

(12) SOLICITUD INTERNACIONAL PUBLICADA EN VIRTUD DEL TRATADO DE COOPERACIÓN EN MATERIA DE PATENTES (PCT)

(19) Organización Mundial de la  
Propiedad Intelectual  
Oficina internacional



(43) Fecha de publicación internacional  
27 de abril de 2017 (27.04.2017)

WIPO | PCT

(10) Número de Publicación Internacional  
**WO 2017/068224 A1**

- (51) Clasificación Internacional de Patentes:  
*B64C 39/02* (2006.01) *A01M 29/06* (2011.01)  
*A01M 29/00* (2011.01)
- (21) Número de la solicitud internacional:  
PCT/ES2016/070747
- (22) Fecha de presentación internacional:  
24 de octubre de 2016 (24.10.2016)
- (25) Idioma de presentación: español
- (26) Idioma de publicación: español
- (30) Datos relativos a la prioridad:  
P201531528  
23 de octubre de 2015 (23.10.2015) ES
- (71) Solicitante: **CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS** [ES/ES]; C/ Serrano, 117, 28006 Madrid (ES).
- (72) Inventor; e
- (71) Solicitante : **MORENTE SANCHEZ, Francisco Juan** [ES/ES]; C/ Bañales 4, 2º piso, 41100 Coria del Río (Sevilla) (ES).
- (72) Inventores: **FIGUEROLA BORRAS, Jordi**; Estación Biológica De Doñana (ebd), Avda. Americo vespucio, s/n, Isla de la Cartuja, 41092 Sevilla (ES). **CASIMIRO-SORIGUER ESCOFET, Ramón**; Estación Biológica De

Doñana (ebd), Avda. Americo vespucio, s/n, Isla de la Cartuja, 41092 Sevilla (ES).

(74) Mandatario: **PONS ARIÑO, Ángel**; Glorieta de Rubén Darío, 4, 28010 Madrid (ES).

(81) Estados designados (a menos que se indique otra cosa, para toda clase de protección nacional admisible): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

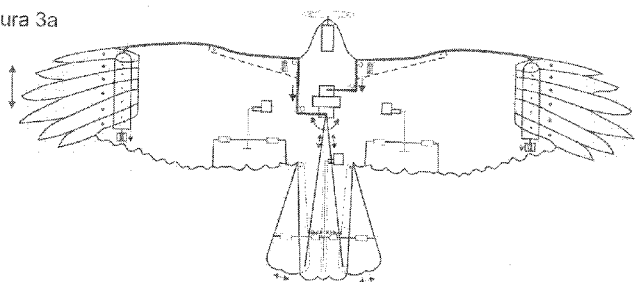
(84) Estados designados (a menos que se indique otra cosa, para toda clase de protección regional admisible): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), euroasiática (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europea (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[Continúa en la página siguiente]

(54) Title: BIOMIMETIC AND ZOOSEMIOTIC UNMANNED AIRCRAFT GUIDED BY AUTOMATIC PILOT FOR PRECISION AND/OR PURSUIT FLIGHTS

(54) Título : VEHÍCULO AÉREO NO TRIPULADO BIOMIMÉTICO Y ZOOSEMIÓTICO DIRIGIDO POR PILOTO AUTOMÁTICO PARA VUELOS DE PRECISIÓN Y/O PERSECUCIÓN

Figura 3a



(57) Abstract: The invention relates to a biomimetic and zoosemiotic unmanned aircraft comprising sensors and means for detecting and chasing away animals, essentially characterised in that it is equipped with an open source programmable automatic pilot and a single-board computer where appropriate, multiplying the computational capacity in order to implement complex computer vision algorithms which, together with the on-board sensors, alter the trajectory of the aircraft while executing sequences of movements and activating devices that increase confusion among an infestation. This innovative design, which can respond to external stimuli and pursue dynamic targets, can fly in an autonomous and constant manner, analysing, being guided by and responding to its environment effectively and safely. The invention also relates to the use of this vehicle for uses such as controlling certain pests and inspecting protected areas.

(57) Resumen:

[Continúa en la página siguiente]



WO 2017/068224 A1



---

**Publicada:**

— *con informe de búsqueda internacional (Art. 21(3))*

---

Constituye el objeto de la presente invención un vehículo aéreo biomimético y zoosemiótico que incorpora sensores y medios para detectar y ahuyentar animales, siendo su principal característica el que está dotado de un piloto automático programable en código abierto y un ordenador de placa reducida cuando convenga, que multiplican la capacidad de computación para operar algoritmos complejos de visión artificial que, junto a los sensores de a bordo, modifican la trayectoria de la aeronave mientras ejecuta secuencias de movimientos y activa dispositivos que aumentan el desconcierto en la plaga. Este innovador diseño, capaz de responder a estímulos externos y perseguir objetivos dinámicos, puede volar de forma autónoma y constante, analizando, confiando y respondiendo a su entorno con eficacia y seguridad. Constituye igualmente un objeto de la presente invención el uso de este vehículo en aplicaciones como el control de determinadas plagas, así como la inspección de zonas protegidas.

**VEHÍCULO AÉREO NO TRIPULADO BIOMIMÉTICO Y ZOOSEMIÓTICO DIRIGIDO  
POR PILOTO AUTOMÁTICO PARA VUELOS DE PRECISIÓN Y/O PERSECUCIÓN**

**DESCRIPCIÓN**

5

**SECTOR Y OBJETO DE LA INVENCION**

La presente invención se encuadra en el sector de los dispositivos voladores para aplicaciones tales como ahuyentar animales.

10 Específicamente, constituye el objeto de la presente invención un vehículo aéreo biomimético y zoosemiótico que incorpora sensores y medios para detectar y ahuyentar animales, siendo su principal característica el que está dotado de un piloto automático programable en código abierto y un ordenador de placa reducida cuando convenga, que multiplican la capacidad de computación para operar algoritmos  
15 complejos de visión artificial que, junto a los sensores de a bordo, modifican la trayectoria de la aeronave mientras ejecuta secuencias de movimientos y activa dispositivos que aumentan el desconcierto en la plaga. Este innovador diseño, capaz de responder a estímulos externos y perseguir objetivos dinámicos, toma sus propias decisiones y fiscaliza el cumplimiento de la misión, volando de forma autónoma y  
20 constante, analizando, confiando y respondiendo a su entorno con eficacia y seguridad. Constituye igualmente un objeto de la presente invención el uso de este vehículo en aplicaciones como el control de determinadas plagas, así como la inspección de zonas protegidas.

25 **ESTADO DE LA TECNICA**

Las concentraciones de animales salvajes pueden representar un riesgo para los cultivos, explotaciones ganaderas y para la salud de los humanos y otros animales de interés económico o para su conservación. Los animales rehúyen las situaciones que perciben como un riesgo para su vida y poder reproducir los estímulos que perciben  
30 como amenazante constituye un método efectivo para ahuyentarlos. La invención trata de escenificar los mismos actos que se dan en la naturaleza para conseguir reacciones previsibles en los animales con vehículos aéreos biomiméticos que imiten su zoosemiótica pura y descriptiva: visual, acústica, táctil y química, mediante el estudio de la zoología, robótica, biomecánica, mecatrónica y aeronáutica para  
35 mimetizarse con el entorno, atraer, o ahuyentar animales. Con la mimetización se

- consigue no invadir los hábitats naturales y realizar estudios veraces sobre el comportamiento animal y persecuciones discretas con importantes aplicaciones de investigación. Atraer y/o tranquilizar animales resulta interesante en estudios zoológicos, por ejemplo, para la captura y toma de muestras biológicas de individuos de especies amenazadas y otras aplicaciones como la ganadería, un vehículo con la apariencia biomimética y comportamiento zoosemiótico es capaz de atraer individuos de la misma u otras especies hacia las zonas de captura u observación. Cada especie, en cada momento, puede requerir vehículos aéreos no tripulados biomiméticos distintos. Los pilotos automáticos comerciales disponibles no tienen capacidad de hacer movimientos zoosemióticos ya que están pensados para realizar una navegación sencilla hacia una serie de puntos de paso satelitales que previamente se han programado desde una estación de control por un operador del sistema y no está previsto que desde un ordenador, gobernado por los sensores del propio vehículo, pueda realizarse un control autónomo del vuelo ni imitar movimientos biomecánicos propios de animales voladores y colaborar con otras utilidades que simplifican, abaratan trabajos relacionados y costes de producción en procesos de: estudio, control, investigación, seguridad, medio ambiente, zoología, agricultura, apicultura, ganadería y pesca.
- 20 Los vehículos aéreos no tripulados (*Remotely Piloted Aircraft Systems, RPA*) son una herramienta eficaz para ahuyentar animales cuando imitan las formas y movimientos de su depredador natural o para atraer a individuos de su propia especie y/o compatibles con sus hábitats.
- 25 Como antecedentes de la invención cabe destacar los siguientes:
- 1) documento de patente CN 101627752, publicado el 20 de enero de 2010 el cual muestra un dispositivo volador no tripulado que simula a un águila para proteger los cultivos agrícolas. Utiliza un controlador para accionar un motor de un pequeño turbo-ventilador que impulsa el dispositivo que una vez en el aire, es controlado por un mando a distancia.
  - 2) Documento de patente JP 2003304795, publicado el 28 de octubre de 2003, el cual muestra un dispositivo que simula un águila o halcón para repeler plagas de aves

empleando su agudeza visual y auditiva con ojos chispeantes, cola móvil y unos altavoces que emiten sonidos de rapaces.

3) Modelo de utilidad CN 201563537, publicado el 1 de septiembre de 2010, que describe un tipo de águila que flota en el cielo con medios parlantes.

4) Documento de patente US 2005224636, publicado el 13 de octubre de 2005, el cual muestra una cometa con forma de ave rapaz que, al llegar a una determinada altura da vueltas sobre un área.

10

5) Documento de modelo de utilidad CN 2626860, publicado el 21 de julio de 2004, que muestra el empleo de técnicas de aerodelismo por control remoto para dispersar los pájaros en los aeropuertos, reproduciendo sonidos, ultrasonidos y luces.

15 Estos documentos imitan la forma externa de las aves rapaces para ahuyentar a otras aves. Algunos intentan imitar sus sonidos y sus vuelos accionando manualmente un dispositivo o con técnicas de control a distancia. Pero ninguno intenta simular su zoosemiótica para atraer a otros animales, mimetizarse con su hábitat o aumentar el miedo, pues no basta la simple presencia de la rapaz pasando por unas coordenadas  
20 satelitales. Un falconiforme, más especializado en campo abierto, desarrolla un vuelo circular a determinada altura con las alas extendidas. Si imita un accipitriforme, más oportunista y especializado en zonas boscosas, su ataque se situará por detrás o por debajo de la presa. Los movimientos ayudan a identificar con claridad y precisión la amenaza que representa la especie reproducida por el vehículo aéreo o a un  
25 compañero de su especie.

Más recientemente, se han desarrollado nuevos drones:

6) La solicitud de patente española P2012010169 hace referencia a un aerodelo radio-controlado reproductor de la figura de un ave rapaz para cetrería electrónica y control aviar, el cual se constituye a partir de una maqueta de aerodelismo que reproduce con la mayor exactitud posible la figura natural de un ave rapaz en pleno vuelo de reconocimiento de su territorio de caza. Entre las rapaces a reproducir figuran, según el tipo de aves a combatir, el águila Harris, el azor y el gavilán hembra en época de reproducción para combatir el gorrión, el jilguero y en general aves  
35 pequeñas, el halcón para palomas, tórtolas, mirlos, estorninos, para los conejos, ratas,

topos, el búho real y el águila imperial o real. Un motor eléctrico de muy bajo nivel acústico y alta eficiencia, silencioso, controlado por radio frecuencia manualmente por un piloto, mediante piloto automático o por una combinación de ambos despegar, se dirige a los puntos de paso establecidos para ejecutar la misión y aterriza. Las hélices son retráctiles para facilitar el planeo y ahorrar batería. Incorpora una cámara de alta definición que hace posible que el piloto pueda ver en tiempo real lo que la aeronave "ve", lo cual se consigue gracias a un sistema FPV instalado en la zona frontal o ventral del aeromodelo, pudiendo aprovechar el vuelo, además de ver la evolución de la plaga, para fines de seguridad tales como vigilar los accesos a la finca o prevenir robos, sabotajes. Puede incorporar un mecanismo sonoro que se activará o no, con sonidos de dolor, miedo y pánico propios de las crías y pollos de la especie a combatir. El piloto automático se utiliza en vuelo nocturno o diurno. A través de cámara de alta definición o de visión artificial se puede perseguir e incluso atacar algún espécimen con objeto de aumentar el miedo de la plaga aviar. La incorporación de sensores de gases tóxicos, radioactivos, cámara fotográfica, infrarroja, térmica o radar amplía sus aplicaciones a confección de mapas geológicos, trabajos medioambientales, agrícolas, forestales, zoológicos, localización de animales.

7) La solicitud de patente P201430615 describe un vehículo aéreo biomimético y zoosemiótico que comprende un fuselaje, el cual incorpora:

- al menos un motor eléctrico alimentado por baterías recargables y sistemas de retroalimentación
  - hélice y un rotor acoplado al eje de salida del motor eléctrico
  - servomotores para los mecanismos de accionamiento de las partes móviles del vehículo aéreo, incluyendo timones de profundidad y timón de dirección.
  - sistemas de disparo accionados por servomotores
  - micrófonos y medios parlantes
  - cámara fotográfica, de visión y grabación, térmica y/o termográfica e infrarroja
- y además comprende un piloto automático configurable en código abierto con tarjetas de control y relés conectado a una base de control en tierra, así como módulos inerciales que incorporan:
- brújula digital
  - giroscopios
  - magnetómetros
  - unidades de medición inercial

- barómetro
- telemetría
- compás digital

así como sónar y medios para la medida de la presión.

5

El vehículo mimetiza preferentemente falconiformes, accipitriformes o estrigiformes. En sucesivos modos de realización preferente de la invención, los servomotores accionan los mecanismos de alas y cola si el vehículo es de ala fija o el plato cíclico si el vehículo es un helicóptero del tipo monorrotor, birrotor, 10 entrelazado o coaxial, en tándem multirrotor, aerostato u ornitóptero.

El piloto automático configurable está basado en una placa, la cual incorpora un microcontrolador de 32 bits y tarjetas de comunicación. Un módulo satelital del Sistema de Navegación Global por Satélite permite al vehículo navegar por puntos de 15 paso predefinidos.

Los medios de medida de la presión incluidos en el vehículo aéreo se seleccionan entre anemómetros de presión o tubo Pitot.

20 Opcionalmente, el vehículo aéreo incluye al menos uno de los siguientes dispositivos:

- placas solares
- radiobaliza
- cámara de control estabilizada
- sistema de comunicación por radiofrecuencia
- 25 - control de obturador
- control mediante "joystick"
- enlace de vídeo programable en pantalla en vivo
- cono del motor con espejos cuando se utiliza para ahuyentar
- dispositivo de ondas ultrasónicas y/o láser
- 30 - sensores volumétricos y de calor

así como medios para la iluminación de los contornos, formas y tinturas que favorezcan la mimetización, la repulsión o la atracción.

El manejo de estos vehículos requiere de personal especializado o de pilotos automáticos que realicen vuelos continuos y repetitivos. Están pensados para realizar 35 vuelos seguros y estabilizados en unos puntos de paso satelitales y, para activar el

miedo se requiere poner la aeronave al límite de su seguridad, escenificando ataques similares al de su depredador.

Resulta imprescindible superar estos mecanismos de seguridad e introducir modificaciones tecnológicas con funciones para las que no han sido diseñados.

5

Asimismo, deben tenerse en cuenta otras consideraciones tales como no superar la masa máxima al despegue de la legislación actual más restrictiva (2 Kg.) para facilitar la universalización de la tecnología y ajustarla, tanto a la legislación de los países europeos que han regulado esta actividad (como España en su Real Decreto-ley 8/2014, de 4 de julio sobre aeronaves civiles pilotadas por control remoto), como al dictamen de drones publicado el 24 de Junio del 2015 por el Grupo de Trabajo Artículo 29 (GT29) que se presenta como una hoja de ruta para los legisladores europeos e incluso, a la norma aprobada el 2 de Abril del 2015 en Chile (primera edición de la norma DAN 151), que es pionera en regular el uso de RPAS en Latinoamérica.

15

#### **EXPLICACION DE LA INVENCION**

En un primer aspecto, constituye un objeto de la presente invención un vehículo aéreo biomimético y zoosemiótico, con alas mórficas o no, dirigido por piloto automático, que pueden ser del tipo: aerostato, de ala fija, de ala rotatoria (en cualquiera de sus variedades: helicóptero, coaxial, multirrotor y autogiro), de despegue y aterrizaje vertical o VTOL (*Vertical Take-Off and Landing*), ornitóptero y falso ornitóptero y que comprende:

- Fuselaje con estructura anatómica típica animal.
- 25 - Motor/es eléctricos de propulsión.
- Sistemas de vuelo para aerostato, ala fija, ala rotatoria y VTOL
- Sistemas de vuelo para ornitóptero y falso ornitóptero.
- Sistema de alimentación que se selecciona entre baterías recargables, pila de combustible o ambas simultáneamente.
- 30 - Fuente de alimentación redundante por si falla la fuente original y la secundaria.
- Sistemas de retroalimentación, preferentemente placas solares, ladrón de Julios, motor Bedini y/o de imanes.
- Base de carga portátil, mimetizada o no.
- Sistema retráctil de conexión para estación de carga portátil.

- Unidad de Medición Inercial (IMU, *Inertial Measurement Unit*), compuesta por módulos inerciales que incluyen: brújula digital, giroscopios, magnetómetros, acelerómetros, compás digital y telemetría.
  - Sistema de posicionamiento global por satélite configurable (GNSS, *Global Navigation Satellite System*).
  - 5 - Tarjetas de control, servomotores y relés, para mecanismos de disparo y accionamiento de partes móviles
  - Anemómetro digital.
  - Barómetro.
  - 10 - Sensor de presión diferencial.
  - Sensores de distancia
  - Sensor de humedad y temperatura relativa.
  - Sensor de radioactividad, químicos, humo y gases MQX.
  - Sensores ópticos
  - 15 - Micrófono, amplificador y altavoces
  - Sonar (*Sound Navigation And Ranging*).
  - Módulo de comunicaciones que incluye transmisor y receptor de video analógico, antena de polarización circular y módulos de conexión inalámbrica.
  - Ordenador de placa reducida o placa única SBC (*Single Board Computer*).
  - 20 - Placa Arduino.
  - Placa de expansión I/O (*PiFace Digital*).
  - Sistema de iluminación estroboscópica por leds (*chip-on-board*)
  - Tarjeta RFID (*Radio Frequency Identification*) activa o pasiva.
  - Radiobaliza.
  - 25 - Dispositivos láser.
  - Bomba de presión.
  - Depósito de expulsión y/o espolvoreador/removedor.
  - Fumigador químico.
  - Sistema retráctil de conexión para estación de carga portátil.
  - 30
- Las características que diferencian el objeto de la presente invención de los dispositivos del estado de la técnica son:
- El sistema de posicionamiento satelital es del tipo "*Real Time Kinematic*".

- Alas mórficas: plumas rectrices y cola, plumas primarias y patagio accionables mediante servomotores o relés.
- Los dispositivos láser son cañones y espirógrafos
- Se aplica fibra óptica para resaltar colores y zonas anatómicas.

5

El vehículo aéreo adicionalmente incluye:

- pistola de agua
  - pistola de pompas de jabón
- 10 - lanzador pirotécnico

En sucesivos modos preferentes de realización de la invención se describen algunas configuraciones de todos estos elementos:

- 15 - Cuando en la alimentación se utilizan pilas de combustible, se seleccionan las de membrana polimérica de intercambio protónico.
  - Los sistemas de retroalimentación se seleccionan entre placas solares, ladrón de Julios, motor Bedini o de imanes.
  - Los sensores de distancia se seleccionan entre ultrasónicos, de infrarrojos y láser o
- 20 combinaciones de los mismos.

En un modo especialmente preferente de realización de la invención, el módulo de medición de distancia de luz pulsada láser es Lidar-Lite (*Light Detection and Ranging*).

- 25 - Los sensores ópticos pueden ser: de visión monocular y/o estereoscópica, FPV (*First Person View*), térmica o infrarroja, ultravioleta, video y fotografía.
  - Los espirógrafos con led láser pueden ser:
    - de dos motores con dos engranajes que generan dos movimientos sobre sí mismos en un eje cartesiano estacionario conformando círculos y figuras de
- 30 Lissajous.
- de un motor que hace girar un engranaje al que va conectado el láser que genera un haz perpendicular al vehículo.
  - El cañón láser consta de dos espejos vibrados para conseguir multitud de puntos.
  - El vehículo dispone de un sistema retráctil para las plumas primarias y el patagio,
- 35 plumas rectrices laterales o cola, consistente en un cable tensor entubado, conectado

a ambas alas, que discurre por el borde de ataque y se conecta a un servomotor que vence el muelle tensor de las plumas primarias y el muelle extensor del patagio, así como el de las plumas rectrices.

- 5 Constituye igualmente un objeto de la presente invención su uso para ahuyentar animales. Se eligen para ello, maquetas del orden Falconiformes, Accipitriformes o Estrigiformes y la familia, género y especie que más teman. También son efectivos, en algunos casos, mimetizar RPAS (*Remote Pilote Aircraft Systems*) de cualquier animal, aunque no sea volador. Esta invención tiene ventajas con respecto a los dispositivos
- 10 comerciales disponibles: desplazamiento y simulación de ataques reales y típicos de cada especie, modificando incluso su anatomía, y combinando la lectura de señales satelitales con las del microprocesador y los sensores.

El vehículo aéreo puede operarse con capacidad de persecución y navegación por

15 punto satelitales o bien con capacidad de persecución y navegación autónoma.

## BREVE DESCRIPCION DE LAS FIGURAS

**Figuras 1:** Configuraciones del vehículo aéreo

- 20 a) ala fija; b) ala rotatoria coaxial; c) y d) tipo VTOL (despegue y aterrizaje vertical)

**Figura 2:** Vehículo aéreo del tipo falso ornitóptero

- a) vista general del dron; b); c); d) y e) tipo de movimiento donde se puede observar la posición del cuello y patas

25

**Figura 3:** Representación de las alas mórficas del vehículo aéreo

- a) vista general de las plumas primarias y patagio, plumas rectrices y cola; b) vista más precisa de cómo funciona la cola

30 **Figuras 4:** Dispositivos láser

- a) cañón láser; b) Espirógrafo láser de un motor; c) Espirógrafo láser de dos motores

**Figura 5:** Pistola de pompas de jabón

35 **Figuras 6:** Lanzador pirotécnico

a) de gravedad; b) para cohetes

**Figuras 7:** Configuración de las palas de las hélices con pequeñas muescas y valles interdentes para facilitar la penetración en el aire.

- 5 a) muescas y valles interdentes para facilitar la penetración en el aire  
b) círculos de poliolefina expandida  
c) sistema de cortinillas  
d) vehículo aéreo con persianas o cortinillas

10 **Figura 8:** Gavilán de ala rotatoria del tipo trirrotor

## MODO DE REALIZACION DE LA INVENCION

### Características comunes a todos los diversos tipos de vehículos

15

En la descripción de modo de operación que sigue, se expresarán en cursiva y en inglés las órdenes de ejecución del piloto automático, tales como: *manual\_control\_setpoint*, *altitude\_estiamtor\_ekf* u otros.

- 20 El sistema se desarrolla en un software de código abierto con acceso al código fuente, donde se crean los programas y hacen modificaciones para los dispositivos interactivos que permiten la lectura y control de cualquier sensor, interruptor o actuador físico con una arquitectura modular y dividida en dos partes: la del sistema operativo con la aplicación propia del piloto automático y el control de sensores con
- 25 bucles superpuestos para su realimentación. El piloto automático (modelo *Pixhawk* de la empresa *3D Robotics*) incorpora: microprocesador *ARM Cortex M4*® avanzado de 32 bits del *STM32F427*, 168 KB de RAM a 256 Mhz, 2 Mb de memoria Flash, tecnología de sensor de *ST Microelectronics*®, un sistema operativo en tiempo real *NuttX*. IMU (*Inertial Measurement Unit*), módulos inerciales que incorporan: brújula
- 30 digital, giroscopios, magnetómetros, acelerómetros, compás digital y telemetría, Estas unidades de procesamiento con capacidad para multi-hilo (*multithreading*) con soporte en hardware, un entorno de programación Unix/Linux y nuevas funciones como la programación de vuelo y misiones en un lenguaje *Lua scripting*, con una capa de conductor PX4 personalizada que facilita la integración de cualquier actuador físico a
- 35 través de un controlador de puertos y dispositivos en serie UART (*Universal*

*Asynchronous Receiver-Transmitter*), I2C (*Inter-Integrated Circuit*) y CAN (*Controller Area Network*), 14 salidas PWM a servos (6 auxiliares de alta potencia que se configuran en *BRD\_PWM\_COUNT*), sensor de velocidad digital, magnetómetro externo (*ST Micro LSM303D* de 3 ejes de 14 bits), un giroscopio (*ST L3GD20* de 3 ejes de 16 bits) y un acelerómetro/giroscopio de tres ejes integrado en el mismo silicio (*Invensense MPU 6000*) con procesador digital de movimiento a bordo (*DMP*) capaz de procesar algoritmos complejos de *MotionFusion* y acceder a magnetómetros y sensores externos sin intervención del procesador a través del bus I2C. El sensor de flujo óptico (*PX4-FLOW*, para el que se crea un *driver* y archivo fuente), junto a los sensores inerciales, la combinación de medidas de los giroscopios, la información visual de las cámaras y, asistido por el resto de sensores si fuere necesario, también pueden desempeñar el cumplimiento de la misión. Además, incorpora: OSD (*On Screen Display*), tarjetas de control y relés conectado a una base de control en tierra (*CGS, Control Ground Station*), GPS-RTK (*Real Time Kinematic*) configurable, de código abierto, que utiliza la cinemática en tiempo real y cuyo primer paso será adquirir la señal PPS (*Precise Positioning Service*) y coordinar el tiempo con el reloj del sistema *nuttx*, además de identificar y admitir todos los periféricos automáticamente gracias a su entrada de señal PPM (*Pulse Position Modulation*) que conecta los canales por un cable de entrada del receptor de la emisora.

20

Las comunicaciones se basan en protocolos de transporte TCP (*Transmission-Control-Protocol*), aportando la confirmación y fiabilidad necesaria entre el protocolo de IP (*Internet Protocol*) y la aplicación para garantizar una comunicación libre de errores, segura y UDP (*User Datagram Protocol*) que envía información sin conexión previa para la transmisión de audio y vídeo en tiempo real, cuando no es posible realizar retransmisiones por los retardos que se tiene en estos casos porque el sistema está conectado a Internet mediante el Protocolo de Configuración Dinámica de *Hosts* de la IP para IPv6 (*DHCPv6*) y con su enlace de radio actúan como agentes de retransmisión de DHCP (o *DHCP Relay Agent*). La capa de red y la capa de aplicación se interconectan mediante un Interfaz de Programación de Aplicaciones (*API*) para obtener un sistema fluido de comunicación.

30

Además, si dispone de FPV, transmisor y receptor de video analógico con antena de polarización circular y módulos de conexión inalámbrica de 2,4 Ghz, 900 Mhz o 433 Mhz, en función del diseño biomimético y las misiones. El firmware permite activar o

35

desactivar los componentes del hardware instalados como el sonar. La comunicación entre la controladora de vuelo y la SBC se hace a través del protocolo MavLink (*Micro Air Vehicle Link*) que le ordena a la primera mientras que a su vez ésta puede ser controlada desde la CGS y sus desplazamientos pueden ser programados y vistos en entornos *Mapping* como *Google Earth*.

Cuando sea necesario un mayor realismo en el ataque, dispone de un sistema retráctil de cola y alas mórficas tanto para las plumas primarias y el patagio como para las plumas rectoras y la cola, consistente en un cable tensor conectado y entubado que las conectan por el borde de ataque y el fuselaje respectivamente, a un servomotor con potencia suficiente como para vencer el muelle tensor de las plumas primarias, el muelle extensor del patagio y el de las plumas rectoras laterales que se embuten en la central.

La múltiple combinación de estos dispositivos mórficos, alerones, alteraciones de potencia propulsora y mecanismos de disparo mencionados, se ejecutan una vez reunidos los datos del modo de vuelo, orientación actual y solicitada o, cuando *mc\_att\_control* emite los cálculos de orientación y aceleración que envía a la propulsión y a *actuator\_controls*, para que active las sentencias: video y/o fotografía, lanzamiento de paracaídas (*CHUTE\_ENABLED*, *CHUTE\_TYPE*, *CHUTE\_SERVO* y *CHUTE\_ALT\_MIN*), fumigación (*SPRAY\_ENABLE*), tren de aterrizaje retráctil (*LGR\_SERVO\_RTRACT* y *LGR\_SERVO\_DEPLOY*), en los puntos de paso deseados y accione los mecanismos que mejoren la percepción del inicio de un ataque, aumenten la tensión, miedo, pánico o, atracción. Para que el aeromodelo mueva la cabeza, sus servos se conectan a *DO\_SET\_SERVO* (excepto si es de ala fija y se incorpora en el pico el sistema de propulsión, en cuyo caso esta orden actúa sobre los servos de alerones y/u otro dispositivo). En su interior se ubica la cabeza caliente (*gimbal*) donde se puede instalar: las cámaras, cañón y/o el espirógrafo láser, en cuyo caso se conecta a *DO\_SET\_RELAY* y en *DO\_REPEAT\_SERVO* se establece el número de servo y el tiempo de activación, en *DO\_CONTROL\_VIDEO* se activan el cañón y/o espirógrafo láser y/o sonido. La fibra óptica, fumigador, expulsor/espolvoreador, pistola de agua y de pompas de jabón, los activa *SPRAY\_ENABLE*. La orden *DO\_DIGICAM\_CONTROL* que se puede utilizar para activar una sola vez cada vez que se la reclama, frena y/o anula un motor para simular una acrobacia de persecución a la vez que se coordina para retraer las plumas primarias y/o patagio (en

naves de ala fija se configura para acelerar, cortar el servo de un alerón y activar dispositivos). Para que la pistola de agua, lanzador de cohetes, cañón y/o espirógrafo láser, apunten a un lugar determinado hasta el siguiente punto de paso, se utiliza *DO\_SET\_ROI* y *DO\_MOUNT\_CONTROL*. Las combinaciones son múltiples.

5

Para ahorrar energía hasta el disparo de un evento asíncrona e independientemente del código que se esté leyendo y solucionar problemas de temporización y lectura del codificador rotatorio sin perder un pulso, se utilizan las interrupciones de la placa (que se deshabilitan con la orden *detachInterrupt*) que provocan un reseteo continuo cuando el contador llega a cero y se usa para regular el tiempo de un evento, como por ejemplo: para evadir obstáculos sin tener que parar el sistema para medir continuamente las distancias o cuando ejecuta un largo código y aparece la interrupción. El programa volverá al código asociado y continuará por la parte que estaba ejecutando cuando apareció la interrupción (aunque pierda el tiempo de ejecución de las funciones *delay* o *millis*, si bien, siempre podrá utilizar la función *delay Microseconds*). Se evita así que el código devuelva un valor utilizando *void (setup ó loop)* e indicando al compilador que no guarde el valor de la variable, implementando una variable volátil que le obliga a actualizarse en la memoria. Para evitar falsos disparos sin incrementar los dispositivos que aumenten el consumo, el espacio y el peso, se añade al software un retraso de milisegundos en el tiempo de respuesta.

10  
15  
20

Según el diseño, también se introduce una variable lógica en ciertos dispositivos para que unas veces los abra y otros los cierre. Para no introducir de nuevo los códigos mientras se ejecuta la interrupción y evitar la recalibración de sensores al iniciar *setup*, se memoriza el dato en un *byte* que relega sus *bits* para ubicarlo como el de más peso y, a través de USART (*Universal Synchronous and Asynchronous serial Receiver and Transmitter*), se establece una comunicación (síncrona o asíncrona) que es guardada en la *EEPROM.h* cuando monta Arduino. Para pedir esta información, se crea una variable con valor 0, y se guarda en otra auxiliar con una orden *OR*. Sus *bits*, apartados hacia la izquierda y almacenados en la posición deseada son limpiados con otra acción lógica *OR*. Para testar interrupciones de sensores que no entregan 0 ó 1 (*high/low*) como los de temperatura y humedad, y conseguir que se disparen después de cada medida, se elige el pin de conexión y se conecta al del sensor en paralelo con la base de un transistor BJT (*bipolar junction transistor*) cuyo emisor común se protege con una resistencia, de modo que actúa como alimentador, controlador e interruptor

25  
30  
35

eléctrico de servos y motores cuando se necesiten valores mayores que los proporcionados por el sistema. Esta configuración también se puede utilizar para alterar medidas y comunicar datos erróneos de los sensores para provocar rectificaciones bruscas del piloto al considerar que la nave está en peligro.

5 Adicionalmente y según el vehículo y la misión, se puede integrar una placa de expansión I/O (*PiFace Digital*) que se conectará al GPIO Socket (*General Purpose Input/Output*, Entrada/Salida de Propósito General) de la placa *RPi* para conocer el estado del interruptor o sensor, escribiendo su propia sentencia para que tome la decisión adecuada.

10

Entre los mecanismos diseñados para aumentar el miedo están:

1.- la fibra óptica para resaltar colores y zonas anatómicas.

15

2.- cañón láser (ver fig.4a), que consta de dos espejos vibrados por dos motores cuya velocidad determina la homogeneidad del haz.

20

3.- Se han diseñado dos tipos de espirógrafo láser (fig.4b y 4c): el primero, consta de dos motores con dos engranajes que generan dos movimientos sobre sí mismos en un eje cartesiano estacionario generando innumerables círculos y las figuras de Lissajous. El segundo es un motor que hace girar el láser que conforma un haz perpendicular a la aeronave.

25

4.- La pistola de agua, basada en el principio de Pascal, se compone de una cámara de comprensión con un gatillo que presiona un servo.

30

5.- pistola de pompas de jabón (fig.5), se compone de un servomotor que mueve una palanca para hacer la primera pompa y activa el motor con un ventilador que genera una corriente de aire regulado y de pompas constantes, cuando pasa por delante de un aro ranurado que se mantiene mojado con el líquido gracias a una pequeña bomba conectada al otro extremo del motor, que lo extrae del depósito y que queda aislado y precintado cuando se rosca al fuselaje.

35

6.- Para el lanzamiento pirotécnico (fig.6a y 6b), se ha diseñado un ignidor eléctrico de 12 voltios basado en el Efecto Joule con una resistencia que, empujado lentamente

por un servo, toca unas conexiones metálicas que inician la mecha. Cuando se retira, libera la trampilla de salida provocando la caída. Se cierra bruscamente cuando el ignidor supera una pestaña que hace de fin de carrera. Mientras, cae y se sitúa el siguiente petardo en la recámara. Para el lanzamiento de cohetes pirotécnicos se ha  
5 diseñado un tambor que gira por un engranaje conectado a un servomotor en cada vaivén del ignidor

Para aprovechar los vuelos mientras se ahuyentan animales y realizar otras funciones propias de la agricultura, se han diseñado:

10

1.- Depósito de expulsión y/o espolvoreador para lanzar repelentes, atrayentes, hacer pequeñas resiembras, fumigación biológica, química, riego, abono y se compone de una tolva y una boca amplia para la carga rápida que gira sobre sí misma y que funciona, o por gravedad o por aire forzado, con un orificio regulador de sección  
15 variable que determina la cantidad de sólidos y/o invertebrados a distribuir de un modo suave y constante.

20

2.- Para la fumigación química dispone de un motor eléctrico pulverizador centrífugo con cabezal rotativo.

3.- Sistema de iluminación estroboscópica por leds (*chip-on-board*) para ambientes no cooperativos.

### **Implementación de placa Arduino**

25 Si se implementa una placa Arduino, se ejecuta *Phyton* (*sudo apt-get install python-serial*) con la librería *PySerial* y Arduino se convierte en la parte sensorial respondiendo con *serial.writeIn* al estado del sensor, mientras que la *RPi* distribuye las direcciones. Cuando el diseño requiere la incorporación de un módulo concentrador de expansión del puerto serie de E/S, se amplían el número de interfaces de  
30 comunicación de bajada accesibles desde un *host*, ya que posee doble puerto USB con convertidor de interfaces UART/245FIFO/SPI/I2C/JTAG/GPIO, permitiendo la conexión y ampliación de dispositivos en paquetes zoosemióticos digitalizados y agrupados en la librería creada al efecto. En ciertos prototipos, se han implementado y configurado una placa *Arduino Uno* con una tarjeta de relés de ocho salidas (modelo  
35 *1280-2560 ARM PIC*). Para ahorrar energía hasta el disparo de un evento asíncrona e

independientemente del código que se esté leyendo y solucionar problemas de temporización y lectura del codificador rotatorio sin perder un pulso, se utilizan las interrupciones de la placa para que el programa vuelva al código asociado y continúe por la parte que estaba ejecutando cuando apareció la interrupción (aunque pierda el tiempo de ejecución de las funciones *delay* o *millis*, si bien, siempre podrá utilizar la función *delay Microseconds*). Se evita que el código devuelva un valor utilizando *void* (*setup* ó *loop*) e indique al compilador que no guarde el valor de la variable, implementando una variable volátil que le obliga a actualizarse en la memoria. Para evitar falsos disparos sin incrementar los dispositivos que aumenten el consumo, el espacio y el peso, se añade al software un retraso de milisegundos en el tiempo de respuesta. Según el diseño, también se introduce una variable lógica en ciertos dispositivos para que unas veces los abra y otros los cierre. Para no introducir de nuevo los códigos mientras se ejecuta la interrupción y evitar la recalibración de sensores al iniciar *setup*, se memoriza el dato en un *byte* que relega sus *bits* para ubicarlo como el de más peso y, a través de USART (*Universal Synchronous and Asynchronous serial Receiver and Transmitter*), se establece una comunicación (síncrona o asíncrona) que es guardada en la *EEPROM.h* de Arduino. Para pedir esta información, se crea una variable con valor 0, y se guarda en otra auxiliar con una orden *OR*. Sus *bits*, apartados hacia la izquierda y almacenados en la posición deseada son limpiados con otra acción lógica *OR*. Para testar interrupciones de sensores como los de temperatura y humedad que no entregan 0 ó 1 (*high/low*), y conseguir que se disparen después de cada medida, se elige el pin de conexión y se conecta al del sensor en paralelo con la base de un transistor BJT (*bipolar junction transistor*) cuyo emisor común se protege con una resistencia para actuar como alimentador, controlador e interruptor eléctrico de servos y motores cuando se necesiten cargas mayores. Esta configuración también se puede utilizar para alterar medidas y comunicar datos erróneos de los sensores para provocar rectificaciones bruscas del *Pixhawk* al considerar que la nave está en peligro. En las aeronaves que, por exceso de sensores falten pines de conexión, se pueden utilizar, y no solamente, uno o más circuitos síncronos 74HC595.

En una configuración zoosemiótica básica, se conecta a una de las sentencias cualquier actuador físico a la salida de un dispositivo asíncrono (como Arduino), mientras se ejecuta sucesivamente una acción en cada salto de reloj.

### Insonorización de la propulsión

Cuando sea necesario reducir el zumbido de los motores (Fig.7a, b, c y d), especialmente en RPAs de ala rotatoria, las palas de las hélices se han dentado con pequeñas muescas y valles interdentes para facilitar la penetración en el aire y se ha fabricado de poliolefina expandida (EPO) en el intradós, una serie de círculos concéntricos para que los motores solo sean visibles desde su verticalidad. En otros casos, se han fabricado unas láminas, persianas o rejillas, que permanecen cerradas por su contrapeso cuando los motores no están activados, aumentando el planeo y reduciendo la fricción. Para evitar la lluvia, dispone en el extradós de un sombrerete sobredimensionado.

### Dispositivo o sensor de tierra

Para el combate de plagas difíciles y aumentar la seguridad de la finca, se ha ideado un dispositivo fijo colocado en tierra, mimetizado o no, que puede iniciar o interrumpir la misión del RPA cuando su presencia es solicitada mediante MavLink (en cuyos ficheros *xml* del RPA, se estructuran, empaquetan e inician algunas de las acciones zoosemióticas). Para realizar esta llamada, el MavLink de la RPi del sensor de tierra, envía las coordenadas (*WAYPOINT\_SET\_CURRENT*) y el RPA contesta a la CGS con *WAYPOINT\_CURRENT*. Aunque el formato del archivo del *waypoint* no pertenece a MavLink, sí es utilizado por *Mission Planner*, por lo que se tienen en cuenta los espacios entre números y los campos (<Tab>, "\ t"). Las coordenadas llegan al *commander* que a su vez las comunica a *home\_position* que las asume como coordenadas de su misión. Después, diseña la ruta con *navigator* y éste informa a *position\_setpoint\_triplet* mientras que el controlador de posición estudia la aceleración necesaria para mantener la altitud, guiñada y cabeceo para que se dirija al sensor por *position\_setpoint\_triplet*. Personado el RPA y, tras un tiempo de espera establecido, con activación o no de dispositivos de repulsión (o atracción), aterriza (*mc\_pos\_control*) y/o continua su misión. Esta solicitud se hace de forma remota por el interfaz bi-direccional inalámbrico (*Xbee Pro 900 HP* y software *XCTU*), que posee un transceptor dual, antena integral *SMA* y un adaptador inteligente conectado al puerto USB de la RPi, logrando una reducción en el consumo de energía cuando la función inalámbrica está en reposo o inactiva (*Sleep Mode*). La información se envía en *Unicast* y no en *Broadcast*, para obtener un acuse de recibo de la señal de confirmación *ACK*

(*Acknowledgement*). En todo caso, se envía dos veces con un retraso de tiempo para asegurar su recepción. De todos los datos recibidos, el sistema busca el del GPS (*id=24 -GPS\_RAW\_INT*) que proporciona la posición en tiempo real que, al ser procesada por *pymavlink*, facilita la programación al decodificar los mensajes recibidos. Este sensor, también es utilizado como puesto avanzado de observación, alarma y/o como elemento reforzador de la atracción o el miedo ante la presencia de su depredador y se sitúa estratégicamente en la zona para permanecer largas temporadas de espera a la intemperie. Para cultivos semicubiertos, dispone de imanes para una sujeción rápida en las estructuras metálicas. Se ha fabricado en fibra de vidrio, resina y poliuretano para mantener su aislamiento térmico y resistir la humedad. Además de las baterías, amplificador y altavoces, puede incorporar según las misiones: una base de carga portátil conectada a la red eléctrica y/o sistemas de realimentación (placas solares, motor Stirling, Bedini y ladrón de Julios), micrófonos, cañón láser, espirógrafo láser, pistola de agua y/o de pompas de jabón, y sensores: láser, térmico o infrarrojo y/o ultrasónico, radiactivo, de temperatura y humedad, de químicos, humo y gases MQX y, ópticos (cámaras de: visión, térmica, ultravioleta, de video y fotografía). Tarjetas RFID (*Radio Frequency IDentification*) así como salidas de carga para añadir cualquier otro dispositivo de disparo. Los parámetros se guardan en la memoria RAM, micro SD o en el disco duro o EEPROM de la RPi que dispara los relés pertinentes cuando se acerca una amenaza o el RPA entra en el radio de acción de sus sensores y/o el emisor se acopla con su tarjeta RFID.

Se han diseñado varias formas de configuración en atención al tipo de dron y misión encomendada:

25

#### **1.- Primer diseño biomimético: falso ornitóptero.**

Se trata (ver Fig. 2a, b, c, d y e) de un aeromodelo biomimético de ala rotatoria que garantiza y coordina la sustentación, sea por conexión mecánica, sea por motor eléctrico, con los movimientos alares para obtener la función estética, aunque no propulsora, y transmitir el mínimo esfuerzo alar al resto del cuerpo para conseguir unos movimientos suaves, flexibles y creíbles. Se ha optado por una motorización eléctrica independiente cuyo sistema de engranajes consta de un piñón unido al motor que conecta con dos ruedas pertenecientes a cada una de las alas. Su velocidad está coordinada con la establecida por el piloto automático que, sin intención

35

restrictiva, se ha conectado en paralelo con la propulsión y reducido la corriente con una tarjeta de control a la que se puede añadir un circuito rampa acelerador/desacelerador o, utilizando la biblioteca *Stepper.h* de Arduino para controlar el motor. Si fuere necesario, se instala un transistor NPN en colector abierto para proporcionar más corriente que la que ofrece Arduino. Para simular el movimiento característico del cuello en vuelo de aves como las grullas y cigüeñas, la cabeza, unida a un muelle tensor, se fija a una varilla que a su vez se embute en un tubo rígido de mayor diámetro al resto del fuselaje, que a su vez se introduce en un plástico semiflexible que simula las vértebras cervicales. Cuando las alas bajan, los engranajes, que disponen de un saliente o cresta por una cara, empujan un embolo que alarga la cabeza, tensa el cable de acero que mantiene la curva de las vértebras y libera suavemente de la presión cuando las alas comienzan a subir, encogiendo de nuevo el cuello pero manteniendo recta la cabeza. Mientras, por la otra cara de los engranajes, los salientes o crestas empujan una varilla que bajan ligeramente la cola y patas.

**2.-Segundo diseño biomimético. Activación de paquetes zoosemióticos de modo preventivo, por los sensores o, combinando ambos diseños.**

Este diseño se puede montar sobre cualquier tipo de aeromodelo (ver Fig. 1a, b, c y d) por ejemplo gavián.

Cuando se introduce el firmware (*Mission Planner*) en la tarjeta controladora del piloto automático, se calibran la brújula y los reguladores de velocidad electrónicos (*Electronic Speed Controllers, ESC* ó *CES*) para que giren los motores a la velocidad solicitada por el *Pixhawk*, se establecen los valores mínimos y máximos de PWM (*pulse-width modulation*) que envía el controlador de vuelo. En algunos casos, son estos reguladores los que se modifican para hacer las piruetas (*MOT\_SPIN\_ARMED*). El piloto permite combinar datos de la IMU y el GPS con otros sensores de velocidad para calcular una posición fiable utilizando un Filtro Kalman EFK (*Extended Kalman Filter*) que estudia los errores de los sensores, integra los datos angulares de la IMU para calcular su posición y las aceleraciones para calcular la velocidad. Este diseño trabaja en *modo Mission* y permite ejecutar los paquetes zoosemióticos:

- 1.- de forma preventiva en los puntos de paso establecidos.
- 2.- cuando lo indican los sensores y

3.- combinando ambos diseños.

Las órdenes de control se reciben, o por un enlace en el módulo PX4IO, o por un enlace MavLink porque utiliza librerías personalizables en los sistemas de a bordo y dispositivos de tierra mediante una comunicación bidireccional con un escaso coste computacional. En ambos casos, *manual\_control\_setpoint* aprueba los datos de orientación, que no pasan directamente a los motores hasta estudiar la orientación actual, para evitar cambios bruscos que puedan provocar vuelos inestables. Es aquí donde interviene *attitude\_estimator\_ekf* que edita los datos actuales de *roll* (alabeo), *pitch* (cabeceo) y *yaw* (guiñada) en *vehicle\_attitude* para que sean utilizados por *mc\_att\_control* que, para calcular su orientación, reclama los datos de los sensores y *attitude\_estimator\_ekf* se suscribe a *sensor\_combined* y es aquí donde *sensors* aparece con su abanico de medidas calculadamente modificadas (para que interprete que está en riesgo) o no, de los sensores conectados al piloto. Para ello, se ha creado una aplicación propia (*rc.txt* para la motorización) con algunos controladores *PID* que no utilizan aplicaciones del comando *navigator* o, se actúa en el código fuente (*\_app*), en *vehicle\_attitude\_inpur\_rc* y *orbes\_sensor\_combined* que recibe la información de los sensores y los edita para que los active el comando *PWM* (*/dev/pwm\_output*), y utiliza */dev/px4fmu* ó */dev/px4io*, dependiendo de las salidas que se deseen utilizar (mientras se añade *UMF mode\_pwm*). Para ejecutar las órdenes desde */app*, se interviene con MavLink y actualizan comandos en *rc.txt* (como *ttyACM0*). En otros diseños, se utiliza el interfaz de control de cámara para fotografía aérea 3DR CCB (*The 3DR Camera Control Board*) y su protocolo PTP (*Picture Transfer Protocol*), se preparan en MavLink los canales y sus estados, cuyos códigos (*cam\_ctrl\_state.shot*) se establece en 1 para dispararlo a 0 y los disparos en los puntos de paso con los eventos zoosemióticos digitalizados (*MAVILINK\_MSG\_ID\_DIGICAM\_CONTROL*), aprovechando sentencias como: *cam\_ctrl\_state.Session*, *cam\_ctrl\_state.zoom\_pos*, *cam\_ctrl\_state.focus\_lock* , y, *cam\_ctrl\_state.Shot*, que activan o desactivan dispositivos, servos, motores y sonidos, según sea la misión.

30

**3.- Tercer diseño biomimético: navegación y persecución por puntos satelitales (*waypoint*).**

Al igual que en el caso anterior, este diseño se puede montar sobre cualquier tipo de aeromodelo (ver Fig. 1a, b, c y d), por ejemplo gavilán.

35

En este modo de operación, el GPS-RTK, que tiene una elevada tasa de refresco, se ha configurado para entregar una sentencia a una velocidad determinada, mientras que los dos canales de comunicación entre la SBC y piloto separan la información (uno para las entradas de localización del puerto del GPS del piloto y el otro para el intercambio de los datos de la telemetría y planeamiento de la misión que va al puerto USB). Es decir, que se utilizan dos cables de comunicación: uno para el GPS que se comunica con el protocolo NMEA y el otro para la telemetría que se comunica con el protocolo MavLink (que no se compila en el RPA sino que se agrega *mavlink/include* en la lista de *includes*, que suele ocurrir en su *Makefile*). A diferencia de los modelos anteriores, se inicia una persecución propiamente dicha al estimar la posición de la amenaza y volar al punto satelital diseñado más cercano, cuando aquella aparece en el sensor óptico, y se introducen los algoritmos que calculan su posición y orientación respecto al animal hasta completar la matriz de rotación y desde allí reconsiderar su posición en función del objetivo. Aquí, los sensores son los responsables del cambio de guiñada hacia los puntos de paso más cercanos cuando se introducen los datos en el GPS-RTK, evitando: por un lado una navegación errática al conocer su posición y dirección, y por otro, la activación preventiva aleatoria e indiscriminada de los paquetes algorítmicos zoosemióticos de los diseños anteriores como el del láser, cuyo consumo puede superar los 2 amperios.

Los sensores y los algoritmos del sensor óptico, son los que alertan de la amenaza y los responsables de cumplir con éxito la persecución cuando se acerca a la celda con mayor gradiente de masa, informando de su posición de un modo legible al firmware del piloto que se convierte entonces en un dispositivo periférico, mientras que el protocolo MavLink extrae información sobre la telemetría, y el planificador de misión de la SBC. Tras obtener los paquetes necesarios en *sudo apt-get install python-pip* y *sudo apt-get install python-opencv python-wxgtk*, la aplicación *MavProxy* realiza llamadas a la carpeta *select.py* e inicia su ejecución con *mavproxy.py* (que a la vez controla su desarrollo desde la CGS), que se activa automáticamente al iniciar la SBC, porque se ha creado un *screen* en el archivo *rc.local* y un script (*mavinit.scr*) en el controlador de vuelo para evitar su reconfiguración en cada misión. El protocolo NMEA aprovecha las coordenadas del sistema, los datos de altitud y, con el resto de sensores, crea sentencias de texto legible ASCII (de 37 bytes) que alimentan el GPS a un ritmo constante y siempre que exista una amenaza detectada por aquellos, proporcionando

un punto de paso con un *byte* binario de estado. Cada vez que el piloto recibe la sentencia para aplicar el EKF, se utiliza esta señal que recupera la información de las coordenadas tridimensionales más cercanas mediante el comando *MAV\_CMD\_DO\_SET\_HOME*, e inicia una persecución al dirigirse a uno de los puntos de paso más cercanos al objetivo, mientras que la inyección continua del protocolo NMEA bloquea la señal del siguiente punto de paso. La adaptación de estas coordenadas a las del NMEA, provoca un desplazamiento a un punto de paso que el piloto considera dentro de la misión. Desaparecida la amenaza se desbloquea la misión con el envío de los siguientes puntos de paso de modo que, cuantos más se diseñen, más precisa será la persecución. Si los sensores siguen detectando la amenaza, el proceso se repetirá con la activación de los paquetes zoosemióticos y/o continuará por el siguiente y más próximo punto de paso en el que se encuentre para no regresar porque prioriza los parámetros de longitud primero y latitud después. El sistema memoriza en su tarjeta *microSD (Secure Digital)*, RAM o en el disco duro o EEPROM, las coordenadas donde se detecte mayor número de disparos de los sensores. Esta información permitirá conocer mejor la amenaza y optimizar futuras misiones.

#### 4.- Cuarto diseño biomimético: gavilán trirrotor.

Sin intención restrictiva, se ha fabricado para cultivos cubiertos y semicubiertos (como los de frutas del bosque y uva de mesa y el combate de plagas aviares en la Península Ibérica), un gavilán de ala rotatoria del tipo trirrotor (fig. 8), alimentado por baterías de litio y polímeros que se recarga cuando aterriza en una estación de carga portátil (modelo *Skysense*). Para combatir con éxito estas especies en este cultivo, incorpora a bordo una tecnología suficiente. A saber: sistema sonoro (amplificador con altavoces) y espirógrafo láser. Para garantizar el vuelo dentro de estos túneles de plástico y cuando no se disponga de una señal satelital de calidad, además de la precisión que ofrece el piloto automático con el GPS-RTK (marca *Piksi*), se ha diseñado un sistema anticolidión basado en el algoritmo desarrollado por *Chee* (para sensores de ultrasonidos) y *Zhong* (para sensores de infrarrojos), de modo que el RPA dispondrá de cuatro infrarrojos (uno en cada lateral), cuyas medidas serán continuamente cruzadas y enviadas al *Pixhawk*. Si se detecta un obstáculo en un lateral a una distancia de seguridad definida, se compara con la medida del otro lateral. Esta diferencia de tensión es analizada por la SBC (marca *Raspberry Pi 2*), que

envía una orden mediante MavLink al *Pixhawk* para alejarse del obstáculo o mantener la posición un tiempo determinado cuando el sensor frontal detecta un obstáculo, continuando después con la misión. Incorpora un módulo de medición de distancia de luz pulsada láser Lidar-Lite (*Light Detection and Ranging*) para mantener una altura  
5 más precisa cuando entra dentro de los túneles ya que en estos cultivos se combinan tanto la plantación en el suelo como en maceta. Se crean los drivers del comportamiento animal, la activación de sus dispositivos (*/src/drivers/zoo*) y se introduce en el archivo fuente (*zoo.cpp*). Para evitar que la SBC interprete la información recibida por la controladora como información de *login*, se deshabilita el  
10 acceso al sistema por el puerto serie, se modifica `sudo nano /etc/inittab` y el *safety* del piloto automático ubicado en el firmware de PX4IO para evitar su armado manual.

En un multirroto hay que tener en cuenta el ángulo de guiñada para no romper ni el diseño ni el vuelo aviar. Por eso, su configuración se hace en modo *Point to Next*  
15 *Waypoint* (*MIS\_YAWMODE 1*) para que siempre apunte la cabeza del pájaro hacia el siguiente punto de paso (*nose in*) y no adopte posturas de vuelo incorrectas.

Para mantener el miedo a campo abierto cuando el RPA sale de los túneles de plástico y alejar los intrusos de la zona, se ha conectado el sonido y el espirógrafo  
20 láser a las sentencias de la cámara utilizando la función *CAM\_TRIGG\_DIST* (que es la distancia en metros entre disparos y *DO\_SET\_CAM\_TRIGG\_DIST* que permite habilitarlo en vuelo) y el comando *CAM\_TRIG\_TYPE* del obturador de la cámara (cuyo tiempo se regula en *CAM\_DURATION*) que permite utilizar la salida a relé o a PWM (que establece el valor del servo en *CAM\_SERVO\_ON* y *CAM\_SERVO\_OFF*)  
25 dependiendo del consumo del dispositivo conectado. Se ha creado para la estación de carga, un sistema de seguridad retráctil para las conexiones, cuyo servomotor es activado por la sentencia del tren de aterrizaje (*LGR\_SERVO\_RTRACT* y *LGR\_SERVO\_DEPLOY*).

**REIVINDICACIONES**

- 1.- Vehículo aéreo no tripulado biomimético y zoosemiótico que comprende
- fuselaje con estructura anatómica típica animal
- 5
- motores eléctricos de propulsión
  - sistemas de vuelo para aerostato, ala fija, ala rotatoria, VTOL, ornitóptero o falso ornitóptero
  - sistema de alimentación que se selecciona entre baterías recargables, pila de combustible o ambos simultáneamente
- 10
- fuente de alimentación redundante
  - sistemas de retroalimentación
  - base de carga portátil, mimetizada o no
  - sistema retráctil de conexión para estación de carga portátil
  - unidad de medición inercial compuesta por módulos inerciales que incluyen brújula
- 15
- digital, giroscopios, magnetómetros, acelerómetros, compás digital y telemetría.
  - sistema de posicionamiento global por satélite configurable
  - tarjetas de control, servomotores y relés para mecanismos de disparo y accionamiento de partes móviles
  - anemómetro digital
- 20
- barómetro
  - sensor de presión diferencial
  - sensores de distancia
  - sensor de temperatura y humedad relativa
  - sensor de radioactividad, químicos, humo y gases MQX
- 25
- sensores ópticos
  - micrófono, amplificador y altavoces
  - sonar
  - módulo de comunicaciones, que incluye transmisor y receptor de video analógico, antena de polarización circular y módulos de conexión inalámbrica.
- 30
- ordenador de placa reducida o placa única
  - placa Arduino
  - placa de expansión I/O
  - sistema de iluminación estroboscópica por leds
  - tarjeta RFID activa o pasiva
- 35
- radiobaliza

- dispositivos láser
  - bomba de presión
  - depósito de expulsión y/o espolvoreador/removedor
  - fumigador químico
- 5 - sistema retráctil de conexión para estación de carga portátil.  
caracterizado porque
- el sistema de posicionamiento global (GPS) es del tipo *"Real Time Kinematic"*
  - las plumas rectrices y cola, las plumas primarias y patagio son accionables mediante servomotores o relés
- 10 - los dispositivos láser son cañones y espirógrafos
- se aplica fibra óptica para resaltar colores y zonas anatómicas y porque adicionalmente incluye
  - pistola de agua
  - pistola de pompas de jabón
- 15 - lanzador pirotécnico
- 2.- Vehículo aéreo no tripulado biomimético y zoosemiótico según la reivindicación 1, caracterizado porque cuando en la alimentación se utilizan pilas de combustible, se seleccionan las de membrana polimérica de intercambio protónico.
- 20
- 3.- Vehículo aéreo no tripulado biomimético y zoosemiótico según la reivindicaciones 1 o 2, donde los sistemas de retroalimentación se seleccionan entre placas solares, ladrón de Julios, motor Bedini o de imanes.
- 25
- 4.- Vehículo aéreo no tripulado biomimético y zoosemiótico según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado porque los sensores de distancia se seleccionan entre ultrasónicos, de infrarrojos y láser o combinaciones de los mismos.
- 5.- Vehículo aéreo no tripulado biomimético y zoosemiótico según la reivindicación 4,
- 30 caracterizado porque el sensor de distancia es un sensor laser Lidar-Lite.
- 6.- Vehículo aéreo no tripulado biomimético y zoosemiótico según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque los sensores ópticos son de visión monocular y/o estereoscópica, FPV, térmicos o infrarrojo, ultravioleta, video y
- 35 fotografía.

- 5 7.- Vehículo aéreo no tripulado biomimético y zoosemiótico según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado porque los espirógrafos con led láser son de dos motores con dos engranajes que generan dos movimientos sobre sí mismos en un eje cartesiano estacionario conformando círculos y figuras de Lissajous.
- 10 8.- Vehículo aéreo no tripulado biomimético y zoosemiótico según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, donde los espirógrafos con led láser son de un motor que hace girar un engranaje al que va conectado el láser que genera un haz perpendicular al vehículo.
- 15 9.- Vehículo aéreo no tripulado biomimético y zoosemiótico según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, donde el cañón láser consta de dos espejos vibrados para conseguir multitud de puntos.
- 20 10.- Vehículo aéreo no tripulado biomimético y zoosemiótico según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, donde el vehículo dispone de un sistema retráctil para las plumas primarias y el patagio, plumas rectrices laterales o cola consistente en un cable tensor entubado, conectado a ambas alas, que discurre por el borde de ataque y se conecta a un servomotor que vence el muelle tensor de las plumas primarias y el muelle extensor del patagio, así como el de las plumas rectrices.
- 25 11.- Uso de un vehículo aéreo no tripulado biomimético y zoosemiótico según se define en las reivindicaciones 1 a 10 para ahuyentar animales.
- 12.- Uso según la reivindicación 11, donde el vehículo mimetiza aves del orden Falconiformes, Accipitriformes o Estrigiformes
- 30 13.- Uso según las reivindicaciones 11 o 12, donde el vehículo se opera con capacidad de persecución y navegación por puntos satelitales.
- 14.- Uso según las reivindicaciones 12 o 13, donde el vehículo se opera con capacidad de persecución y navegación autónoma.

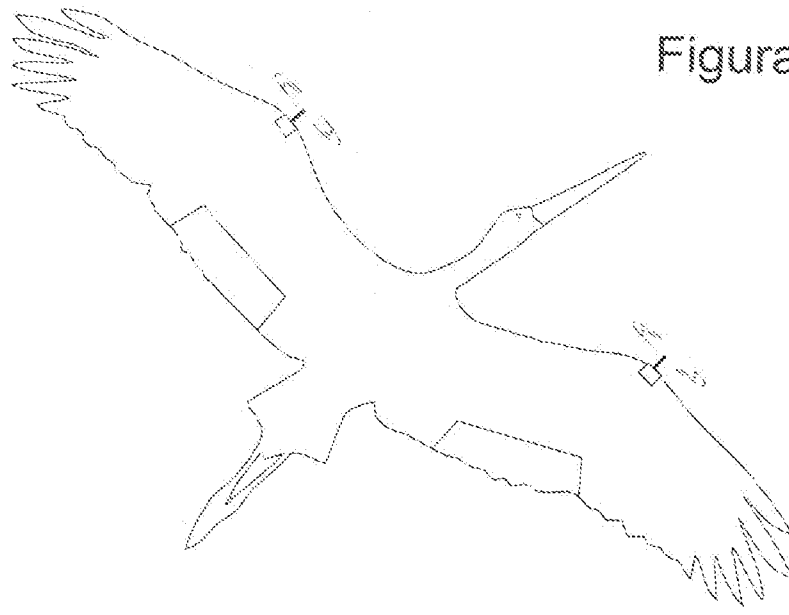


Figura 1a

Figura 1b

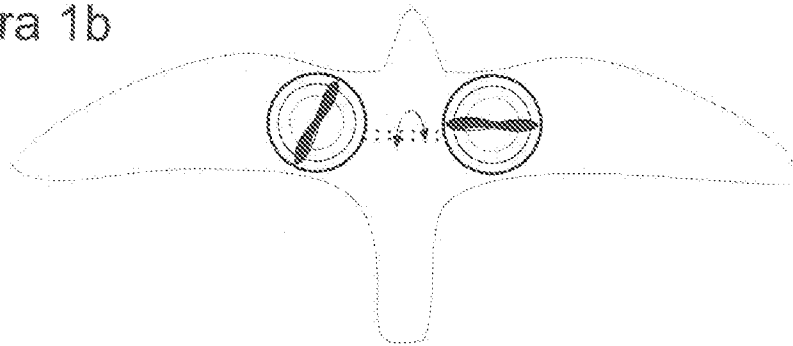


Figura 1c

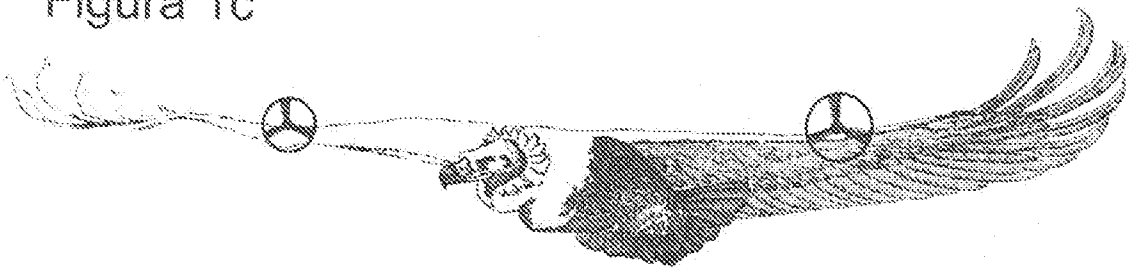
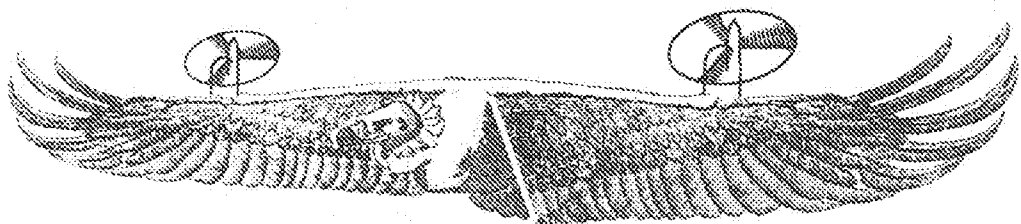
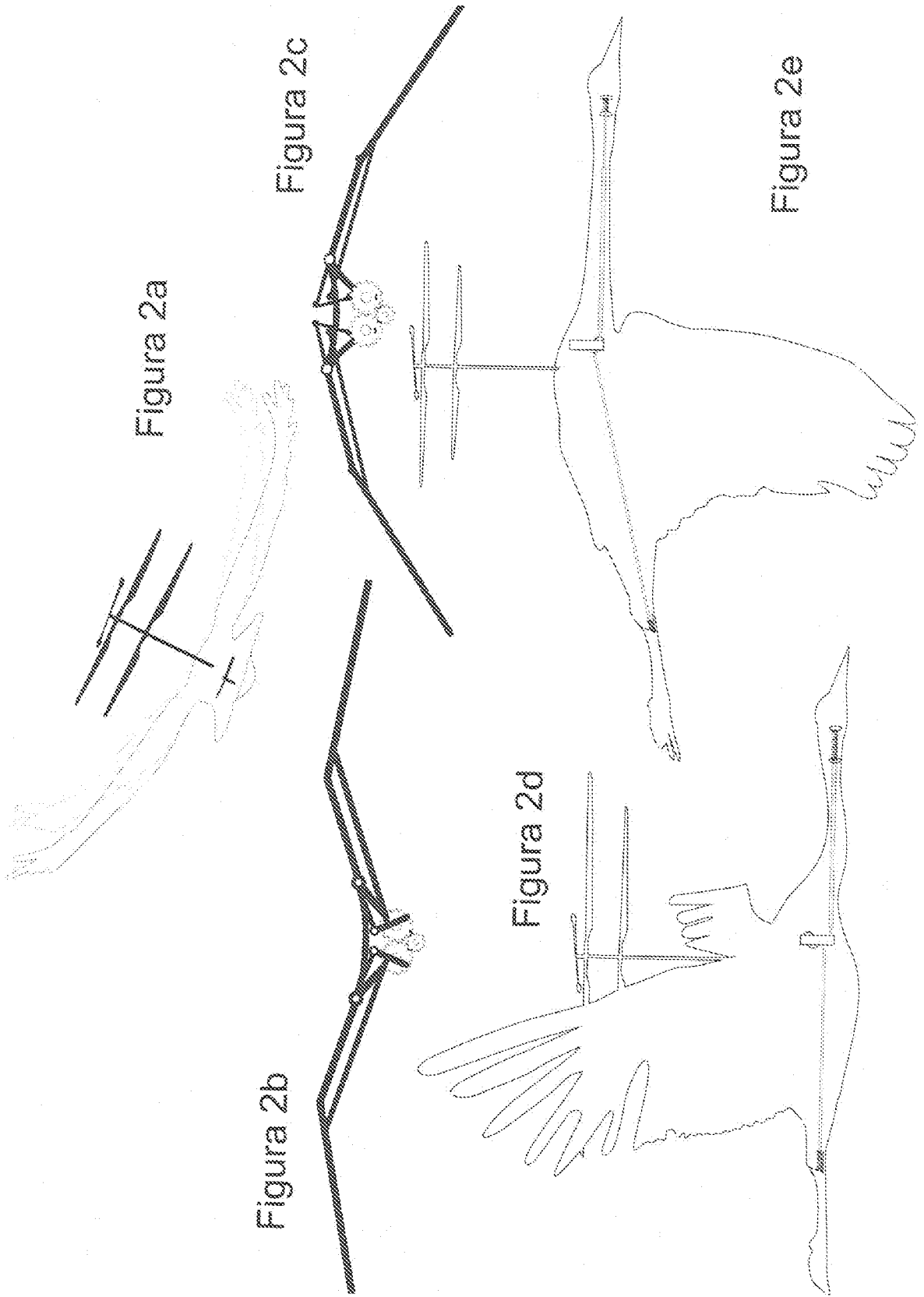


Figura 1d





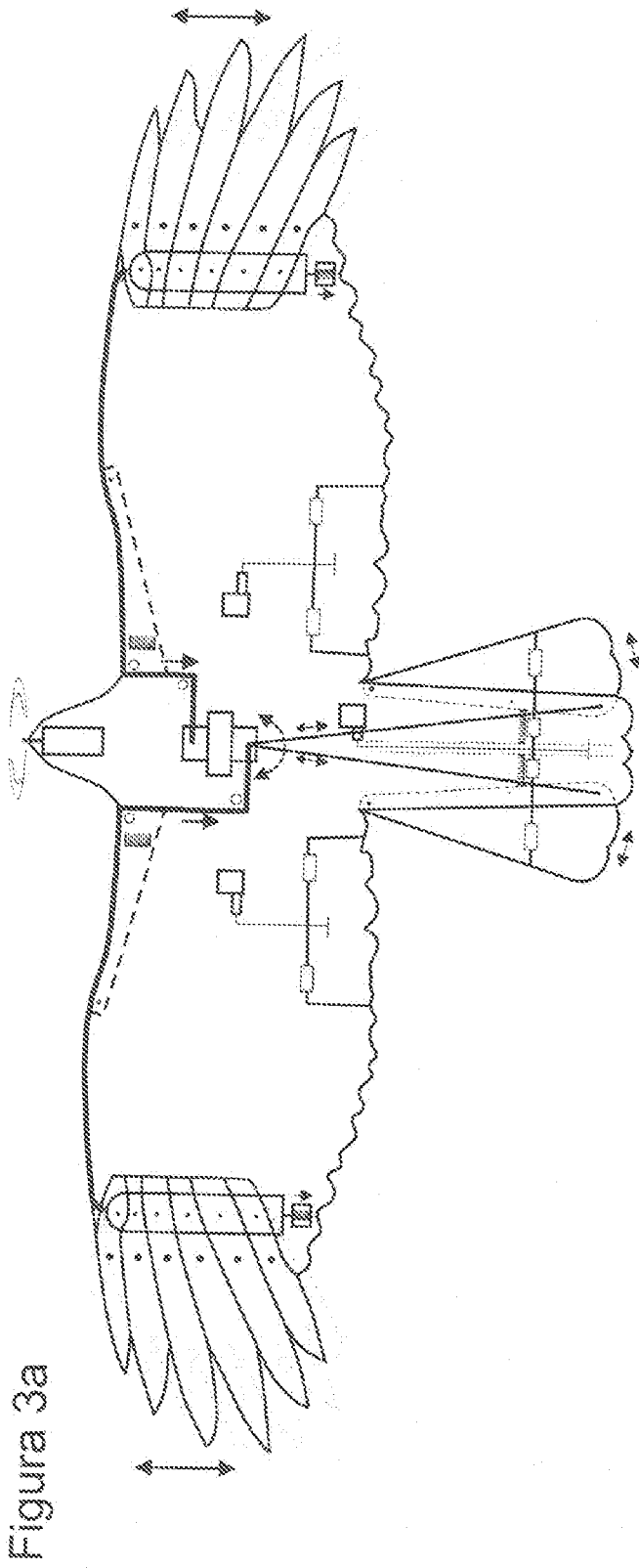


Figura 3a

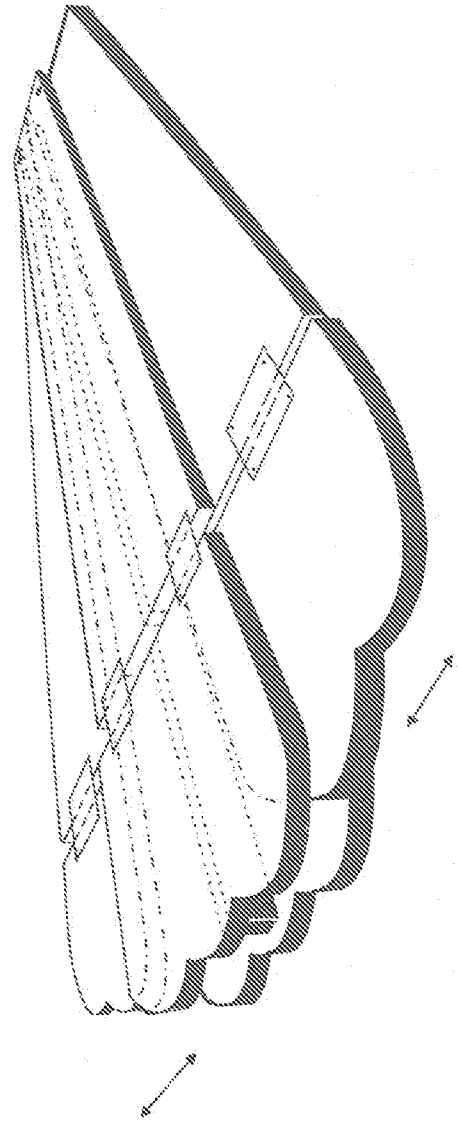


Figura 3b

Figura 4a

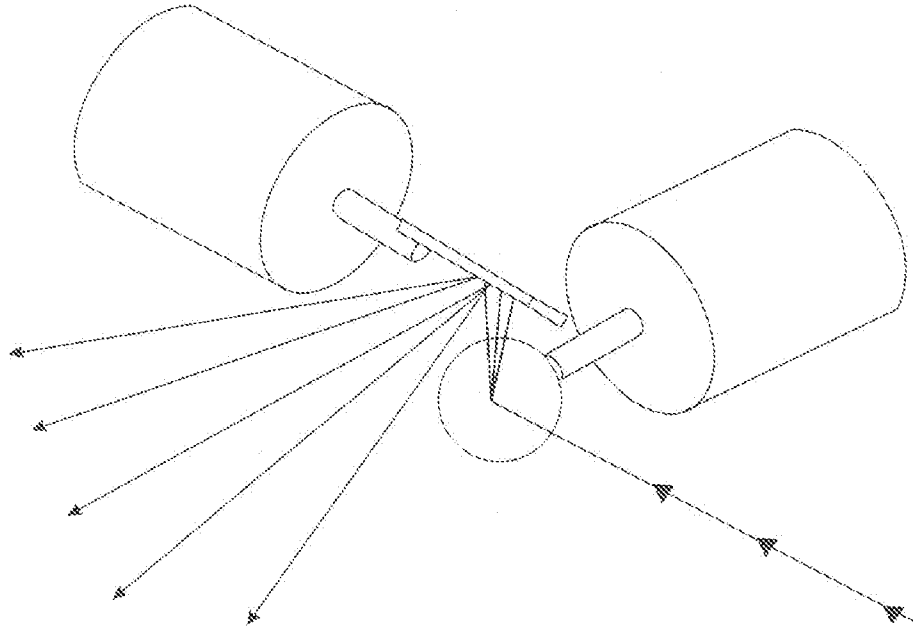


Figura 4b

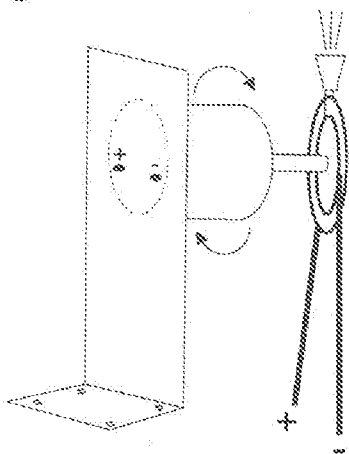
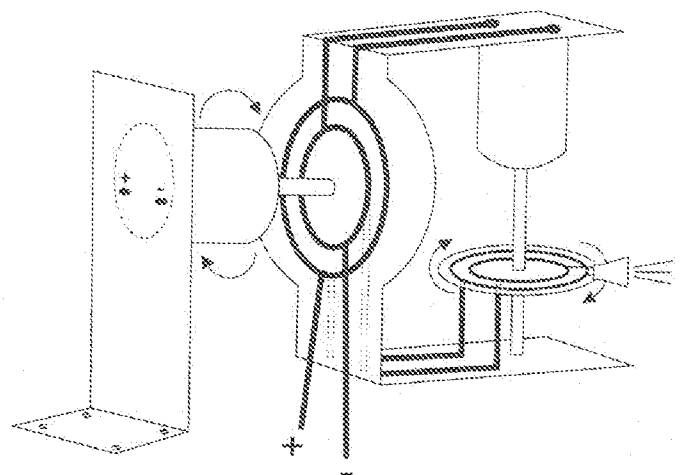


Figura 4c



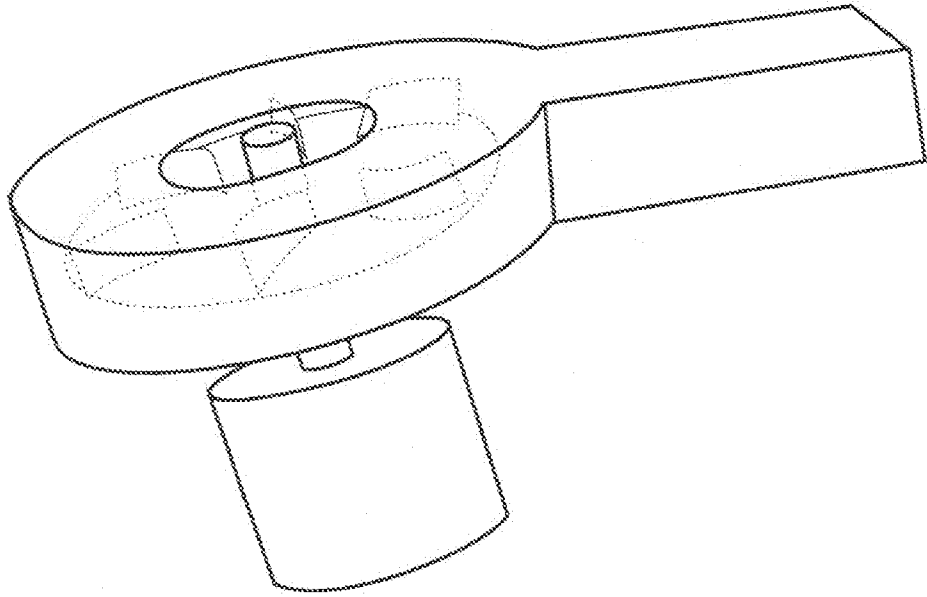


Figura 5

Figura 6a

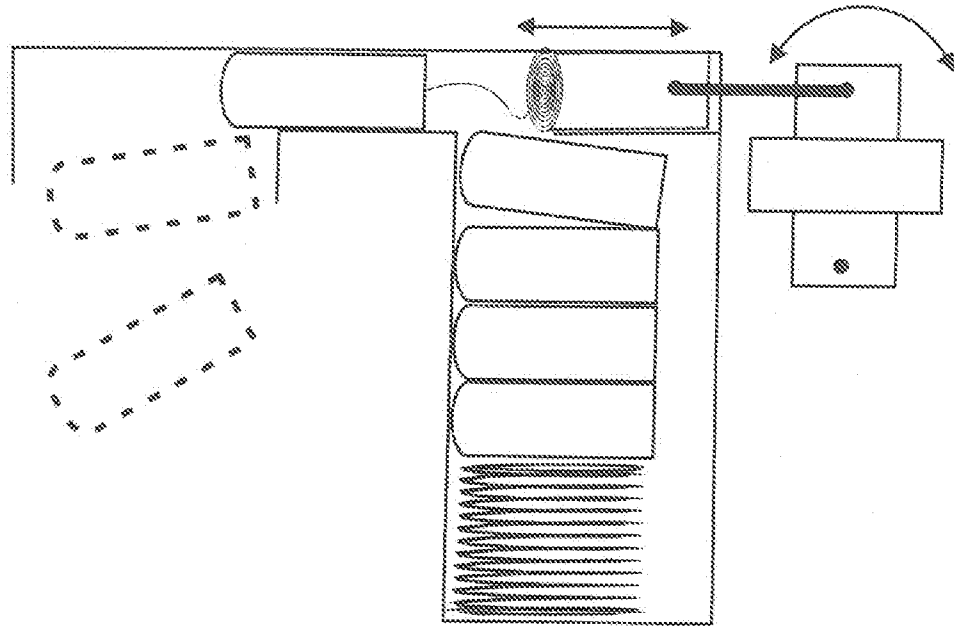


Figura 6b

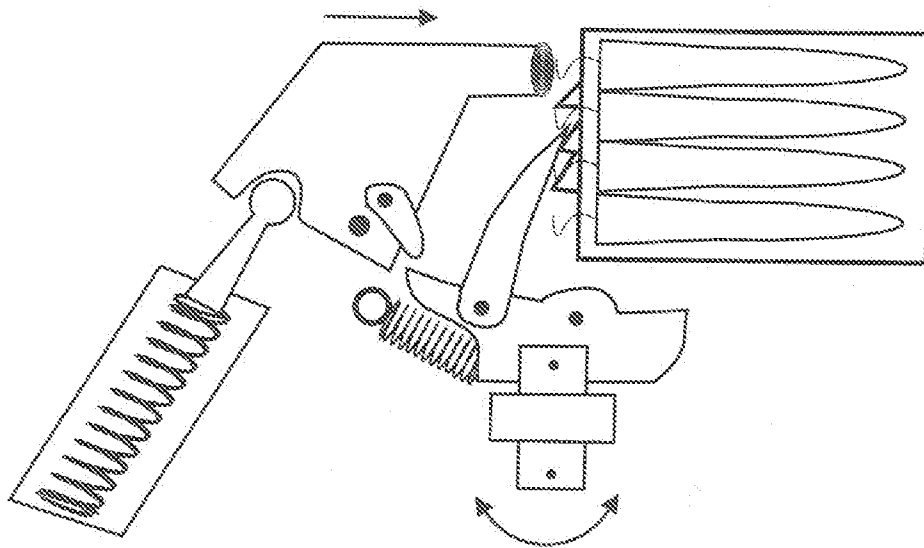


Figura 7a

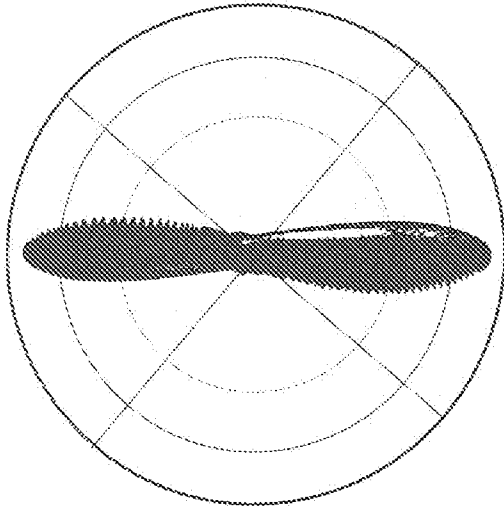


Figura 7b

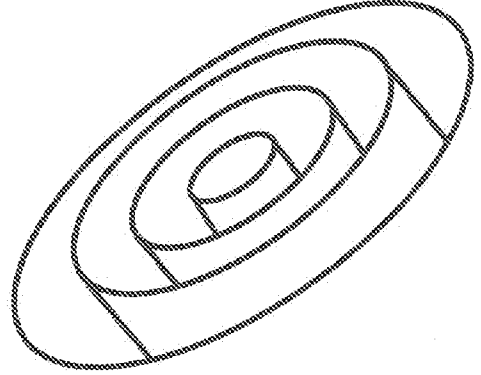


Figura 7c

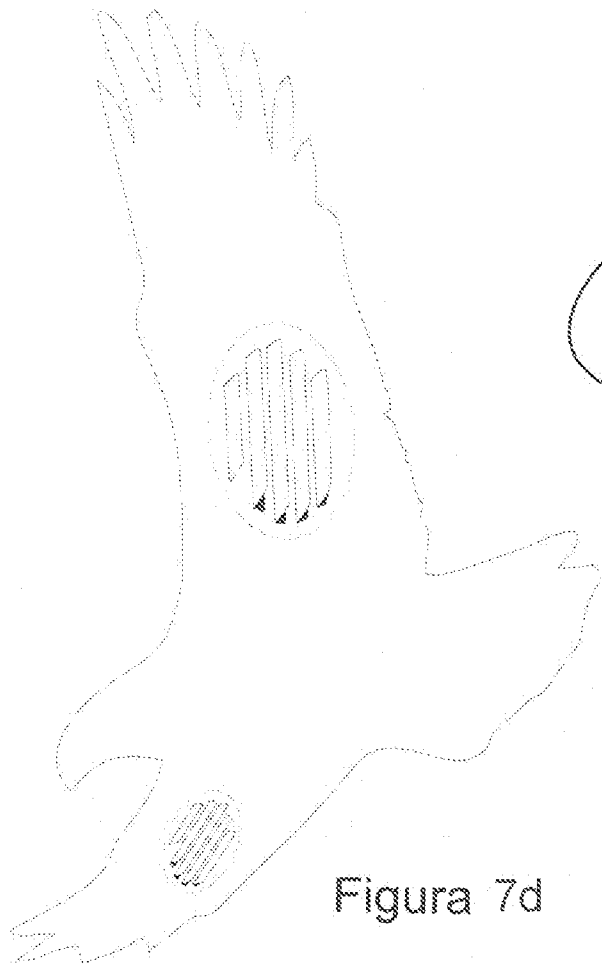
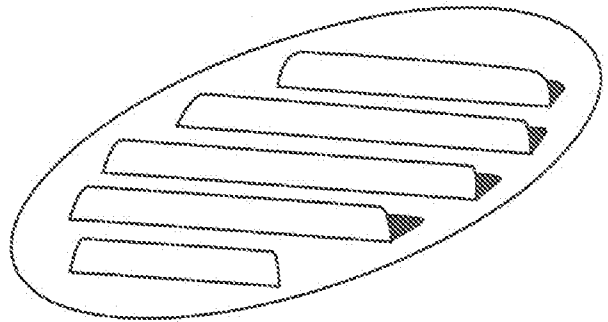
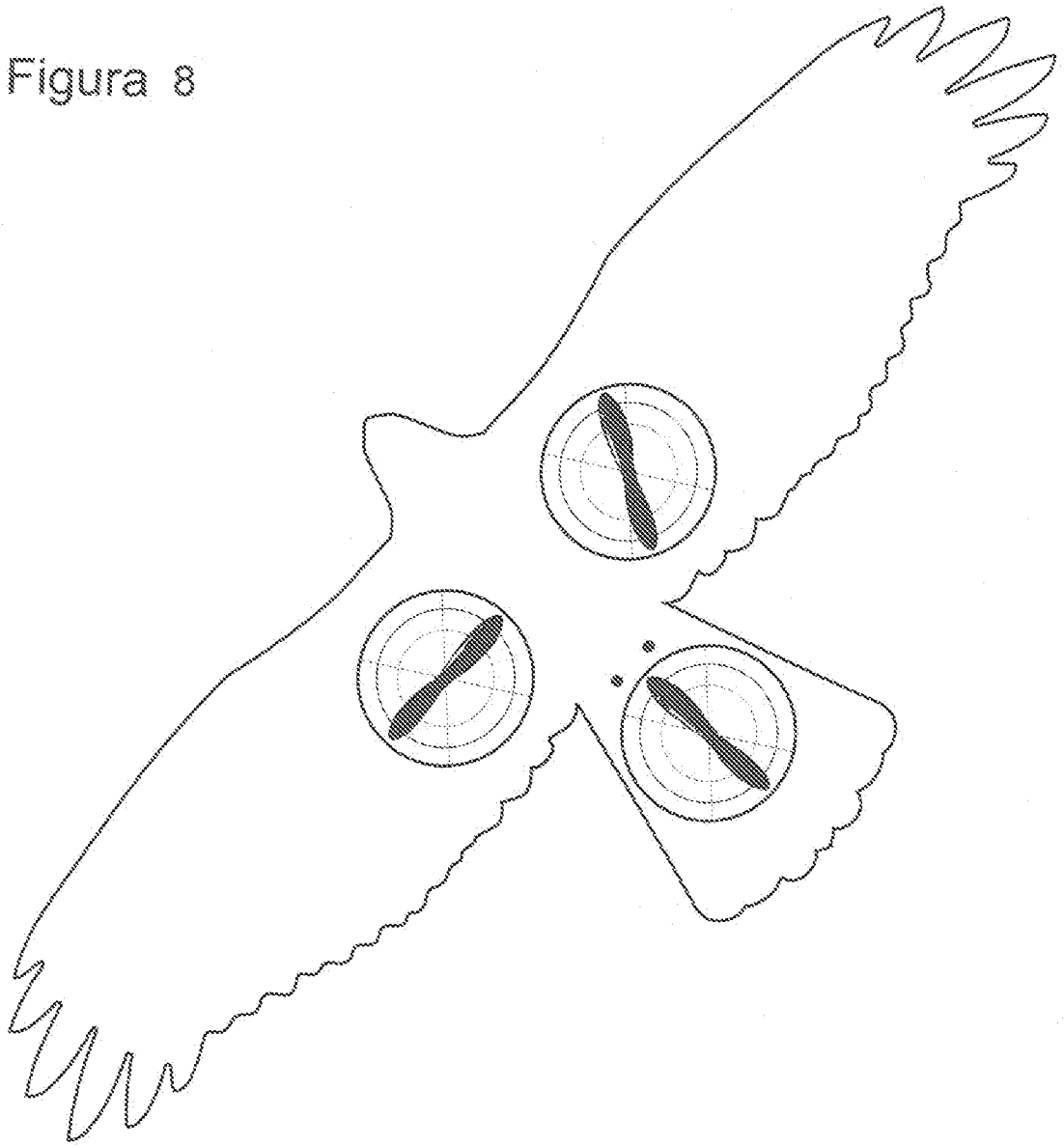


Figura 7d

Figura 8



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.  
PCT/ES2016/070747

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

**See extra sheet**

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

B64C, A01M

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPODOC, INVENES

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	ES 2457690 A1 (MORENTE) 28/04/2014; page 1, lines 4 - 18; page 6, lines 13 - 25; page 7, lines 19 - 25; page 11, lines 8 - 30; pages 14 - 15; figures 2 - 5.	1, 3-4, 6, 11-14
Y	JP 3199308 U (SETSUMI HIGUCHI) 13/08/2015; paragraphs [0001], [0008] - [0010], [0016] - [0017], [0026] - [0047]; figures 1-6.	1, 3-4, 6, 11-14
Y	US 2010/0176954 A1 (ALVARADO) 15/07/2010; paragraphs [0005] - [0007], [0021] - [0028].	1, 3-4, 6, 11-14
Y	US 4964331 A (HALEVY et al.) 23/10/1990; column 1, lines 40 - 57; column 3, lines 6 - 58; figures 1 - 6.	1, 3-4, 6, 11-14

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

<p>* Special categories of cited documents:</p> <p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance.</p> <p>"E" earlier document but published on or after the international filing date</p> <p>"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure use, exhibition, or other means.</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p>	<p>"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone</p> <p>"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other documents, such combination being obvious to a person skilled in the art</p> <p>"&amp;" document member of the same patent family</p>
--	--

Date of the actual completion of the international search  
20/01/2017

Date of mailing of the international search report  
**(03/02/2017)**

Name and mailing address of the ISA/

OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS  
Paseo de la Castellana, 75 - 28071 Madrid (Spain)  
Facsimile No.: 91 349 53 04

Authorized officer  
L. Dueñas Campo

Telephone No. 91 3495342

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/ES2016/070747

C (continuation).		DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT
Category *	Citation of documents, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	IT BO20050319 A1 (IORI) 06/11/2006, the whole document.	1
A	VANHEMERT, K. "Realistic Robo-Hawks Designed to Fly Around and Terrorize Real Birds", 2014, magazine WIRED, August, 26 of 2014 (08.26. 2014), [Retrieved on 01.19. 2017] Retrieved from Internet. <URL: <a href="https://www.wired.com/2014/08/realistic-robo-hawks-designed-to-fly-around-and-terrorize-real-birds/">https://www.wired.com/2014/08/realistic-robo-hawks-designed-to-fly-around-and-terrorize-real-birds/</a> >	1

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

Information on patent family members

PCT/ES2016/070747

Patent document cited in the search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
ES 2457690 A1	28.04.2014	NONE	
-----	-----	-----	-----
JP 3199308 U	13.08.2015	NONE	
-----	-----	-----	-----
US 2010/0176954 A1	15.07.2010	US7884730 B2	08.02.2011
		US2008210153 A1	04.09.2008
		US7671749 B2	02.03.2010
-----	-----	-----	-----
US 4964331 A	23.10.1990	NONE	
-----	-----	-----	-----
IT BO20050319 A1	06.11.2006	NONE	
-----	-----	-----	-----

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/ES2016/070747

## CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

*B64C39/02* (2006.01)

*A01M29/00* (2011.01)

*A01M29/06* (2011.01)

# INFORME DE BÚSQUEDA INTERNACIONAL

Solicitud internacional nº  
PCT/ES2016/070747

## A. CLASIFICACIÓN DEL OBJETO DE LA SOLICITUD

**Ver hoja adicional**

De acuerdo con la Clasificación Internacional de Patentes (CIP) o según la clasificación nacional y CIP.

## B. SECTORES COMPRENDIDOS POR LA BÚSQUEDA

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)  
B64C, A01M

Otra documentación consultada, además de la documentación mínima, en la medida en que tales documentos formen parte de los sectores comprendidos por la búsqueda

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

EPODOC, INVENES

## C. DOCUMENTOS CONSIDERADOS RELEVANTES

Categoría*	Documentos citados con indicación, si procede, de las partes relevantes	Relevante para las reivindicaciones nº
Y	ES 2457690 A1 (MORENTE) 28/04/2014; página 1, líneas 4 - 18; página 6, líneas 13 - 25; página 7, líneas 19 - 25; página 11, líneas 8 - 30; páginas 14 - 15; figuras 2 - 5.	1, 3-4, 6, 11-14
Y	JP 3199308 U (SETSUMI HIGUCHI) 13/08/2015; párrafos [0001], [0008] - [0010], [0016] - [0017], [0026] - [0047]; figuras 1-6.	1, 3-4, 6, 11-14
Y	US 2010/0176954 A1 (ALVARADO) 15/07/2010; párrafos [0005] - [0007], [0021] - [0028].	1, 3-4, 6, 11-14
Y	US 4964331 A (HALEVY et al.) 23/10/1990; columna 1, líneas 40 - 57; columna 3, líneas 6 - 58; figuras 1 - 6.	1, 3-4, 6, 11-14

En la continuación del recuadro C se relacionan otros documentos  Los documentos de familias de patentes se indican en el anexo

* Categorías especiales de documentos citados:	"T" documento ulterior publicado con posterioridad a la fecha de presentación internacional o de prioridad que no pertenece al estado de la técnica pertinente pero que se cita por permitir la comprensión del principio o teoría que constituye la base de la invención.
"A" documento que define el estado general de la técnica no considerado como particularmente relevante.	"X" documento particularmente relevante; la invención reivindicada no puede considerarse nueva o que implique una actividad inventiva por referencia al documento aisladamente considerado.
"E" solicitud de patente o patente anterior pero publicada en la fecha de presentación internacional o en fecha posterior.	"Y" documento particularmente relevante; la invención reivindicada no puede considerarse que implique una actividad inventiva cuando el documento se asocia a otro u otros documentos de la misma naturaleza, cuya combinación resulta evidente para un experto en la materia.
"L" documento que puede plantear dudas sobre una reivindicación de prioridad o que se cita para determinar la fecha de publicación de otra cita o por una razón especial (como la indicada).	"&" documento que forma parte de la misma familia de patentes.
"O" documento que se refiere a una divulgación oral, a una utilización, a una exposición o a cualquier otro medio.	
"P" documento publicado antes de la fecha de presentación internacional pero con posterioridad a la fecha de prioridad reivindicada.	

Fecha en que se ha concluido efectivamente la búsqueda internacional.  
20/01/2017

Fecha de expedición del informe de búsqueda internacional.  
**03 de febrero de 2017 (03/02/2017)**

Nombre y dirección postal de la administración encargada de la búsqueda internacional  
OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS  
Paseo de la Castellana, 75 - 28071 Madrid (España)  
Nº de fax: 91 349 53 04

Funcionario autorizado  
L. Dueñas Campo  
Nº de teléfono 91 3495342

# INFORME DE BÚSQUEDA INTERNACIONAL

Solicitud internacional nº

PCT/ES2016/070747

C (continuación).		DOCUMENTOS CONSIDERADOS RELEVANTES
Categoría *	Documentos citados con indicación, si procede, de las partes relevantes	Relevante para las reivindicaciones nº
A	IT BO20050319 A1 (IORI) 06/11/2006; todo el documento.	1
A	VANHEMERT, K. "Realistic Robo-Hawks Designed to Fly Around and Terrorize Real Birds", 2014, Revista WIRED, 26 de agosto de 2014 (26.08.2014), [Recuperado el 19.01.2017] Recuperado de Internet. <URL: <a href="https://www.wired.com/2014/08/realistic-robo-hawks-designed-to-fly-around-and-terrorize-real-birds/">https://www.wired.com/2014/08/realistic-robo-hawks-designed-to-fly-around-and-terrorize-real-birds/</a> >	1

# INFORME DE BÚSQUEDA INTERNACIONAL

Solicitud internacional nº

Informaciones relativas a los miembros de familias de patentes

PCT/ES2016/070747

Documento de patente citado en el informe de búsqueda	Fecha de publicación	Miembro(s) de la familia de patentes	Fecha de publicación
ES 2457690 A1	28.04.2014	NINGUNO	
JP 3199308 U	13.08.2015	NINGUNO	
US 2010/0176954 A1	15.07.2010	US7884730 B2 US2008210153 A1 US7671749 B2	08.02.2011 04.09.2008 02.03.2010
US 4964331 A	23.10.1990	NINGUNO	
IT BO20050319 A1	06.11.2006	NINGUNO	

**CLASIFICACIONES DE INVENCION**

*B64C39/02* (2006.01)  
*A01M29/00* (2011.01)  
*A01M29/06* (2011.01)