



19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 375 935**

51 Int. Cl.:  
**G06T 7/20** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **04760776 .7**

96 Fecha de presentación : **16.01.2004**

97 Número de publicación de la solicitud: **1590770**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **02.11.2005**

54 Título: **Sistema de compensación de velocidad de sobrevuelo durante la estabilización de una cámara aero-transportada.**

30 Prioridad: **17.01.2003 US 440983 P**  
**15.01.2004 US 758684**

73 Titular/es: **INSITU, Inc.**  
**118 East Columbia River Way**  
**Bingen, Washington 98605, US**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**07.03.2012**

72 Inventor/es: **Mercadal, Mathieu y**  
**Vonflotow, Andreas, H.**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**07.03.2012**

74 Agente: **Miltenyi, Peter**

**ES 2 375 935 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 compensación de velocidad de sobrevuelo durante la estabilización de una cámara aerotransportada.

5 La tecnología descrita se refiere a un aparato para la estabilización de la dirección en que apunta una cámara aerotransportada.

10 La dirección en que apunta o línea de visión de una cámara aerotransportada fijada en el cuerpo de una aeronave se mueve correspondientemente cuando la aeronave realiza una maniobra. Por ejemplo, cuando la aeronave voltea, la cámara voltea hacia arriba o hacia abajo dependiendo en qué lado de la aeronave esté montada. Si la cámara se estabiliza inercialmente, en vez de estar fijada en el cuerpo de la aeronave, su línea de visión permanecerá en una dirección fija relativa al cuerpo de la aeronave mientras la aeronave maniobra. Cuando la cámara se estabiliza inercialmente, su campo de visión barre a través de una escena a una velocidad igual a la velocidad de sobrevuelo de la aeronave. Por ejemplo, si la cámara apunta directamente hacia abajo con su escáner alineado con el cuerpo de la aeronave y la aeronave está viajando a 360 mph y si el campo de visión de la cámara es una milla, entonces un objeto entrando en el campo de visión puede salir del campo de visión en 10 segundos.

15 La estabilización inercial se efectúa típicamente montando una cámara aerotransportada con un sistema de suspensión cardan, y guiando la suspensión cardan en base al roll, el pitch y el heading de la aeronave. Tal montaje puede resultar en un direccionamiento estabilizado de alta calidad, pero la velocidad de sobrevuelo de la aeronave no se elimina. Las entradas del operador se utilizan para realizar cambios en la línea de visión para compensar la velocidad de sobrevuelo. Tales sistemas están descritos en las patentes US5897223; US3638502; US4989466; US4643539; y US5184521. La figura 1 ilustra una técnica anterior que no corrige la velocidad de sobrevuelo de la aeronave sobre el blanco. En dicha técnica anterior, la línea de visión de la cámara se estabiliza inercialmente. En este ejemplo, cuando la aeronave 100 realiza círculos 101, la línea de visión de la cámara barre un círculo 102. La estabilización barre el área de la imagen a través del suelo a una velocidad igual a la velocidad de sobrevuelo de la aeronave. Para compensar la velocidad de sobrevuelo, el operador tendría que mantener manualmente la cámara apuntando al blanco.

20 US-A-5967458 describe un aparato que permite a un proyectil seguir un objeto, en donde el objeto se mueve relativamente al proyectil. El proyectil incluye un cuerpo que generalmente está definido por la carcasa del proyectil. Se le añade una plataforma al cuerpo para permitir el movimiento relativo entre el cuerpo y la plataforma. Se añade un giroscopio a la plataforma para permitir el movimiento relativo entre giroscopio y plataforma. Un controlador genera comandos de control para desplazar el giroscopio y la plataforma para seguir el objeto. El controlador desplaza en primer lugar el giroscopio a una orientación predeterminada de acuerdo con la posición del objeto. El controlador genera entonces comandos de control para desplazar la plataforma para alinear la plataforma con el giroscopio en una orientación predeterminada.

25 GB-A-1116801 describe un misil guiado hacia un blanco mediante señales de radio desde un centro de comando separado. El misil lleva una cámara de TV fija que transmite, al centro, señales correspondientes a la posición angular del blanco relativa al eje longitudinal del misil.

30 US-A-5347910 describe un sistema de adquisición de blancos para un sistema ligero de defensa aéreo. Un sistema de proyección proyecta una retícula en un cristal de visión y un proyector de retícula se conecta comandado por un sensor/buscador de infrarrojos que se utiliza en el misil, y/o un scanner/buscador infrarrojo hacia adelante (FLIR). La proyección en el cristal también informa a la persona que dispara hacia donde apunta el scanner/buscador infrarrojo suelto en relación con la dirección en la que la persona que dispara está viendo la torreta para asegurar que el misil y la torreta están apuntando hacia el mismo blanco. El scanner/buscador FLIR está montado en uno de los brazos de la munición y apuntando en la misma dirección que los misiles montados en que los brazos de munición apuntan. La señal del scanner/buscador FLIR puede ser utilizada en un modo de búsqueda automática para dirigir los motores de la cabina y el brazo. Durante la búsqueda manual y cuando se inicia la búsqueda automática, la electrónica de control obtiene señales de forma continua y almacena los valores de búsqueda de elevación y azimut.

35 Por tanto, es un objetivo de la presente invención el proporcionar un procedimiento mejorado para controlar la orientación de un dispositivo que está montado en un vehículo en movimiento para que permanezca fijo en un blanco, así como el correspondiente sistema y programa de ordenador en un medio de almacenaje.

Este objetivo se cumple mediante la materia de las reivindicaciones independientes.

Realizaciones preferidas se definen mediante las reivindicaciones dependientes.

40 La compensación automática de la velocidad de sobrevuelo de una aeronave provoca que la línea de visión permanezca fija en una posición seleccionada relativa al suelo. Si el sistema de suspensión cardan realiza esta compensación automáticamente, entonces el operador se ve exento de tener que hacerlo él mismo.

## 65 Figuras

La Figura 1 ilustra una técnica conocida que requiere que el operador corrija la velocidad de sobrevuelo de la aeronave hacia el blanco.

## ES 2 375 935 T3

La Figura 2 ilustra un sistema de compensación en donde la línea de visión de la cámara no está inercialmente estabilizada sino que se le da una velocidad angular.

La Figura 3 ilustra el efecto de esta compensación en la secuencia de imágenes creada por la cámara.

La Figura 4 ilustra como se calcula la velocidad angular de la línea de visión requerida.

La Figura 5 es un diagrama que ilustra los marcos de referencia utilizados en el sistema de compensación.

La Figura 6 es un diagrama de flujo que ilustra el procesamiento de un componente que establece la posición del blanco en un ejemplo.

La Figura 7 es un diagrama de flujo que ilustra el procesamiento de un componente que fija el blanco en una realización.

### Descripción detallada

Se proporciona un procedimiento y un sistema para mantener la línea de visión de una cámara aerotransportada fijada en un blanco compensando la velocidad de sobrevuelo de la aeronave. El sistema de compensación comanda automáticamente una velocidad angular de la línea de visión para mantener la cámara apuntando al blanco (p.ej., una localización seleccionada en el suelo) que se está sobrevolando. Esta velocidad angular de la línea de visión se computa basándose en la velocidad de sobrevuelo de la aeronave y en un vector desde la aeronave hacia el blanco. Esta compensación automática para la velocidad de sobrevuelo de la aeronave provoca que la línea de visión permanezca fijada en un blanco. El sistema de compensación guía un sistema de suspensión cardan en el que se monta la cámara para realizar la compensación automáticamente. Como resultado de ello, la cámara puede permanecer apuntando al blanco sin necesidad de intervención del operador.

En una realización, el sistema de compensación calcula los radianes por segundo en las direcciones de escaneo e inclinación que la cámara necesita mover para compensar la velocidad de sobrevuelo de la aeronave. El sistema de compensación calcula periódicamente (p.ej., 20 veces por segundo) los radianes y ajusta el control angular del gyro del sistema de suspensión cardan. El sistema de compensación calcula tanto el ajuste estático como el dinámico. El ajuste estático representa la diferencia en radianes entre la línea de visión actual de la cámara y la línea de visión de la cámara necesaria basándose en las posiciones actuales de la aeronave y el blanco. El ajuste dinámico representa los radianes por segundo que la cámara necesita mover para compensar la velocidad de sobrevuelo. El sistema de compensación combina los ajustes estáticos y dinámicos para realizar el ajuste actual. Los ajustes dinámicos permiten realizar ajustes suaves y continuos basados en la velocidad, mientras que los ajustes estáticos tienden a corregir los errores acumulados en la línea de visión. El sistema de compensación puede aplicar un factor de peso a los ajustes estáticos y dinámicos. Por ejemplo, si la posición de la aeronave no es muy precisa, entonces se les puede dar un peso bajo a los ajustes estáticos relativo a los ajustes dinámicos porque el ajuste dinámico podría suponerse más preciso. Combinando los ajustes estáticos y dinámicos, el sistema de compensación puede mantener de forma más precisa la línea de visión de la cámara hacia el blanco.

La figura 2 ilustra la línea de visión de una cámara a la que se le aplica una velocidad angular por parte del sistema de compensación. Esta velocidad angular compensa la velocidad de sobrevuelo de la aeronave respecto al blanco. El centro del área captada se mantiene fija en una localización en el suelo. La aeronave 200 viaja a una velocidad representada por el vector  $V_{NED}$ . Inicialmente, la línea de visión de la cámara está en la dirección representada por el vector 201. Como la aeronave vuela a la velocidad  $V_{NED}$ , la velocidad angular de la cámara se representa mediante el vector 207. La línea de visión de la cámara transiciona a través del vector 201 al vector 206 para mantener la línea de visión en el blanco.

La figura 3 ilustra el efecto de la compensación en una secuencia de imágenes creada por una cámara. Esta compensación provoca que el campo de visión permanezca fijo en una localización seleccionada, en vez de barrer a lo largo de ella a una velocidad de sobrevuelo de la aeronave. En este ejemplo, mientras la aeronave 300 rodea 301, la línea de visión de la cámara permanece en el blanco 302.

La figura 4 ilustra un cálculo de la velocidad angular de la cámara para mantener la línea de visión centrada en un blanco. El cálculo emplea la velocidad relativa entre la aeronave y el blanco, junto con el vector de la aeronave hacia el blanco. Éste cálculo se realiza de forma continua, a medida que la velocidad y posición de la aeronave cambian y la localización del blanco cambia. El sistema de compensación adquiere inicialmente 401 la posición del blanco mediante, por ejemplo, un operador que centre la cámara en el blanco. El sistema de compensación actualiza entonces 402 la línea de visión basada en la posición actual de la aeronave y la posición del blanco. El sistema de compensación calcula 403 la relación de cambio de la línea de visión basada en la posición actual de la aeronave y la posición del blanco junto con la velocidad relativa entre la aeronave y el blanco. La actualización de la línea de visión es el ajuste estático, y la actualización de la relación de cambio es el ajuste dinámico.

El sistema de compensación realiza un loop calculando los ajustes estáticos y dinámicos. El ajuste dinámico permite ajustar la línea de visión de forma continua, es decir que el sistema cardan se mueve a la relación angular específica entre los cálculos. El ajuste estático permite corregir la línea de visión debido a los errores acumulados provocados

## ES 2 375 935 T3

por el ajuste dinámico y ajustes estáticos previos. Si el ajuste dinámico no se realizara, el error entre ajustes estáticos sería mucho mayor.

La figura 5 es un diagrama que ilustra los marcos de referencia utilizados en el sistema de compensación en una realización. El marco de referencia terrestre se representa por coordenadas norte N, este E, y abajo D. La posición de la aeronave, que puede ser proporcionada por un altímetro y un sistema GPS, está en el marco de referencia terrestre. El marco de referencia del cuerpo de la aeronave está representado por coordenadas heading B1, pitch B2 y roll B3 que pueden estar proporcionadas por los gyro's de la aeronave. El marco de referencia de la cámara se representa por las coordenadas de línea de visión C1, inclinación C2 y escaneo C3. En una realización, la cámara es controlada por un sistema de estabilización inercial que controla los motores del sistema de suspensión cardan para controlar la orientación de los ejes de la cámara C1, C2 y C3. El sistema de compensación recibe información del escaneo de la cámara y el ratio de inclinación desde los ratios de gyro de la cámara y ajusta estos ratios para tener en cuenta en la velocidad de sobrevuelo. El sistema de estabilización inercial mantiene la orientación de la cámara para compensar las maniobras de la aeronave.

El sistema de compensación introduce la altitud del blanco y una indicación de la línea de visión de la cámara cuando apunta al blanco. El sistema de compensación calcula inicialmente la posición del blanco en el marco de referencia terrestre  $R^E$  utilizando la posición de aeronave  $R^E$ . Entonces, el sistema de compensación ajusta repetidamente los ángulos del sistema cardan para que el blanco esté en la línea de visión de la cámara para compensar la velocidad de sobrevuelo. El sistema de compensación calcula la velocidad de la aeronave relativa al blanco y ajusta los ángulos del sistema cardan mientras la aeronave se mueve, de tal manera que el blanco permanecerá en la línea de visión. Este ajuste se refiere a la diferencia dinámica en la línea de visión dado que compensa el movimiento de la aeronave relativo al blanco. Dado que los ajustes pueden no compensar perfectamente la velocidad de sobrevuelo, el sistema de compensación calcula también la diferencia estática entre la línea de visión actual de la cámara y la línea de visión necesaria para apuntar al blanco. El sistema de compensación incluye esta diferencia estática en el ajuste de los ángulos del sistema cardan. Así, los ajustes por diferencias dinámicas basados en la velocidad compensan la velocidad de sobrevuelo, y los ajustes por diferencias estáticas basados en la línea de visión de la cámara compensan por las variaciones entre la línea de visión actual y la deseada.

El sistema de compensación utiliza matrices de transformación para representar la orientación actual del cuerpo de la aeronave relativa al marco de referencia terrestre y la orientación actual de la cámara con el marco de referencia del cuerpo. El marco de referencia de la cámara con el marco de referencia del cuerpo de la aeronave se representa mediante una matriz de transformación  $C_{CB}$  para transformar un vector del marco de referencia del cuerpo al marco de referencia de la cámara.  $C_{CB}$  es una matriz 3x3 cuyas columnas son ortogonales y normalizadas, también referenciada como una matriz de cosenos de dirección. La siguiente ecuación representa la conversión de una posición en la referencia del cuerpo a la referencia de la cámara:

$$R^C = C_{CB}R^B \quad (1)$$

Donde  $R^B$  representa la posición en el marco de referencia del cuerpo y  $R^C$  representa la posición en el marco de referencia de la cámara. Un ejemplo de  $C_{CB}$  es:

$$\begin{bmatrix} 2^{-\frac{1}{2}} & -2^{-\frac{1}{2}} & 0 \\ 2^{-\frac{1}{2}} & 2^{-\frac{1}{2}} & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (2)$$

La matriz  $C_{CB}$  se establece basándose en los ángulos del sistema cardan relativos al cuerpo. Así, esta matriz representa los ángulos del sistema cardan actuales. Una matriz  $C_{BE}$  es para transformar del marco de referencia terrestre al marco de referencia del cuerpo. Así, la matriz  $C_{BE}$  representa el heading, pitch y roll de la aeronave, como lo mide el gyro de la aeronave.

La figura 6 es un diagrama de flujo que ilustra el procesamiento de un componente del sistema de compensación que establece la posición del blanco en un ejemplo. El componente introduce la posición de la aeronave  $R_{aircraft}^E$  una indicación del pitch, roll y heading de la aeronave; una indicación de la dirección del blanco en el marco de referencia de la cámara; y la altitud del blanco. La indicación del pitch, roll y heading de la aeronave está representada por la matriz de transformación  $C_{BE}$  para transformar una posición en el marco de referencia terrestre al marco de referencia del cuerpo. La indicación de la línea de visión de la cámara (que apunta al blanco) se representa por una matriz de transformación  $C_{CB}$  para transformar una posición en el marco de referencia del cuerpo al marco de referencia de la cámara. La dirección del blanco puede estar indicada centrando la cámara en el blanco. Alternativamente, un operador puede apuntar al blanco mientras está siendo mostrado utilizando un dispositivo para apuntar tal como un mouse. La línea de visión de la cámara viene dada por el vector (1, 0, 0) en el marco de referencia de la cámara. Así, si el

## ES 2 375 935 T3

blanco se centra en la imagen de la cámara, entonces sus coordenadas son (1, 0, 0). De otra manera, sus coordenadas tienen valores de escaneo e inclinación distintos de cero. En el bloque 601, la componente calcula una matriz de transformación para transformar del marco de referencia terrestre al marco de referencia de la cámara de la siguiente manera:

$$C_{CE} = C_{CB}C_{BE} \quad (3)$$

En el bloque 602, el componente calcula la línea de visión de la cámara en el marco de referencia terrestre como:

$$L^E = C_{CE}^T (1,0,0)^T \quad (4)$$

En donde  $L^E$  es la línea de visión de la cámara en el marco de referencia terrestre y en donde el superíndice T representa la transformada de la matriz o vector. En el bloque 603, el componente calcula la diferencia de altitud entre la aeronave y el blanco. La diferencia entre la aeronave y el blanco es:

$$\Delta D = D_{aircraft} - D_{target} \quad (5)$$

En donde  $D$  representa la coordenada baja en el marco de referencia terrestre. En los bloques 604-606, el componente ajusta  $L^E$  mediante  $\Delta D$  para convertirlo en el vector posición actual  $\Delta R^E$  de la nave hacia el blanco. El ajuste multiplica cada coordenada por  $\Delta D$  dividida por la coordenada baja de la línea de visión de la cámara en el marco de referencia terrestre representado como  $L^E(D)$  de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} \Delta R^E(D) &= L^E(D) \cdot \frac{\Delta D}{L^E(D)} \\ \Delta R^E(N) &= L^E(N) \cdot \frac{\Delta D}{L^E(D)} \\ \Delta R^E(E) &= L^E(E) \cdot \frac{\Delta D}{L^E(D)} \end{aligned} \quad (6)$$

En donde  $\Delta R^E(x)$  representa la diferencia en el vector posición entre la aeronave y el blanco en el marco de referencia terrestre,  $L^E(x)$  representa la línea de visión de la cámara en el marco de referencia terrestre,  $x$  representa una componente del marco de referencia, y  $\Delta D$  representa la diferencia en altitud entre la aeronave y el blanco. En una realización alternativa, el vector de posición actual dese la aeronave hacia el blanco  $\Delta R^E$  puede calcularse multiplicando la línea de visión de la cámara  $L^E$  veces el rango  $K$ , como a continuación:

$$\Delta R^E = L^E \cdot K \quad (7)$$

El rango puede determinarse utilizando un instrumento de búsqueda de rango. En el bloque 607, la componente calcula la posición del blanco en el marco de referencia terrestre como:

$$R_{target}^E = \Delta R^E + R_{aircraft}^E \quad (8)$$

La componente devuelve entonces la posición del blanco  $R_{target}^E$ .

La figura 7 es un diagrama de flujo que ilustra el procesamiento de un componente que fija el blanco en una realización preferida. El componente puede ser invocado varias veces por segundo y se le pasa la posición actual de la aeronave y el blanco ( $R_{aircraft}^E$  y  $R_{target}^E$ ); una indicación del pitch, roll y el heading de la aeronave ( $C_{BE}$ ); y una indicación de la línea de visión de la cámara ( $C_{CB}$ ). En el bloque 701, el componente calcula una matriz de transformación para transformar del marco de referencia terrestre al marco de referencia de la cámara de la siguiente forma:

$$C_{CE} = C_{CB}C_{BE} \quad (9)$$

## ES 2 375 935 T3

En el bloque 702, el componente calcula el vector posición ( $\Delta R^E$ ) entre la aeronave y el blanco en el marco de referencia terrestre así:

$$5 \quad \Delta R^E = R_{target}^E - R_{aircraft}^E \quad (10)$$

En el bloque 703, el componente transforma  $\Delta R^E$  al marco de referencia de la cámara así:

$$10 \quad \Delta R^C = C_{CE} \Delta R^E \quad (11)$$

En el bloque 704, el componente normaliza el vector posición entre la aeronave y el blanco dividiendo sus coordenadas por la distancia de la aeronave hasta el blanco así:

$$20 \quad \Delta \tilde{R}^C = \frac{\Delta R^C}{|\Delta R^C|} \quad (12)$$

En donde  $\Delta \tilde{R}^C$  es el vector posición normalizado y  $|\Delta R^C|$  es la distancia de la aeronave hasta el blanco. Las coordenadas de escaneo e inclinación del vector posición normalizado indican la diferencia en radianes entre la línea de visión actual de la cámara y la línea de visión necesaria para apuntar al blanco en las direcciones de escaneo e inclinación, lo que representa el ajuste estático. En el bloque 705, el componente calcula el vector velocidad ( $\Delta V^E$ ) entre la aeronave y el blanco en el marco de referencia terrestre de esta manera:

$$30 \quad \Delta V^E = V_{target}^E - V_{aircraft}^E \quad (13)$$

En el bloque 706, el componente transforma el vector velocidad  $\Delta V^E$  al marco de referencia de la cámara:

$$35 \quad \Delta V^C = C_{CE} \Delta V^E \quad (14)$$

En donde  $\Delta V^C$  representa el vector velocidad en el marco de referencia de la cámara. En el bloque 707, el componente normaliza el vector velocidad entre la aeronave y el blanco dividiendo sus coordenadas por la distancia desde la aeronave hasta el blanco:

$$45 \quad \Delta \tilde{V}^C = \frac{\Delta V^C}{|\Delta R^C|} \quad (15)$$

En donde  $\Delta \tilde{V}^C$  es el vector velocidad normalizado y  $|\Delta R^C|$  es la distancia. Las coordenadas de escaneo e inclinación indican los radianes por segundo necesarios de movimiento de la cámara para compensar la velocidad de sobrevuelo en las direcciones de escaneo e inclinación. En el bloque 708, el componente calcula el ajuste para la señal desde el estabilizador inercial hasta el sistema de cardan para el escaneo de la cámara como:

$$55 \quad A(S) = \Delta \tilde{R}^C(S) \cdot W + \Delta \tilde{V}^C(S) \quad (16)$$

En donde  $A(S)$  es el ajuste para la coordenada de escaneo en radianes por segundo,  $\Delta \tilde{R}^C(S)$  es la coordenada de escaneo del vector de posición normalizado,  $\Delta \tilde{V}^C(S)$  es la coordenada de escaneo del vector de velocidad normalizado, y  $W$  es un factor de peso para combinar la variación de velocidad y posición en unidades por segundo. El factor de peso puede incrementarse o decrementarse para compensar la precisión de las medidas utilizadas para calcular los ajustes dinámicos y estáticos. Por ejemplo, si la altitud de la aeronave se conoce poco precisa, entonces el factor de peso será pequeño. Conceptualmente,  $\Delta \tilde{R}^C(S)$  es el error entre la línea de visión de la cámara y donde debería estar para apuntar al blanco, y  $\Delta \tilde{V}^C(S)$  es la velocidad a la cual la cámara debería escanear para mantener el blanco en su línea de visión. El sistema de compensación compara el ajuste con el ratio de escaneo de la cámara proporcionado por el gyro y utiliza la diferencia en radio para controlar la velocidad de los motores del sistema cardan. Por ejemplo,

## ES 2 375 935 T3

Si el gyro indica que la cámara debería escanear a .1 radianes por minuto y el sistema de compensación indica que el ratio de escaneo debería ser .01 radianes por minuto, entonces el ratio proporcionado por el sistema cardan será .11 radianes por minuto. En el bloque 709, el componente calcula el ajuste para la señal desde el estabilizador inercial hacia el sistema cardan para la inclinación de la cámara de forma análoga y devuelve entonces los ajustes.

5

En un ejemplo, el sistema de compensación calcula la altitud del blanco basado en un usuario que indica la posición de un blanco en la imagen de la cámara. Por ejemplo, un usuario puede centrar el blanco en la imagen una vez y más tarde centrar otra vez en la imagen. Así, el sistema de compensación tiene dos líneas de visión hacia el blanco desde dos posiciones distintas de la aeronave. El sistema de compensación puede convertir estas líneas de visión al marco de referencia terrestre y calcular entonces su punto de intersección en el marco de referencia terrestre, que da la altitud del blanco. El sistema de compensación puede también calcular la velocidad del blanco basado en una serie de centrados de la imagen en el blanco o una serie de indicaciones en donde el blanco está en la imagen (p.ej. Haciendo click en el blanco). Ésta velocidad y altitud puede proporcionarse para compensar la velocidad de sobrevuelo.

15

Un experto en la materia apreciará que aunque se han descrito realizaciones específicas del sistema de compensación con objeto ilustrativo, pueden realizarse varias modificaciones dentro del ámbito de protección de las reivindicaciones adjuntas. Por ejemplo, los principios del sistema de compensación pueden ser utilizados en un mecanismo de transporte distinto a un avión, tal como un satélite, cohete, misil, tren, automóvil, etc. Además, el sistema de compensación puede ser utilizado para controlar la línea de visión u orientación de un dispositivo distinto a una cámara, tal como un láser o un sistema armamentístico. En tal caso, un sistema de posicionamiento puede ser utilizado para establecer la línea de visión inicial hacia el blanco. De acuerdo con ello, la invención se describe mediante las reivindicaciones adjuntas.

25

30

35

40

45

50

55

60

65

REIVINDICACIONES

5 1. Procedimiento para controlar la orientación de un dispositivo para que permanezca fijado en un blanco (302), estando el dispositivo en un vehículo (200; 300) que se mueve a una velocidad relativa a la posición actual del blanco, en donde el procedimiento comprende:

establecer una orientación inicial para el dispositivo que se apunta en la posición actual del blanco;

10 calcular (701) una matriz de transformación  $C_{CE}$  para transformar de un marco de referencia terrestre a un marco de referencia de dispositivo;

calcular y establecer la orientación del dispositivo periódicamente, en donde calcular la orientación incluye,

15 calcular (702) un vector de posición  $\Delta R^E$  entre el vehículo y el blanco en el marco de referencia terrestre como:  $\Delta R^E = R_{target}^E - R_{vehicle}^E$ , en donde  $R_{target}^E$  representa la posición actual del blanco y  $R_{vehicle}^E$  representa la posición actual del vehículo;

20 calcular (703) un vector de posición  $\Delta R^C$  entre el vehículo y el blanco en el marco de referencia del dispositivo transformando el vector posición  $\Delta R^E$  al marco de referencia de dispositivo  $\Delta R^C = C_{CE}\Delta R^E$ ; y

calcular (704) un vector de posición normalizado  $\Delta \hat{R}^C$  como  $\Delta \hat{R}^C = \frac{\Delta R^C}{|\Delta R^C|}$ ,

25 en donde el vector de posición normalizado indica la diferencia entre una línea de visión actual del dispositivo y una línea de visión necesaria para apuntar al blanco en las direcciones del escaneo e inclinación;

30 calcular y establecer una velocidad angular periódicamente para mover el dispositivo en las direcciones de escaneo e inclinación basado en la posición actual del dispositivo para compensar la velocidad relativa entre el vehículo y el blanco, en donde calcular la velocidad angular incluye,

35 calcular (705) un vector velocidad  $\Delta V^E$  entre el vehículo y el blanco en el marco de referencia terrestre como:  $\Delta V^E = V_{target}^E - V_{vehicle}^E$ , en donde  $V_{target}^E$  representa la velocidad actual del blanco y  $V_{vehicle}^E$  representa la velocidad actual del vehículo en el marco de referencia terrestre;

calcular (706) un vector velocidad  $\Delta V^C$  entre el vehículo y el blanco en el marco de referencia del dispositivo transformando el vector velocidad  $\Delta V^E$  al marco de referencia del dispositivo  $\Delta V^C = C_{CE}\Delta V^E$ ; y

40 calcular (707) un vector de velocidad normalizado  $\Delta \hat{V}^C$  como  $\Delta \hat{V}^C = \frac{\Delta V^C}{|\Delta V^C|}$

45 en donde el vector de velocidad normalizado indica la velocidad angular a la que el dispositivo ha de moverse en las direcciones de escaneo e inclinación para compensar la velocidad relativa entre el vehículo y el blanco; y

50 mantener la línea de visión del dispositivo combinando la velocidad angular calculada y la orientación cuando la altitud del vehículo cambia relativa a la posición actual del blanco, incluyendo establecer un ajuste A para el dispositivo en donde  $A = \Delta \hat{R}^C \cdot W + \Delta \hat{V}^C$  y en donde W representa el factor de peso basado al menos en parte en la precisión de las medidas utilizadas para calcular la velocidad angular y la orientación.

55 2. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1 en donde el blanco (302) está en una posición fija.

3. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1 en donde el dispositivo es una cámara.

4. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1 en donde el vehículo es una aeronave (200; 300).

60 5. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1 en donde el vehículo es terrestre.

6. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1 en donde la orientación inicial del dispositivo se fija basándose en un operador que centra la orientación del dispositivo hacia el blanco (302).

65 7. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 6 que incluye calcular la posición actual del blanco basándose en la posición actual del vehículo y la diferencia de altitud entre la posición actual del vehículo (200; 300) y la posición actual del blanco (302).



## ES 2 375 935 T3

8. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1 en donde la orientación inicial del dispositivo se fija basándose en la posición actual del blanco (302) y la posición actual y la altitud del vehículo (200; 300).

9. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1 en donde se utiliza un giroscopio para mantener la orientación del dispositivo a medida que el vehículo (200; 300) maniobra.

10. Sistema para controlar la orientación de un dispositivo para permanecer fijado en un blanco (302), estando el dispositivo en un vehículo (200; 300) que se mueve a una velocidad relativa a un blanco, en donde el sistema comprende:

un componente configurado para establecer una orientación inicial para el dispositivo de manera que se apunta hacia el blanco;

un componente configurado para calcular una matriz de transformación  $C_{CE}$  para transformar de un marco de referencia terrestre a un marco de referencia de dispositivo;

un componente configurado para calcular y establecer la orientación del dispositivo periódicamente, en donde calcular la orientación incluye,

calcular (702) un vector de posición  $\Delta R^E$  entre el vehículo y el blanco en el marco de referencia terrestre como:  $\Delta R^E = R_{target}^E - R_{vehicle}^E$ , en donde  $R_{target}^E$  representa la posición actual del blanco y  $R_{vehicle}^E$  representa la posición actual del vehículo;

calcular (703) un vector de posición  $\Delta R^C$  entre el vehículo y el blanco en el marco de referencia del dispositivo transformando el vector posición  $\Delta R^E$  al marco de referencia de dispositivo  $\Delta R^C = C_{CE}\Delta R^E$ ; y

calcular (704) un vector de posición normalizado  $\Delta \tilde{R}^C$  como  $\Delta \tilde{R}^C = \frac{\Delta R^C}{|\Delta R^C|}$ ,

en donde el vector de posición normalizado indica la diferencia entre una línea de visión actual del dispositivo y una línea de visión necesaria para apuntar al blanco en las direcciones del escaneo e inclinación;

un componente configurado para calcular y establecer una velocidad angular periódicamente para mover el dispositivo en las direcciones de escaneo e inclinación basado en la posición actual del dispositivo para compensar la velocidad relativa entre el vehículo y el blanco, en donde calcular la velocidad angular incluye,

calcular (705) un vector velocidad  $\Delta V^E$  entre el vehículo y el blanco en el marco de referencia terrestre como:  $\Delta V^E = V_{target}^E - V_{vehicle}^E$ , en donde  $V_{target}^E$  representa la velocidad actual del blanco y  $V_{vehicle}^E$  representa la velocidad actual del vehículo en el marco de referencia terrestre;

calcular (706) un vector velocidad  $\Delta V^C$  entre el vehículo y el blanco en el marco de referencia del dispositivo transformando el vector velocidad  $\Delta V^E$  al marco de referencia del dispositivo como  $\Delta V^C = C_{CE}\Delta V^E$ ; y

calcular (707) un vector de velocidad normalizado  $\Delta \tilde{V}^C$  como  $\Delta \tilde{V}^C = \frac{\Delta V^C}{|\Delta V^C|}$ ,

en donde el vector de velocidad normalizado indica la velocidad angular a la que el dispositivo ha de moverse en las direcciones de escaneo e inclinación para compensar la velocidad relativa entre el vehículo y el blanco; y

un componente configurado para mantener la línea de visión del dispositivo combinando la velocidad angular calculada y la orientación cuando la altitud del vehículo cambia relativa a la posición actual del blanco, incluyendo establecer un ajuste  $A$  para el dispositivo en donde  $A = \Delta \tilde{R}^C \cdot W + \Delta \tilde{V}^C$  y en donde  $W$  representa el factor de peso basado al menos en parte en la precisión de las medidas utilizadas para calcular la velocidad angular y la orientación.

11. Sistema de acuerdo con la reivindicación 10 en donde el blanco (302) está en movimiento.

12. Sistema de acuerdo con la reivindicación 10 en donde el dispositivo es una cámara.

13. Sistema de acuerdo con la reivindicación 10 en donde el vehículo es una aeronave (200; 300).

14. Sistema de acuerdo con la reivindicación 10 en donde el vehículo es espacial.

## ES 2 375 935 T3

15. Sistema de acuerdo con la reivindicación 10 en donde la orientación inicial del dispositivo se establece basada en un operador que centra la orientación del dispositivo en el blanco (302).

5 16. Sistema de acuerdo con la reivindicación 15 en donde una posición inicial del blanco (302) se calcula basada en una posición inicial del vehículo (200; 300) y una diferencia de altitud inicial entre el vehículo y el blanco.

17. Sistema de acuerdo con la reivindicación 10 en donde la orientación inicial del dispositivo se establece basada en la posición actual del blanco (302) y la posición actual del vehículo (200; 300).

10 18. Sistema de acuerdo con la reivindicación 10 en donde se utiliza un giroscopio para mantener la orientación del dispositivo mientras el vehículo (200; 300) maniobra.

15 19. Sistema de acuerdo con la reivindicación 10 en donde la velocidad angular es la velocidad angular de un sistema de suspensión cardan en el que el dispositivo está montado.

20 20. Medio de almacenamiento de programa de ordenador que comprende instrucciones para controlar un dispositivo para fijar en un blanco, en donde el dispositivo está en un vehículo (200; 300) y estando inicialmente orientado hacia el blanco (302), mediante un procedimiento que comprende:

establecer una orientación inicial para el dispositivo que se apunta en la posición actual del blanco;

calcular (701) una matriz de transformación  $C_{CE}$  para transformar de un marco de referencia terrestre a un marco de referencia de dispositivo;

25 calcular y establecer la orientación del dispositivo periódicamente, en donde calcular la orientación incluye,

calcular (702) un vector de posición  $\Delta R^E$  entre el vehículo y el blanco en el marco de referencia terrestre como:  $\Delta R^E = R_{target}^E - R_{vehicle}^E$  en donde  $R_{target}^E$  representa la posición actual del blanco y  $R_{vehicle}^E$  representa la posición actual del vehículo;

30 calcular (703) un vector de posición  $\Delta R^C$  entre el vehículo y el blanco en el marco de referencia del dispositivo transformando el vector posición  $\Delta R^E$  al marco de referencia de dispositivo  $\Delta R^C = C_{CE}\Delta R^E$ ; y

35 calcular (704) un vector de posición normalizado  $\Delta \hat{R}^C$  como  $\Delta \hat{R}^C = \frac{\Delta R^C}{|\Delta R^C|}$ ,

40 en donde el vector de posición normalizado indica la diferencia entre una línea de visión actual del dispositivo y una línea de visión necesaria para apuntar al blanco en las direcciones del escaneo e inclinación;

calcular y establecer una velocidad angular periódicamente para mover el dispositivo en las direcciones de escaneo e inclinación para compensar la velocidad relativa entre el vehículo y el blanco, en donde calcular la velocidad angular incluye,

45 calcular (705) un vector velocidad  $\Delta V^E$  entre el vehículo y el blanco en el marco de referencia terrestre como:  $\Delta V^E = V_{target}^E - V_{vehicle}^E$ , en donde  $V_{target}^E$  representa la velocidad actual del blanco y  $V_{vehicle}^E$  representa la velocidad actual del vehículo en el marco de referencia terrestre;

50 calcular (706) un vector velocidad  $\Delta V^C$  entre el vehículo y el blanco en el marco de referencia del dispositivo transformando el vector velocidad  $\Delta V^E$  al marco de referencia del dispositivo  $\Delta V^C = C_{CE}\Delta V^E$ ; y

55 calcular (707) un vector de velocidad normalizado  $\Delta \hat{V}^C$  como  $\Delta \hat{V}^C = \frac{\Delta V^C}{|\Delta V^C|}$

en donde el vector de velocidad normalizado indica la velocidad angular a la que el dispositivo ha de moverse en las direcciones de escaneo e inclinación para compensar la velocidad relativa entre el vehículo y el blanco; y

60 mantener la línea de visión del dispositivo combinando la velocidad angular calculada y la orientación cuando la altitud del vehículo cambia relativa a la posición actual del blanco, incluyendo establecer un ajuste  $A$  para el dispositivo en donde  $A = \Delta \hat{R}^C \cdot W + \Delta \hat{V}^C$  y en donde  $W$  representa el factor de peso basado al menos en parte en la precisión de las medidas utilizadas para calcular la velocidad angular y la orientación.

65 21. Medio de almacenamiento de programa de ordenador de acuerdo con la reivindicación 20 en donde el cálculo del ajuste de la velocidad angular se realiza en un intervalo de tiempo.

## ES 2 375 935 T3

22. Medio de almacenamiento de programa de ordenador de acuerdo con la reivindicación 21 en donde el ajuste de la velocidad angular es un ratio de ajuste que se aplica de forma continua durante un intervalo de tiempo.

23. Medio de almacenamiento de programa de ordenador de acuerdo con la reivindicación 20 en donde el cálculo de la orientación se realiza en un intervalo de tiempo.

24. Medio de almacenamiento de programa de ordenador de acuerdo con la reivindicación 23 en donde la orientación se ajuste una vez cada intervalo de tiempo.

10

15

20

25

30

35

40

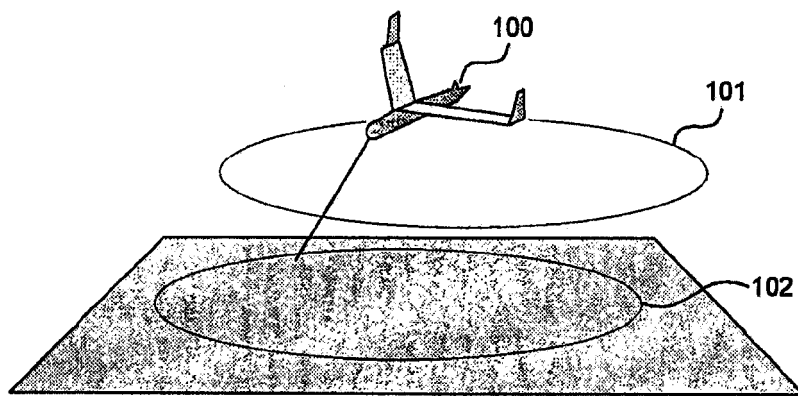
45

50

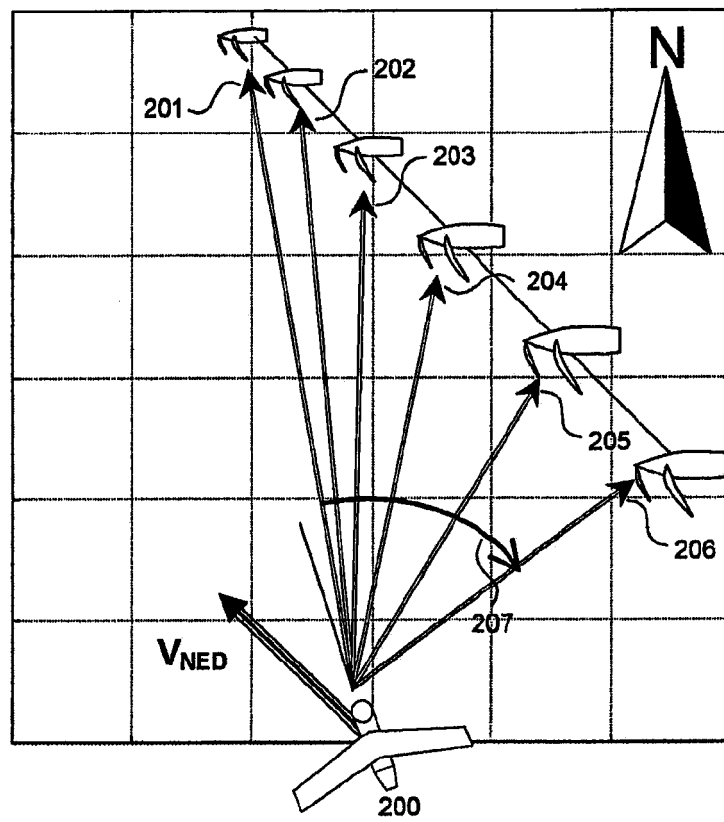
55

60

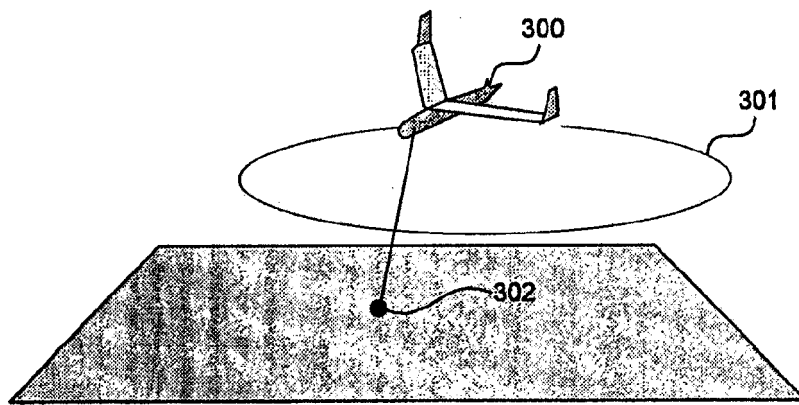
65



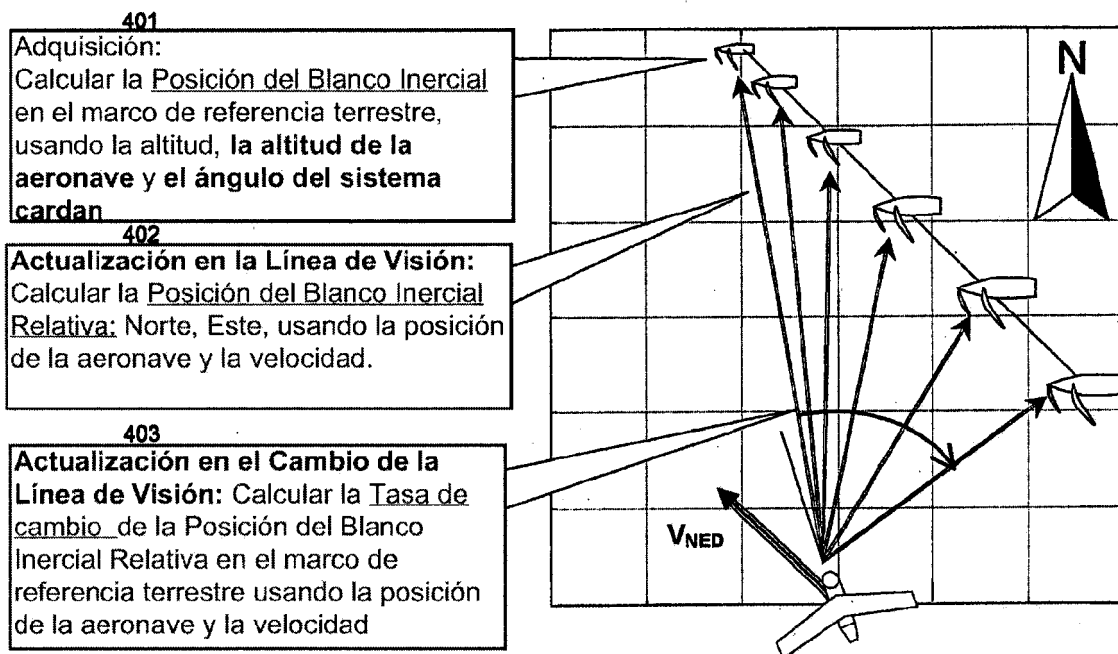
**FIG. 1**



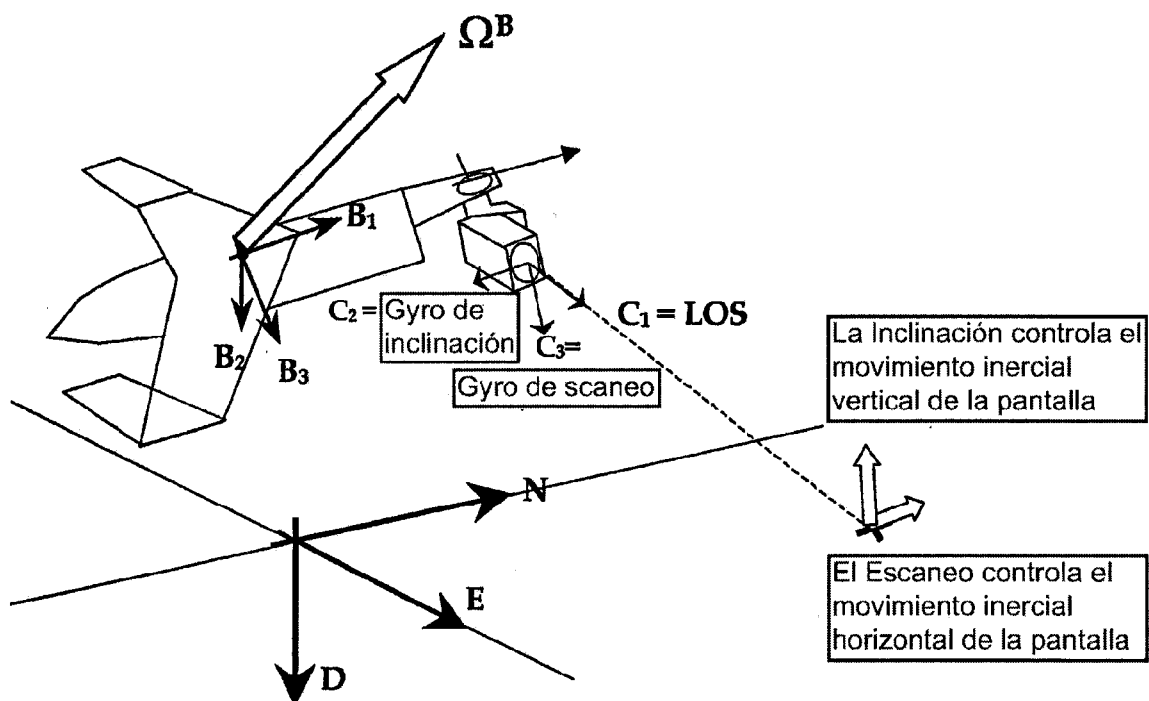
**FIG. 2**



**FIG. 3**

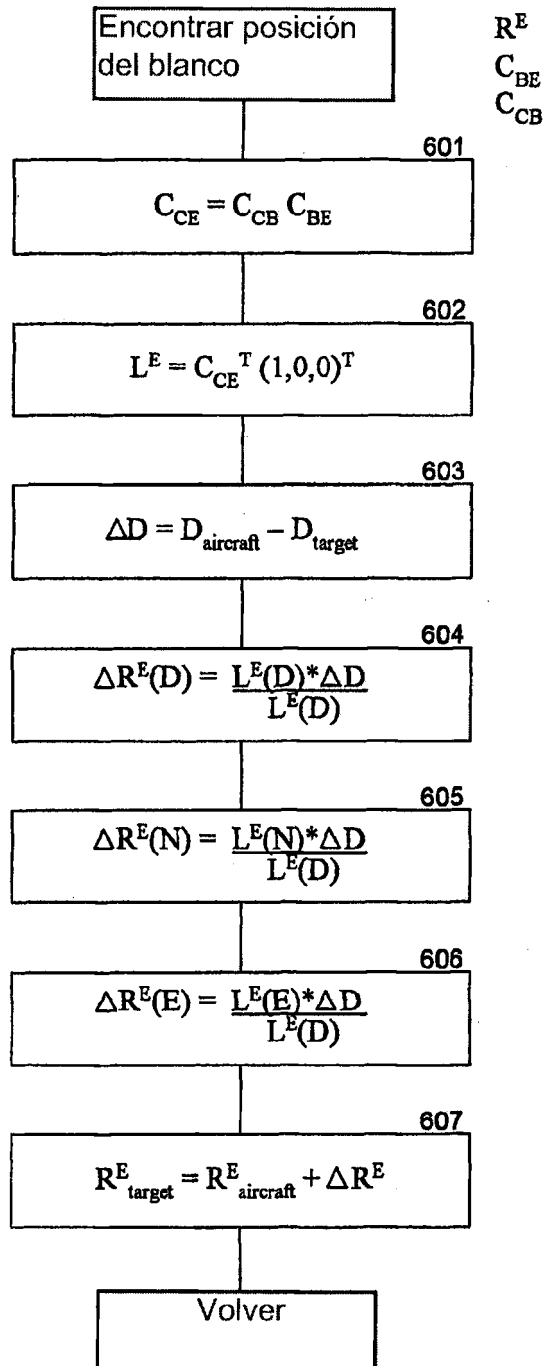


**FIG. 4**

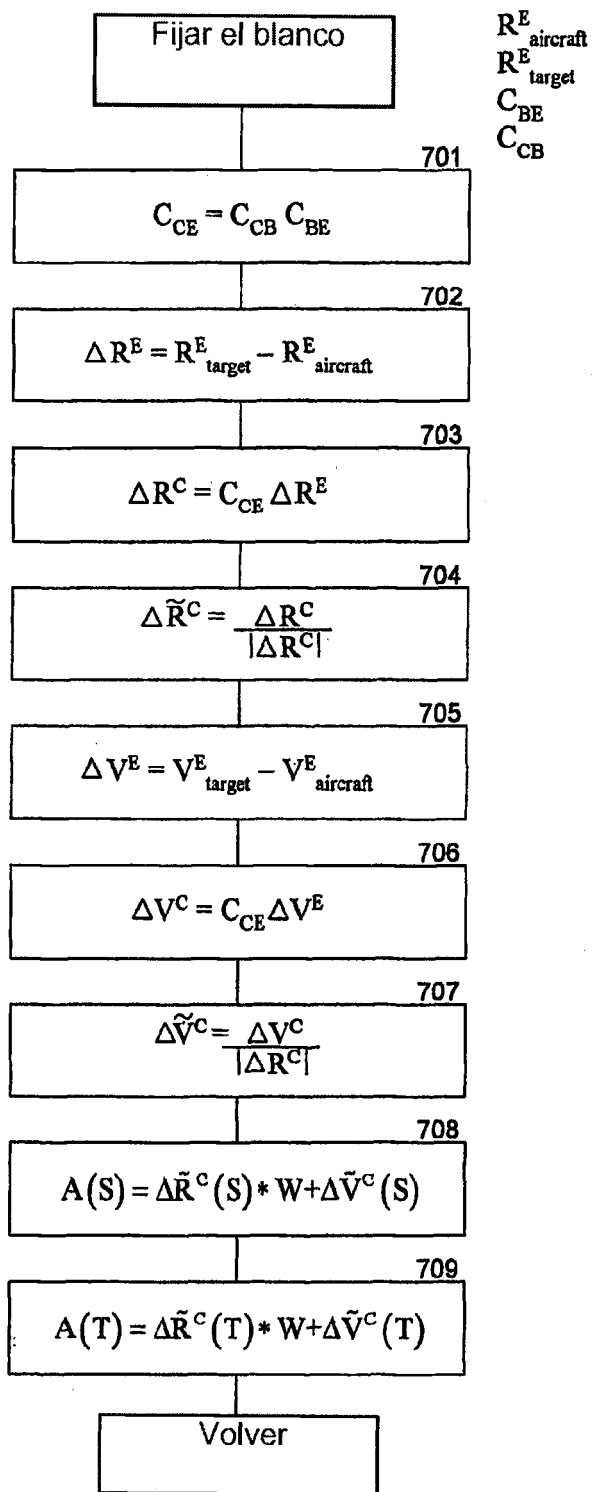


**FIG. 5**





**FIG. 6**



**FIG. 7**