

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 387 144**

21 Número de solicitud: 201001592

51 Int. Cl.:
G05D 1/08 (2006.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A1

22 Fecha de presentación: **20.12.2010**

43 Fecha de publicación de la solicitud: **14.09.2012**

43 Fecha de publicación del folleto de la solicitud:
14.09.2012

71 Solicitante/s:
**UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
AVDA. SENECA 2
28040 MADRID, ES**

72 Inventor/es:
**DE LA CRUZ GARCIA, JESUS MANUEL;
SANCHEZ BENITEZ, DAVID y
PAJARES MARTINSANZ, GONZALO**

74 Agente/Representante:
ACEBAL SARABIA, Carmen

54 Título: **SISTEMA DE APROXIMACION A UNA PLATAFORMA DE UN VEHICULO NO TRIPULADO
MEDIANTE ANALISIS VISUAL.**

57 Resumen:

Sistema de aproximación a una plataforma de un vehículo no tripulado mediante análisis visual. Se reivindica un dispositivo y un sistema de aterrizaje/despegue de vehículos aéreos no tripulados o de atraque/partida de vehículos marinos no tripulados utilizando métodos de análisis visual. La solución consiste en el diseño de plataforma que contiene una figura geométrica de características inusuales. La imagen de esta plataforma se obtiene mediante una cámara digital, situada en el vehículo no tripulado y conectada a un dispositivo dotado con técnicas de tratamiento de imágenes, lo que permite conocer la orientación y posición relativas entre el vehículo y la plataforma con la figura que se reivindica.

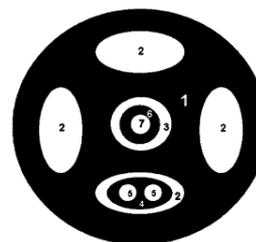


Figura1

ES 2 387 144 A1

DESCRIPCIÓN

SISTEMA DE APROXIMACIÓN A UNA PLATAFORMA DE UN VEHÍCULO NO TRIPULADO MEDIANTE ANÁLISIS VISUAL.

SECTOR DE LA TÉCNICA

- 5 La invención se encuadra en el sector del control de la navegación de vehículos, más concretamente, en el de los vehículos no tripulados por el hombre.

ESTADO DE LA TÉCNICA

El aterrizaje de un vehículo aéreo es una de las fases más críticas de su operación. En los vehículos tripulados el piloto se vale, además de la instrumentación de a bordo, de sus sentidos del equilibrio y de la vista para llevarla a cabo y fundamentalmente en la última fase, cuando es necesario utilizar toda la información necesaria para obtener una precisión que garantice el posado y parada del vehículo sin que éste sufra ningún daño.

De manera similar, el atraque de un buque en un muelle necesita de la información visual del piloto para su realización.

Por ello, en los vehículos autónomos el uso de sistemas de visión artificial ha sido una elección natural para intentar dotar al vehículo de uno de los sentidos usados por los humanos en la misma tarea. Pero disponer de un sistema que capte información visual del entorno no es suficiente para asegurar el éxito de la tarea y es necesario que la información visual pueda ser usada a un ritmo y con una precisión suficiente.

Existen muchas formas de obtener información del espectro electromagnético mediante sensores conectados a unidades de proceso de la información. Los más utilizados son dispositivos que captan la radiación del espectro visible y dispositivos que captan la radiación infrarroja debida a la radiación térmica. En cualquiera de los dos casos es necesario extraer información de las imágenes proporcionadas por las cámaras para tener cierto grado de conocimiento de la posición y orientación relativa del vehículo con respecto al punto de aterrizaje/despegue o atraque/partida. La

extracción de esta información requiere de un procesamiento de las imágenes. Existen muchas posibilidades de tratar las imágenes, lo importante es que los algoritmos usados sean capaces de proporcionar la información necesaria con la precisión y a la frecuencia suficientes para un correcto aterrizaje/ despegue o ataque/partida.

- 5 Para un vehículo aéreo no tripulado (*Unmanned Aerial Vehicle, UAV*), capaz de despegar y aterrizar en vertical, el problema del aterrizaje está resuelto entonces si dispone de información sobre su posición y orientación relativas respecto al punto de aterrizaje y un sistema de control capaz de proporcionar las acciones sobre los actuadores que gobiernan el movimiento del vehículo. Estos hacen que la dinámica del conjunto, control y UAV, sea tal que, con unas ciertas condiciones ambientales, el
- 10 vehículo llega a posarse en dicho punto con un cierto grado de precisión.

Lo que se puede extender al ataque y partida de una embarcación de superficie (*Unmanned Marine Vehicle, UMV*) con la diferencia existente en la dinámica de ambos y en sus actuadores.

- 15 El problema que se plantea entonces es cómo conseguir, a partir de imágenes, la información mínima necesaria con la precisión suficiente y a una frecuencia también suficiente para la dinámica de los vehículos no tripulados y su sistema de control, para que el vehículo aéreo pueda aterrizar y despegar, o la embarcación atracar y partir, de una posición prefijada.

- 20 Los elementos que intervienen y que influyen en las prestaciones que se consiguen en el aterrizaje o ataque y en los lugares donde es posible realizarlo son: el aparato captador, que varía según el tipo de sensor de imágenes; los objetos que se captan del entorno: emisores de luz, de infrarrojos o figuras específicas; el procesamiento que se realiza para extraer información relativa a la posición y orientación del vehículo; y el
- 25 algoritmo de control para el guiado del vehículo no tripulado hasta el punto de aterrizaje o ataque.

- Hasta ahora el aterrizaje de vehículos aéreos no tripulados *UAVs* se ha diseñado utilizando sistemas de visión por computador para guiar, o ayudar a guiar, al vehículo en su aterrizaje. En algunos de los casos el procedimiento se basaba en el
- 30 reconocimiento en la escena de una figura patrón, de marcas o de puntos singulares

que ayuden a reconocer dichas estructuras con el fin de lograr el aterrizaje de los *UAVs* que dejan indeterminado el objeto de la visión.

En el sistema propuesto por A. Cesetti et ál. (Italia, 2009) se obtienen puntos de referencia en el entorno para una posible identificación de un lugar para el aterrizaje.

- 5 El sistema intenta encontrar marcas naturales en la escena de exterior, por lo que no hace uso de ningún patrón pre-establecido y busca alguna concordancia de lugares en el entorno por comparación con los almacenados en una base de datos.

- 10 En la patente US 20080215204 se muestra un sistema de comunicación para permitir el intercambio de información entre el UAV y un centro de control, entre la que se considera la obtenida del entorno por un sistema de visión.

Hay otros planteamientos para el sistema en los que se utilizan figuras para extraer información de la posición relativa entre la plataforma o elemento que contiene la figura y el UAV.

- 15 Guili Xu et ál. (R.P. China, 2009) usan una figura geométrica en forma de T sobre una plataforma de forma que, mediante la aplicación de técnicas de procesamiento de imágenes, se determina el ángulo que proporciona la orientación relativa de la figura y el UAV. Utilizan la radiación infrarroja para conseguir un gran contraste de temperatura entre la figura usada para identificar el lugar del aterrizaje y el entorno.

- 20 El hecho de basarse en un dispositivo infrarrojo conlleva, por tanto, una complejidad tecnológica superior a la usada en nuestro sistema y además la figura usada sólo permite determinar el ángulo de guiñada con respecto a la cámara.

- Sven Lange et ál. (Alemania, 2008) proponen el uso de una figura consistente en varios anillos blancos concéntricos sobre un fondo negro. Cada anillo posee una anchura específica para hacer posible su identificación y diferenciación de los demás.
- 25 Esta diferencia en anchura, o como se dice en el documento, diferencia entre el radio externo e interno del anillo, aumenta según nos alejamos del centro de la figura. Esto permite que, aún cuando no todos los anillos están dentro del campo visual, la parte de la plataforma visible siga siendo identificable (este caso podría darse cuando el vehículo aéreo se encuentra a baja altitud). Mediante el procesamiento de la imagen de
- 30 la figura se determina la altura a la que se encuentra la cámara. El documento supone

que el vehículo aéreo siempre estará paralelo al suelo, por lo que no se preocupa de determinar ningún ángulo de inclinación/orientación a partir de la figura.

De esta forma sólo se determina la altura con respecto a la figura y no se obtiene la orientación relativa de la figura y del UAV dado que la figura que consideran es simétrica. Esto haría que la observación de la misma desde distintos posicionamientos del UAV pueda originar idénticas imágenes.

Srikanth Saripalli et ál. (EE.UU., 2003) utilizan una plataforma también con una figura geométrica con la forma de una H en color blanco. Es la marca encontrada típicamente sobre helipuertos. De la figura captada por la cámara se extrae la posición del centro de gravedad de la imagen, en un plano x-y, de ésta en relación al UAV y el ángulo de orientación de la figura con respecto al UAV.

Con este método no se determinan la altura del vehículo ni los ángulos de cabeceo y alabeo. Por otro lado, dada la simetría del patrón H con respecto a la línea central, la imagen es la misma tanto si se observa desde la parte superior como la inferior, no siendo posible la orientación precisa del vehículo en este caso. Por otra parte, el hecho de que las operaciones de despegue y aterrizaje se realicen en entornos de exterior, hace que las imágenes estén sometidas a efectos colaterales procedentes de la iluminación haciendo que aparezcan reflejos u otros fenómenos, que originan la desaparición de algunas partes de la figura en la imagen. Cuando esto ocurre, la figura se hace prácticamente irreconocible, siendo realmente imposible la determinación de los ángulos anteriores.

Cory S. Sharp et ál. (EE.UU., 2001) hacen uso de una figura construida a partir de seis cuadrados blancos, cinco de ellos de igual tamaño, incluidos en otro cuadrado mayor de color negro, que a su vez está incluido en otro cuadrado blanco. Del procesamiento de la imagen se determina la posición y la orientación relativas de la figura y el UAV, si bien el procedimiento de procesamiento es más complejo que el que constituye el objeto de esta invención.

De su figura se necesita extraer las esquinas de los cuadrados y que éstas se encuentren alineadas para luego proceder a su identificación. Utilizan dos algoritmos de optimización de forma secuencial para determinar la orientación y posición relativa

de la figura y el UAV. Además, si alguno de los cuadrados resultase afectado o desapareciese, la identificación del patrón en su conjunto no podría llevarse a cabo.

En la patente CN101109640 se utiliza una cámara para extraer características de la pista de aterrizaje y utilizar esa información para iterativamente dar con la fórmula de aterrizaje. Considera dos formas geométricas en la pista de aterrizaje, un rombo y un triángulo, situados de forma longitudinal a lo largo de la pista. Usan la información extraída del análisis de la figura con la información de otros sensores con el fin de tener mayor precisión en su posición relativa con respecto a la pista de aterrizaje. Las figuras están separadas y no están pensadas para vehículos de despegue y aterrizaje vertical.

La patente KR100842101 considera un símbolo en una zona con una red de recuperación, reconoce la imagen, mide la distancia mediante un puntero láser y dirige la información a un puesto de control externo. Y la patente KR100842104 considera un sistema igual que el anterior pero utiliza la transmisión automática de vigilancia dependiente, (*ADS-B, Automatic Dependent Surveillance Broadcast*), una técnica de vigilancia cooperativa para el control del tráfico aéreo, para que, en el caso en que la cámara no encuentre la imagen, se haga que el UAV retorne hacia la zona de la imagen.

En la invención US20090306840 se toma en consideración una figura en forma de cruz que contiene un rectángulo en su eje mayor. A partir de la imagen captada se determinan los ángulos de orientación, o guiñada, y la elevación del UAV con respecto al eje central de la figura.

Por otra parte, en la patente US20070093945 se describe una estructura organizativa de elementos para que un UAV dotado de un sistema de visión pueda navegar basándose, al menos en parte, en datos de imágenes corregidas con información proporcionada por otros sensores tradicionales. En la patente WO20071240014 se describe un sistema de control de forma que, usando información de diversos tipos de sensores, entre ellos de imágenes, pueda aterrizar o despegar un UAV.

En relación a los vehículos marinos UUV, Sin-Der Lee et al. (*IEEE Journal of oceanic engineering*, 2010) describen un sistema de guiado automático para el ataque

de un buque en el que se utilizan dos marcas rectangulares de distinto color, una verde y otra azul, para definir una línea de guía para el atraque del barco. Las imágenes están situadas sobre una recta y separadas en longitud y en altura. Se calculan la distancia del vehículo a las marcas y el rumbo respecto a la línea de guía.

- 5 De todo lo expuesto se extrae que las soluciones propuestas hasta la fecha no acaban con el problema de encontrar la posición relativa entre los vehículos no tripulados y la zona o punto de aterrizaje/despegue o atraque. Y que estas soluciones no proporcionan los tres ángulos necesarios para las maniobras de acercamiento: guiñada, alabeo y cabeceo.
- 10 Tampoco se resuelve el problema de necesitar buscar marcas naturales para detectar los lugares de aterrizaje.

En algunos de los casos anteriores la técnica es demasiado costosa por utilizar radiación infrarroja o tener que incorporar otros sensores en la nave para que colaboren en la tarea.

15 **EXPLICACIÓN DE LA INVENCION**

La invención trata de un sistema de aproximación a, o alejamiento de, una plataforma de un vehículo no tripulado, que mediante el análisis visual reconoce un dispositivo también reivindicado, proporcionando información de tal forma que los vehículos no tripulados puedan aterrizar/despegar en el caso de los *UAVs* y atracar/partir en el caso de los *UMVs*.

20

La invención permite determinar la distancia y la altitud, en caso de *UAVs*, y rumbo en caso de *UMVs*, relativos del vehículo que transporta el sensor de imágenes, con relación a la plataforma que contiene la figura.

A diferencia de las técnicas anteriormente mencionadas y orientadas hacia la consecución del mismo objetivo, la presente invención se basta de una figura de fácil reproducción y con unas características de diseño geométrico y de contraste de color entre sus partes constituyentes que la hacen única en cuanto a su geometría, además de posibilitar su reconocimiento por trozos por el contraste de color en las imágenes que de ella se obtiene.

25

La plataforma consiste en una base sobre la que se desea realizar las operaciones de despegue/aterrizaje o atraque/partida. Sobre su superficie se ha de representar la figura reivindicada (figura 1). Asimismo la plataforma puede situarse sin ningún extra sobre cualquier lugar en el que se quiera hacer aterrizar/despegar un vehículo aéreo o atracar/partir un vehículo marino.

El patrón a colocar sobre la plataforma de aterrizaje o de atraque y centrado sobre ella, objeto también de la presente invención, consiste en una figura geométrica circular (figura 1) que contiene en su interior dos elementos secundarios (figura 2). El elemento principal (1) es un círculo, de radio determinado, con cuatro huecos elipsoidales (2) y uno circular (3), de radio menor, y concéntrico con el principal.

Los centros de los huecos elipsoidales (2) se sitúan simétricamente dos a dos respecto de el centro del círculo (1). Dos huecos se colocan con sus ejes mayores en dirección horizontal y los otros dos con el eje mayor en dirección vertical.

Uno de los huecos elipsoidales (2) contiene una figura geométrica secundaria en su interior, también en forma de elipse (4), concéntrica con el hueco que la contiene y del mismo color que la figura geométrica principal (1). En su interior se sitúan dos huecos circulares (5) del mismo color que los huecos (2, 3) de la figura principal. La elipse (4) y los huecos circulares (5) forman una figura con simetría respecto de los ejes vertical y horizontal de simetría del hueco elipsoidal (2).

El hueco circular central (3) también contiene otra figura secundaria (6) circular, también del mismo color que la figura circular principal (1), y que tiene un hueco circular concéntrico (7) del mismo color que los huecos sobre la figura principal (2).

Estos tres círculos (3, 6 y 7) son concéntricos entre sí y con el círculo principal (1).

El contraste de color entre las figuras (1, 4 y 6) y los huecos (2, 3, 5 y 7) es máximo.

En una forma más particular, los colores usados son negro para las figuras y blanco para los huecos.

En una forma más particular, tal como se representa en la figura 3, el círculo interior (3) llevaría en su interior una reproducción de la figura principal a menor escala y situada también sobre el mismo centro.

La propiedad geométrica de la figura usada para ser identificada por el sistema es el número de Euler. Éste se define como el número de regiones conexas menos el número de huecos que presenta una figura. Cuando se toman y analizan imágenes del entorno, se comprueba que es muy usual que surjan regiones con valores para el número de Euler de: -2, -1, 0, 1. Esta propiedad es importante desde el punto de vista del procesamiento de imágenes.

El número de Euler para la figura principal es -4, resultante de restar el número de regiones oscuras (1), que es una, menos el número de huecos principales (2, 3), que son cinco. Esta propiedad hace que la figura principal sea fácilmente distinguible, ya que resulta muy difícil e incluso imposible que pueda presentarse figuras con este valor como algo característico en los entornos donde vuelan los UAV o navegan los UMV.

Esta disposición geométrica y este valor de -4 permiten la distinción con respecto a otras regiones y permite, además, realizar un proceso de calibrado de la cámara con la precisión que requiere la tarea de aproximación del UAV, o UMV, a la plataforma.

La figura secundaria elipsoidal (4) y sus huecos claros (5), simétricamente distribuidos en su interior, tiene un número de Euler igual a -1.

La función de este elemento es determinar la parte delantera o trasera de la plataforma. Con la detección de este elemento y del elemento principal, también se determina el ángulo que está girada la cámara con respecto a un eje normal (perpendicular) al plano de la plataforma: ángulo de guiñada.

Para la figura secundaria circular (6) y su correspondiente hueco circular (7) el valor del número de Euler es 0.

El objetivo de la inserción de este elemento es el de determinar las inclinaciones laterales, cabeceo y alabeo, de la cámara con respecto a la plataforma.

Una vez que se tiene la plataforma con la figura patrón sobre ella, cualquier vehículo aéreo está en disposición de realizar la localización y determinar el estado de la misma. Para ello, se toman secuencialmente imágenes de la plataforma por una cámara situada en el vehículo no tripulado y se procede a su análisis mediante una

unidad de procesado que puede ser un computador u otro dispositivo de tratamiento de la señal.

De estas imágenes tomadas, se extrae la región en la que se encuentra la figura patrón. Al ser la figura de máximo contraste, se obtiene una imagen complementaria a la original, en la que las zonas claras se convierten en las oscuras y las oscuras de la original, en las más claras de la complementaria. Finalmente, la imagen se pone en binario para tener una imagen proveniente de la tomada originalmente con sólo dos tonos o valores en ella.

Para cada imagen de la figura, al margen del mencionado número de Euler, se calculan las coordenadas de sus centros de masas. De este modo, disponemos de información de tres puntos concretos de la figura patrón. Dichos puntos corresponden a los centros de las figuras: rombo (10), pentágono (11) y hexágono (12), como se representa en la figura 4.

Con esta información podemos crear la línea que forma el centro de masas (10) de la figura principal (1) (rombo en figura 4) con el centro de masas (11) de la figura secundaria elipsoidal (4), (pentágono en figura 4). El ángulo que forma esta línea con otra línea imaginaria que cruza el plano de la imagen de arriba a abajo (o viceversa, según se mire) nos dará el ángulo de rotación sobre el eje vertical del vehículo que monta la cámara, es decir el ángulo de guiñada si se trata de un vehículo aéreo (figura 5).

Luego, el centro de masas (10) de la figura principal (1) (rombo en figura 4), cuando no se esté observando la figura desde justamente la vertical, estará desplazado con respecto al centro de masas (12) de la figura circular secundaria (6) (hexágono en figura 4), pues ambas figuras poseen “masas” distintas. Concretamente, al observar la figura desde un cierto ángulo desde la vertical, se distorsionará la visión de la misma de tal forma que la región más cercana al observador parecerá contener mayor “masa” que la más alejada.

Esta distorsión hace que el centro de masas de la figura siempre tienda a acercarse a la posición del observador. Cuanto mayor sea la región, mayor será la distorsión que presentará al observarse desde un cierto ángulo. La diferencia, en términos de área,

entre la figura principal (1) y el anillo central (6) es muy grande de ahí, que al observar el conjunto, el centro de masas del anillo (12) apenas presentará diferencia en su posición, mientras que el centro de masas de la figura principal se verá claramente desplazado de su centro según giramos el punto de vista.

- 5 Con esto, podemos obtener las coordenadas de ambos centros de masa y con ellas dos distancias entre los centros de masa: una separación horizontal, “Drx”, y otra vertical “Dry”, (figura 6).

“Drx” es la distancia horizontal entre el centro de masas (10) de la imagen de la figura circular principal (1) y el centro de masas (12) de la imagen de la figura circular secundaria (6). A su vez, “Dry” es la distancia vertical entre el centro de masas (10) de la imagen de la figura circular principal (1) y el centro de masas (12) de la imagen de la figura circular secundaria (6).

La distancia horizontal “Drx” será proporcional a la inclinación lateral que presente la cámara, alabeo en el caso de un vehículo, y la distancia vertical “Dry” será proporcional al cabeceo de la cámara, cabeceo para un vehículo aéreo.

Además de las coordenadas de los centros de masas (10, 11 y 12) de los distintos elementos de la figura patrón, se calcula el área que ocupa en la imagen la figura principal (1) del patrón. La idea radica en determinar la distancia de la figura a la cámara en función de esa área, pues cuanto mayor área ocupe, más cerca estará la cámara de la plataforma.

Así, de forma secuencial, se extraen los puntos de interés para el cálculo del estado de la plataforma respecto al UAV, o del UMV, y la distancia entre ellos. Esta información es usada en todo momento por el vehículo tanto en el alejamiento (despegue, partida) o acercamiento (aterrizaje o ataque) a la plataforma.

- 25 Dada la asimetría y la distribución irregular altamente improbable de la figura que se reivindica, aunque desaparezca una parte de la misma en la imagen siempre es posible determinar dichos ángulos porque se puede realizar la identificación de las partes que se mantienen.

DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

A continuación, para facilitar una mejor comprensión de esta memoria descriptiva y formando parte integrante de la misma, se acompañan una figuras en las que con carácter ilustrativo y no limitativo se ha representado el objeto de la invención.

- 5 La figura 1 representa la figura geométrica principal con todos elementos: el círculo principal (1) y las figuras secundarias, (4) y (6), así como todos los huecos: (2), (3), (5) y (7).

En la figura 2 se representa un desglose de la figura completa en la figura principal y las dos figuras secundarias, manteniendo las proporciones entre ellas.

- 10 En la figura 3 representa una forma más particular, en la que el círculo interior (3) lleva en su interior una reproducción de la figura principal a menor escala y situada también sobre el mismo centro.

En la figura 4 se representan las localizaciones de los centros de masas de las imágenes de las figuras geométricas (10,11 y 12) en una de las imágenes tomadas.

- 15 En la figura 5 se representa el ángulo de guiñada.

En la figura 6 se representa las distancias “Drx” y “Dry” entre los centros de masas de las imágenes.

En la figura 7 se representan las medidas para la construcción de la figura.

MODO DE REALIZACIÓN DE LA INVENCIÓN

- 20 Para la realización de la plataforma, se parte de una plancha de material no reflectante y rígido. Una plancha de plástico tipo PVC de color blanco es un material óptimo. De la plancha de material plástico se recorta un cuadrado cuyas dimensiones dependerán de la que vaya a tener la figura a detectar, siendo una buena referencia para el cuadrado que tenga un lado igual al triple del diámetro del círculo principal (1) que engloba a la figura a detectar.
- 25

Sobre el cuadrado recortado, y centrado sobre el mismo, se dibuja el círculo principal (1) de radio R y color negro, según la figura 7.

El hueco circular (3) tiene de radio $2 \cdot R/7$ y el radio de la figura secundaria circular (6) es $R/7$. Finalmente, su correspondiente hueco circular (7) se dibuja con un radio igual a $R/14$.

Los cuatro huecos elipsoidales (2) tienen el eje mayor igual a $3R/7$ y el eje menor igual a $3R/14$ y sus centros están desplazados una distancia $2R/7$ del centro del círculo principal (1).

Sobre el hueco elipsoidal (2) inferior se inserta la elipse secundaria (4) que tiene por ejes: $2R/7$ para el mayor y $R/7$ para el menor. En esa elipse (4), sobre su eje mayor y equidistantes una longitud igual a $R/14$ de su centro, se colocan dos huecos circulares (5) de diámetro $R/14$.

Las distancias indicadas son orientativas, pues el sistema funciona igualmente si éstas varían ligeramente, siempre y cuando el patrón reclamado mantenga sus relaciones de aspecto globales.

La secuencia de operaciones realizadas para la determinación de la información es la siguiente.

Primero se toma una imagen con la cámara. A esta imagen se le calcula su complementaria, imagen tal que cada píxel tiene un valor igual a 255 menos el valor del mismo píxel en la imagen original.

Se filtra la imagen complementaria mediante un valor umbral de forma que, a todo píxel que su valor es menor que el umbral se le asigna el valor cero y si el valor del píxel es mayor que tal umbral, se le asigna el valor uno. Se obtiene así una imagen binarizada. Sobre tal imagen binarizada se detectan la figura cuyo número de Euler es igual a -4, con dos figuras en su interior, una con número de Euler 0 y otra con número de Euler igual a -1.

A ese grupo, se le determina su masa, coordenadas del centro de masa de cada elemento (10, 11 y 12) y las distancias entre los mismos, "Drx" y "Dry".

Estas distancias se usan para la determinación de la distancia a la cámara del grupo, y la inclinación del mismo respecto a la cámara suponiendo que la relación de la distancia entre la figura y el área de la misma tiene la forma:

$$\text{Distancia} = a \cdot (\text{area} + b \cdot D^c)^d + e$$

donde a, b, c, d y e son parámetros que se determinan experimentalmente, *area* es el área que la figura ocupa en la imagen, y $D = \sqrt{D_{rx}^2 + D_{ry}^2}$.

Los ángulos de inclinación laterales siguen la relación

$$5 \quad \text{ángulo cabeceo} = K D_{ry} / \text{area}$$

$$\text{ángulo alabeo} = K D_{rx} / \text{area}$$

donde K es una constante que se determina experimentalmente.

Se han realizado pruebas para la figura propuesta para los valores de R igual a siete centímetros y medio y R igual a 3 centímetros.

- 10 Estas pruebas se han llevado a cabo con una cámara web *Logitech Quickcam Deluxe*, un PC CORE2 DUO T7700, 2GB RAM, y MATLAB 2007b como ejecutor del algoritmo de captura, reconocimiento y calculador de ángulos y distancias.

Para la figura de siete centímetros y medio, se han realizado pruebas con éxito hasta una distancia de cincuenta centímetros.

- 15 El tamaño de la figura o escala, dependerá del sistema óptico utilizado y de la distancia a la que se desea detectar la figura. Se puede construir en cualquier material no reflectante sobre el que se pueda pintar o reproducir la figura por cualquier medio de impresión.

APLICACIÓN INDUSTRIAL

- 20 El equipo podría aplicarse industrialmente para la fabricación de plataformas de acercamiento y alejamiento de vehículos totalmente autónomos o tripulados de forma remota: para el aterrizaje y despegue de aviones, con capacidad de desplazamiento vertical, y para el atraque de buques.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de aproximación a una plataforma de un vehículo no tripulado mediante análisis visual **caracterizado** porque comprende al menos las siguientes fases:
- 5 - toma de imágenes de la zona de aproximación secuencialmente por una cámara situada en el vehículo no tripulado;
- análisis de las imágenes mediante una unidad de procesado;
- extracción de la región en la que se encuentra la figura patrón;
- obtención de una imagen complementaria a la original;
- 10 - puesta en binario de la imagen para tener una imagen con sólo dos tonos o valores en ella;
- cálculo de las coordenadas de los centros de masas (10, 11 y 12) de cada imagen para cada figura geométrica, la circular principal (1) y las secundarias elipsoidal (4) y circular (6);
- 15 - cálculo de las distancias entre los centros de masa: una horizontal, “Drx”, y otra vertical “Dry”;
- cálculo del ángulo de rotación o guiñada;
- cálculo del número de Euler para cada figura geométrica, la circular principal (1) y las secundarias elipsoidal (4) y circular (6).
- 20 2. Aparato para la aproximación a una plataforma de un vehículo no tripulado mediante análisis visual para llevar a cabo el procedimiento según la reivindicación 1 **caracterizado** porque comprende: una plataforma con una figura patrón, un dispositivo de tratamiento de la señal, un algoritmo de tratamiento de la imagen captada y un sistema de control.
- 25 3. Aparato para la aproximación a una plataforma de un vehículo no tripulado mediante análisis visual según reivindicación 2 **caracterizado** porque la figura patrón

consiste en una figura geométrica principal que contiene en su interior dos elementos secundarios;

y porque el elemento principal (1) es un círculo, de radio determinado, con cuatro huecos elipsoidales (2) y un hueco circular central (3);

5 y porque una de las figuras secundarias es una elipse (4) con dos huecos circulares (5) situada en el interior de un agujero elipsoidal (2) y la otra figura secundaria es un círculo (6) con un hueco circular (7) y está situado dentro del hueco circular central (3).

4. Aparato para la aproximación a una plataforma de un vehículo no tripulado
10 mediante análisis visual según reivindicación 2 y 3 **caracterizado** porque los centros de los huecos elipsoidales (2) se sitúan simétricamente dos a dos respecto del centro del círculo (1) y porque dos huecos tienen su eje mayor en la dirección horizontal y los otros dos tienen su eje mayor en la dirección vertical.

5. Aparato para la aproximación a una plataforma de un vehículo no tripulado
15 mediante análisis visual según reivindicación 2 y 3 **caracterizado** porque la figura secundaria elipsoidal (4) es concéntrica con el hueco elipsoidal (2) que la contiene y porque es del mismo color que la figura geométrica principal (1).

6. Aparato para la aproximación a una plataforma de un vehículo no tripulado
20 mediante análisis visual según reivindicación 2 y 3 **caracterizado** porque la figura secundaria circular (6) es concéntrica con el hueco (3) que la contiene y porque es del mismo color que la figura geométrica principal (1).

7. Aparato para la aproximación a una plataforma de un vehículo no tripulado
mediante análisis visual según reivindicaciones 2, 3 y 6 **caracterizado** porque los tres círculos (3, 6 y 7) son concéntricos entre sí y con el círculo principal (1).

25 8. Aparato para la aproximación a una plataforma de un vehículo no tripulado
mediante análisis visual según reivindicaciones 2, 3, 5, y 6 **caracterizado** porque el contraste de color entre las figuras (1, 4 y 6) y los huecos (2, 3, 5 y 7) es máximo.

9. Aparato para la aproximación a una plataforma de un vehículo no tripulado
mediante análisis visual según reivindicación 2, 3, 5, 6 y 8 **caracterizado** porque los

colores usados son negro para las figuras y blanco para los huecos.

10. Aparato para la aproximación a una plataforma de un vehículo no tripulado mediante análisis visual según reivindicación 2 y 3 **caracterizado** porque la figura secundaria circular (6) se sustituye por una reproducción de la figura principal a menor escala y concéntrica con el hueco circular (3) que la contiene.
- 5

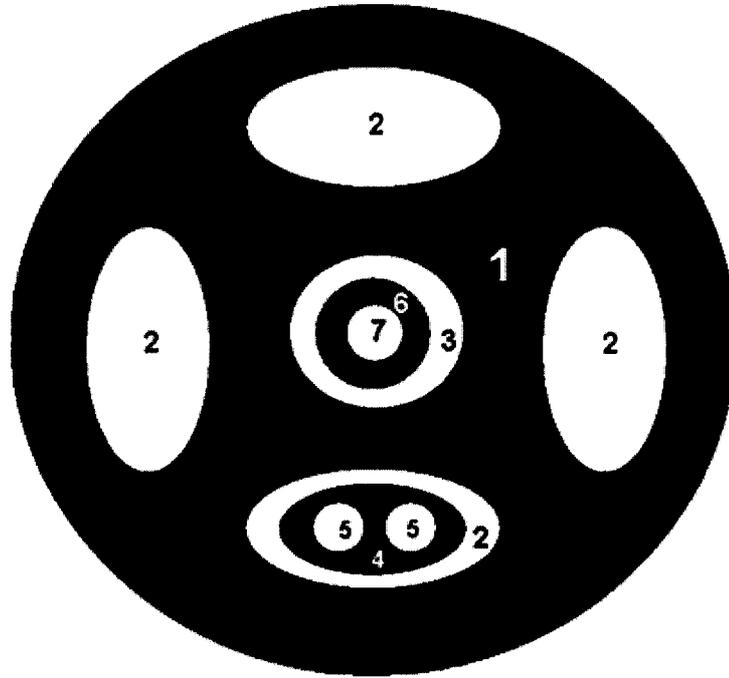


Figura1

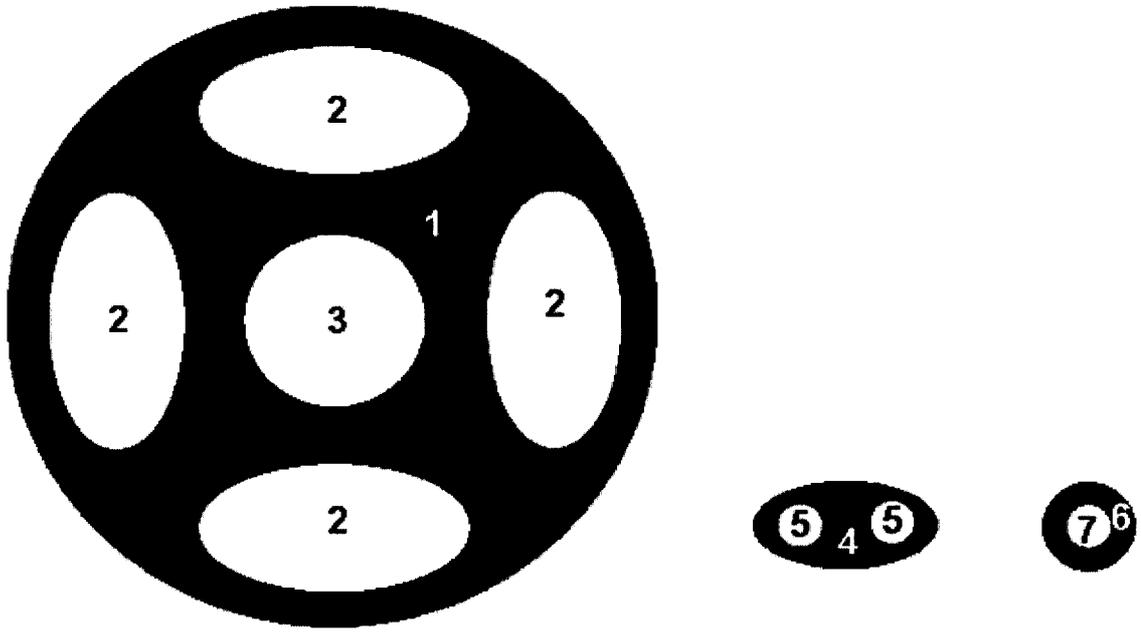


Figura 2

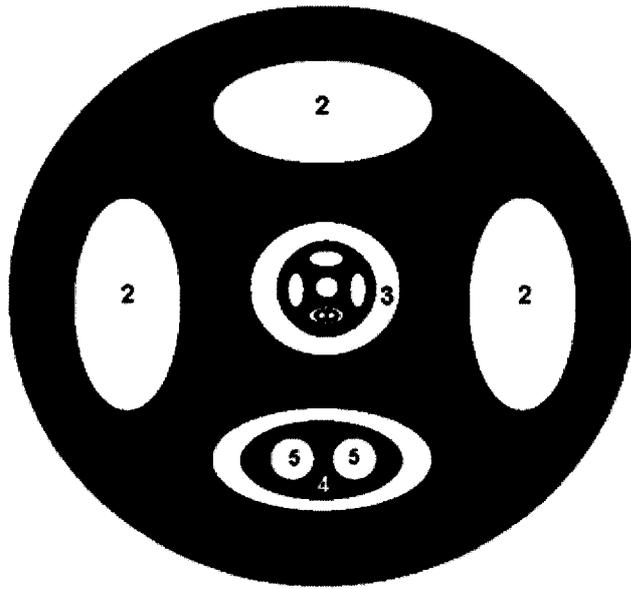


Figura 3

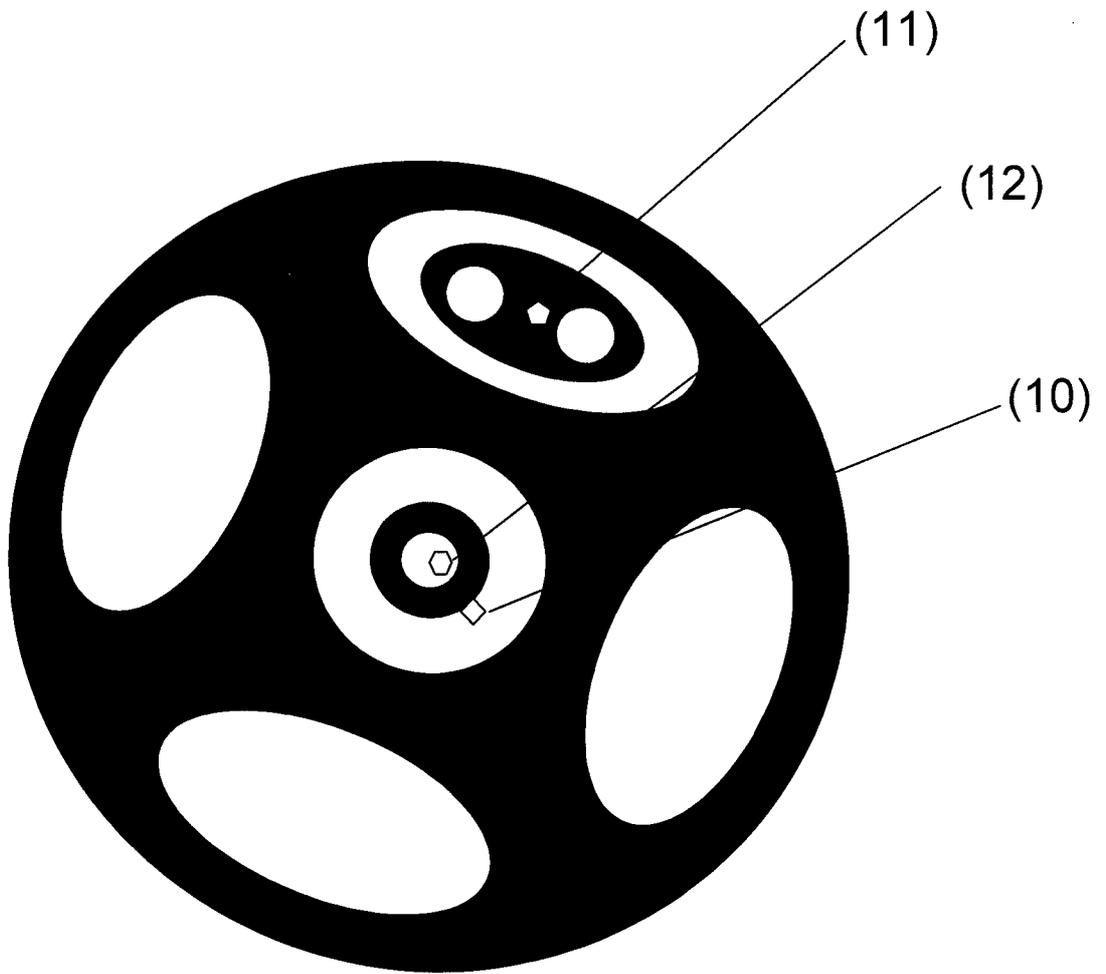


Figura 4

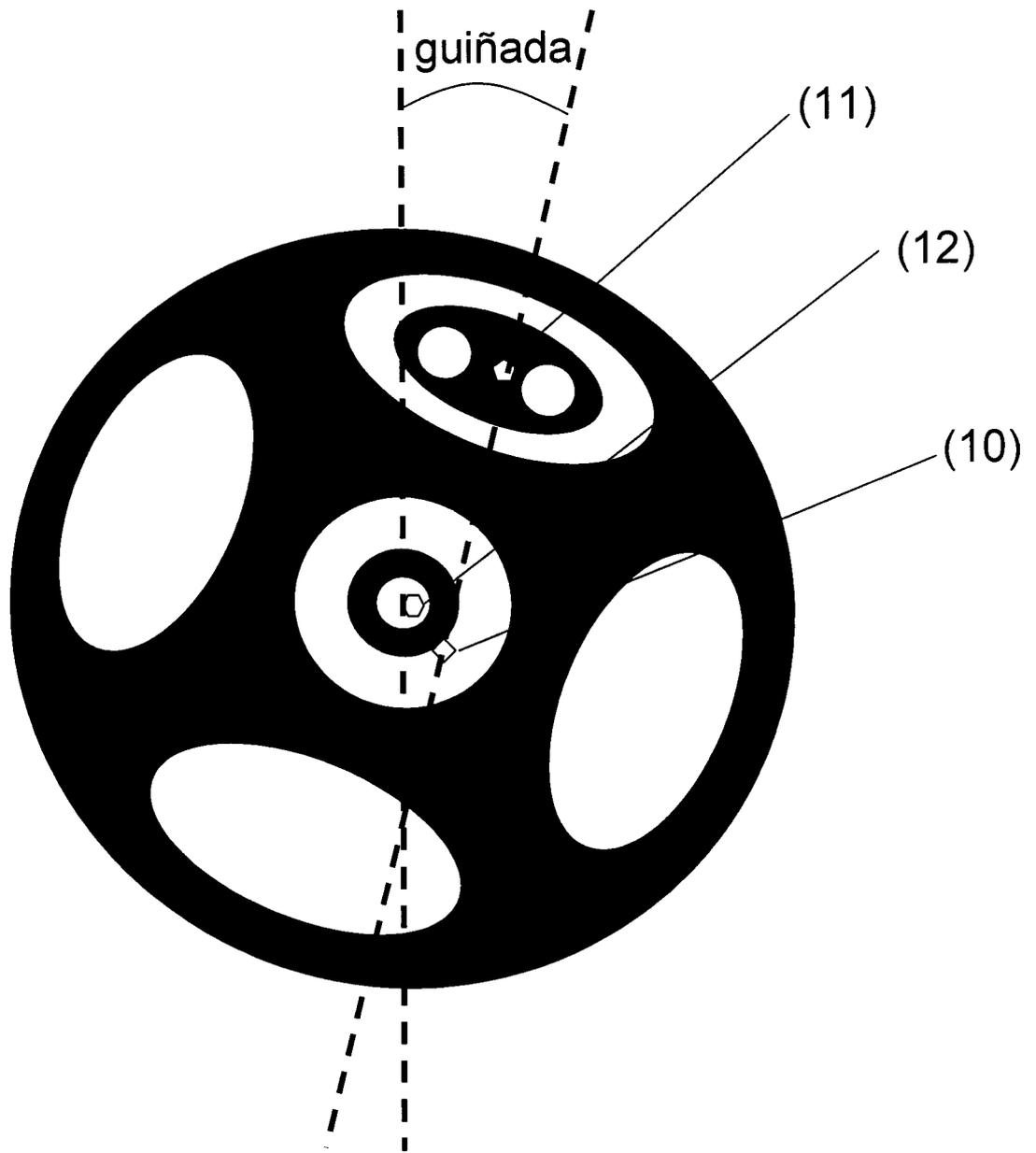


Figura 5

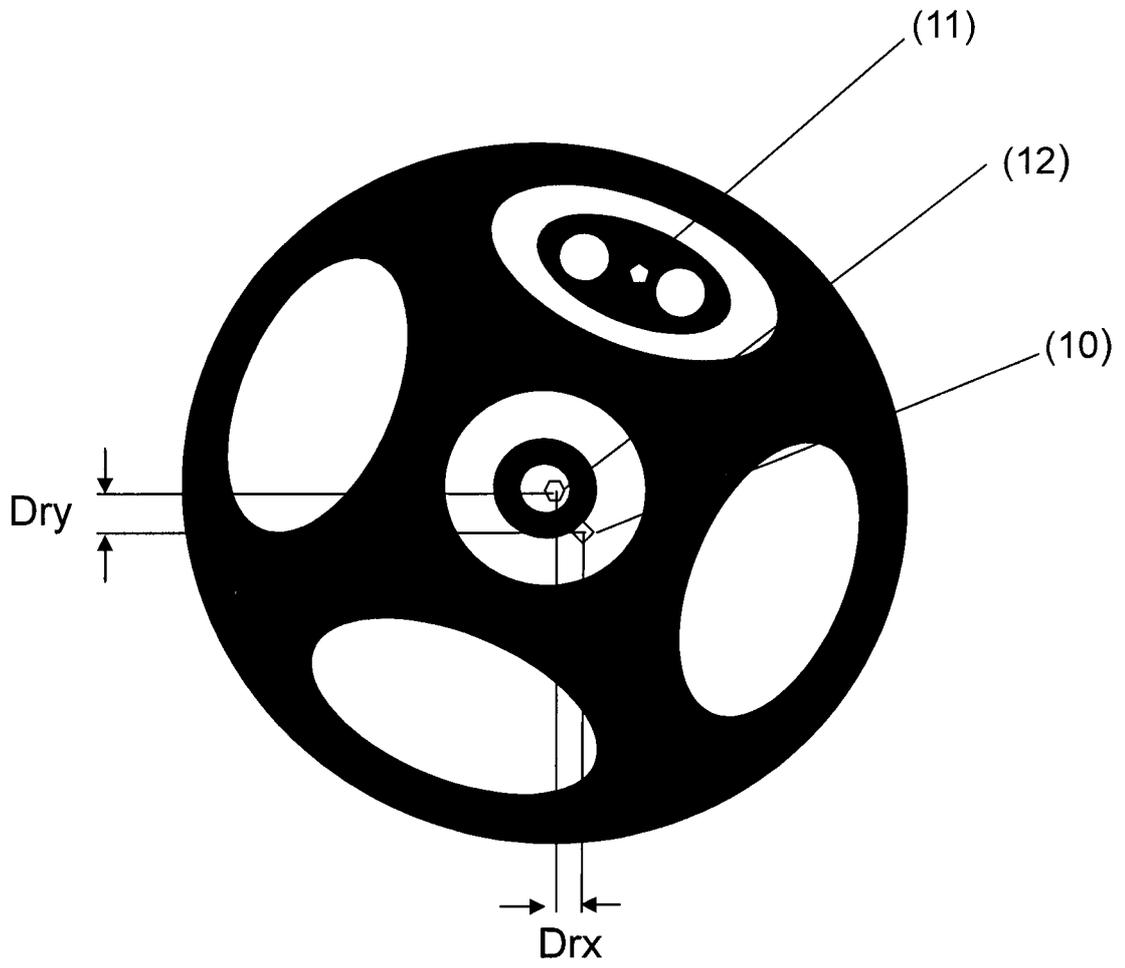


Figura 6

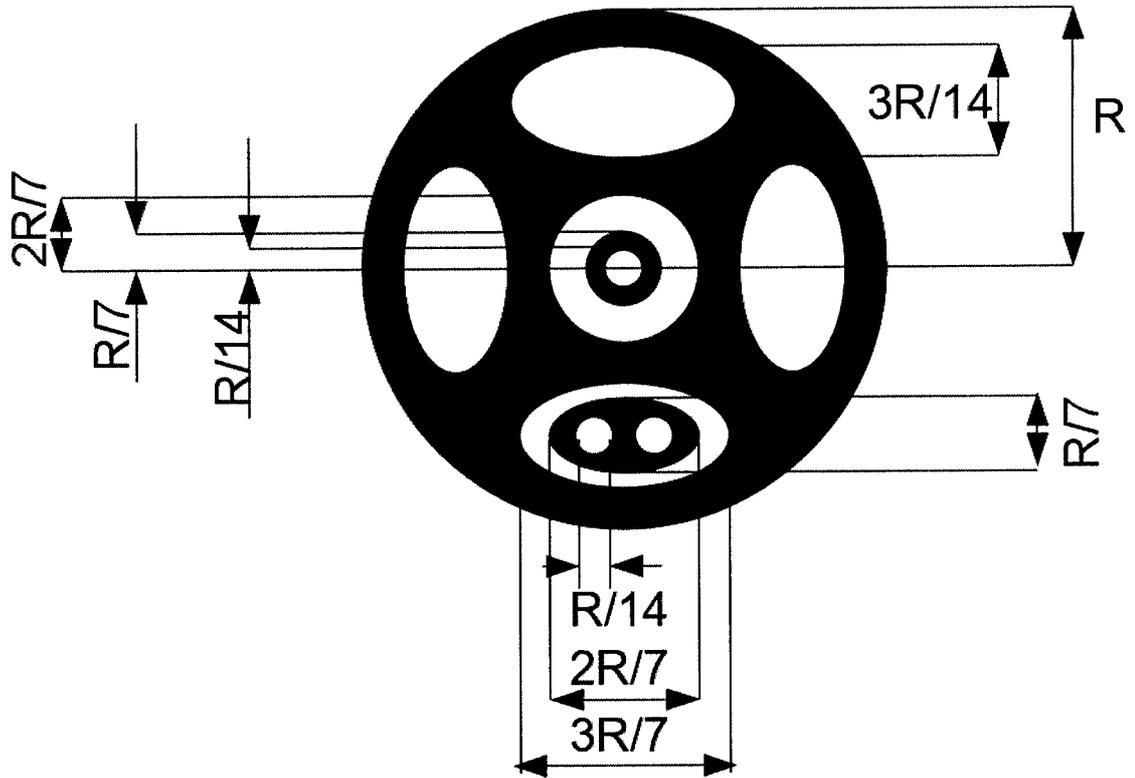


Figura 7



OFICINA ESPAÑOLA
DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

②¹ N.º solicitud: 201001592

②² Fecha de presentación de la solicitud: 20.12.2010

③² Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

⑤¹ Int. Cl.: **G05D1/08** (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑤ ⁶ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
X	EP 1901153 A1 (OFFIS E V) 19/03/2008, párrafo [0039]; párrafo [0057]; párrafos [0194 - 0198]; párrafos [0214 - 0216]; figura 4.	1-10
A	EP 1901153 A1 (OFFIS E V) 19/03/2008, Todo el documento.	1

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud

E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

para todas las reivindicaciones

para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe
22.08.2012

Examinador
D. Cavia del Olmo

Página
1/5

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

G05D

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 22.08.2012

Declaración

Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)	Reivindicaciones 1-10	SI
	Reivindicaciones	NO
Actividad inventiva (Art. 8.1 LP11/1986)	Reivindicaciones	SI
	Reivindicaciones 1-10	NO

Se considera que la solicitud cumple con el requisito de aplicación industrial. Este requisito fue evaluado durante la fase de examen formal y técnico de la solicitud (Artículo 31.2 Ley 11/1986).

Base de la Opinión.-

La presente opinión se ha realizado sobre la base de la solicitud de patente tal y como se publica.

1. Documentos considerados.-

A continuación se relacionan los documentos pertenecientes al estado de la técnica tomados en consideración para la realización de esta opinión.

Documento	Número Publicación o Identificación	Fecha Publicación
D01	EP 1901153 A1 (OFFIS E V)	19.03.2008
D02	EP 1901153 A1 (OFFIS E V)	19.03.2008

2. Declaración motivada según los artículos 29.6 y 29.7 del Reglamento de ejecución de la Ley 11/1986, de 20 de marzo, de Patentes sobre la novedad y la actividad inventiva; citas y explicaciones en apoyo de esta declaración

Se considera D01 el documento del estado de la técnica más próximo al objeto de la solicitud reivindicado. Siguiendo la redacción de las reivindicaciones independientes, D01 describe lo siguiente:

Sistema de aproximación a una plataforma para helicópteros no tripulados (ver resumen) consistente, entre otros, en los siguientes elementos técnicos:

- Una cámara situada a bordo del vehículo no tripulado (ver párrafo [0039]) que toma imágenes de la zona de aproximación (ver párrafo [0057]).

- La zona de aproximación empleada está compuesta por un círculo exterior (de color negro) que contiene en su interior cinco círculos menores (de color blanco): uno de ellos concéntrico con el círculo principal y, el resto, situados simétricamente dos a dos sobre el círculo principal. Uno de los círculos exteriores, a su vez, contiene otro círculo de radio menor (y color negro) en su interior importante para determinar el ángulo de guiñada (ver figura 4.8 y párrafo [0213]). El uso de círculos en lugar de cualquier otra figura geométrica se justifica por ser una geometría robusta, reconocible desde cualquier perspectiva y que, en su proyección (es decir, cuando el vehículo no tripulado no se encuentra perpendicularmente situado sobre la plataforma) se presenta como una elipse (ver párrafo [0214]) lo que, unido al cálculo del centro de coordenadas de los cinco círculos interiores es suficiente para determinar la posición y parámetros de aproximación del vehículo no tripulado a la plataforma según se describe en los párrafos [0194] a [0198].

Para el uso del sistema de aproximación compuesto por los elementos técnicos anteriores se lleva a cabo un procedimiento constituido por las siguientes fases:

- Las imágenes tomadas por la cámara se convierten a escala de grises (ver figura 4.9 y párrafo [0215]).

- Las imágenes tomadas por la cámara son almacenadas y procesadas obteniendo así la región en la que se encuentra la figura patrón (ver figura 4.9 y párrafo [0215]).

- Determinación de los centros de coordenadas de cada uno de los círculos que componen la plataforma de aproximación mediante el uso del algoritmo de detección de elipses (ver figura 4.9, párrafo [0215] y párrafos [0199]-[0200]). Se determina la distancia entre los centros de coordenadas de los círculos interiores (no del círculo principal) y se construye una matriz de rotación (ver párrafo [0216]) a partir de la cual se determinan los ángulos de cabeceo, alabeo y guiñada aplicando las ecuaciones correspondientes.

En relación a la reivindicación independiente de procedimiento y teniendo en cuenta el contenido de D01 se concluye que las principales diferencias entre R1 y D01 son las que se comentan a continuación:

- En D01 no se hace mención explícita a la puesta en binario de la imagen para obtener una imagen con sólo dos tonos o valores en ella aunque sí se hace un tratamiento de la imagen para pasarla a una escala de grises puesto que la diversidad de colores en la imagen resulta irrelevante a la hora de determinar la posición del vehículo con respecto a la plataforma más allá del contraste entre dos colores (en este caso el blanco y el negro) por lo que esta característica técnica se considera implícita. Este tipo de tratamiento de la imagen aplicado a sistemas de posicionamiento es ya conocido dentro del campo técnico en cuestión como se refleja en el documento D02 que describe un sistema de posicionamiento para un robot mediante el reconocimiento de imágenes del terreno tomadas por una cámara.

- El diseño de la plataforma propuesta en D01 no coincide con el reivindicado en R1. A efectos del cálculo de las coordenadas de los centros de masas que permiten el posterior cálculo del ángulo de guiñada esta diferencia resulta irrelevante tal y como se argumenta a continuación:

El ángulo de guiñada en R1 se calcula a partir de la posición del centro de masas de la figura secundaria circular (6) y el centro de masas de la elipse secundaria (4). En el caso de D01, el ángulo de guiñada se calcularía a partir del centro de masas del círculo (0) y el centro de masas del círculo (2) (ver figura 4.11). Asimismo, el círculo excéntrico (0) y la asimetría que introduce permite distinguir la parte delantera y trasera de la plataforma tal y como se describe en la página 8 líneas de la 18 a la 21 de la solicitud de patente objeto de estudio. Por tanto, en los que se refiere al cálculo del ángulo de rotación o guiñada (que, nótese, es el único ángulo cuyo cálculo se reivindica en R1), el diseño de la plataforma descrita en D01 es equivalente al reivindicado en la solicitud de patente objeto de estudio puesto que contiene todos aquellos elementos técnicos que permiten el cálculo de dicho ángulo (círculo interior concéntrico con el círculo principal y un elemento excéntrico; una elipse en el caso de R1 y un círculo (0) en el caso de D01) que, a partir de las posiciones de sus centros de masas permiten el cálculo del ángulo de guiñada.

- En R1 se reivindica el cálculo el número de Euler para cada figura geométrica mientras que en D01 no se hace mención de ese cálculo. Sin embargo, aparentemente (y en base al contenido de la descripción) no se desprende ningún efecto técnico posterior a este cálculo por lo que se considera una mera opción de diseño que no aporta por sí misma ningún grado de actividad inventiva.

Por tanto, en base a lo anterior, se considera que la reivindicación independiente número 1 carece de actividad inventiva en el sentido del artículo 8.1 de la Ley de Patentes.

Por lo que respecta a la reivindicación dependiente de producto R2, se considera que ésta carece de actividad inventiva puesto que todos los elementos técnicos en ella contenidos se encuentran así mismo descritos en D01. Lo mismo sucede con las reivindicaciones dependientes R8 y R9; carecen de actividad inventiva del mismo modo que la reivindicación independiente de la cual dependen.

En relación a las reivindicaciones dependientes números R3, R4, R5 a R7 y R10 que hacen referencia a la descripción concreta de la plataforma de aproximación se concluye que, a efectos del cálculo del ángulo de rotación o guiñada (único ángulo cuyo cálculo se reivindica en R1), la plataforma descrita en D01 resulta equivalente a la reivindicada puesto que contiene todos los elementos técnicos necesarios para realizar dicho cálculo y, cualquier otra diferencia entre ambas plataformas, se considera una opción de diseño puesto que no contribuye a la resolución del problema técnico planteado. Por tanto, R3, R5 a R7 y R10 carecen de actividad inventiva en el sentido del artículo 8.1 de la Ley de Patentes.