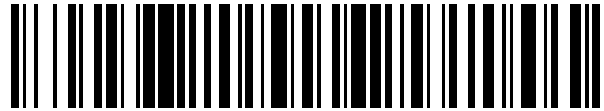


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 584 554**

21 Número de solicitud: 201531734

51 Int. Cl.:

**G06T 7/20** (2006.01)

**B64D 39/00** (2006.01)

**G06T 19/00** (2011.01)

12

PATENTE DE INVENCION CON EXAMEN

B2

22 Fecha de presentación:

**30.11.2015**

43 Fecha de publicación de la solicitud:

**28.09.2016**

Fecha de modificación de las reivindicaciones:

**05.06.2017**

Fecha de concesión:

**06.06.2017**

45 Fecha de publicación de la concesión:

**13.06.2017**

73 Titular/es:

**DEFENSYA INGENIERÍA INTERNACIONAL, S.L.**

**(100.0%)**

**CALLE RÍO SELLA, 31B**

**28023 MADRID (MADRID) ES**

72 Inventor/es:

**ADARVE LOZANO, Alberto**

74 Agente/Representante:

**MONZON DE LA FLOR, Luis Miguel**

54 Título: **SISTEMA DE DETECCIÓN DE PUNTA DE LA PÉRTIGA Y BOCA DE RECEPTÁCULO, AUTOMATIZACIÓN PROGRESIVA DEL REPOSTAJE AÉREO CON BOTALÓN Y PROCEDIMIENTO DE REPOSTAJE**

**ES 2 584 554 B2**

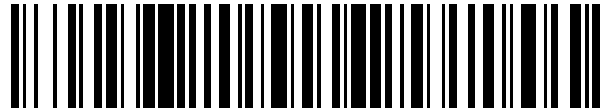
Aviso: Se puede realizar consulta prevista por el art. 40.2.8 LP 11/1986.

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 584 554**

21 Número de solicitud: 201531734

57 Resumen:

Sistema de detección de punta de la pértiga y boca de receptáculo, automatización progresiva del repostaje aéreo con botalón y procedimiento de repostaje.

Sistema de detección de la punta de la pértiga del botalón volador de un avión tanquero y de la boca del receptáculo del receptor para contacto semiautomático o automático para repostaje en vuelo con botalón que no precisa de dispositivos de señalización sobre el avión receptor, donde el sistema y procedimiento asociado es robusto y asegura proporcionar al sistema de control del botalón del tanquero, información robusta, fiable y simultánea en tiempo real, del extremo de su pértiga y de la boca del receptáculo del receptor, en cada instante. Para ello el sistema cuenta con: 1) unos emisores de luz montados en la punta de su pértiga, 2) un subsistema de procesamiento y 3) dos cámaras 3D y bien una cámara TOF o una de tipo DOE, (o ambas) además de, al menos, un láser L para proporcionarles su funcionalidad específica.

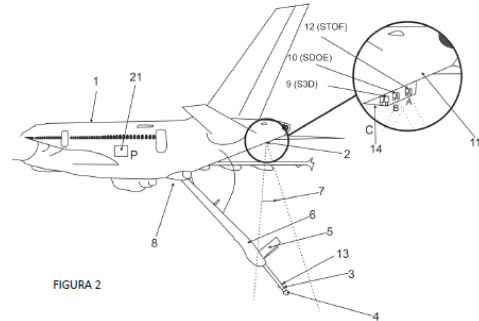


FIGURA 2

ES 2 584 554 B2

**SISTEMA DE DETECCIÓN DE PUNTA DE LA PÉRTIGA Y BOCA DE  
RECEPTÁCULO, AUTOMATIZACIÓN PROGRESIVA DEL REPOSTAJE  
AÉREO CON BOTALÓN Y PROCEDIMIENTO DE REPOSTAJE**

5

**DESCRIPCIÓN**

**OBJETO DE LA INVENCION**

Las operaciones de repostaje con botalón volador o simplemente botalón, requieren que el extremo de la pértiga, que se encuentra en su interior y que dispensa el combustible (denominada boquilla dispensadora, “Nozzle” en anglosajón), sea embocado en un receptáculo colocado en la superficie superior del avión receptor, en el que se halla la boca de recepción de combustible. Una vez realizado el contacto, que consiste en introducir dicha boquilla del extremo de la pértiga del botalón, del avión tanquero, en la boca del receptáculo del avión receptor, se procede (tras un enganche por unas garras colocadas en dicha boquilla, al receptáculo del receptor), al suministro del combustible.

La gran ventaja del repostaje con botalón, es por un lado, el mayor caudal alcanzable en el suministro (lo que podría redundar en un menor tiempo de repostaje) y, por otro, la carga de trabajo para el piloto del avión receptor, que es inferior al caso de cesta y manguera, donde la responsabilidad de la operación recae directamente sobre él. En este último método de manguera y cesta, el piloto del receptor es responsable de realizar el contacto de forma casi exclusiva.

La operación con botalón es menos estresante para el piloto del avión receptor, que se limita a estar colocado en una posición adecuada relativa al avión tanquero. Para realizar la operación referida con botalón es necesario conocer, en cada momento, las posiciones tanto del extremo de la pértiga (es decir de la boquilla) como de la boca del receptáculo. En la actualidad, dicha información es adquirida visualmente por el operario encargado de realizar manualmente la operación de contacto con el botalón (denominado “Boomer” en terminología anglosajona).

Si deseamos automatizar la operación, esa información debe suministrarse al sistema del tanquero que controla al botalón para que modifique las “leyes de control” oportunas, que controlan su movimiento. También puede ser suministrada para el control del tanquero e incluso para el del receptor. Así los tres pueden contribuir a una operación automática cómoda y segura.

Como se ha dicho, actualmente, la operación se realiza de forma manual.

El objeto de la presente solicitud es precisamente, un método y un sistema para realizar, de forma automática o semiautomática, un contacto entre la boquilla o dispositivo de suministro de combustible del botalón de un primer avión tanquero y el receptáculo localizado en la superficie de un segundo avión o avión receptor, que recibirá el combustible del primero.

También es objetivo, de los elementos involucrados en el sistema, proporcionar al primer avión, es decir al tanquero, la ubicación del avión receptor y más concretamente de su receptáculo, respecto a un centro de coordenadas solidario con dicho tanquero, con el fin de que una vez el segundo avión o avión receptor, se haya acercado y colocado en una posición adecuada para el contacto, pueda ser embocado por parte de la boquilla de la pértiga del avión tanquero y así comience el suministro de combustible hasta la cantidad y durante el tiempo estipulados.

Así mismo, otra faceta de esta invención es proporcionar al sistema que gobierna al botalón del avión tanquero, la posición de la boquilla que se encuentra en el extremo de la pértiga del mismo respecto al mismo centro de referencia del apartado anterior y lo que es más importante, la posición relativa entre la salida de la boquilla de la pértiga del tanquero y la entrada al receptáculo del avión receptor.

Tal y como se ha indicado, con esos datos el avión receptor se puede colocar en la posición apropiada de contacto y una vez se haya situado de forma estable en la misma, a la espera de recibir el combustible, el tanquero podrá conocer la posición a la que deberá mover el extremo de su botalón con el fin de embocar la boquilla en el receptáculo del receptor como suceso previo al comienzo del suministro del combustible.

En definitiva, en base a esa *información*, la operación, como se ha dicho, podrá convertirse en semiautomática o automática según se diseñen las leyes de control que gobiernan el movimiento del botalón del avión tanquero e incluso las de los mismos tanquero y receptor, en función de dicha información. La obtención y suministro de esa información es el objetivo de esta patente.

### **ANTECEDENTES DE LA INVENCION**

Como se ha indicado en el párrafo inicial, el repostaje en vuelo se realiza actualmente de dos formas diferentes. Con manguera y cesta o con botalón o "Boom" volador. En el caso de que se realice con botalón, el extremo o boquilla (boquilla de salida del combustible) de su pértiga debe embocar en un receptáculo que se encuentra en la superficie de la nave que va a recibir el combustible. Toda esta operación se realiza actualmente de manera manual y depende de la pericia del operador del tanquero o "Boomer".

Con el fin de tener una información precisa de ambos puntos (extremo de la pértiga y boca del receptáculo) se suele recurrir a dispositivos de señalización y mediante el uso de sensores capaces de “ver” esas señalizaciones, se pueden determinar las posiciones de ambos.

- 5 En el estado de la técnica se conocen las siguientes patentes relacionadas con el objeto de la invención.

US6752357 describe un sistema de medición de distancia para un avión de reabastecimiento de combustible que comprende al menos un brazo extensible de reaprovisionamiento, al menos una cámara y un ordenador. El brazo de  
10 repostaje está provisto de una boquilla. La boquilla de la pértiga tiene una geometría adecuada para conectar con un receptáculo de repostaje de aviones. Cada cámara forma una pluralidad de imágenes, tanto de la boquilla de la pértiga como del receptáculo de reabastecimiento. El ordenador recibe cada una de las imágenes, convierte las imágenes a una pluralidad de píxeles  
15 y analiza las imágenes para determinar una distancia entre la boquilla de la pluma y el receptáculo de reabastecimiento de combustible. El extremo de la pértiga de reabastecimiento de combustible constituye un punto de referencia fijo entre el extremo de unión y el avión de reabastecimiento. El punto de fijación de la cámara para el avión también forma un punto de referencia de la  
20 cámara.

La patente US5530650 describe un sistema de guiado visual y un método, que incluye un subsistema que localiza tanto las estructuras de las aeronaves y de acoplamiento de la misma y también determina su movimiento y su tasa de  
25 cambio de movimiento. El subsistema de localización tiene una salida eléctrica que alimenta a un ordenador con los datos de localización y de movimiento que utiliza el software que combina los datos con otros datos en una base de datos que contiene el tamaño y la configuración dimensional de las estructuras de las aeronaves y de acoplamiento. Los datos combinados se convierten en una  
30 forma adecuada y se alimenta al monitor de la computadora que muestra las estructuras de las aeronaves y de acoplamiento de los mismos en tiempo real durante la operación de reabastecimiento de combustible. El monitor del cuenta con controles de imagen que permiten al operador seleccionar la perspectiva ángulo de visión, así como el contraste de la imagen y el color con el fin de mejorar las señales visuales proporcionados por la imagen y facilitar la  
35 operación de repostaje.

US2007023575: En esta patente se describe un sistema de visión para su uso en un vehículo cisterna de reabastecimiento en el aire que no requiere múltiples cámaras para proporcionar una imagen de visión estéreo para que un  
40 operador de botolón pueda realizar una operación de reabastecimiento de combustible en un vehículo receptor.

US20110147528: En esta patente se describe un sistema de visión en tres dimensiones de un escenario dado permitiendo la visualización de diferentes partes del escenario con mayor grado de detalle. También busca proporcionar métodos y sistemas de visión de aviones cisterna para el seguimiento de las operaciones de repostaje de aviones receptores que permiten la visualización de partes seleccionadas de la zona de recarga de combustible con mayor grado de detalle. El sistema comprende al menos dos cámaras de alta resolución para proporcionar señales de vídeo de dicho escenario para la monitorización estéreo, al menos un sistema de monitorización de tres dimensiones para mostrar imágenes tridimensionales de dicho escenario, y también comprende medios para la visualización de imágenes ampliadas tridimensionales de una zona seleccionada del escenario.

US7469863 es una patente donde se describe un sistema de reabastecimiento automático y los métodos asociados, que cuenta con un dispositivo de entrada para un operador, configurado para recibir entradas, y una primera señal de entrada correspondiente a una posición para un dispositivo de reabastecimiento aéreo. También cuenta con un sensor posicionado para detectar una localización de por lo menos uno de los dispositivos de reabastecimiento.

US 5904729 en esta patente se describe un sistema de iluminación director automático para operaciones de reabastecimiento aéreo.

Generalmente, no reviste demasiado inconveniente poder colocar dichas señalizaciones en la pértiga del tanquero, sin embargo no sucede lo mismo a la hora de hacerlo sobre el receptáculo del avión receptor, que en algunos casos podría no ser siquiera de la misma fuerza aérea ni del mismo país que el tanquero. Este problema queda resuelto en el sistema objeto de esta invención que no requiere que se coloque señalización alguna sobre el avión receptor.

También es importante que el sistema que permite obtener las ubicaciones tanto del extremo de la pértiga y de boca de receptáculo sea un sistema robusto y permita con seguridad y en todo momento proporcionar dicha información, independientemente del instante, de la posición o de la iluminación u otras condiciones medioambientales. Esto si se consigue con el sistema objeto de esta invención que mediante el empleo de una sensorización múltiple (o disposición de sensores y emisores para la obtención de información), basada en distintas tecnologías, permite, con una fusión de las mismas, obtener unos resultados fiables y robustos en todo momento.

Es decir, es objeto de la presente invención desarrollar un sistema de contacto automático del botalón con el avión receptor para repostaje en vuelo, que no precise de dispositivos de señalización sobre dicho avión receptor, donde el sistema y procedimiento asociado sea robusto, redundante y asegure

proporcionar dicha información, independientemente del instante, desarrollando un sistema y un procedimiento como el que a continuación se describe.

Las diferencias fundamentales de esta invención respecto a otros inventos son:

5 La existencia de un dispositivo activo sobre la pértiga para determinar su posición exacta, precisa y fiable respecto al tanquero.

Que dicho dispositivo genera una señal óptica y por tanto no detectable salvo con cámaras de visión que operen en la misma longitud de onda, además de estar en ciertas ubicaciones respecto al tanquero y a una muy corta distancia.

10 La existencia de diferentes fuentes para obtener la misma información de la posición del receptáculo del receptor e incluso más fuentes para obtener la información de cómo está colocada la boquilla de la pértiga (alta redundancia).

El empleo de redes neuronales en parte del procesamiento de información, además de algoritmos convencionales, para la obtención de resultados.

### **DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION**

15 Tal y como se ha dicho anteriormente, el sistema busca obtener el contacto del extremo de la pértiga, o boquilla, con la boca de receptáculo, de manera automática o semiautomática, es decir, proporcionar al avión tanquero, la posición del avión receptor respecto a este y lo que es más importante, la posición relativa entre la salida de la boquilla de la pértiga del tanquero y la boca de entrada del tubo del receptáculo del avión receptor. Una vez  
20 determinadas las posiciones de la boquilla de la pértiga, de la boca del receptáculo y de los apuntamientos de estas, de forma dinámica, a lo largo del tiempo, respecto a unos ejes comunes, podrá suministrarse esta información a las Leyes de Control tanto del receptor como del tanquero y de su botalón y  
25 hacer realidad el contacto automático.

El sistema comprende tres elementos o partes fundamentales:

- I.- Un elemento BD (que denominaremos Dispositivo de Botalón) compuesto por una carcasa de soporte que se agarra al extremo de la pértiga. Sobre la superficie de la misma se disponen un conjunto o  
30 subsistema de emisores de luz. Estos emisores consisten en LEDs, en una implementación preferida, junto con una electrónica de encendido y apagado de los mismos.
  
- II.- Un elemento C formado por una caja agarrada a la superficie exterior del avión, preferentemente en el cono de cola y que alberga a los tres  
35 subsistemas siguientes:

1.- Un subsistema de visión 3D formado, sin pérdida de generalidad, por una cámara izquierda y otra derecha que generan una visión 3D del escenario de trabajo (que denominamos subsistema 3D: S3D). Este subsistema S3D junto con su electrónica, controla el encendido alternativo de los emisores de BD y permite en virtud de un procesamiento de ambas imágenes, obtener la posición espacial de dichos elementos luminosos de BD. También, mediante un procesamiento de imagen basado en una segmentación, registro y cálculo de distancias, obtiene la posición del receptáculo del avión receptor.

2.- Un subsistema que denominaremos STOF compuesto por una cámara de tipo TOF (Time Of Flight), también denominada de tiempo de vuelo y que tiene como particularidad que mide el tiempo que tarda un impulso de luz generado y reflejado en los diversos objetos de nuestro escenario de trabajo, desde que dicho impulso sale de nuestro generador del mismo, hasta que llega a cada pixel del sensor de imagen empleado. El subsistema STOF consta además de una electrónica, un láser con su difusor, una lente y un filtro F1 paso-banda estrecho para eliminar la luz diferente a la empleada para excitar nuestro escenario. Aquí la electrónica tiene una funcionalidad principal que es la de calcular el tiempo de ida y vuelta de los fotones que salen del emisor láser L1, que también forma parte de este subsistema, y que rebotan en los objetos de los alrededores del avión para volver a cada pixel de la cámara. Esta electrónica será igualmente responsable de disparar los pulsos de luz del láser. Como es obvio la longitud de onda  $\lambda_1$  de la luz láser L1 es la misma que la central de la banda del filtro F1 de la cámara TOF.

3.- Un subsistema, que denominaremos SDOE, compuesto por una cámara que posee, antes de llegar a su sensor, un filtro paso banda (20) estrecho que deja pasar sólo aquellas longitudes de onda ( $\lambda_2$ ) muy próximas a aquellas generadas por un láser L2 que también pertenece al subsistema. A dicha cámara la denominaremos en este documento, cámara de tipo DOE por la finalidad que persigue. Su misión es detectar los puntos de luz de un patrón conocido, creados al reflejarse en nuestro escenario, la luz procedente del láser L2, al hacerlo pasar a través de una lente de difracción DOE (Diffractive Optical Element), grabada con dicho patrón. La cámara de este subsistema SDOE está compuesta por su electrónica, sensor de imagen, lentes y filtro paso-banda estrecho F2. Este último sintonizado, como se ha indicado, a una longitud de onda  $\lambda_2$  que es la central de la de emisión del láser L2. La electrónica de la cámara es capaz de detectar el mencionado patrón de luz sobre los objetos



de nuestro entorno y a partir del mismo, mediante triangulación y trigonometría, determinar las distancias relativas al mismo de los puntos que lo forman.

- 5 • III.- Un elemento de procesamiento que denominaremos P. Este elemento tiene dos partes: Una que consta de una combinación de procesadores, tanto de tipo convencional, que ejecutan instrucciones de forma secuencial (como son aquellos los procesadores multi-núcleo o los fpga-s (Field Programmable Gate Array) y gpu-s (graphics processor units) y otra con otros procesadores basados en redes neuronales con capacidad de entrenamiento y procesamiento en paralelo. Además el elemento P consta de un subsistema de comunicaciones con el resto de los subsistemas que componen la invención. Las funciones del elemento P consisten en obtener por un lado la posición del receptor y por otro la ubicación del botalón a partir de la información proporcionada por los subsistemas S3D, STOF y SDOE. Entre otros resultados, el elemento P obtiene una nube de puntos del receptáculo, y partes anexas a este, del avión receptor. Conocida esa nube de puntos y comparándola con información, almacenada en una base de datos, de los modelos 3D de los posibles aviones a contactar, se puede colocar en un espacio virtual un modelo 3D del receptor y partir de él obtener la posición exacta del receptáculo de este. También se hace pasar la nube de puntos por una red neuronal previamente entrenada para finalmente obtener de nuevo la posición del receptáculo (de forma redundante). Lo mismo hará con los datos de las nubes de puntos y el modelo 3D del botalón. Otra función que realiza el elemento P es determinar las posiciones de los emisores del elemento BD de la boquilla de la pértiga para obtener la posición del extremo de ésta. El elemento P calcula todos los puntos y vectores significativos ya indicados. También realiza el ajuste de dimensiones y eliminación de aberraciones procedentes de las lentes o del propio sensor. Una calibración previa será indispensable para el funcionamiento correcto de todo el sistema. Los componentes del elemento P pueden estar concentrados en una ubicación única o dispersos en partes junto con los demás subsistemas de esta invención.

35

En una primera instancia sólo las cámaras 3D realizan las funcionalidades necesarias. El sistema se reduciría a dos cámaras y el dispositivo BD de emisores de luz colocado en la punta de la pértiga. Todos con sus accesorios correspondientes, y a los que habría que añadir finalmente, el elemento P de procesamiento .

40

En una segunda implementación más completa, todos los subsistemas, están presentes aunque en una primera realización, el láser que algunos subsistemas

emplean puede ser el mismo y la funcionalidad de sus cámaras realizada por una de las cámaras de 3D o por ambas.

5 En sucesivas realizaciones, los componentes de cada subsistema se van independizando y especializando en la tarea exigida por cada subsistema específico y el sistema completo va sumando más elementos individuales hasta llegar a la realización más completa con dos láseres y todas las cámaras independientes entre sí.

10 Todo el sistema, en cualquiera de sus implementaciones, será alimentado por una fuente de alimentación del avión y dará como salida un conjunto de coordenadas  $(X_i, Y_i, Z_i)$  de los puntos clave así como de los versores ortogonales  $(V_{ix}, V_{iy}, V_{iz})$  que vaya localizando en cada "frame" o cuadro de imágenes. Además todas las electrónicas, que pueden considerarse como parte del elemento P, llevan un subsistema de comunicaciones para el intercambio de información con el resto de subsistemas.

15 Los subsistemas S3D, STOF y SDOE generan, todos, unas nubes de puntos a partir de las distancias calculadas y disponen de una electrónica con unos algoritmos embutidos capaces de pre-procesar la información recibida de sus cámaras y enviarla al resto del elemento P de procesamiento que obtiene a partir de esos puntos, la ubicación del receptáculo del avión receptor y la  
20 ubicación de la punta del botalón a partir de sus modelos 3D una vez encajados en esas nubes de puntos obtenidas.

Salvo que se indique lo contrario, todos los elementos técnicos y científicos usados en la presente memoria poseen el significado que habitualmente entiende el experto normal en la técnica a la que pertenece esta invención. En  
25 la práctica de la presente invención se pueden usar procedimientos y materiales similares o equivalentes a los descritos en la memoria.

El empleo de distintas combinaciones del sistema básico, con el S3D, y los subsistemas STOF y SDOE constituyen, en esencia, las distintas reivindicaciones presentes en esta patente.

30 A lo largo de la descripción y de las reivindicaciones la palabra "comprende" y sus variantes no pretenden excluir otras características técnicas, aditivos, componentes o pasos. Para los expertos en la materia, otros objetos, ventajas y características de la invención se desprenderán en parte de la descripción y en parte de la práctica de la invención.

### 35 **EXPLICACION DE LAS FIGURAS**

Para complementar la descripción que se está realizando y con objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características de la invención, de acuerdo con un ejemplo preferente de realización práctica de la misma, se

acompaña como parte integrante de dicha descripción, un juego de dibujos en donde con carácter ilustrativo y no limitativo, se ha representado lo siguiente:

5 En la figura 1, BD es una representación simplificada del dispositivo (13) que se coloca al final de la parte extensible de la pértiga (3) del botalón (6), en la zona más próxima posible, a la boquilla de salida del combustible. P representa el elemento de procesamiento (21) que va generalmente dentro de avión. (14) es la carcasa dentro de la cual se encuentran, en caso de estar en la implementación elegida, los subsistemas S3D (9), STOF (12) Y SDOE (10),  
10 cada uno con sus correspondientes componentes auxiliares optativos. En la figura, esta carcasa sólo alberga al subsistema S3D mientras que en la figura 2 siguiente se han representado esquemáticamente los tres subsistemas.

15 En la figura 2, podemos observar una representación simplificada de todos los elementos que forman parte de la invención, en su implementación más completa y cómo pueden colocarse en (2) bajo el cono de cola (11) del avión tanquero donde el ángulo de visión (7) es el mínimo necesario para la realización de las operaciones. En éste, el botalón (6) pende del avión tanquero (1) en su cono de cola (11) sujeto mediante una rótula (8) y dispone de unas  
20 aletas (5) que controlan su movimiento. Del interior del botalón volador sale la pértiga (3) en cuyo extremo se ha dispuesto el elemento BD (13), justo antes de donde se encuentra la boquilla (4) de dispensación del combustible.

### **DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION**

25 El sistema objeto de esta invención está formado por los tres elementos siguientes.

30 I.- Un primer elemento (figura 1) que denominamos BD que está instalado en la zona de la punta de la pértiga(3) del botalón (6) como un anillo que la agarra y consiste en una *carcasa* que protege a una *electrónica* y que soporta a un *conjunto de emisores de luz*, que pueden consistir sin pérdida de generalidad en unos LEDs (16) o diodos láser con sus respectivos difusores . Dichos emisores, están dispuestos en su superficie y emiten luz de forma homogénea,  
35 en determinados momentos, que será detectada por un conjunto de cámaras (9), cuya misión será determinar la posición de dichos emisores de luz respecto a las mismas. La electrónica (22) consiste en una adaptación de la alimentación del avión, un conjunto de drivers o adaptadores para el encendido de los emisores de luz y un subsistema de comunicaciones que recibirá  
40 órdenes de la electrónica que gobierna las cámaras anteriores con el fin de obtener una cierta sincronización entre ambos subsistemas (cámaras y emisores LED).

II.- Un segundo elemento (ampliado en la figura 2), al que llamamos C, formado por una segunda caja o *carcasa* (14) que alberga al resto de subsistemas de esta invención, incluyendo parte del elemento P de procesamiento final (figura 2) y de interfaz con el sistema del avión donde se encuentran las Leyes de Control. Este elemento C se coloca, en una realización preferida, bajo el cono de cola (11) del avión tanquero (1), sin perjuicio de que los mismos subsistemas que lo integran puedan estar dispersos, colocados en diferentes zonas del tanquero en distintas implementaciones de la misma patente.

5  
10 Dentro del elemento C tenemos hasta tres subsistemas distintos, dependiendo de la implementación concreta de esta patente:

15 1.- En primer lugar un primer subsistema que denominamos S3D (9) que contiene a las cámaras 3D (17) y es responsable de la localización de los LEDs del elemento BD descrito en el punto I (figura 1) y de determinar la posición de dichos emisores frente a estas. También es responsable de determinar la posición del receptáculo a partir de las imágenes que se obtienen del avión receptor sobre cuya superficie se encuentra el mismo. Estas cámaras disponen de sus respectivos sensores de imagen, electrónica de procesamiento, lentes de enfoque (18) y un filtro paso-banda B3 estrecho centrado en un lugar  $\lambda_3$  del espectro. Algunas cámaras pueden contar con unas lentes de control electrónico variable (19). Esa longitud de onda es compatible con las otras cámaras involucradas en la operación de repostaje y está centrada en la misma longitud de onda de emisión de los LEDs (16) del elemento BD. Esto ayudará en la eliminación de fotones procedentes de otras fuentes como el propio sol. La electrónica adicional también tiene como misión controlar el encendido de los LEDs a lo largo del tiempo, generando ciertos patrones que ayudan también a distinguirlos de la luz emitida por otras fuentes. El procesado consiste, en esencia, en la realización de una correlación cruzada entre el patrón de luz, generado y la luz recibida en cada cuadro de imagen. Finalmente, esta electrónica, tras detectar cada emisor LED del elemento BD, que sea visible desde las cámaras, calcula la distancia y el resto de coordenadas de cada LED respecto un conjunto de ejes de referencia, que por simplicidad se colocan en el centro del sensor de una de las cámaras y que denominamos CR. El subsistema S3D será alimentado por una fuente de alimentación del avión y dará como salida un conjunto de coordenadas (X, Y, Z) de los puntos activos que vaya localizando en cada "frame" o cuadro de imágenes. La electrónica de procesamiento abarcará funcionalidades como la detección de coordenadas (x, y) de cada punto activo localizado por cada cámara de forma independiente así como el cálculo de las coordenadas globales respecto a los ejes de referencia con centro CR a partir de las (x, y) de ambas cámaras. También realizará ajuste de dimensiones y eliminación de aberraciones procedentes de las lentes o del propio sensor. Una calibración previa será indispensable para el funcionamiento correcto de las mismas.

20  
25  
30  
35  
40

- El cálculo de la distancia lo realiza cada intervalo temporal de cuadro, empleando las imágenes obtenidas por ambas cámaras a la frecuencia de obtención de imágenes de éstas. Además identificando un conjunto de puntos en ambas, podemos obtener por triangulación la distancia de cada punto a ellas y así obtener una nube de puntos de nuestro avión receptor y de nuestro botalón siempre que no haya interferencia geométrica y sean vistos por dos cámaras.
- 5
- 10 Las cámaras 3D están dotadas, cada una, de algunos (o todos) los elementos auxiliares siguientes:
- Lentes (18)
  - Electrónica de eliminación de aberraciones, de píxeles muertos, de mejora de la imagen y de cálculo de coordenadas (x, y) de los LEDs del elemento BD y del receptáculo.
- 15

Además, en una implementación más completa de esta misma patente, C puede albergar alguno de los siguientes subsistemas:

- 20 2.- Un segundo subsistema que contiene una cámara de tipo TOF también denominada de tiempo de vuelo y que tiene como particularidad que mide el tiempo, de un pulso de luz generado y reflejado en los diversos objetos de nuestro escenario de trabajo, desde que dicho pulso sale de nuestro generador del mismo, hasta que llega a cada pixel del sensor de imagen empleado. Este subsistema al que denominaremos
- 25 STOF, dispone de una electrónica, una lente de enfoque y un filtro paso-banda B1 estrecho para eliminar la luz diferente a la empleada para excitar nuestro escenario. Aquí la electrónica tiene una funcionalidad de calcular el tiempo de ida y vuelta de los fotones que salen de un emisor
- 30 láser L1 y que rebotan en los objetos de los alrededores del avión para volver a la cámara. Esta electrónica será igualmente responsable de disparar los pulsos de luz de L1. Esos cálculos se realizan para cada pixel o punto del sensor de la cámara TOF. Como es obvio la longitud de onda  $\lambda_1$  de la luz de L1 es la misma que la central de la banda del filtro
- 35 B1 de la cámara del subsistema STOF (12). El láser estará acompañado de una lente de expansión de la luz generada para iluminar todo el escenario de trabajo, aunque en una implementación particular esa lente puede ser una lente de difracción que solamente emite luz a determinados puntos de nuestro escenario de trabajo. El resultado es
- 40 una nube de tantos puntos como píxeles posea el sensor TOF, que dan las distancias desde el emisor de luz hasta el punto concreto del escenario, que sea enfocado en el píxel correspondiente.

3.- Un tercer subsistema al que denominaremos SDOE (10) compuesto por una cámara provista de una electrónica, y una óptica que incluye un filtro paso banda estrecho a una longitud de onda que coincide con la de emisión de un láser. El láser también está provisto de unas lentes entre las que se encuentra una DOE (Diffractive Optical Element). Al pasar la emisión láser por la lente DOE la luz se difracta creando un patrón concreto que previamente se ha grabado en dicha lente. La misión de este subsistema SDOE es primero detectar con la cámara, a la que llamaremos cámara de tipo DOE, los puntos de luz reflejados en nuestro escenario y generados como consecuencia de la iluminación estructurada que se genera. El láser L2 de longitud de onda  $\lambda_2$ , se enciende y apaga a periodos controlados para facilitar la detección de los puntos iluminados por el patrón generado. La cámara DOE está compuesta por su electrónica, sensor de imagen, lentes y filtro paso-banda B2 estrecho sintonizado a  $\lambda_2$ . Una vez detectados los puntos, la electrónica determina las distancias relativas de los puntos iluminados y recibidos en los píxeles de la cámara como segunda parte de la misión de este subsistema. Esto lo realiza mediante una triangulación, midiendo el desplazamiento generado en función de la distancia y conociendo la separación entre el láser y la cámara empleada. Como ya se ha dicho, la longitud de onda  $\lambda_2$  de la luz de L2 es la misma que la central de la banda del filtro B2 de la cámara del subsistema SDOE. El resultado es por consiguiente una nueva nube de puntos correspondientes a aquellos detectados en el sensor al ser reflejados, procedentes de nuestro iluminador estructurado.

Los subsistemas descritos en 2 y 3 están compuestos por las cámaras TOF y DOE y por los emisores láser L1 y L2. Así como demás componentes auxiliares y toda la electrónica que los gobierna.

III.- Un tercer elemento (P) que denominaremos elemento de procesamiento 21, que se ubicará en una caja en el interior del avión tanquero (1), (y parte del cual se puede considerar repartido entre las electrónicas de los otros componentes de esta invención), cuya misión es, a partir de la información proporcionada por los subsistemas 1, 2 y 3, generar la información siguiente, (toda referida a unos ejes de coordenadas comunes):

- Vector posición del punto P1 del extremo de la pértiga = OP1;
- Versor ortogonal a la superficie que cierra la boquilla de la pértiga = VO1;
- Vector posición del punto P2 colocado en el extremo de la boca del receptáculo = OP2;
- Versor ortogonal a la superficie que cierra la boca del receptáculo = VO2;
- Vector velocidad relativa entre P1 y P2 = VR;

- Vector aceleración relativa entre P1 y P2 = AR;

Así como cualesquiera otras que pudieran ser de interés y puedan obtenerse a partir de las informaciones generadas por dichos subsistemas.

- 5 Una de las principales funciones del elemento P es obtener las nubes de puntos generadas por los subsistemas 1, 2 y 3 anteriores para, a partir de ellas, determinar los valores especificados anteriormente. El procesamiento de información que P puede realizar está basado en el empleo de dos grupos distintos de procesadores y por tanto paradigmas de cálculo que se indican a  
10 continuación. Por un lado están los procesadores tradicionales, entendiéndose como tales aquellos más convencionales, basados en una lógica micro-programada con un juego de instrucciones, que se ejecutan de forma secuencial, o bien basados en hardware de alta velocidad como fpga-s o gpu-s. Por otro lado están aquellos basados en redes neuronales. Además el  
15 elemento P consta de un subsistema de comunicaciones con el resto de los subsistemas que componen la invención. Por tanto, P se encarga de obtener los datos significativos del receptáculo del avión receptor y de la punta del botalón, a partir de las nubes de puntos obtenidas por las cámaras de los distintos subsistemas que se integran en C.
- 20 El elemento P de procesamiento dispone también de una memoria donde alberga una base de datos de modelos 3D de los distintos aviones receptores con los que se pretenda realizar repostaje así como información geométrica 3D del botalón. Para el caso de procesadores tradicionales, P realiza un ajuste de los modelos 3D con los valores de las nubes de puntos obtenidas y así, coloca  
25 en un espacio virtual dichos modelos 3D y determina las posiciones de los valores y puntos de interés indicados. En el caso de la red neuronal, se obtienen los valores deseados tras un entrenamiento con distintas situaciones de repostaje real.

- 30 Los datos generados anteriores, permiten al sistema que gobierna las leyes de control del tanquero así como las del botalón de este, disponer de la información adecuada para establecer la estrategia correcta que genere el acercamiento y posterior contacto deseado entre la boquilla de la pértiga y la boca del receptáculo. Las dos opciones de procesamiento pueden emplearse de forma combinada o cada una de forma aislada, para tratar la información  
35 generada por los distintos subsistemas de captación de datos.

El *procedimiento de funcionamiento del sistema* de contacto automático objeto de la invención comprende las siguientes etapas:

- Determinar la posición de cada punto emisor de luz del elemento BD, situado solidariamente con el extremo de la boquilla de la pértiga,  
40 mediante el empleo de las cámaras 3D. La emisión de luz por parte de

- 5 estos emisores es uniforme en las direcciones de emisión y permite a las cámaras 3D "verlas" y así determinar la posición de cada una de ellas respecto a CR. Con el fin de facilitar esa labor, los emisores se hacen parpadear con ciertos patrones de forma alternativa y sincronizada con las cámaras 3D, y filtrados de forma temporal respecto de los otros LEDs. Se evitan así solapes innecesarios entre los emisores y se facilita la detección por técnicas de correlación cruzada para eliminar confusiones con otros puntos de luz. Los reflejos pueden igualmente eliminarse gracias al encendido alternativo de los emisores de forma sincronizada. Este sincronismo permite minimizar la energía necesaria para la detección. El empleo de un filtro sintonizado con la longitud de onda de emisión de luz de los emisores permite también un incremento de la relación señal ruido, facilitando de nuevo dicha detección. Una vez detectados al menos tres emisores se obtiene la posición del punto de la punta de la pértiga mediante un cálculo algebraico simple basado en una triangulación. Esto es posible porque sabemos la distancia entre cámaras, la orientación y la distancia focal de las mismas. Así podemos calcular las coordenadas espaciales de esos emisores respecto a un Centro de Referencia (CR). Además a partir de las coordenadas de tres puntos adecuados, obtenemos la posición exacta de la ubicación del centro de la boquilla. Eso se realiza con precisiones subcentimétricas. Además se obtiene el vector perpendicular a la superficie que cierra la "boquilla" (4). Esto proporciona una primera fuente de información que corresponde al extremo del botafón con respecto a CR recogida en el elemento C.
- 10
- 15
- 20
- 25 Los emisores de luz pueden ser de distintos colores alternando un "color" u otro o emitiendo ambos según convenga que sea visto por una u otra cámara o bien ambas.
- 30 Los emisores de luz son de tipo LED o láser y consisten en quasi-esferas, donde
- la emisión de luz por parte de estas quasi-esferas es uniforme en todas las direcciones de emisión y permite a las cámaras 3D "verlas" y así determinar la posición de cada una de estas esferas respecto a CR.
- 35
- los emisores de luz se harán parpadear con ciertos patrones de forma alternativa y sincronizada con las cámaras 3D, y filtradas de forma temporal respecto de los otros emisores de luz.
- 40
- Los emisores de luz son bicolor alternando un "color" u otro o emitiendo ambos según convenga que sea visto por una u otra cámara o bien ambas.



- 5
- 10
- 15
- 20
- 25
- 30
- 35
- 40
- Obtención de una primera nube de puntos, mediante la identificación de puntos concretos en ambas cámaras. A partir de la imagen del extremo del botalón y de la del avión receptor colocado debajo de él, se realiza un procesado de imagen consistente en una segmentación y un registro para identificar los mismos puntos en ambas imágenes de cuadro procedentes de ambas cámaras en cada instante. A partir de sus posiciones en al menos dos cámaras, y por un método de triangulación similar al empleado para detectar los emisores de luz en el apartado anterior, se obtienen las coordenadas de todos los puntos identificados en todas las cámaras de S3D. Ese conjunto de coordenadas no es ni más ni menos que la nube de puntos respecto al CR que se persigue conseguir. Obsérvese que se obtienen dos sub-nubes de puntos unidas: Una correspondiente al extremo del botalón y otra correspondiente al avión receptor.
  
  - Obtención de una segunda nube de puntos, que se corresponde de nuevo, con el extremo del botalón y el avión receptor a partir del subsistema STOF, L1 junto con los demás otros componentes auxiliares. El láser L1 proporciona un conjunto de pulsos de luz de longitud de onda  $\lambda_1$ . El circuito que dispara el encendido de este láser es el mismo que gobierna el disparo y adquisición de cuadros de imagen de la cámara tipo TOF incluida en STOF. Considerando la velocidad de la luz y el tiempo que tarda en recibirse el pulso generado en cada pixel del sensor de dicha cámara tipo TOF, puede obtenerse la distancia del punto del escenario que refleja la luz recibida. Para facilitar esa tarea se le antepone a la cámara tipo TOF un filtro paso banda estrecho B1 centrado en  $\lambda_1$ . Además se emplea la técnica de desplazamiento de fase para determinar con exactitud el momento en el que el pulso emitido por L1 llega de vuelta al sensor. Eso se realiza para cada punto de nuestro escenario que es recibido en cada pixel de nuestro sensor en la cámara TOF. Se obtiene así una nueva nube con tantos puntos como la resolución del sensor empleado. Cada tiempo de cuadro, la cámara tipo TOF proporciona una nueva nube de puntos.
  
  - Obtener una tercera nube de puntos que se corresponde de nuevo, con el extremo del botalón y el avión receptor a partir de la información que nos proporciona de forma muy similar a la anterior, el subsistema SDOE formado por la cámara tipo DOE más el láser L2 y demás componentes auxiliares. El láser L2 genera un patrón (este patrón puede ser fijo o variable según se controlen los demás lentes del láser) de luz estructurada gracias a la lente de difracción, por la que lo hacemos pasar una vez colimado adecuadamente. Los elementos de este patrón pueden ser identificados si somos capaces de "ver" la luz que emite el

- láser al ser reflejada por nuestro entorno. Para facilitararlo, empleamos un nuevo filtro paso banda B2 estrecho delante de la cámara del SDOE, sintonizado con L2 y que eliminará la luz de otras longitudes de onda. Además, el encendido y apagado con cierta cadencia nos ayudará también a distinguir la luz del láser con respecto a otra, de fuentes distintas, que no parpadearán de la misma forma. Con técnicas de correlación cruzada obtendremos los píxeles que son reflejados en los objetos de nuestro escenario y a partir de sus intensidades relativas determinaremos qué píxeles corresponden a determinados puntos del patrón. Como resultado obtenemos un conjunto de puntos que, de nuevo, mediante técnicas de triangulación y trigonometría, teniendo en cuenta que conocemos la distancia del láser L2 a la cámara de SDOE y los ángulos de ambos, nos permitirán obtener las distancias desde la cámara de SDOE a cada punto de ese conjunto de puntos. En definitiva tendremos un conjunto de coordenadas  $(x_i, y_i, z_i)$  pertenecientes a los objetos de nuestro escenario, por cada cuadro de imagen. Así las cosas de nuevo tenemos una nube de puntos similar a la obtenida por la cámara del STOF pero a partir de una forma diferente.
- 5
- 10
- 15
- 20 - El siguiente paso es, alternativamente, bien realizar una fusión de la información de las nubes de puntos, por cada cuadro, para obtener la mejor nube de puntos de partida, o aplicamos uno de los métodos de procesamiento (que se explicarán más adelante) de entre los que P puede realizar, a cada una de las nubes de puntos, para realizar una fusión de los resultados obtenidos y conseguir la mejor y más robusta solución de la posición de los puntos y vectores de interés. Como se ha dicho, todo esto para cada cuadro de imagen a lo largo del tiempo. El cálculo de las velocidades y aceleraciones relativas así como de los versores ortogonales indicados, es una cuestión meramente algebraica que requiere de pocos recursos de procesamiento. Los procesamientos que podemos realizar en P a las nubes de puntos obtenidas por los distintos elementos que integran esta invención consisten en:
- 25
- 30
- Hacerlas pasar por una red neuronal artificial entrenada para proporcionar como salidas las coordenadas de la ubicación y vector ortogonal de los dos puntos de interés con respecto a nuestro centro de referencia CR.
  - Compararlas con uno de los modelos 3D almacenados, de nuestro receptor y del botalón, para hallar la posición tanto de la boca de repostaje de dicho receptor como del centro del extremo de la boquilla (4) de la pértiga una vez separados ambos. Dichos puntos con respecto a nuestro centro de referencia CR. La gran certidumbre que proporciona el elemento BD a la hora de obtener la posición de la puna del botalón nos permite eliminar la parte de la nube de puntos
- 35
- 40

correspondiente a dicha punta del botalón y quedarnos con las sub-nubes correspondientes exclusivamente al avión receptor.

5 Las etapas por las que pasa el elemento P, en el caso de realizar una comparación de las nubes de puntos con uno de los modelos 3D almacenados, son las siguientes para el caso de procesadores convencionales:

10 1ª.- Comparación de las nubes de puntos recibidas por cualquiera de los procedimientos anteriores, con la representación 3D del modelo de avión al que se desea suministrar combustible y la del Botalón para encontrar coincidencias entre nubes de puntos y modelos 3D y así determinar la posición espacial exacta respecto al centro de coordenadas CR.

15 2ª.- Conocida la posición espacial se procede a colocar el modelo virtual del avión en su posición teórica del espacio. De esta forma se puede ver la superficie de nuestro modelo 3D sobre la imagen real.

20 3ª.- Colocado el modelo 3D en nuestro escenario de trabajo de forma virtual, se conoce la ubicación de la boca del receptáculo y demás datos significativos. Esto nos permite colocar estos puntos de interés en su ubicación espacial respecto al centro de coordenadas CR. En la fase de test, esto permite ver la diferencia entre la posición real del receptáculo y la predicha por el modelo 3D y reviste un interés especial porque muestra de forma obvia cualquier error que pueda existir en dicha fase.

30 Por otro lado, Las etapas por las que pasa el elemento P en el caso de realizar un procesamiento de las nubes de puntos haciéndolas pasar por una Red Neuronal Artificial son las siguientes:

35 1ª.- Entrenamiento de la red neuronal mediante la introducción de nubes de puntos y la comprobación de las salidas para determinar y devolver a la red la información de error con el fin de poder entrenarla. (Esta fase se denomina de entrenamiento.)

40 2ª.- Una vez entrenada, ya en la fase de reconocimiento, se le podrán proporcionar nuevas nubes de puntos, a las que responderá con los valores que la Red considera más probables de los puntos de interés entrenados.

3ª.- Supervisión de los datos emitidos por la Red Neuronal para evitar incongruencias.

Para ambos tipos de procesamiento, existe una última tarea a realizar que consiste en:

- 5 - 4ª.- Realizar una **fusión** de las informaciones obtenidas por métodos alternativos para obtener la información de interés de una forma robusta y fiable y así poder alimentar las leyes de control del botalón y llevar a cabo la operación automática de repostaje. Para realizar esta tarea, cada subsistema es asignado con el cálculo de ciertos valores que se conocen como factores de calidad y nos indican en esencia cuán fiables son los resultados que han proporcionado o cuál es su probabilidad de error. Esa información es empleada para garantizar la fusión óptima de los resultados que se obtienen.

15 Las nubes de puntos obtenidas por los subsistemas S3D, SDOE y STOF se emplean en un cálculo híbrido con los dos procedimientos indicados, es decir, empleará conjuntamente redes neuronales y la comparación con un modelo 3D, para obtener las posiciones y vectores de interés.

20 Por lo tanto, gracias al sistema y procedimiento de esta invención, se proporciona un mecanismo de obtención de un conjunto de datos en función del tiempo, con una latencia despreciable y un ritmo adecuado, para permitir al sistema que gobierna las leyes de control del tanquero y del botalón del mismo así como al avión receptor, incorporar dichos datos en su control y así gobernar tanto al tanquero, al botalón y al receptor para dar lugar a un contacto entre los dos últimos de forma semiautomática o incluso automática, supervisada o no.

25 Descrita suficientemente la naturaleza de la presente invención, así como la manera de ponerla en práctica, se hace constar que, dentro de su esencialidad, podrá ser llevada a la práctica en otras formas de realización que difieran en detalle de la indicada a título de ejemplo, y a las cuales alcanzará igualmente la protección que se recaba, siempre que no altere, cambie o modifique su principio fundamental.

30

**REIVINDICACIONES**

- 1.- Sistema de detección de la punta de la pértiga y boca del receptáculo para un sistema de reabastecimiento en vuelo mediante botalón volador, caracterizado porque comprende los cuatro elementos siguientes:
- 5
- Un elemento BD (13) compuesto por una carcasa de soporte que se agarra al extremo de la pértiga (3) del botalón (6), disponiendo sobre la superficie de la misma un conjunto de elementos emisores de luz que son unos LEDs (16), emisores láser o similares y una electrónica asociada para el encendido y control de los mismos.
  - 10
  - Un elemento C formado por una caja o carcasa (14) agarrada a la superficie exterior del avión tanquero (1), preferentemente en el cono de cola (11), con una electrónica (22) que gobierna al anterior conjunto de emisores de luz y también a un par de cámaras de visión 3D (17) encargadas de la detección de los emisores de luz y del receptáculo del avión receptor para obtener las coordenadas (X, Y, Z) del centro de cada punto emisor de luz (16) y demás puntos de interés respecto a un centro de coordenadas común, estando provistas ambas cámaras de un filtro paso-banda estrecho (20) sintonizado con la longitud de onda de los emisores de luz.
  - 15
  - Un elemento P de procesamiento (21) de información y de cálculo.
  - Un sistema redundante con sensorización múltiple que comprende o bien una cámara tipo DOE y *Un láser* L2 provisto de una lente de difracción DOE, o bien una cámara de tipo TOF y un *láser* L1 sincronizado con la toma de luz por parte de la cámara.
  - 20
  - 25
- 2.- Un sistema de detección de la punta de pértiga y boca del receptáculo para un sistema de reabastecimiento en vuelo mediante botalón volador, según la reivindicación 1, caracterizado porque sus cámaras 3D están dotadas, cada una, de algunos (o todos) los elementos auxiliares siguientes:
- 30
- Lentes (18)
  - Electrónica de eliminación de aberraciones, de píxeles muertos, de mejora de la imagen y de cálculo de coordenadas (x, y) de los LEDs del elemento BD y del receptáculo.
- 3.- Un sistema de detección de la punta de la pértiga y boca del receptáculo para un sistema de reabastecimiento en vuelo mediante botalón volador, según la reivindicación 1 ó la 2, caracterizado porque el elemento P de procesamiento (21) de información y cálculo consta de: Bien procesadores tradicionales, entendiéndose como tales aquellos más convencionales, basados en una lógica micro-programada con un juego de instrucciones, que se ejecutan de forma secuencial, o bien consta de hardware de alta velocidad
- 35
- 40

como fpga-s o gpu-s, o aquellos basados en redes neuronales artificiales, todos estos últimos con capacidad de procesamiento en paralelo, además el subsistema P consta de un elemento de comunicaciones con el resto de los subsistemas que componen la invención, o bien de una combinación de todas las anteriores.

5

4.- Un sistema de detección de punta de a pértiga y boca del receptáculo para un sistema de reabastecimiento en vuelo mediante botalón volador, según las reivindicaciones 1, 2 ó 3, caracterizado porque el elemento P de procesamiento dispone de una memoria donde alberga una base de datos de modelos 3D de los distintos aviones receptores con los que se pretenda realizar repostaje así como información geométrica 3D de la pértiga (3) con los que compara la información que obtiene de las cámaras.

10

5.- Sistema de detección de punta de la pértiga y boca del receptáculo para un sistema de reabastecimiento en vuelo mediante botalón volador, , según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado porque la unidad de procesamiento tiene la funcionalidad de comparar las imágenes obtenidas por cuadros síncronos de ambas cámaras 3D e identificar un conjunto de puntos en ambas.

15

6.- Sistema de detección de punta de la pértiga y de la boca del receptáculo para un sistema de reabastecimiento en vuelo mediante botalón volador,, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado porque la operación de contacto en repostaje con botalón se realiza con la opción de una cámara tipo DOE y un láser L2, y porque:

20

- *La cámara* de tipo DOE detecta los fotones que llegan a su sensor de imagen al ser reflejados por los distintos objetos del escenario de trabajo, donde la cámara DOE está compuesta por su electrónica, sensor de imagen, lentes de enfoque y filtro paso-banda B2 estrecho, sintonizado a la longitud de onda de la luz coherente emitida por un láser L2.

25

- *En el láser* L2 provisto de la lente de difracción DOE, se ha grabado un determinado patrón que es proyectado sobre el entorno al pasar por dicha lente DOE. Donde la cámara tipo DOE es, o coincide con, una de las cámaras 3D.

30

7.- Sistema de detección de punta de la pértiga y de la boca del receptáculo, para un sistema de reabastecimiento en vuelo mediante botalón volador, según la reivindicación 6, caracterizado porque la cámara de tipo DOE es independiente de las cámaras 3D. Por lo que el sistema en total dispondrá de tres cámaras.

35

8.- Sistema de detección de la punta de la pértiga y de la boca del receptáculo según cualquiera de las reivindicaciones 1 a la 4, caracterizado porque la operación de contacto en repostaje con botalón se realiza con la opción de una cámara de tipo TOF y un láser L1, y porque:

- 5       • *La cámara de tipo TOF*, o cámara de tiempo de vuelo consta de una electrónica, una lente y un filtro paso-banda B1 estrecho para eliminar la luz diferente a la empleada para excitar el escenario.
- 10       • El *láser L1* sincronizado con la toma de luz por parte de la cámara, cuenta dicho láser con elementos auxiliares como un colimador y una lente de expansión de la luz generada. Donde la cámara de tipo TOF es, o coincide con, una de las cámaras 3D.

9.- Sistema de detección de punta de la pértiga y de la boca del receptáculo para un sistema de reabastecimiento en vuelo mediante botalón volador,, según la reivindicación 8, caracterizado porque la cámara de tipo TOF es independiente de las cámaras 3D. Por lo que el sistema en total consta de tres cámaras.

10.- Sistema de detección de punta de la pértiga y de la boca del receptáculo para un sistema de reabastecimiento en vuelo mediante botalón volador, según la reivindicación 6 a 8 caracterizado por que comprende la cámara de tipo DOE y la cámara tipo TOF, así como sus láseres respectivos

11.- Sistema de detección de punta de la pértiga y de la boca del receptáculo para un sistema de reabastecimiento en vuelo mediante botalón volador , según la reivindicación 10 caracterizado porque tanto la cámara tipo DOE como la cámara tipo TOF son independientes de las cámaras 3D. Por lo que el sistema en total dispondrá de cuatro cámaras.

12.- Sistema de detección de punta de la pértiga y de la boca del receptáculo, según alguna de la reivindicación 10 u 11 caracterizado porque, la cámara tipo DOE cuenta con un primer láser L2 de longitud de onda  $\lambda_2$ , al que le hemos añadido una lente de difracción que genera un patrón estructural de luz y porque la cámara de tipo TOF cuenta con un segundo láser L1 de longitud de onda  $\lambda_1$  que es la misma que la central de la banda del filtro paso banda estrecho B1 de la cámara de tipo TOF. Por lo que el sistema cuenta con dos láseres.

13.- Sistema de detección de punta de la pértiga y de la boca del receptáculo, para un sistema de reabastecimiento en vuelo mediante botalón volador, según las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque algunas de sus cámaras cuentan con unas lentes de control electrónico variable (19)..

14.- Procedimiento de contacto automático para un sistema de reabastecimiento en vuelo mediante botalón volador, según el sistema de las reivindicaciones anteriores caracterizado porque comprende las etapas de:

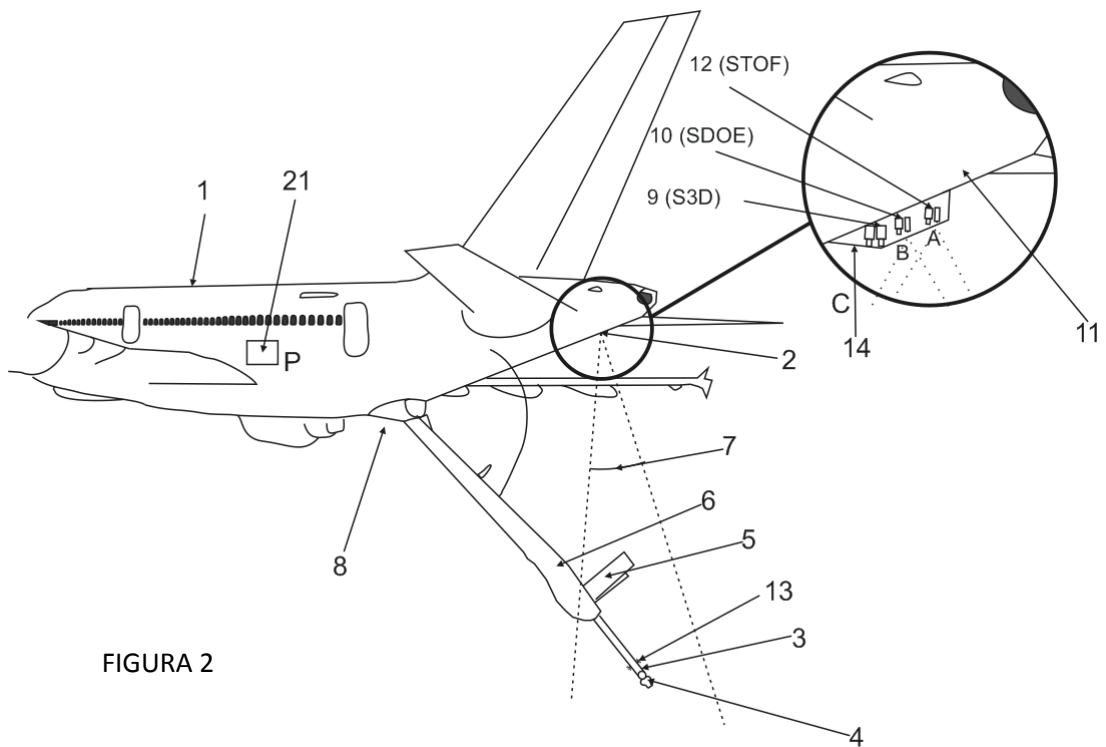
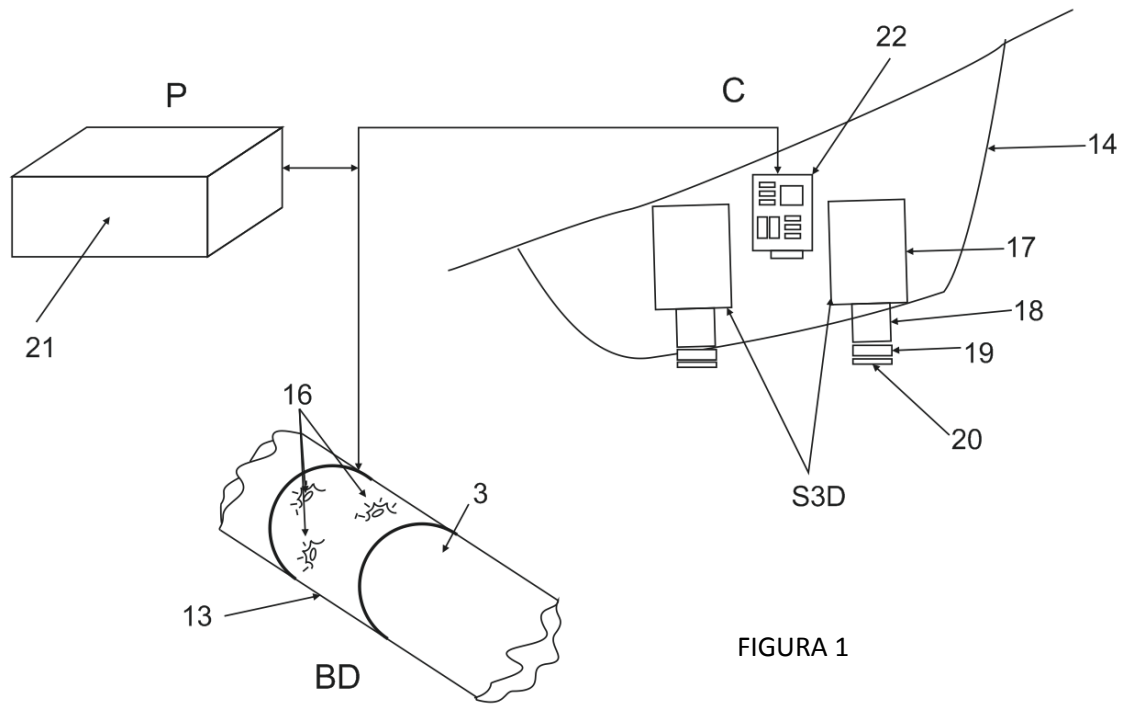
- 5           - Determinar la posición de cada punto de luz procedente de los emisores led, ubicados solidariamente con el extremo de la boquilla del botalón mediante las cámaras 3D.
- Obtención de, *al menos*, una nube de los puntos que se corresponden con el botalón y su punta y el avión receptor, a partir de, al menos, alguno de los siguientes conjuntos de elementos:
  - 10           a) De un conjunto formado por una cámara tipo DOE más un láser y demás elementos auxiliares. Donde el láser genera un patrón de luz gracias a la lente de difracción estructurada por la que lo hacemos pasar. Los elementos de este patrón pueden ser identificados mediante la ayuda de un filtro paso banda estrecho  
15           sintonizado con la longitud de onda del láser, que eliminará la luz de otras longitudes de onda. Así mismo, el encendido y apagado con cierta cadencia nos ayudará también, a diferenciar la luz del láser con respecto a la de otras fuentes distintas, y con técnicas de correlación cruzada y filtrado digital, a obtener los píxeles que  
20           son reflejados en los elementos de nuestro escenario. El resultado es un conjunto de puntos 2D con los que, mediante técnicas simples de triangulación y trigonometría y considerando la distancia del láser a la cámara tipo DOE, podemos obtener las distancias desde dicha cámara a ese conjunto de puntos.  
25           Calculada esas distancias, el resultado, por cuadro de imagen, es por tanto un conjunto de coordenadas 3D,  $\{(x_i, y_i, z_i)\}$  correspondientes a puntos que pertenecen a nuestro escenario que han reflejado los fotones procedentes de nuestro láser.
  - 30           b) De un conjunto formado por una cámara de tipo TOF, un láser y otros elementos auxiliares. El láser proporciona un conjunto de pulsos de luz de una determinada longitud de onda. El circuito que dispara el encendido de este láser es el mismo que gobierna el disparo y adquisición de cuadros de imagen de la cámara tipo TOF. Considerando la velocidad de la luz y el tiempo que tarda en  
35           recibirse el pulso generado en el sensor de cámara tipo TOF puede obtenerse la distancia de los puntos del escenario que reflejan la luz emitida. Para facilitar esa tarea se le antepone a la cámara tipo TOF un filtro paso banda estrecho centrado en la longitud de onda del láser. En cada tiempo de cuadro, la cámara  
40           tipo TOF proporciona una nube de puntos  $N=\{(x_i, y_i, z_i)\}$  que corresponden a las distancias a aquellos de nuestro escenario que han reflejado la luz generada por nuestro láser.



- Realizar por el sistema electrónico de procesamiento P una de las dos siguientes funciones con la nube o nubes de puntos obtenidas:
    - 5 a) Introducir el conjunto de puntos como entradas a una red neuronal artificial, entrenada previamente, para obtener las salidas correspondientes a las tres coordenadas del centro de la boca del receptáculo, las tres coordenadas de un vector ortogonal a la superficie que cierra dicha boca, las tres coordenadas de la boquilla de la pértiga y las tres coordenadas del vector ortogonal al cierre de dicha boquilla.
    - 10 b) Comparación de ese conjunto de puntos con una imagen 3D de la superficie del botalón y del avión receptor, almacenadas en la correspondiente base de datos, hasta conseguir que se ajusten o que cuadren, es decir, que consigamos encontrar la correspondencia entre los puntos reales de nuestro receptor de la nube obtenida con los de los modelos 3D almacenados de nuestro avión y botalón. En ese momento, y a partir del modelo 15 3D de avión receptor, podremos obtener la ubicación precisa de la boca del receptáculo y la boquilla de la pértiga, así como de los vectores ortogonales a los cierres de los mismos y colocarlos en nuestro escenario de nuevo con respecto a un mismo centro de coordenadas CR.
  - 25 - Realización de una fusión de datos con todos los resultados obtenidos en todos los procedimientos anteriores para obtener la mejor posición de ambos puntos de interés y los vectores perpendiculares de las superficies que cierran ambos conductos. Todo esto para cada cuadro de imagen a lo largo del tiempo.
  - 30 - Calcular las velocidades y aceleraciones relativas de los puntos de interés hallados.
- 15.- Procedimiento de contacto automático para repostaje aéreo con botalón, según el sistema de la reivindicación 14 caracterizado porque las nubes de puntos obtenidas por los subsistemas S3D, SDOE y STOF se emplean en un cálculo híbrido con los dos procedimientos indicados en dicha reivindicación. es decir, empleará conjuntamente redes neuronales y la comparación con un modelo 3D para obtener las posiciones y vectores de interés.
- 35
- 16.- Procedimiento de contacto automático para repostaje aéreo con botalón o de detección de la punta de su pértiga según cualquiera de las reivindicaciones 14-15 caracterizado porque los emisores de luz son de tipo LED o láser y consisten en quasi-esferas, donde
- 40

## ES 2 584 554 B2

- la emisión de luz por parte de estas quasi-esferas es uniforme en todas las direcciones de emisión y permite a las cámaras 3D "verlas" y así determinar la posición de cada una de estas esferas respecto a CR.
- 5
- los emisores de luz se harán parpadear con ciertos patrones de forma alternativa y sincronizada con las cámaras 3D, y filtradas de forma temporal respecto de los otros emisores de luz.
- 10
- Los emisores de luz son bicolor alternando un "color" u otro o emitiendo ambos según convenga que sea visto por una u otra cámara o bien ambas.





②① N.º solicitud: 201531734

②② Fecha de presentación de la solicitud: 30.11.2015

③② Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

⑤① Cl. Int: ver hoja adicional

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑤⑥ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
Y	US 5904729 A (RUZICKA) 18/05/1999; columna 3, línea 50 - columna 7, línea 13; figuras 3 - 5, 11 - 19.	1, 4-5, 14
Y	US 2003/0205643 A1 (VON THAL et al.) 06/11/2003; párrafos [0024] - [0040]; figuras 1 - 6.	1, 4-5, 14
A	US 5530650 A (BIFERNO et al.) 25/06/1996.	

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  
11.08.2016

Examinador  
L. J. Dueñas Campo

Página  
1/4

CLASIFICACIÓN OBJETO DE LA SOLICITUD

**G06T7/20** (2006.01)

**B64D39/00** (2006.01)

**G06T19/00** (2011.01)

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

G06T, B64D

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

EPODOC

Fecha de realización de la opinión escrita: 11.08.2016

#### Declaración

<b>Novedad (art. 6.1 LP 11/1986)</b>	Reivindicaciones 1-16	<b>SÍ</b>
	Reivindicaciones	<b>NO</b>
<b>Actividad inventiva (art. 8.1 LP 11/1986)</b>	Reivindicaciones 2-3, 6-13, 15-16	<b>SÍ</b>
	Reivindicaciones 1, 4-5, 14	<b>NO</b>

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 de publicación o identificación	Fecha de publicación
D01	US 5904729 A (RUZICKA)	18.05.1999
D02	US 2003/0205643 A1 (VON THAL et al.)	06.11.2003

**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**

El documento D01 se considera el estado de la técnica de la técnica más próximo. Dicho documento, que pertenece al mismo sector técnico, presenta «un sistema de detección de la punta de la pértiga y boca del receptáculo para un sistema de reabastecimiento en vuelo mediante botolón volador (ver D01: columna 3, línea 49 - columna 4, línea 13; figuras 4 - 5), que comprende: un elemento compuesto... ..de los mismos (esta parte no está incluida en el documento D01); un elemento formado por una caja o carcasa agarrada a la superficie exterior del avión tanquero, preferentemente en el cono de cola (ver D01: columna 3, línea 66 - columna 4, línea 2; figuras 4 - 5), con una electrónica que gobierna al anterior conjunto de emisores de luz (igualmente, esta parte tampoco está incluida en el documento D01) y también a un par de cámaras de visión 3D... ..de los emisores de luz (columna 4, líneas 2 - 13; columna 5, línea 61 - columna 6, línea 10; figuras 3, 11); un elemento de procesamiento y cálculo» (elemento 70).

Las diferencias técnicas entre la reivindicación 1 y el documento D01 se centran en un sistema de detección mediante emisores de luz situados en la punta de la pértiga y análisis de las imágenes de forma similar a la del avión receptor para su situación en el escenario en 3D. El efecto técnico buscado es similar al aplicado con las imágenes del avión receptor. El problema planteado sería mejorar la técnica actual de posicionamiento de la punta de la pértiga a partir de los datos mecánicos de giro y alargamiento respecto al avión nodriza (no mencionados en D01, pero conocidos en el estado de la técnica).

El documento D02 pertenece al mismo sector técnico. Dicho documento presenta un sistema de localización o posicionamiento de la punta de la pértiga (y de elementos intermedios de ésta; ver D02: párrafo [0007]) mediante un conjunto de emisores de luz LED situados en la punta de la parte no extensible y extensible de la pértiga (ver párrafo [0024], [0027]; figuras 2A - 3) detectados mediante sendas cámaras situadas en el avión nodriza (ver párrafos [0029] - [0030]) y procesadas por un ordenador (elemento 112; figura 5) para su posicionamiento respecto a un sistema de coordenadas (párrafos [0033], [0040]; figura 5).

Por todo ello, se considera que la combinación de los documentos D01 y D02 puede afectar a la actividad inventiva de la reivindicación 1.

En relación a la reivindicación de procedimiento 14, la primera etapa se muestra en el documento D02 (según lo ya visto; la tecnología 3D se muestra en el D01); la segunda etapa se muestra en el documento D01 según la opción c (cámaras 3D e identificación de puntos, ver D01, columna 4, líneas 2 - 13; columna 5, línea 61 - columna 6, línea 10; figuras 3, 11; cálculo de distancias, ver D01 o D02); la tercera etapa aparece en el D01 según la opción b (figura 11); las etapas cuarta y quinta son conocidas en el estado de la técnica. Por ello, se considera igualmente que la combinación de los documentos D01 y D02 puede afectar a la actividad inventiva de la reivindicación 14.

Las reivindicaciones dependientes 4-5 también aparecen en el documento D01 (figura 11).