

Sistemas Aéreos Pilotados de forma Remota (RPAS):

Historia y Sistemas

jmAndujar.com
Prof. Dr. José Manuel Andújar Márquez

Catedrático Universidad de Huelva

Sistemas Aéreos Pilotados de forma Remota (RPAS)



DENOMINACIONES MÁS FRECUENTES



- Aerial torpedoes
- Radio controlled
- Remotely piloted
- Remote control
- Autonomous control
- Pilotless vehicle
- Unnamed aerial vehicles (UAVs)
- DRONES
- RPAS (remote piloted aerial system)



Máster en Sistemas Aéreos Pilotados de forma Remota

www.masterdrones.eu

Sistemas Aéreos Pilotados de forma Remota (RPAS)



En el uso moderno de los RPAS, se pretende, entre otras aplicaciones, complementar la aviación tripulada cubriendo el rango operativo de las tres Ds:

Dull

Misiones de larga duración, de días, semanas, meses o años, fatigosas y por tanto no deseables para una tripulación.

Dirty

Trabajos donde el medio ambiente puede estar contaminada por agentes químicos, biológicos, radiológicos o peligros que desaconsejan la exposición humana. Un ejemplo de este tipo de misión puede ser la extinción de incendios, donde el humo u otros gases pueden ser poco saludable para los operadores.

Sistemas Aéreos Pilotados de forma Remota (RPAS)



Dangerous

Misiones, tanto de paz como de guerra, en las que la vida del piloto puede estar en peligro. Un ejemplo puede ser la inspección/instalación de líneas de alta tensión.

Forma tradicional actual



Empleando RPAS



Sistemas Aéreos Pilotados de forma Remota (RPAS)

En el uso moderno de los RPAS, se pretende, entre otras aplicaciones, complementar la aviación tripulada cubriendo el rango operativo de las tres Ds:

Forma tradicional actual



Empleando RPAS



Sistemas Aéreos Pilotados de forma Remota (RPAS)

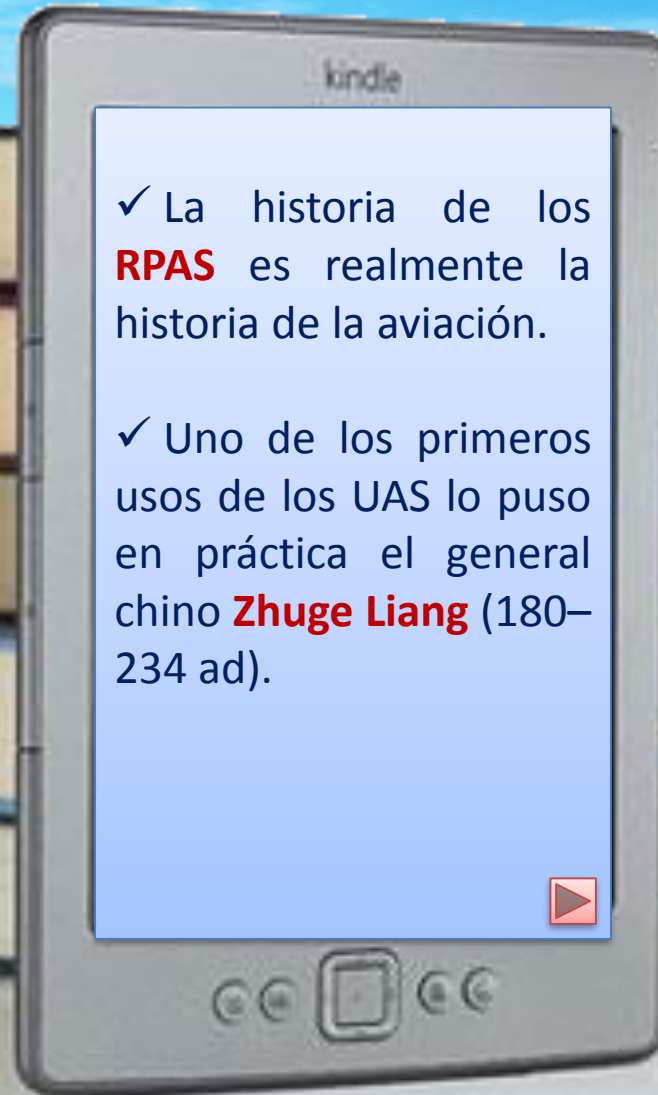


La evolución de los RPAS desde sus inicios ha estado condicionada por el desarrollo de las tecnologías siguientes:

- Sistemas de giroscopio de precisión cada vez mayor.
- Sistemas de datos aéreos y su precisión cada vez mayor.
- Sistemas de control via radio de cada vez mayores capacidades, rango y protección.
- Sistemas de seguimiento radar y radio.
- Sensores de imagen en diferentes longitudes de onda y fusión de datos.
- Radio enlaces.
- Radio, altímetros láser y acústicos.
- Sistemas GPS.
- Computadores de altas prestaciones y redes de comunicaciones.
- Tecnologías de detectar y evitar (*Sense-and-avoid* technologies).

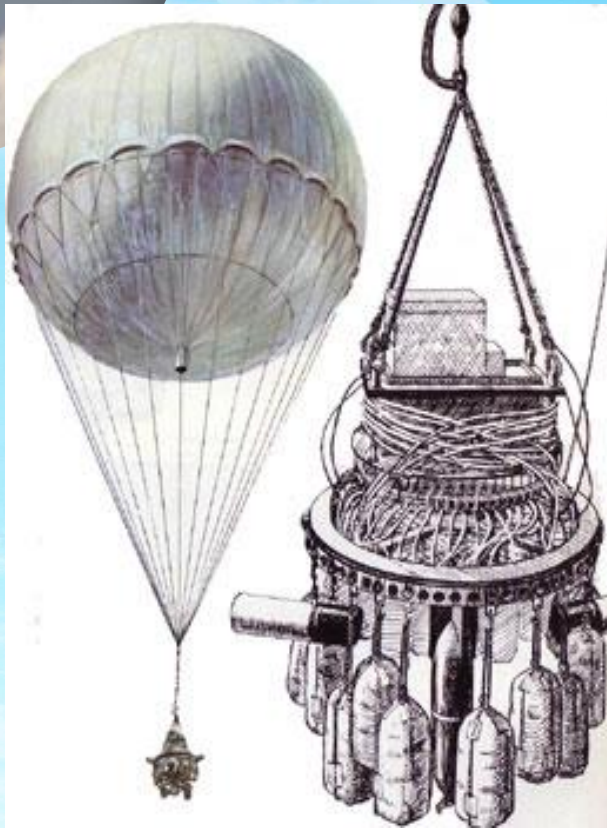


Sistemas Aéreos Pilotados de forma Remota (RPAS): historia



- ✓ La historia de los **RPAS** es realmente la historia de la aviación.
- ✓ Uno de los primeros usos de los UAS lo puso en práctica el general chino **Zhuge Liang** (180–234 ad).

Sistemas Aéreos Pilotados de forma Remota (RPAS): historia

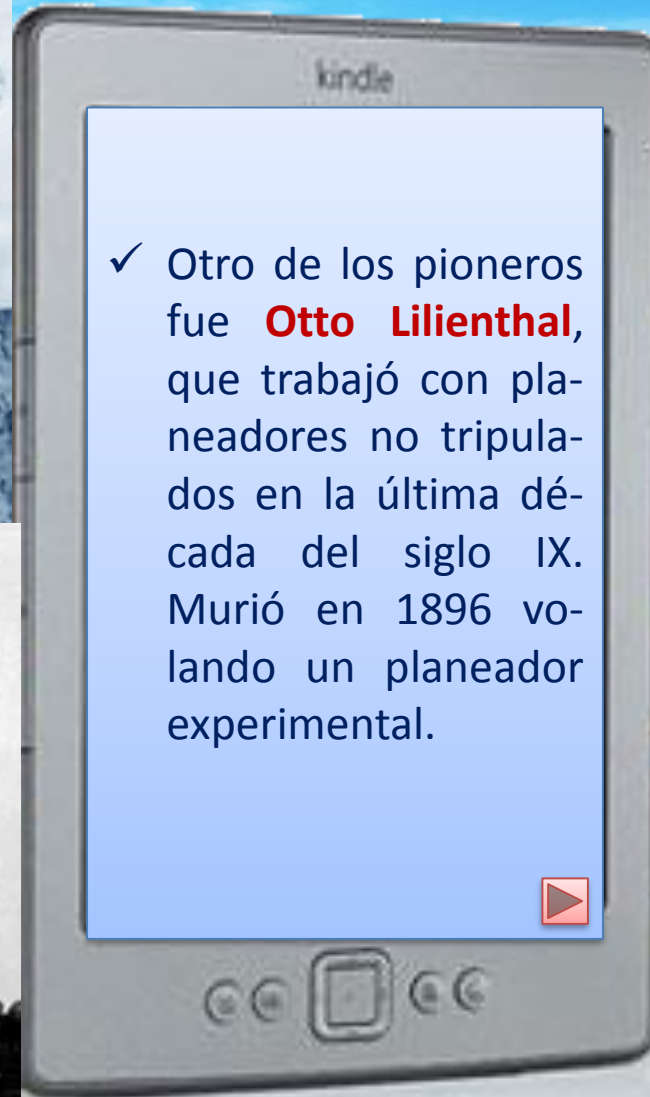


Otro predecesor fueron los “**globos bomba**”.

El 22 de agosto de 1849, los austriacos que controlaban una buena parte de Italia, lanzaron 200 globos no tripulados contra la ciudad de Venecia. Los globos estaban armados con bombas controladas por fusibles temporizados.



Sistemas Aéreos Pilotados de forma Remota (RPAS): historia



- ✓ Otro de los pioneros fue **Otto Lilienthal**, que trabajó con planeadores no tripulados en la última década del siglo IX. Murió en 1896 volando un planeador experimental.

Sistemas Aéreos Pilotados de forma Remota (RPAS): historia



El primer UAS operativo fue el Kattering Bug en 1917. Era una bomba volante capaz de alcanzar con cierta precisión, gracias a su ingenioso sistema de control, blancos en un rango de 40 millas (64 km). Sus características eran:

Motor de 4 cilindros y 40 CV

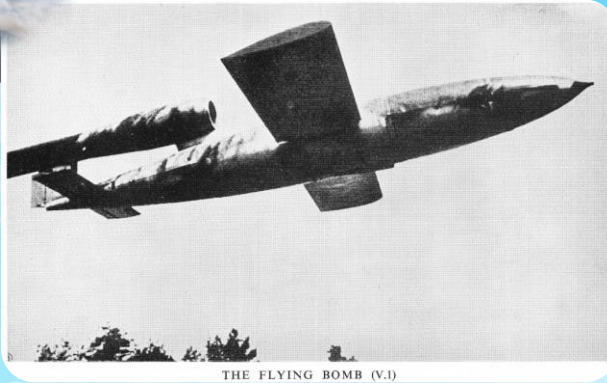
Fuselaje de madera.

Alas de cartón

Velocidad a plena carga: 80 km/h

Carga útil (payload): 82 kg de explosivos

Sistemas Aéreos Pilotados de forma Remota (RPAS): historia



THE FLYING BOMB (V.1)

V1 Buzz Bomb



El UAS más importante y quizás significado de la historia ha sido la bomba volante nazi denominada V1 Buzz Bomb (Vengeance Weapon-1). Estaba basada en los desarrollos de principios de los años 30 del inventor alemán Paul Schmidt, que creó la primera turbina práctica de propulsión a chorro. La V1 integraba un avanzado, ligero (poco peso) y preciso autopiloto giroestabilizado de 3 ejes, un sistema de control por radio para efectuar un lanzamiento preciso y un fuselaje de acero muy robusto capaz de resistir daños típicos del campo de batalla. Pesaba algo más de 2 toneladas y comenzó a volar en 1941. Podía cargar una tonelada de explosivos y volar a más de 600 km/hora, pero como no era guiada rara vez alcanzaba el objetivo con precisión.

La V1 se lanzaba fundamentalmente mediante catapultas neumáticas, aunque un pequeño número de ellas fueron lanzadas también desde el aire, en bombarderos Heinkel 111.

Década de los 50

Sistemas Aéreos Pilotados de forma Remota (RPAS): historia

GAM-67 "Crossbow" misil antiradar

- **Peso:** 1270 kg.
- **Longitud:** 5,82 m.
- **Envergadura:** 3,81 m.
- **Rango operacional:** 480 km.
- **Techo de vuelo:** 12.200 m.
- **Velocidad:** 1.000 km/h.



Montado en un B-47 "Stratojet" 1957



WMAF Archive / Northrop photo

Northrop Radioplane MQM-36 "Shelduck"

- **Peso en vacío:** 123 kg.
- **Peso al despegue:** 163 kg.
- **Longitud:** 3,85 m.
- **Envergadura:** 3,5 m.
- **Techo de vuelo:** 7.000 m.
- **Velocidad:** 370 km/h.
- **Tiempo de vuelo:** 1 hora.
- **Sistema de recuperación:** paracaídas.
- **Sistema de guiado:** radio control.

Sistemas Aéreos Pilotados de forma Remota (RPAS): historia

QH-50 DASH

- Es considerado el primer RPAS de ala rotatoria fiable.
- Su diseño era muy especial, ya que disponía de dos juegos de palas rotantes que operaban en forma de contra rotor.
- Fue el primer RPAS en aterrizar y despegar de un barco.
- Servía de apoyo a los navíos norteamericanos y podía cargar torpedos y cargas de profundidad para atacar a los submarinos enemigos.
- Esta nave fue operada por varios países, entre ellos Francia y Japón.



Década de los
60-70

Sistemas Aéreos Pilotados de forma Remota (RPAS): historia

Ryan Firebee Avión blanco transónico

- **Peso en vacío:** 680 kg.
- **Peso al despegue:** 1.135 kg.
- **Longitud:** 7 m.
- **Envergadura:** 3,91 m.
- **Techo de vuelo:** 18.300 m.
- **Velocidad:** 1.140 km/h.
- **Tiempo de vuelo:** 1 h. y 15 min.

Posteriormente fueron modificados para llevar bombas hasta objetivos en tierra. El avión sufrió muchas modificaciones sobre su uso operativo que abarca la década de 1960 a 2003.



Década de los
60-70

Sistemas Aéreos Pilotados de forma Remota (RPAS): historia

Northrop Chuckar Avión blanco transónico

- **Peso en vacío:** 123 kg.
- **Peso al despegue:** 249 kg.
- **Longitud:** 3,94 m.
- **Envergadura:** 1,76 m.
- **Techo de vuelo:** 12.000 m.
- **Velocidad:** 972 km/h.
- **Tiempo de vuelo:** 1 h y 10 min.

En los años 70 algunos fueron equipados con un buscador de radiación y ojiva para atacar radares enemigos.



Década de los
70-80

Sistemas Aéreos Pilotados de forma Remota (RPAS): historia



Tadiran Mastiff RPAS de reconocimiento

- **Peso en vacío:** 96 kg.
- **Peso al despegue:** 159 kg.
- **Carga útil:** 37 kg.
- **Longitud:** 3,3 m.
- **Envergadura:** 4,25 m.
- **Techo de vuelo:** 4.480 m.
- **Velocidad:** 185 km/h.
- **Tiempo de vuelo:** 7 h y 30 min.

Primer vuelo en 1973. Contaba con un sistema de enlace de datos y electrónica miniaturizados que proporcionaba video en vivo y de alta resolución. Se considera el primer RPAS de vigilancia moderno. Gracias a él en la guerra del Yom Kippur las fuerzas israelíes podían “ver” tras las montañas.



IAI Scout RPAS de reconocimiento

- **Peso en vacío:** 96 kg.
- **Peso al despegue:** 159 kg.
- **Carga útil:** 38 kg.
- **Longitud:** 3,68 m.
- **Envergadura:** 4,96 m.
- **Techo de vuelo:** 4.600 m.
- **Velocidad:** 176 km/h.
- **Tiempo de vuelo:** 7 h y 30 min.

En la Guerra del Líbano de 1982, los israelíes se enfrentaron con los misiles sirios tierra-aire (SAM) situados en Valle de Bekaa. Las 28 baterías SAM fueron destruidas gracias a las misiones de reconocimiento de los Mastiff y Scouts y a los señuelos radar Sampson,

Sistemas Aéreos Pilotados de forma Remota (RPAS): historia



Denel Dynamics Seeker II RPAS de reconocimiento

- **Peso al despegue:** 275 kg.
- **Carga útil:** 40 kg.
- **Envergadura:** 7 m.
- **Techo de vuelo:** 5.500 m.
- **Velocidad:** 220 km/h.
- **Tiempo de vuelo:** 10 h.
- **Radio de operación:** 250 km.

Este avión sudafricano comenzó a volar a finales de los 80, su prueba en escenario bélico fue en los 90 en Angola y actualmente se fabrica con la denominación 400. Su carga útil puede incluir cámara de día y de infrarrojos, telémetro y designador láser, así como detector y localizador de radar.

General Atomics Gnat 750 RPAS táctico

- **Peso al despegue:** 511 kg.
- **Envergadura:** 10,76 m.
- **Techo de vuelo:** 7.620 m.
- **Velocidad:** 260 km/h.
- **Tiempo de vuelo:** 40 h.
- **Radio de operación:** 2.800 km.

Este avión comenzó su desarrollo en 1988 y su primer vuelo ocurrió a finales del 1989; no obstante su verdadero desarrollo ocurrió en la primera mitad de los 90. En 1993 operó en Yugoslavia, en misiones de vigilancia, y en ese mismo año fue transferido a la CIA, este RPAS fue el precursor del **RQ-1 Predator**, conocido inicialmente como GNAT 750-45.

Sistemas Aéreos Pilotados de forma Remota (RPAS): historia

La operación **tormenta del desierto** en 1991 supuso el primer empleo masivo de RPAS. EE UU y sus aliados utilizaron de forma continuada RPAS, fundamentalmente Pointer y Pioneer.



FQM-151 Pointer RPAS de vigilancia

- **Peso al despegue:** 4 kg.
- **Propulsión eléctrica:** 0,3 kW.
- **Longitud:** 1, 83 m.
- **Envergadura:** 2,74 m.
- **Techo de vuelo:** 300 m.
- **Velocidad:** 73 km/h.
- **Tiempo de vuelo:** 1 h.

Se empezó a desarrollar a finales de los 80 y en 1990 la US Army y los Marine Corps contaban con 50 unidades. Era de Kevlar, estaba radio controlado, se alimentaba de una batería de litio y era recuperado planeando hasta el suelo. Portaba en su nariz una cámara CCD



IAI RQ-2 Pioneer RPAS de reconocimiento y vigilancia

- **Peso al despegue:** 275 kg.
- **Longitud:** 4 m.
- **Envergadura:** 5,2 m.
- **Techo de vuelo:** 4.600 m.
- **Velocidad:** 200 km/h.
- **Tiempo de vuelo:** 10 h.
- **Radio de operación:** 185 km.

Este avión era una actualización del Tadiran Mastiff. Era lanzado mediante cohete, catapulta o pista. En los barcos era recogido mediante red. En los años 90 operó desde los acorazados de la clase Iowa.

Sistemas Aéreos Pilotados de forma Remota (RPAS): historia

**REAPER**

General Atomics MQ-9 Reaper (Segador), originalmente conocido como **Predator (depredador) B**. El programa ha costado unos 12.000 millones de \$; aproximadamente el presupuesto total de defensa de España durante 2014.

- **Envergadura:** 25,6 m.
- **Peso de despegue:** 3.175 kg.
- **Capacidad de carga:** 1.360 kg.
- **Techo de vuelo:** 15.800 m.
- **Autonomía:** 36 h.
- **Coste de hora de vuelo:** 4.000 \$ aprox.
- **Sistema MQ-9** se compone de 4 aparatos (coste unitario en torno a 30 millones de \$), estaciones de control en tierra y enlace con satélite.



El MQ-9 dispone de una gran variedad de armas (carga útil), incluidas bombas guiadas por láser GBU-12 Paveway, misiles aire/tierra AGM-114 Hellfire, misiles aire/aire AIM-9 Sidewinder y AIM-92 Stinger y bombas GBU-38/JDAM.

España ha comprado 4 Reaper y equipo asociado por 243 millones de \$.

Sistemas Aéreos Pilotados de forma Remota (RPAS): historia



Northrop Grumman **RQ-4 Global Hawk** es una nave de vigilancia aérea. El programa ha costado unos 2.000 millones de \$.

Envergadura: 35,41 m.

Peso de despegue a plena carga: 10.387 kg.

Capacidad de carga: 1.637 kg.

Velocidad máxima/crucero: 800 km/h / 650 km/h

Techo de vuelo: 19.812 m.

Autonomía: 36 h.

Coste de hora de vuelo: 35.000 \$ aprox.

El **Sistema MQ-9** se compone de 1 aparato (coste unitario en torno a 178 millones de \$), 1 estación de control en tierra y enlace con satélite.



Sistemas Aéreos Pilotados de forma Remota (RPAS): historia



Primer despegue en 2011 de la base Edwards

Northrop Grumman X-47B

Es un RPAS de demostración de la Armada de los EE UU cuyo primer vuelo se realizó en 2011. El objetivo es crear y operar un vehículo aéreo no tripulado basado en portaaviones.

El proyecto, aún en desarrollo, comenzó en 2007 y ya se llevan gastados unos 1.000 millones de \$.

Longitud: 11,63 m.

Envergadura: 18,92 m.

Peso de despegue a plena carga: 20.215 kg.

Alcance: 4.000 km.

Velocidad máxima: 0,45 mach.

Techo de vuelo: 12.190 m.

Carga útil: capacidad para 2.000 kg de armas.

Combustible: 717 kg.



Embarque en 2012 en el USS Harry S. Truman



Sistemas Aéreos Pilotados de forma Remota (RPAS): historia

BAE System Taranis

Es un RPAS británico de demostración cuyo primer vuelo se realizó en 2013. El objetivo es crear y operar un vehículo aéreo capaz de llevar a cabo misiones intercontinentales, con gran capacidad de carga de armas y apto para atacar tanto blancos aéreos como terrestres.

El primer prototipo que ha volado el 10 de agosto de 2013 ha costado 200 millones de libras.

Longitud: 12,43 m.

Envergadura: 10 m.

Peso de despegue a plena carga: 8.000 kg.

Alcance: 4.000 km.

Velocidad máxima: 1 mach.

Techo de vuelo: 10.000 m.



Sistemas Aéreos Pilotados de forma Remota (RPAS): historia



Northrop Grumman MQ-8B Fire Scout

Northrop Grumman **MQ-8C Fire Scout** es un RPAS tipo helicóptero. El programa ha costado unos 3.000 millones de \$ (Desarrollos RQ-8A, MQ-8B y MQ-8C).

Longitud: 7,3 m.

Diámetro del rotor: 8,4 m.

Peso de despegue a plena carga: 1.430 kg.

Carga de pago: 272 kg.

Velocidad máxima/crucero: 213 km/h / 200 km/h.

Techo de vuelo: 6.100 m.

Autonomía: 8 h.



Sistema MQ-9 se compone de 1 aparato (coste unitario en torno a 14,6 millones de \$), 1 estación de control en tierra y enlace con satélite.

Las alas Stub del MQ-8B tienen propósito aerodinámico y para alojar armamento: misiles Hellfire y armas de última generación guiadas por láser.

Sistemas Aéreos Pilotados de forma Remota (RPAS): historia

INTA Siva



El INTA SIVA es un desarrollo que comenzó en 1988 y culminó en 2006. El programa ha costado unos 150 millones de €.

Aterrizaja y despegaja en manual y automático.

Carga de pago: 40kg; cámaras diurnas y de infrarrojo, radar de apertura sintética.

Envergadura: 5,8 m.

Peso de despegaja a plena carga: 300 kg.

Radio de acción: 150 km.

Velocidad máxima/crucero: 115 km/h / 190 km/h

Techo de vuelo: 4.000 m.

Autonomía: 8 h.



Sistemas Aéreos Pilotados de forma Remota (RPAS): historia



El **ALO** es un sistema ligero de RPAS que proporciona información en tiempo real en misiones de reconocimiento, vigilancia y adquisición de blancos. El ALO se compone de tres aviones equipados con sensores visibles o infrarrojos, una unidad de control móvil y el sistema de lanzamiento en la configuración sin tren de aterrizaje.

Carga de pago: 6 kg.

Envergadura: 3,48 m.

Peso de despegue a plena carga: 45 kg.

Radio de acción: 50 km.

Velocidad máxima: 200 km/h

Autonomía: 3 h.



El **ALBA** es un avión blanco de bajo coste que permite garantizar la operatividad de las unidades de artillería antiaérea mediante un entrenamiento en condiciones de fuego real.

Carga de pago: 3 kg (4 bengalas + 4 cartuchos fumígenos).

Envergadura: 2,23 m.

Sistema de recuperación: paracaídas.

Peso en vacío: 12 kg.

Radio de acción: 4 km.

Velocidad máxima: 230 km/h

Autonomía: 1 h.

Sistemas Aéreos Pilotados de forma Remota (RPAS): historia

INTA DIANA



Carga de pago: 25 kg.

Envergadura: 1,84 m.

Longitud: 3,5 m.

Peso de despegue a plena carga: 160 kg.

Radio de acción: 100 km.

Velocidad máxima: 650 km/h.

Techo de servicio: 8.000 m.

Lanzamiento: rampa neumática o boosters (cohetes).

Recuperación: paracaídas.

Autonomía: 1 h.



INTA ha transferido la tecnología DIANA a Brasil, a la empresa Equipaer Ind., para que lo fabrique y comercialice en varios países de América del Sur para aplicaciones de defensa.

El acuerdo incluye la entrega a la Fuerza Aérea brasileña de 2 unidades DIANA, un sistema de control en tierra y un segmento terrestre compuesto por un lanzador comercial y un carro adaptador.



Sistemas Aéreos Pilotados de forma Remota (RPAS): historia

INTA MILANO



Carga de pago: 150 kg.
Envergadura: 12,5 m.
Longitud: 8,2 m.
Peso en vacío: 900 kg.
Velocidad máxima: 230 km/h.
Techo de servicio: >8.000 m.
Autonomía: >20 h.

El INTA Milano es un sistema de vigilancia y observación todo tiempo compuesto por UAVs enlazados vía satélite con una estación de control en tierra. Su carga útil está compuesta por el radar de apertura sintética (QUASAR desarrollado por el INTA), cámaras CCD, FLIR y equipos de guerra electrónica. El Milano puede ser utilizado para reconocimiento, adquisición/designación de objetivos y entrenamiento de unidades operacionales, visualización de incendios, apoyo a las unidades de emergencia en el caso de catástrofes, control de fronteras, plataforma para la investigación y desarrollos aeronáuticos y la detección de minas e IEDs (artefactos explosivos improvisados)

Sistemas Aéreos Pilotados de forma Remota (RPAS): historia



Los **SCRAB I y II** son una familia de blancos aéreos de altas prestaciones y bajo coste, desarrollados por Sistemas de Control Remoto (SCR) y utilizados para el entrenamiento de unidades militares. El sistema se compone de una estación en tierra y cuatro aparatos, monomotores o bimotores, con piloto automático integrado. Su uso principal es servir de blanco a unidades de artillería, bien terrestres o navales.



Carga de pago: 4/10 kg.
Envergadura: 1,62/2,52 m.
Longitud: 1,95/ 2,94 m.
Peso de despegue a plena carga: 32/90 kg.
Radio de acción: 100 km.
Velocidad máxima: 360/432 km/h.
Techo de servicio: 8.000 m.
Lanzamiento: catapulta.
Recuperación: paracaídas.
Autonomía: 45/75 minutos.

Sistemas Aéreos Pilotados de forma Remota (RPAS): historia



INDRA PELÍCANO

El sistema **Pelicano** está basado en un helicóptero de tamaño medio de la compañía sueca CybAero; El Pelicano incorpora sistemas electro-ópticos de visión diurna e infrarroja. También podrá incorporar un radar ligero, así como sistemas de contramedidas electrónicas y sensores de detección de amenazas químicas, bacteriológicas, radioactivas y nucleares (NRBQ).

El sistema podrá integrarse completamente en buques, siendo una extensión del propio sistema de vigilancia del navío, complementando al resto de radares embarcados y sensores que integren.

Carga de pago: 30 kg.

Envergadura: 1,62/2,52 m.

Longitud: 4 m.

Peso de despegue a plena carga: 200 kg.

Radio de acción: 100 km.

Velocidad máxima: 180 km/h.

Autonomía: 6 h.

Sistema RPAS

✓ La mayoría de sistemas RPAS civiles constan de un RPAS (plataforma aérea), el elemento humano, carga de pago, elementos de mando y control, elemento de lanzamiento y recuperación y enlace de comunicaciones.



✓ Un RPAS militar puede incluir también elementos como armas y soporte para tropa.



Elemento RPAS



Los RPAS son de ala fija o rotatoria. En la actualidad la denominación UAS (unmanned aircraft system) ha sido cambiada por RPAS (remotely piloted aircraft system).

La denominación *avión no tripulado* es un nombre poco apropiado teniendo en cuenta que la intervención humana es muy grande y crucial para el buen funcionamiento del sistema.

Un RPAS de ala fija tiene muchas misiones, incluyendo ISR (intelligence, surveillance, and reconnaissance), esto es, inteligencia, vigilancia y reconocimiento.

Algunos RPAS de ala fija militares han adaptado una misión conjunta combinando ISR y armas, como la serie de General Atomics *Predator*.

Elemento RPAS



Northrop Grumman's MQ-8 Fire Scout



Bell Eagle Eye tilt-rotor

- ✈ Las plataformas RPAS de ala fija tienen la ventaja de permitir vuelos de larga duración y de largo alcance.
- ✈ La desventaja de los RPAS de ala fija es la logística requerida para el lanzamiento y la recuperación.
- ✈ Algunos requieren de pistas para el aterrizaje y despegue, mientras que otros pueden requerir catapultas para alcanzar la velocidad de despegue y luego ser recuperados mediante un cable, red o paracaídas.
- ✈ Un RPAS VTOL (vertical takeoff and landing) tiene numerosas aplicaciones.
- ✈ Un RPAS VTOL puede ser con forma de helicóptero, un avión de ala fija que pueda flotar en el aire, o incluso de rotor vasculante.
- ✈ Un RPAS VTOL no requiere condiciones especiales de despegue y aterrizaje.
- ✈ A diferencia de las plataformas de ala fija, el RPAS helicóptero puede operar desde una posición fija, requiriendo además muy poco espacio para operar.

Elemento de Mando y Control



Las funciones de Control y Estabilidad de un RPAS están completamente ligadas, y depende de sus características y prestaciones, sin embargo es preciso entender la diferencia.

Control

- Puede ser definido para nuestros fines como los medios para dirigir la aeronave en la posición, orientación y velocidad deseadas.

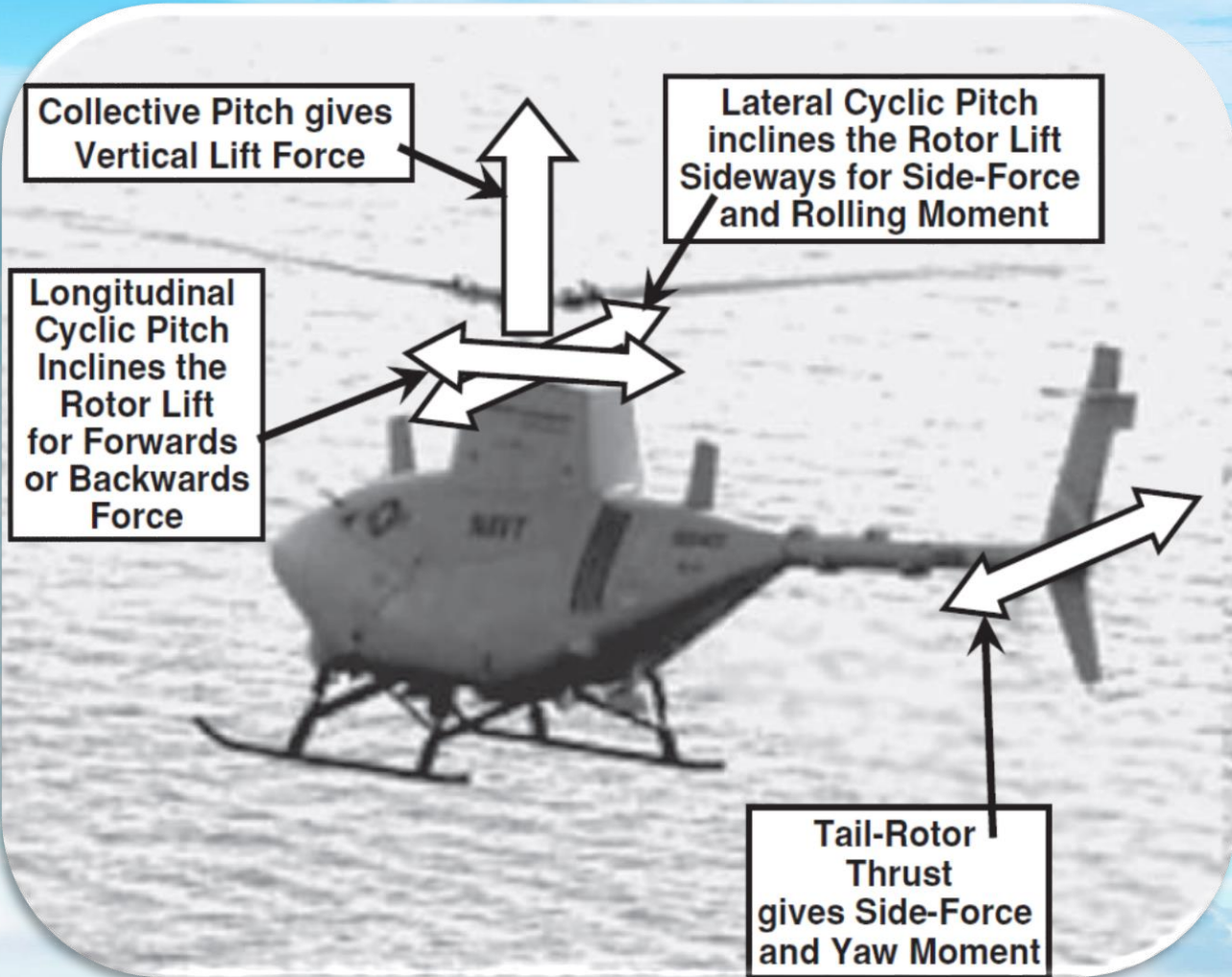
Estabilidad

- Es la capacidad del sistema para mantener la aeronave en esos estados.

Elemento de Mando y Control



Disposición del control aerodinámico en un helicóptero

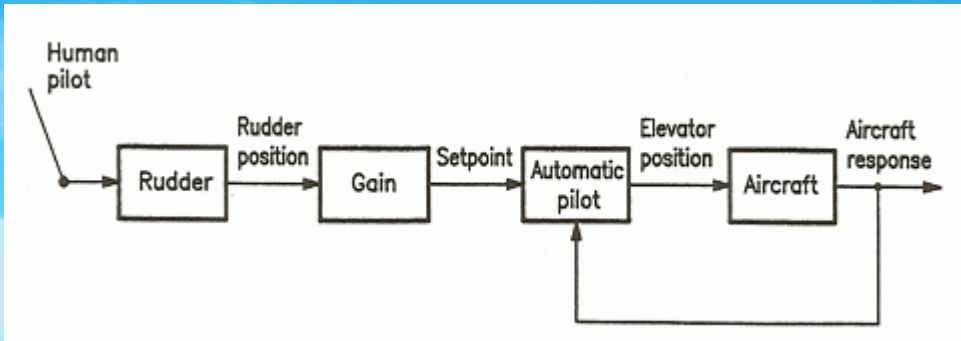


Elemento de Mando y Control



- ✿ Tan importante como mantener el control y estabilidad del RPAS lo es también de la carga útil.
- ✿ Por muy bien que controlemos la aeronave para situarla sobre el objetivo, de nada servirá si no se realiza también un control efectivo de su carga útil.
- ✿ Este último se puede lograr usando un sistema que es parte del FCS (Flight Control System) de la aeronave o mediante el uso de un módulo separado.
- ✿ La elección dependerá probablemente del grado de integración de la operación de carga útil con la operación de la aeronave.
- ✿ Otra parte muy importante del elemento de mando y control son los sensores: posición vertical, giroscopios, giroscopios de cabeza, giroscopios de velocidad angular, sensores de altura y altitud y sensores de velocidad del aire. Acelerómetros lineales pueden ser usados también en algunas aplicaciones.

Elemento de Mando y Control



Un elemento de control presente en los aviones de hoy y por supuesto en el RPAS es el autopiloto o piloto automático.

El piloto automático es el componente de la aeronave capaz de guiar el movimiento de la misma en tiempo real sin intervención humana.

Un RPAS totalmente autónomo (UAS) es capaz de volar sin intervención del operador desde el despegue hasta el aterrizaje.

Los pilotos automáticos comerciales son cada vez más pequeños, ligeros y baratos. Sin embargo ofrecen muchas prestaciones operativas similares a los grandes pilotos automáticos de las grandes aeronaves.



Elemento de Mando y Control

Global Positioning System (GPS)



Es un sistema (con capacidad operacional total desde mediados de los 90) que permite determinar en todo el mundo la posición de un objeto (una persona, un vehículo, etc.) con una precisión de hasta centímetros (si se utiliza GPS diferencial), aunque lo habitual son unos pocos metros de precisión. El sistema fue desarrollado, instalado y empleado por el Departamento de Defensa de los EE UU. Para determinar las posiciones en el globo, el sistema GPS está constituido por 24 satélites.

Para determinar la posición, el receptor GPS localiza automáticamente como mínimo cuatro satélites de la red, de los que recibe unas señales indicando la identificación y la hora del reloj (atómico) de cada uno de ellos. Con base en estas señales, el receptor sincroniza el reloj del GPS y calcula el tiempo que tardan en llegar las señales al equipo (la velocidad es conocida, la de la luz), y de tal modo mide la distancia al satélite mediante el método de trilateración inversa, la cual se basa en determinar la distancia de cada satélite respecto al punto de medición. Conocidas las distancias, se determina fácilmente la posición.

El posicionamiento civil trabaja en la frecuencia de 1.575,42 MHz (precisión en torno a 10 m) y el militar en 1.227,60 MHz (precisión en torno a 3 m.)

Elemento de Mando y Control

Se proponen numerosas técnicas para evitar la dependencia del GPS, de modo que los sistemas no queden inutilizados si éste falla, se pierde su señal o es apagado (I).

✈ **TACAN** es un sistema táctico de navegación aérea (*tactical air navigation system*) usado por aeronaves militares. Proporciona al usuario información de rumbo y distancia a una estación situada en tierra o a bordo de un barco.

✈ **LORAN C** es un sistema de radio de largo alcance basado en transmisores terrestres. Utiliza señales más potentes que TACAN y es más difícil de interferir, aunque es muy vulnerable a las tormentas magnéticas. La tendencia actual parece que es a caer en desuso.

✈ **Inertial Navigation System (INS)** es un sistema de ayuda a la navegación que usa un computador, sensores de movimiento (acelerómetros) y sensores de rotación giroscópicos para calcular continuamente mediante estima la posición, orientación y velocidad (dirección y rapidez de movimiento) de un objeto en movimiento sin necesidad de referencias externas. Es usado en vehículos como barcos, aeronaves, submarinos, misiles y naves espaciales

Elemento de Mando y Control

Se proponen numerosas técnicas para evitar la dependencia del GPS, de modo que los sistemas no queden inutilizados si éste falla, se pierde su señal o es apagado (I).

✈ **Radio Tracking** el seguimiento de radio es una solución muy probada y operativa para las aeronaves que operan a distancias cortas, del orden de 80 a 100 km. Es particularmente aplicable cuando es posible mantener un contacto por radio en línea de vista entre la estación de control en el mar o en tierra y la aeronave.

Way-point Navigation utilizando una o más de las tecnologías anteriores que permiten determinar la posición del RPAS, su controlador puede dirigirlo a cualquier punto ubicado dentro del radio de acción.

✈ **Control Station (GCS)** La estación de control del RPAS puede estar ubicada en tierra (GCS), en el mar a bordo de un navío (SCS) o incluso en otro avión (ACS). La estación de control es el espacio físico donde se ubica el piloto del RPAS y el operador de su carga útil.

Elemento de Mando y Control



Estación de control de tierra (GCS) de un Predator

Elemento de Mando y Control

La Estación de Control (CS)

La Estación de Control (CS) es la interface hombre-máquina entre los operadores del RPAS y la aeronave. Desde ella el operador (piloto) puede “hablar” con el avión o el operador de la carga de pago con ella. El medio es el enlace de radio desde la CS hasta la plataforma aérea que permite intervenir de forma directa sobre el perfil de vuelo o reprogramar una misión.

El RPAS devolverá información e imágenes, si es el caso, a la CS a través del mismo enlace de comunicaciones , tanto en tiempo real como a través de datos suministrados a través del enlace.

El lanzamiento y la recuperación del RPAS puede ser controlado desde la CS o a través de otro elemento subsidiario, como por ejemplo un satélite.

La CS no sólo está conectada al RPAS, sino también permite:

- (a) Obtener datos meteorológicos.
- (b) Transmitir y recibir datos hacia y desde otros sistemas conectados a la red de comunicaciones.
- (c) Recibir órdenes de una autoridad superior.
- (d) Transmitir información a las autoridades que competan.

Elemento de Mando y Control

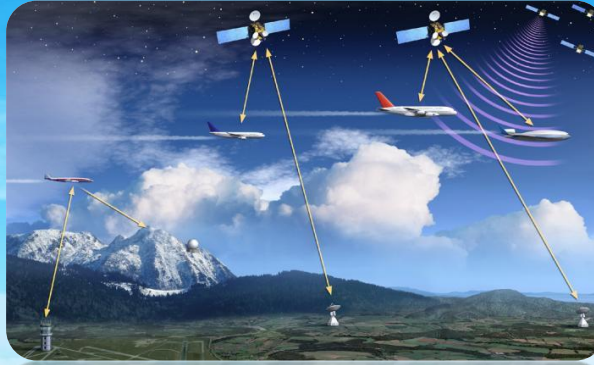


La estación de control (CS) varía de forma considerable dependiendo del tamaño y misiones del RPAs, de modo que puede ser tan pequeña como un transmisor/receptor de mano o tan grande como una instalación completa fija o transportable con múltiples estaciones de trabajo.

Los RPAS militares de gran tamaño requieren de CS con varias personas que operan, además del piloto que lo hace con la aeronave, diferentes sistemas, como los de armas por ejemplo.



Elemento de enlace de datos y comunicaciones



Data link es el término usado para designar cómo se envían y reciben los datos tanto desde y hacia la CS como desde y hacia el RPAS. Las operaciones de comunicaciones pueden ser divididas en dos categorías:

Line-of-sight (LOS) operaciones que implican el control del RPAS de forma directa mediante señales de radio. Dependiendo de la potencia del transmisor y sensibilidad del receptor, las comunicaciones pueden viajar kilómetros, aunque siempre hay que tener en cuenta la curvatura de la Tierra.

Beyond line-of-sight (BLOS) operaciones que implican el control del RPAS via satélite o usando un vehículo terrestre, aéreo o marítimo como repetidor (relé). La mayoría de los RPAS no operan en modo BLOS. Las operaciones militares BLOS se realizan via satélite o mediante encriptación en la banda banda Ku, en el rango de 12 a 18 GHz.

Elemento de enlace de datos y comunicaciones



Quizás el sistema más crítico de un RPAS son las comunicaciones, y aquí hay mucho que hacer todavía, ya que (I):

- **Vulnerabilidad:** Hay dos formas en las que un RPAS es vulnerable. Una de ellas es que un enemigo detecte la señal y la interprete; la otra es que interfiera la señal generando ruido y rompiendo consecuentemente el enlace.
- **Comunicación multiagente e interoperabilidad:** es vital la interoperabilidad del RPAS con todos los sistemas en los que participe, sea el escenario que sea. Esta es una labor que es el núcleo de trabajo de los integradores de sistemas.

Elemento de enlace de datos y comunicaciones



Quizás el sistema más crítico de un RPAS son las comunicaciones, y aquí hay mucho que hacer todavía, ya que (II):

- **Mid-air Collision (MAC) Avoidance:** Otro problema que es un asunto de comunicaciones es evitar colisiones en el aire. Este es un handicap para que los RPAS puedan volar en el mismo espacio aéreo que la aviación civil. Hoy en día, los aviones con tripulación embarcada están obligados a llevar un sistema de aviónica conocido como *Traffic Alert and Collision Avoidance System* (TCAS) si el peso bruto de la aeronave excede de 5.700 kg o está autorizada para transportar más de 19 pasajeros.
- **Velocidad de comunicación de datos y uso de ancho de banda:** Los RPAS militares consumen una gran cantidad de ancho de banda. Si los RPAS de uso civil empiezan a hacer lo mismo tenemos un problema muy serio.

Carga útil o de pago (payload)



Se denomina carga útil o carga de pago (payload) a todos los elementos del RPAS que no son necesarios para volar pero que son transportados para el cumplimiento de la misión específica que tienen encomendada.

La carga útil puede estar relacionada con vigilancia, armas, comunicaciones, detección aérea, o carga propiamente dicha.

Los RPAS se diseñan a menudo pensando en el tipo de carga útil que van a emplear.

Hay RPAS que son capaces de transportar diferentes cargas útiles, de modo que pueden ser configurados para misiones diferentes.

Carga útil (payload)



Carga
útil



En referencia a las misiones de vigilancia y detección aérea, los sensores (cargas útiles) del RPAS adoptan diferentes configuraciones.

Así pueden incluir sensores electro-ópticos (EO) como cámaras, cámaras de infrarrojo (IR), radares de apertura sintética (SAR) o designadores telémetro láser.

Carga útil (payload)



Las cámaras electro-ópticas (EO) emplean electrónica para pivotar, realizar zoom y enfocar la imagen.

Estas cámaras operan en el espectro visible.

Las imágenes que generan pueden ser fijas, de vídeo o mezcladas.

Un sensor EO se puede utilizar para muchas misiones y se combina con diferentes tipos de sensores para crear imágenes mezcladas.

Se operan con mayor frecuencia durante las horas del día para una calidad de vídeo óptima.

Carga útil (payload)



- **Las cámaras de infrarrojo** operan en el rango del infrarrojo del espectro electromagnético..
- Se denominan IR o también FLIR. Los sensores de estas cámaras detectan calor y con él son capaces de componer la imagen del objeto que lo produce.
- Las cámaras IR usadas por los RPAS pueden ser refrigeradas o no. La refrigeración permite tener una mejor discriminación de imagen, ya que el dispositivo está absorbiendo calor.
- Las cámaras refrigeradas son más caras y pesadas que las no refrigeradas.
- Las cámaras refrigeradas más modernas utilizan un cryocooler (criorefrigerador) que baja la temperatura del sensor a temperaturas criogénicas (por debajo de -150°C). En general, las cámaras refrigeradas generan mucho mejor imagen que las que no lo están.
- No obstante la tecnología de los Sistemas no refrigerados avanza muy rápido, de modo que hoy en día, debido sobre todo a su poco peso, son los más usados.



Carga útil (payload)



- Al contrario que los sistemas de cámara que son pasivos, esto es, reciben la luz que se refleja en los blancos, o el calor que transmiten, los sistemas radar son activos; emiten un haz de radiación cuya reflexión en el blanco permite obtener información de él.
- Al contrario que los sistemas de cámara, el radar permite “ver” entre y a través de las nubes.
- Esto es una ventaja operacional. No obstante, al ser un sistema activo, la energía emitida es detectable, con lo cual y en ciertas circunstancias, es una desventaja operativa.

Carga útil (payload)



La resolución de imagen de un radar, a pesar de lo mucho que está mejorando la tecnología, no es tan buena como la de un sistema de cámaras.

El radar que utilizan los RPAS para vigilar objetivos en tierra se denomina (SAR) o radar de apertura sintética. El SAR produce una imagen en 2 dimensiones (2D).

Para crear una imagen 2D el SAR emite pulsos sucesivos sobre un blanco con objeto de “iluminarlo”. El eco de cada pulso se recibe en el RPAS y se registra. Los pulsos se emiten y sus ecos se reciben utilizando una misma antena.

Como la resolución espacial es proporcional al tamaño de la antena, ésta puede llegar a tener 6 metros, lo cual hace inviable montarla en la mayoría de RPAS. No obstante hoy en día se puede “aumentar” la longitud de la antena por medios electrónicos, lo cual permite montar una antena física más pequeña.

Carga útil (payload)



El “truco” es que una pequeña antena emite una serie de pulsos consecutivos, recibe una serie de ecos de los mismos y los combina, con lo cual parece que se trata de una observación única (simultánea) de una gran antena. Se ha creado pues una “apertura sintética” mucho mayor que la longitud real de la antena y de hecho mucho mayor que la del propio RPAS.

Carga útil (payload)



Hay una necesidad militar de iluminar objetivos en tierra con objeto de poder ser atacados por misiles guiados por láser. Aunque esto puede ser llevado a cabo por el propio avión que lanza los misiles, es mejor que lo realice otro avión (un RPAS es ideal) de modo que marque los objetivos para el resto de aviones. Los designadores de objetivos láser envían una serie de pulsos codificados que son invisibles y al reflejarse en el blanco lo “iluminan” para que pueda detectarlo el receptor del misil. Sin embargo hay un grave inconveniente en el uso de designadores láser sobre blancos. Si las condiciones atmosféricas no son buenas porque hay lluvia, nubes, polvo en suspensión o humo, la designación del láser puede ser inexacta. También, el láser puede ser absorbido por pinturas o no ser reflejado, como en el caso del vidrio.

Carga útil (payload)



Otras cargas de pago con **Sistemas de información pública** (un sistema de altavoces y de cámaras de TV pueden ser integrados en una carga útil); **Sistema de relé de radio** (un RPAS posicionado a la altura adecuada, portando una carga útil de receptor de radio, amplificador y transmisor, puede incrementar de forma significativa el rango y posibilidades de comunicación tanto militar como civil en una zona de operaciones determinada); **Inteligencia electrónica** (un RPAS dotado de un radio receptor adecuado como carga de pago, puede realizar escaneos del espacio electromagnético e interceptar comunicaciones enemigas para propósitos de inteligencia); **Confusion Radar** (un RPAS dotado de un transmisor radar es capaz no solo de crear interferencias en un radar enemigo, sino de hacerle creer que está “viendo” objetos o fuerzas que en realidad no están presentes); **Detection de anomalías magnéticas** (Es posible montar en RPAS cargas de pago capaces de detectar tales anomalías, lo cual ayuda a, por ejemplo, encontrar restos de naufragios en el mar, accidentes aéreos, etc.); **Sistemas satelitales suborbitales.**



Carga útil (payload)



Una cámara de TV de alta resolución o de imágenes de infrarrojos necesita una velocidad de datos del orden de 75 megabytes por segundo. Así por ejemplo, un Global Hawk que va dotado de sensores de alta definición para poder capturar objetivos a mucha altura, necesita unos 500 megabytes por segundo. Esto es unas **10 veces la capacidad de la red de cable usual** que tenemos en nuestras casas.

Hay una **necesidad urgente de** desarrollo tecnológico en el ámbito de las técnicas de compresión de datos, de modo que los anchos de banda requeridos por los RPAS sean reducidos de forma notable. Una buena parte del desarrollo futuro de los RPAS recae en la necesidad de reducir la necesidad del tiempo crítico de comunicaciones y el ancho de banda necesario.

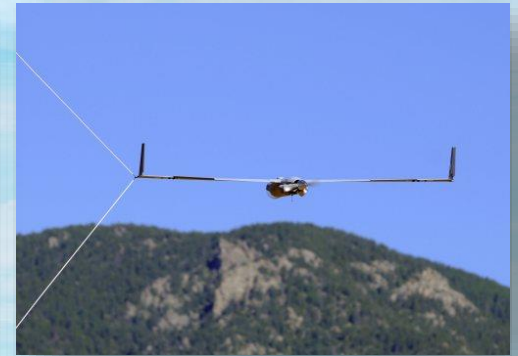
Elemento de lanzamiento y recuperación

Los métodos de lanzamiento de un RPAS son variados y pueden ser agrupados en tres tipos, cada uno con sus propias formas de recuperación. Los elementos de lanzamiento y recogida de RPAS constituyen uno de los aspectos más importantes de la operación de los RPAs. Algunos RPAS tienen operaciones muy elaboradas, mientras otros no tienen prácticamente ninguna. En general los métodos de lanzamiento se agrupan en:

- a) Despeque y aterrizaje horizontal (HTOL) mediante un tren de despegue/aterrizaje presente en el fuselaje, lo cual necesita de una pista;
- b) Un lanzamiento mediante catapulta o cohete;
- c) Depeque y aterrizaje vertical(VTOL).



Elemento de lanzamiento y recuperación



Elemento humano



El elemento más importante del RPAS es el elemento humano.

La operación del RPAS requiere de la intervención del elemento humano. Éste, para el caso más general y complejo, consiste en un piloto, un operador de la carga útil y tripulación de soporte en tierra.

En los RPAS tipo HALE y MALE es muy importante la labor del planificador de la misión.

Por supuesto, dependiendo de la complejidad del sistema, el elemento humano puede ser reducido a una única persona. Evidentemente, cuanto más automatizado sea el sistema RPAs menos requerimiento de intervención humana precisará. El piloto al mando del RPAS es el responsable de la operación segura del mismo



UNED

Ciclo de Conferencias del
Master y del Programa de Doctorado en
Ingeniería de Sistemas y de Control



Sistemas Aéreos Pilotados de forma Remota (RPAS): historia y sistemas

MUCHAS GRACIAS POR SU ATENCIÓN
ESO ES TODO



jmAndujar.com
Prof. Dr. José Manuel Andújar Márquez

Catedrático Universidad de Huelva