave, por ejemplo, un gancho de carga o una carga dispuesto debajo del fuselaje de la aeronave.

5 La figura 5 es un diagrama de bloques funcional de los principales elementos de una realización ejemplar del sistema de mando y de control de aproximación 12 de acuerdo con la presente invención. Estos incluyen un Sistema de Gestión de Vehículos (VMS) 26 y una Estación de Control Terrestre (GCS) 28. Además, el sistema también comprende un sistema de comunicación 30 para comunicar datos y comandos de control entre el VMS 26 y la GCS 28, así como entre la cámara en el aire 18 y el control 32 de la cámara de la GCS 28. Como se ha explicado más arriba, en un vehículo tripulado o pilotado, todos los elementos del sistema están integrados a bordo de la aeronave 10, mientras que en una aeronave no tripulada controlada por un operador remoto, los elementos de la GCS 28 están situados remotamente de la aeronave en una estación de control terrestre (no ilustrada), que puede estar situada a muchos cientos o incluso miles de millas de la localización de la operación de la aeronave.

15 La figura 6 es un diagrama funcional detallado de bloques del Sistema de Gestión de Vehículos (VMS) 26 situado a bordo de la aeronave 10. Como se puede ver con referencia a la figura 6, el VMS incluye un ordenador y un número de controladores de aeronaves, así como actuadores y sensores para ellos.

20 Como se ha explicado brevemente más arriba, una aplicación ventajosa del sistema de mando y control 12 de la invención es definir una posición en vuelo estacionario de un helicóptero 10 relativa a un punto objetivo 16 en el suelo o en otra superficie 14. Esto se puede lograr de la siguiente manera.

25 En la operación normal, la cámara 18 es apuntada a un punto objetivo 16 en el suelo 14, el telémetro láser es seleccionado por el operador, y una distancia oblicua o distancia al punto objetivo 16 es medida con el telémetro. Estando la aeronave 10 en una posición conocida de longitud y de latitud, y estando en movimiento o en vuelo estacionario, los cálculos como los que se han descrito más arriba son efectuados en un ordenador del sistema y proporcionan las coordenadas del punto objetivo seleccionado 16 con respecto al punto fijo deseado en la aeronave, por ejemplo, su CG 22. El operador de la estación terrestre puede utilizar entonces esa posición como punto de referencia de desplazamiento, o alternativamente, ajustarlo a una posición cercana. A continuación, el operador envía la nueva latitud, longitud y altitud H al sistema de control de vuelo del vehículo 12, junto con un comando para 30 que la aeronave se sitúe en vuelo estacionario en la localización seleccionada. Puesto que el punto objetivo seleccionado 16 se determinó en relación con la posición de la aeronave, su precisión absoluta (es decir, relativa a la Tierra) no es importante. Sólo las suspensiones de tipo cardán de la cámara y los errores de rango afectan a la precisión relativa entre la aeronave y el punto objetivo seleccionado 16 de vuelo estacionario. Sin embargo, si la unidad de GPS de la aeronave incluye una capacidad de corrección diferencial, la exactitud absoluta del sistema será relativamente mejor.

35 De esta manera, se puede ver que en un método de operación del gancho de carga, la cámara 18 puede ser apuntada a una carga dispuesta en el suelo o en otra superficie 14, el punto de recogida de la carga "capturado" con el sistema de mando y control 12, y un piloto a bordo o un operador de la estación terrestre remota puede ordenar entonces a la aeronave 10, usando el sistema, a que vuele sobre la carga usando las entradas de posición que se ilustran en las figuras 1 y 2. El sistema de mando y control proporciona de esta manera un método muy sencillo para el piloto o el operador para situar la aeronave directamente encima de una carga. Incluso pequeños errores residuales en la posición relativa pueden ser superados por la capacidad del operador de ajustar el mando de la posición de la aeronave en relación con el punto objetivo seleccionado 16 "sobre la marcha". El operador simplemente usa la retroinformación visual de la cámara 18 para ajustar la localización ordenada.

40 Un método de operación del sistema 18 para entregar una carga en un punto objetivo preciso 16 procede de una manera similar. Específicamente, el punto objetivo seleccionado 16 se utiliza como el punto de entrega de la carga, y la distancia vertical, o altitud, H del vehículo 10 es entonces controlada por el piloto o por el operador de la estación terrestre usando el sistema de control 12 para maniobrar fácilmente la carga sobre el punto objetivo seleccionado, y en ese punto, la carga es entonces desconectada del punto fijo en la aeronave, es decir, de su gancho de carga, por la emisión de una orden al sistema de "liberar carga".

45 Otro reto para los helicópteros convencionales 10 es operar ajustadamente sobre y / o aterrizar en un objeto en movimiento, tal como un barco. Como podrá ser apreciado por los expertos en la técnica, estas operaciones son aún más difíciles de efectuar en el caso de un helicóptero no tripulado. Sin embargo, si un telémetro láser "seguro para los ojos" es comandado continuamente a que apunte a un punto objetivo 16 en, por ejemplo, una cubierta del barco en movimiento, la posición de la aeronave y la velocidad con respecto al punto apuntado por láser en el barco puede ser fácilmente determinadas utilizando las mismas técnicas que se han descrito más arriba, permitiendo así que el sistema de control 12 "cierre el bucle" en el punto objetivo 16, es decir, la zona de aterrizaje, en el barco y de esa manera posicionarse directamente sobre la zona de aterrizaje.

50 Como se puede ver de lo que antecede, el sistema 12 también se puede utilizar para asistir a un piloto u operador remoto en las operaciones llevadas a cabo con relación a un objeto en movimiento, por ejemplo, la cubierta de un barco en movimiento o un vehículo terrestre en movimiento. En efecto, con el uso de una capacidad de "seguimiento automático" de algunas cámaras 18, la posición de un objeto en movimiento puede ser seguida

automáticamente por la cámara, aliviando de esta manera al piloto o al operador remoto en la tarea, y proporcionando de esta manera un control aún mejor de la aeronave 10 en relación con el punto de objetivo en movimiento.

5 Por ejemplo, en un método ejemplar de la invención, el sistema de mando y control 12 que se puede utilizar es un medio para mantener una distancia seleccionada "segura" desde, por ejemplo, un helicóptero de vigilancia o un UAV 10, a un objeto en movimiento, tal como un vehículo terrestre que está siendo seguido por la aeronave. Mediante el uso del seguimiento automático de la cámara y de las capacidades del telémetro, la vigilancia de un objetivo en movimiento, tal como un automóvil, se puede realizar fácilmente. Por lo tanto, la posición del helicóptero en relación con el objeto en movimiento puede ser controlada para colocar el helicóptero en un ángulo preciso de elevación seleccionado, un ángulo de acimut seleccionado, y la distancia LOS o distancia oblicua seleccionada que se encuentra fuera del rango de detección del vehículo objetivo en movimiento, por ejemplo, mediante el uso de la luz del sol, luz de la luna y las sombras para tomar ventaja, y a continuación para mantenerlo allí, utilizando el mecanismo de seguimiento automático del sistema de control.

15 En otra aplicación ventajosa del sistema de mando y control 12 de la invención, el sistema también puede ser utilizado para ayudar a recuperar una aeronave no tripulada 10 durante los períodos en los que la información del GPS está bloqueada o no disponible. Durante tales condiciones, la posición de la aeronave derivará a lo largo del curso de una misión, y un UAV puede tener dificultad para volver al punto de referencia de aterrizaje. Al "cerrar el bucle" en el acimut  $\beta$  y elevación  $\alpha$  de la cámara en una zona de aterrizaje seleccionada, los puntos de aterrizaje 16 puede ser comandados y controlados sin el uso de un GPS o durante las operaciones en las que la información del GPS no se encuentra disponible. Si el punto de aterrizaje definido visualmente tiene una latitud, longitud y altitud conocidas, también es posible realimentar la información de la zona de aterrizaje conocida (es decir, latitud, longitud y altitud) definida por la cámara 18 para corregir la posición INS de la aeronave y de esta manera disminuir la velocidad de deriva del sistema inercial.

20 La precisión del sistema de mando y control 12 es generalmente una función de la precisión del telémetro láser de la cámara 18 y de los mecanismos de medición de ángulo de acimut y de elevación de la misma. Cuando se vuela a una zona de aterrizaje objetivo usando el telémetro láser en distancias de rango relativamente largas, el error de localización del objetivo puede ser mayor. El telémetro láser por lo tanto puede ser utilizado varias veces durante una aproximación para proporcionar puntos de captura actualizados y mejorar la solución cuando la aeronave 10 se aproxima a la zona de aterrizaje. Sin embargo, para distancias de telémetros láser que son relativamente cortas (por ejemplo, menos de aproximadamente 61 m (200 pies) las precisiones de los ángulos de acimut y de elevación de la cámara son menos importantes.

35 La tecnología de cámaras existente es suficiente para proporcionar los ángulos de acimut  $\beta$  y de elevación  $\alpha$  de la cámara 18 requeridos por el sistema 12 de la invención. Aunque que los actuales telémetros láser "seguros para los ojos" no tienen muy buena precisión en rangos relativamente cercanos, y de hecho, puede no funcionar a distancias de menos de 30,48 m (100 pies), el sistema de mandos de aproximación y control 12 de la aeronave 10 de la presente invención permite, sin embargo, a un piloto o al operador remoto de la estación terrestre posicionar con precisión la posición de, por ejemplo, un helicóptero, sobre un punto seleccionado 16 en una superficie 14, tal como una zona de aterrizaje o de carga. Con telémetros láser mejores, de distancia más corta, la precisión de la localización apuntada por la cámara mejorará correspondientemente, y la precisión de las localizaciones iniciales de aterrizaje mejorarán igualmente, siendo requerido el piloto o el operador de la estación terrestre realicen menos ajustes.

45 La figura 7 es una vista en planta de una realización ejemplar de una Interfaz Gráfica de Usuario de Estación Terrestre (GUI) que se puede mostrar en un panel de visualización del sistema y ser usada por el operador remoto de un helicóptero no tripulado 10 para ajustar la posición del helicóptero con relación a un punto capturado por un láser. Varios tipos de tales interfaces pueden ser utilizados, dependiendo de la misión particular que se debe realizar. La realización ejemplar particular ilustrada se puede utilizar, por ejemplo, cuando se controla el helicóptero a una zona de aterrizaje, a un punto de recogida de carga o un punto de entrega de carga. Las distancias indicadas en esta interfaz se pueden visualizar en cualesquiera unidades que sean útiles y significativas para el operador de la estación terrestre. En la realización particular ilustrada, las distancias se muestran en incrementos de una décima de pie.

50 Ahora, los expertos en esta técnica apreciarán que muchas modificaciones, sustituciones y variaciones se pueden hacer en y a los métodos y aparatos del sistema de mando y control de aproximación de la aeronave de la presente invención. Por lo tanto, el alcance de la presente invención no se debe limitar al de las realizaciones particulares ilustradas y descritas en la presente memoria descriptiva, ya que sólo son de naturaleza ejemplar, sino que, por el contrario, deben ser totalmente acordes con el de las reivindicaciones adjuntas a la presente memoria descriptiva y a continuación y a sus equivalentes funcionales.



**REIVINDICACIONES**

1. Un sistema de mando y control (12) de aeronaves, que comprende:
  - 5 una cámara (18), que incluye un telémetro, dispuesta a bordo de una aeronave para medir un ángulo de acimut, un ángulo de elevación y una distancia oblicua desde un punto fijo en la aeronave con relación a un punto objetivo seleccionado (16) que se encuentra situado en una superficie (14) debajo de la aeronave; un sistema de navegación dispuesto a bordo de la aeronave para medir la latitud y la longitud de un punto en la superficie que está dispuesto perpendicularmente debajo del punto fijo en la aeronave;
  - 10 un ordenador adaptado especialmente para calcular la posición del punto fijo en la aeronave con respecto al punto objetivo (16) en la superficie a partir de las mediciones respectivas de la cámara (18) y del sistema de navegación, y, un controlador que controla el movimiento de la aeronave de manera que el punto fijo en la aeronave se encuentre situado con un ángulo de acimut, un ángulo de elevación y una distancia oblicua seleccionados por encima del punto objetivo seleccionado en la superficie, en el que la cámara está soportada por suspensiones de tipo cardán, y en el que la cámara está soportada con suspensiones de tipo cardán y en el que las suspensiones de tipo cardán se utilizan para medir los ángulos de acimut y de elevación al punto objetivo.
2. El sistema de la reivindicación 1, en el que el telémetro de la cámara (18) comprende un telémetro láser.
3. El sistema de cualquiera de las reivindicaciones 1 - 2, en el que el sistema de navegación comprende al menos uno de entre un sistema de Posicionamiento Global por Satélite (GPS) y un Sistema de Navegación Inercial (INS).
4. El sistema de cualquiera de las reivindicaciones 1 - 3, en el que la aeronave comprende un helicóptero u otro vehículo aéreo.
5. El sistema de cualquiera de las reivindicaciones 1 - 4, en el que la aeronave es no tripulada.
6. El sistema de la reivindicación 5, en el que la aeronave es controlada desde una estación de control terrestre (28) remota de la aeronave.
7. El sistema de la reivindicación 6, que comprende, además, una Interfaz Gráfica de Usuario (GUI) utilizable por un operador de la aeronave para controlar la posición de la aeronave con respecto al punto objetivo.
8. El sistema de la reivindicación 5, en el que la superficie (14) comprende una superficie de una embarcación marina.
9. El sistema de la reivindicación 8, en el que la embarcación marina está en movimiento.
10. El sistema de cualquiera de las reivindicaciones 1 - 9, en el que el punto objetivo (16) comprende un objeto que se mueve sobre la superficie (14), y comprende, además, un mecanismo de seguimiento para mantener automáticamente la posición del punto fijo en la aeronave con el ángulo de acimut, el ángulo de elevación y la distancia oblicua seleccionados por encima del objeto en movimiento.
11. Un método para controlar la posición de un punto fijo en una aeronave con ángulo de acimut, un ángulo de elevación y una distancia oblicua seleccionados por encima de un punto objetivo seleccionado que se encuentra sobre una superficie situada debajo de la aeronave, comprendiendo el método:
  - 50 medir un ángulo de acimut, un ángulo de elevación y una distancia oblicua desde el punto fijo en la aeronave con relación a un punto objetivo seleccionado (16) situado sobre una superficie (14) situada debajo de la aeronave con una cámara (18) que tiene un telémetro; estando soportada la citada cámara sobre suspensiones de tipo cardán, siendo utilizadas las citadas suspensiones de tipo cardán para medir los citados ángulos de acimut y de elevación.
  - 55 medir la latitud y la longitud de un punto en la superficie que está dispuesto perpendicularmente debajo del punto fijo en la aeronave, con un sistema de navegación;
  - calcular la posición del punto fijo en la aeronave con respecto al punto objetivo en la superficie por medio de las mediciones respectivas de la cámara (18) y del sistema de navegación con un ordenador, y,
  - 60 controlar el movimiento de la aeronave de manera que el punto fijo en la aeronave esté situado con el ángulo de acimut, el ángulo de elevación y la distancia oblicua seleccionados por encima del punto objetivo seleccionado en la superficie con un controlador.
12. El método de la reivindicación 11, en el que la aeronave comprende un helicóptero y el punto fijo comprende un gancho de carga situado en el helicóptero, y que comprende además:
  - 65 colocar el gancho de carga inmediatamente encima de una carga dispuesta en la superficie;
  - fijar la carga al gancho de carga, y,

levantar la carga de la superficie con el helicóptero.

13. El método de la reivindicación 11, en el que la aeronave comprende un helicóptero y el punto fijo comprende una carga transportada debajo del helicóptero, y que comprende, además:

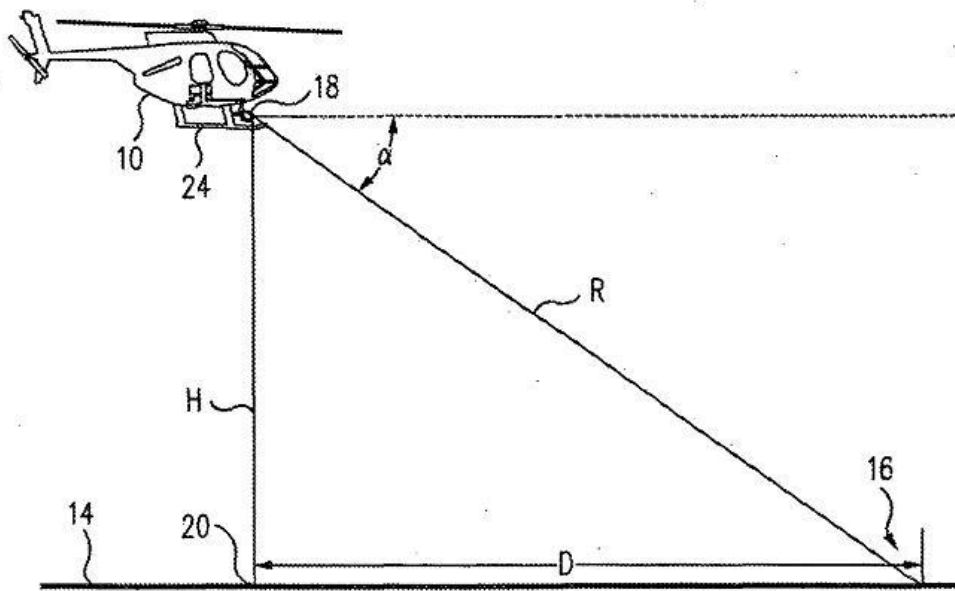
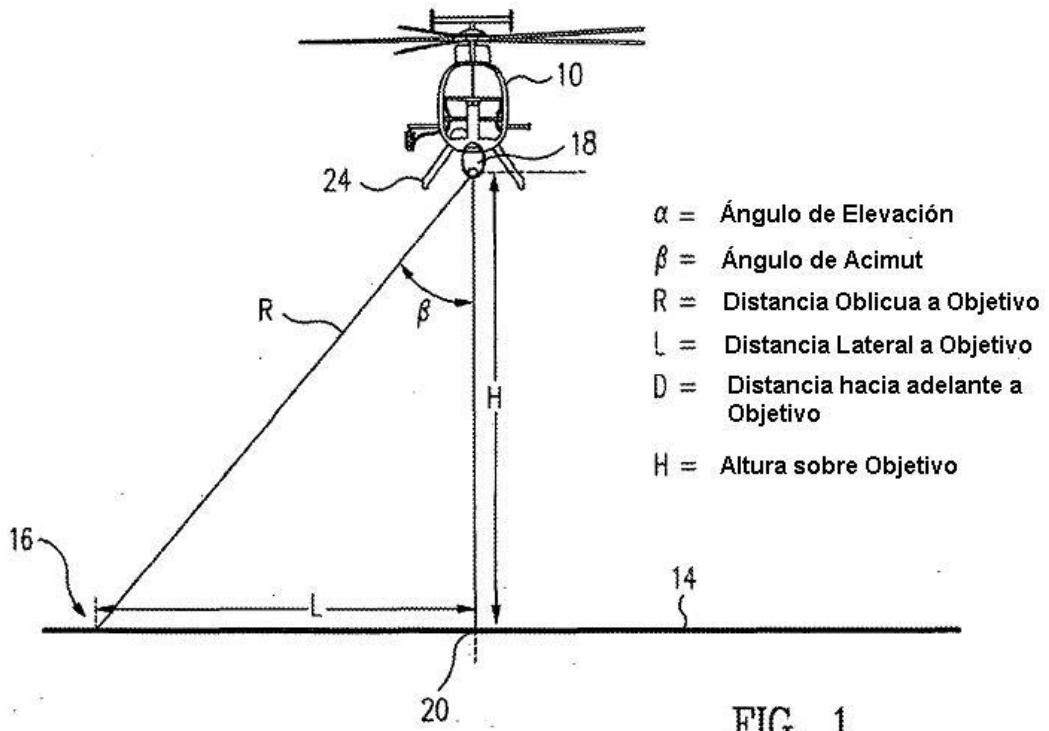
5                   colocar la carga inmediatamente encima del punto objetivo seleccionado en la superficie, y,  
separar la carga del helicóptero de tal manera que la carga quede dispuesta sobre la superficie en el punto  
objetivo seleccionado en la superficie.

10 14. El método de la reivindicación 11, en el que el punto objetivo seleccionado es un objeto que se mueve sobre la  
superficie, y que comprende, además:

15                   mantener la posición del punto fijo en la aeronave en el ángulo de acimut, ángulo de elevación y distancia  
oblicua seleccionados por encima del objeto en movimiento.

15 15. El método de la reivindicación 11, en el que la aeronave es un helicóptero y el punto fijo comprende un tren de  
aterrizaje del helicóptero, y comprende, además:

20                   posicionar el tren de aterrizaje inmediatamente encima del punto objetivo seleccionado, y,  
disminuir la altitud del helicóptero hasta que el tren de aterrizaje se aplique a la superficie en el punto objetivo  
seleccionado.



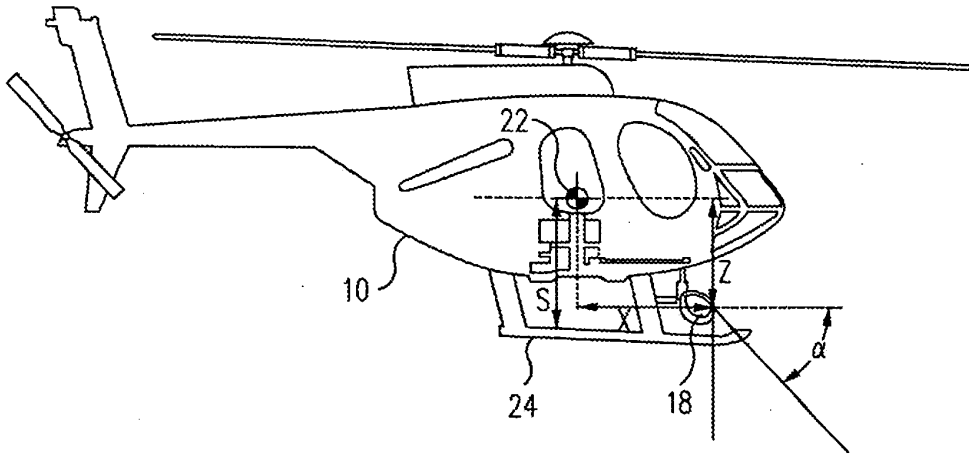


FIG. 3

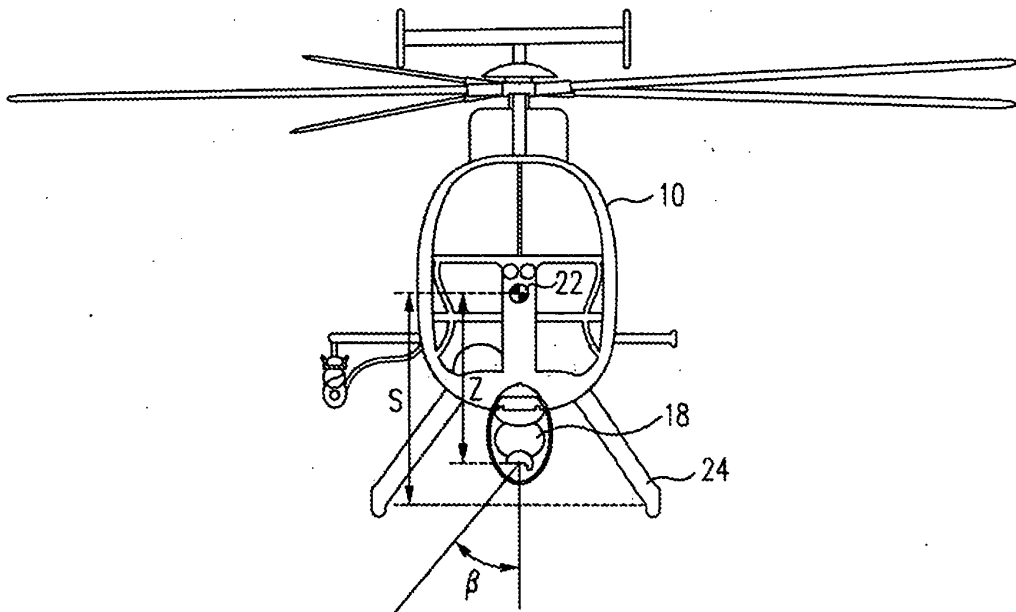


FIG. 4

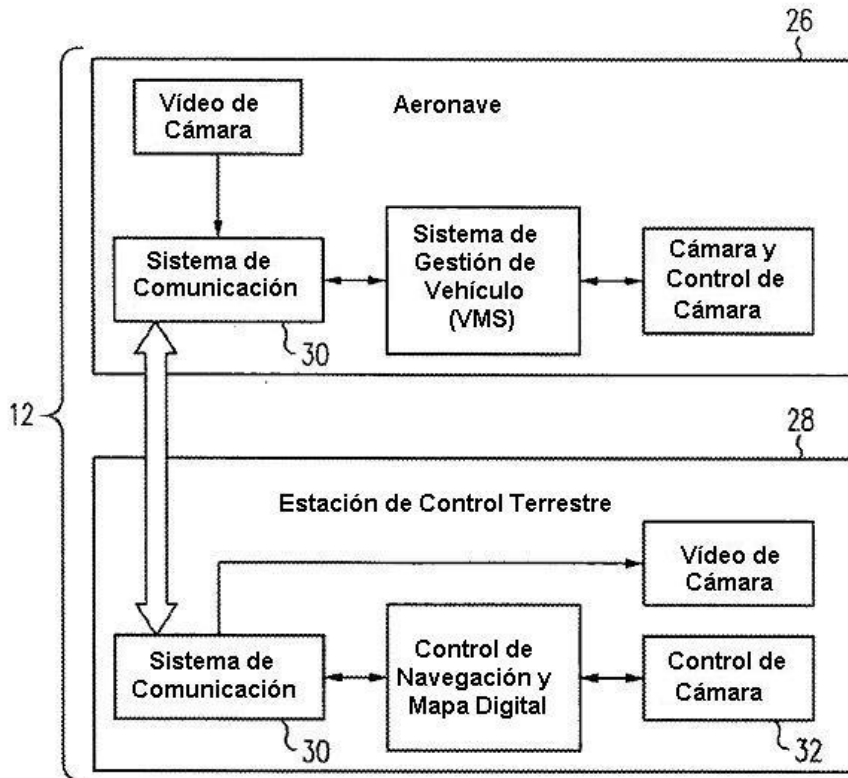


FIG. 5

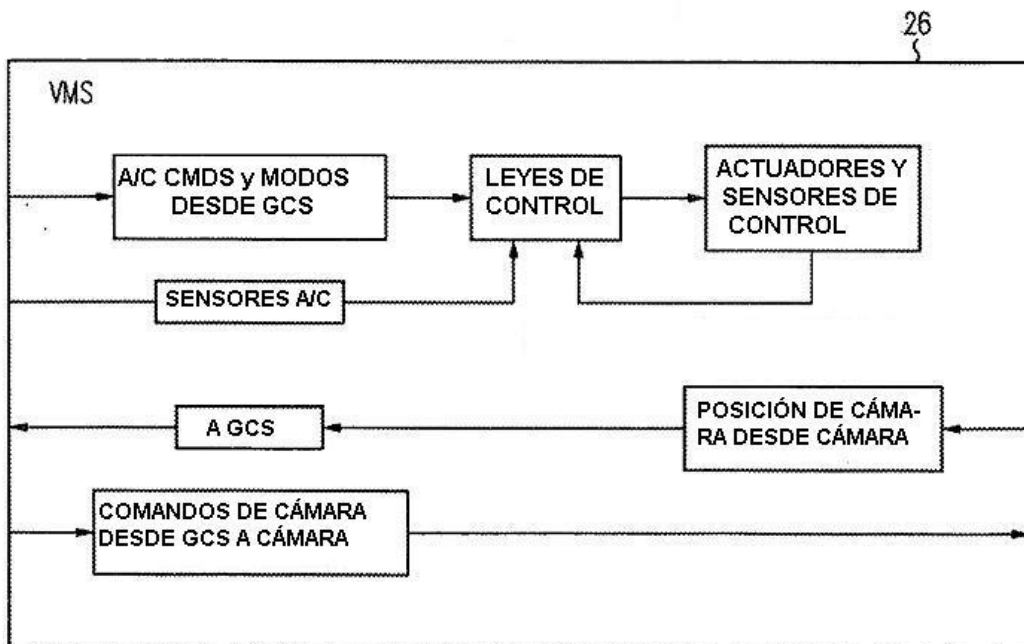


FIG. 6

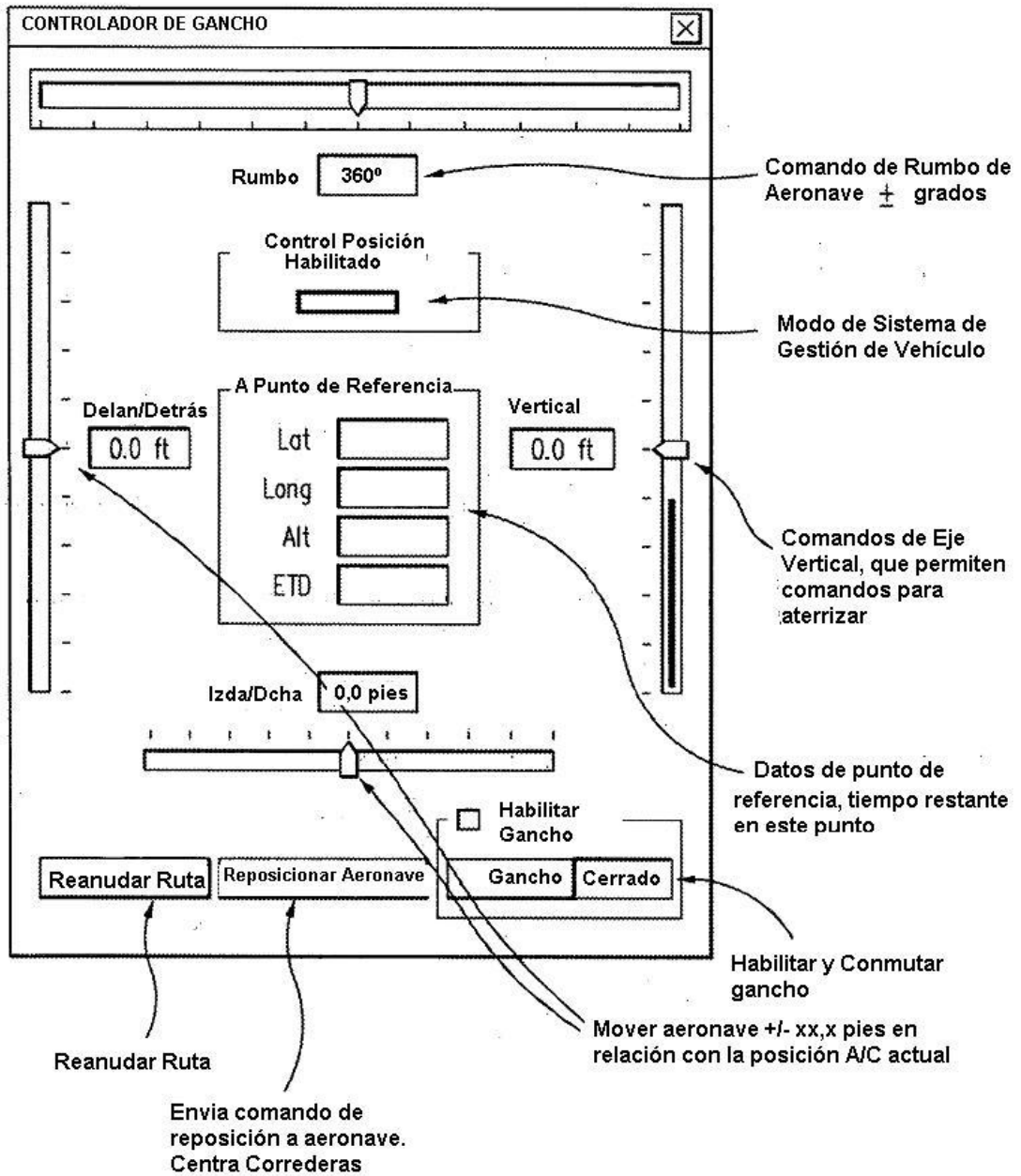


FIG. 7