

# Mantenimiento de *RPAS*: un nuevo reto

FERNANDO AGUIRRE ESTÉVEZ  
Teniente Coronel IA del Ejército del Aire

Resulta difícil precisar cuando aparecieron los RPAS (Remotely Piloted Aircraft System), si bien se tienen noticias de diversos intentos prácticamente desde el nacimiento de la aviación, siendo a partir de la Segunda Guerra Mundial cuando el desarrollo de este tipo de vehículos cobra importancia, principalmente como blancos aéreos por un lado y para aplicación letal en forma de misiles por otro.

A partir de los años 90 el interés se acrecentó motivado por diversos factores desde los puramente operativos hasta los avances tecnológicos y la miniaturización de los componentes embarcados, unido al hecho de poder realizar misiones arriesgadas sin poner en peligro la vida de la tripulación, lo que los hace tremendamente atractivos.

Aunque podría pensarse que los RPAS tienen requerimientos similares a los aviones convencionales (tripulados no remotamente) en cuanto al mantenimiento, existen diferencias significativas, más allá de los elementos necesarios para permitir el vuelo de la plataforma tales como el GCS (Ground Control Station), el conjunto de lanzamiento y recuperación, y un enlace de comunicaciones extremadamente seguro.

## CLASIFICACIÓN DE LOS RPAS

Se conocen numerosas métricas que pueden usarse para clasificar los RPAS incluyendo peso, tamaño, condiciones de operación, capacidades, etc.; no obstante, es común adoptar en organizaciones militares la clasificación establecida por el JCGUAG (Joint Capabi-

lity Group on Unmanned Aerial Vehicles) de la OTAN (Organización del Tratado del Atlántico Norte) en 2009, donde se tomó como parámetro principal el peso/tamaño para continuar con el empleo, altitud, radio de acción, etc.

## PERSISTENCIA Y MANTENIMIENTO

La autonomía se define como el tiempo que una aeronave es capaz de mantenerse en vuelo; sin embargo, más allá de este concepto surge la capacidad de persistencia como una nueva ventaja operativa que estos vehículos remotos introducen en la estrategia aérea. Esta capacidad permitiría poder mantener una presencia aérea sobre la zona de conflicto durante largos periodos, que podría ser incluso ilimitada con el adecuado relevo.

Por otro lado, el mantenimiento se concreta como el conjunto de actividades realizadas con el propósito de conservar y preservar la plataforma aérea y su equipamiento asociado, afectado por el trato, uso y deterioro, debido a la acción de elementos, tiempo, personas y cosas, con el fin de tener el sistema en las condiciones óptimas de servicio para asegurar el éxito y la seguridad de la misión.

A su vez el mantenimiento puede dividirse en dos categorías: programado y no programado. El mantenimiento programado se corresponde con tareas típicamente preventivas, ejecutadas de manera planificada y proyectada con respecto a algún patrón determinado, que aseguren que el sistema está preparado para cumplir la misión, evitando condiciones desfavorables y dismi-



General Atomics Aeronautical Systems MQ-9 Reaper.



Northrop Grumman X-47B.





*General Atomics Aeronautical Systems Avenger (Predator C).*



*MQ-1 Predator.*



*Cockpit del MQ-1 Predator.*



*Autoclave.*



*MQ-9 Reaper.*

nuyendo ocurrencias que podrían ocasionar daños mayores.

El mantenimiento no programado se relaciona con tareas usualmente correctivas que se efectúan como respuesta a eventos no planificados, tales como desperfectos sobre avión o fallo de algún componente, no responden a ningún patrón, y requieren tareas de reemplazo, reconstrucción y restauración de los elementos afectados.

Son indudables las ventajas que la persistencia proporciona a los nuevos escenarios, pero debe ser compaginada con las actividades de mantenimiento, especialmente cuando los RPAS tienen autonomías muy superiores a la de los aviones convencionales, de más de 24 horas, siendo un requisito incorporar en las siguientes versiones el aprovisionamiento en vuelo.

El aumento del tiempo de vuelo conlleva indefectiblemente la extensión de ciertas pautas de mantenimiento, pero qué duda cabe que no se debe renunciar a la fiabilidad. Este término, que se define como la probabilidad de que un bien funcione adecuadamente durante un período determinado en las condiciones exigidas, introduce un coeficiente adicional en la ecuación.

En este sentido, una opción sería actuar sobre los factores de los que depende la fiabilidad para que esta no sea degradada. Así, se podría influir en la redundancia de los puntos críticos, el incremento de la fiabilidad de los propios componentes, la efectividad en el aviso y detección de anomalías, el diseño de la estructura con criterios de tolerancia al daño que controlen la



*ROTAX 914 de un MQ-1 Predator.*

aparición de defectos, y mediante la adopción de procedimientos de mejora continua en los procesos de fabricación.

Otro factor adicional es el armado de estas aeronaves (UCAV, Unmanned Combat Aerial Vehicle) con la dificultad asociada a su operación y sostenimiento. El Predator RQ1 surgió como un RPA más grande que cualquiera de su época, con enlace satelital de comunicaciones a gran distancia en tiempo real, mayor autonomía y persistencia. Aunque inicialmente este avión se utilizó en misiones de inteligencia, reconocimiento y vigilancia, posteriormente fue provisto de un designador láser; pero fue en 2001 cuando un Predator MQ-1 marcó un hito histórico al disparar un misil aire-tierra AGM-114 Hellfire y demostrarse la capacidad de los RPAS de desempeñar diferentes roles en la misma misión (suministro de información y respuesta armada).

El fuerte incremento de las capacidades de estos vehículos conlleva una mayor complejidad técnica, peso/tamaño y por ende coste, lo cual está



*AeroVironment RQ-11 Raven. Batería de ion litio*

provocando que estos aviones se estén equiparando, económicamente hablando, a la aviación clásica. La preocupación por el mantenimiento de estas aeronaves se vuelve patente, principalmente en los más pesados de clase III.

## GRUPO MOTOPROPULSOR

Debido al factor coste las iniciativas para el desarrollo de motores específicos para RPAS han quedado en segundo plano, obteniendo los propulsores de la aviación general o bien de aeromodelos, dependiendo del peso del aparato. Así, el ROTAX 914 equipa el MQ-1 Predator y el Garret TPE 331-10, ampliamente probado en el CASA C-212 Aviocar, se monta en el MQ-9 Reaper.

Dependiendo de la categoría de estas aeronaves se pueden encontrar diversos tipos de motores como son los de combustión interna (gasolina, diésel...), turbinas de gas y eléctricos (baterías, paneles solares, celdas de combustible...). En el segmento ligero (clase I), la tendencia actual es la propulsión eléctrica debido a diversas ventajas: baja detectabilidad, alta eficiencia, bajo nivel de mantenimiento, contaminación mínima, etc.; existiendo investigaciones en curso para su utilización en los de clase II.

Entre las baterías recargables empleadas en los motores eléctricos cabe citar las de NiMH (hidruro metálico de níquel), que tienen una gran capacidad de carga por unidad de volumen y poco efecto memoria, si bien no son apropiadas en situaciones de elevado



en el extremo derecho de la imagen.

consumo de corriente. Más avanzadas son las de ion litio pero de mayor coste, no tienen efecto memoria y disponen también de una gran capacidad. El litio polímero (LIPO) representa un concepto más evolucionado aunque son mucho más frágiles y difíciles de manipular. Finalmente, las de aire Zinc ofrecen innegables ventajas con respecto a las de litio pero aún deben ser mejoradas. Otro frente abierto que se encuentra en un estadio experimental lo constituye la incorporación de celdas de combustibles como fuente de suministro eléctrico.

No obstante, se han reportado una alta cantidad de incidentes peligrosos con baterías, principalmente las que contienen litio. Esto puede ocurrir tras un periodo de incubación después del suceso, habiéndose manifestado esta problemática incluso en el transporte. Los fabricantes han indicado que es fundamental seguir los manuales de mantenimiento de forma rigurosa respetando los tiempos de carga, manejando el material con extremo cuidado sin sufrir impactos y escaneando computacionalmente la condición de cada batería.

Un elevado número de estos vehículos remotos emplean tecnologías no convencionales en la motorización con una experiencia muy limitada en cuanto a su mantenimiento. Parece evidente que los dispositivos eléctricos requieren una menor tasa de mantenimiento programado pero la subsanación de averías implicará la transferencia de medios desde los talleres de motopropulsión a los talleres de electricidad.



General Atomics Aeronautical Systems MQ-1 Predator.



Personal de mantenimiento trabajando en un MQ-9 Reaper.

## CÉLULA

El uso de materiales compuestos o composites en la industria aeronáutica ha crecido de forma sustancial en los últimos años y en aeronaves tan innovadoras como los RPAS su utilización es casi generalizada. La resina epoxi se suele reforzar con fibra de vidrio, carbono, aramida... para mejorar sus características estructurales, mientras que las partes más exigidas pueden construirse con fibras de altas prestaciones, aluminio, titanio... todo ello curado en autoclave. Sin embargo, en alguna zona que necesita mayor flexibilidad, como el radome, se ha usado fibra de vidrio.

Esto ha provocado la aparición de nuevos desperfectos como despegados, delaminaciones y micro fracturas además de problemas debido a baja resistencia al impacto, inyección de líquidos, daño químico o por calor, erosión, etc. Los materiales compuestos no tienen una gran resistencia a la erosión por lo que es frecuente añadir un revestimiento de aluminio en lugares como el borde de ataque.

Para la detección de defectos es común usar técnicas END (Ensayos No Destructivos), siendo preciso disponer de utillaje específico así como personal formado y certificado. El Health Monitoring constituye una línea I+D+I (Investigación + Desarrollo + Innovación) que involucra diferentes tipos de sensores embebidos en la célula y sistemas de tratamiento de la información tanto en tierra como a bordo. Esto permitiría monitorizar la estructura y proporcionar su estado en cada momento, alertando en caso de fallo y cuantificando la magnitud de la agresión. Esta tecnología resulta muy prometedora al vislumbrar revisiones de mantenimiento más cortas y menos intensas, aumentando de este modo la disponibilidad y la persistencia.

Una vez localizado el daño se debe analizar si es posible su reparación o si es necesario sustituir el componente completo. En caso de que el desperfecto afecte a la integridad estructural, la reparación tiene que restaurar las cualidades mecánicas, y en situaciones graves supone la colocación de un parche sobre el área afectada una vez saneada esta. Este refuerzo puede ser metálico o de composite remachado.

Un método más complejo se tiene cuando el refuerzo es del mismo material compuesto original pre-curado y se encola a continuación. No obstante, el procedimiento que más se aproxima al estado inicial consiste en sustituir las telas dañadas por fibras nuevas. Este tipo de reparaciones re-



Estufa de secado.



RQ-11 Raven.

quieren generalmente la aplicación de calor y presión para el curado, siendo utilizado el autoclave en elementos pequeños y la bolsa de vacío/manta térmica en piezas grandes. Todas estas técnicas pueden combinarse, si bien deben estudiarse los esfuerzos asociados a los ciclos de temperatura.

En casos menos graves pueden usarse técnicas adhesivas con cintas de aluminio, relleno o sellado con resinas. No se recuperan las propiedades mecánicas originales, únicamente se previene la progresión del daño y la infiltración de líquidos, teniendo un carácter temporal.

La inyección de líquidos (no solamente agua) en el proceso de curado de las piezas podría producir deterioros importantes. La mayoría de los materiales empleados en la reparación generalmente curan a temperaturas superiores a las del punto de ebullición del agua, lo que puede causar separación en la zona donde el agua queda atrapada, por lo que debe efectuarse un secado previo. Esta operación se suele hacer en estufas de secado si el tamaño lo permite, o bien incluirse dentro del ciclo de curado de la manta térmica.

Los RPAS de clase I y II habitualmente se desmontan entre vuelos para el transporte y almacenaje. La constante unión y desconexión de terminales provoca desgastes y doblado de pines con el correspondiente coste añadido de reposición de repuestos.



Antena del satélite y sensores del MQ-9 Reaper.

## NAVEGACIÓN Y COMUNICACIONES

La característica fundamental de un vehículo remoto es que el piloto y el equipamiento de cabina no se encuentran a bordo. Un RPA necesita de una infraestructura asociada que se divide básicamente en un segmento aéreo y un segmento terrestre. El segmento aéreo lo integran la plataforma aérea, la carga de pago (letal o no) y la parte del sistema de comunicaciones transportable. El segmento terrestre comprende el dispositivo de control, los terminales satélites y de enlace de datos, que permiten recibir información de los sensores y su reenvío, además de los elementos de lanzamiento y recuperación.

Resulta una ardua labor precisar el concepto operacional y de comunicaciones de estos sistemas, si bien un RPA clase III demandará al menos el siguiente grupo de enlaces: control de la misión y control de vuelo, voz y da-

tos relativos al ATC (Air Traffic Control), recepción de información suministrada por la carga útil, monitorización del estado de la unidad, redes externas (C4I, Command Control Communications Computers, and Intelligence; CAOC, Combined Air Operations Centre; C2 tácticos...), etc. Obviamente, el ancho de banda necesario para transmitir este volumen de datos en tiempo real es tan ingente que es usual recurrir a técnicas de compresión o pre-procesado.

Cuando la distancia entre el avión y el GCS no es muy grande, en línea de visión sin obstáculos (despegues, aterrizajes,...), se suele emplear una banda de transmisión directa en la región L, S, C,...; pero cuando la distancia es mayor el enlace es vía satélite siendo habitual utilizar las bandas C, Ku (de uso civil y militar) y la banda X (de uso militar), combinadas con los Fixed Satellite Service (FSS) que trabajan en las bandas C, X, Ku y Ka.

El componente comunicaciones es vital en estas aeronaves dado que la caída del enlace con tierra podría suponer la pérdida del aparato. En caso de avería del data link (LOL, loss of link), cada avión dispone de diferentes protocolos de actuación tales como regresar al último punto donde la conexión era posible, desplazarse a un área donde se espera restablecer el contacto, continuar la misión siguiendo una ruta programada, regresar a la Base, etc.

El piloto no tiene sensaciones visuales ni físicas (maniobra, virajes...) y



GCS.

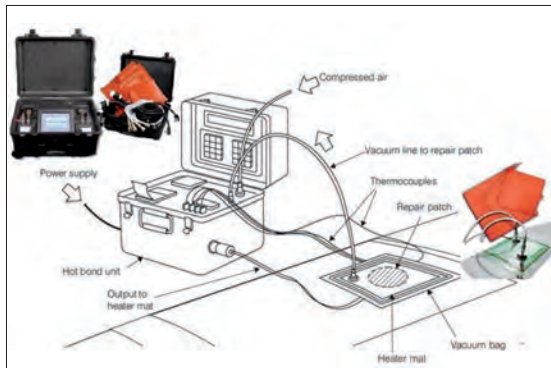


Northrop Grumman RQ-4 Global Hawk.

ha de analizar la situación y tomar decisiones confiando en presentaciones sintéticas de hechos que ocurren a miles de kilómetros. Esto unido a una posible caída del enlace ha suscitado la necesidad de que los sistemas remotos sean capaces de operar autónomamente con el apoyo de un conjunto de dispositivos auxiliares. De este modo, el desarrollo del concepto Sense & Avoid surge para paliar la ausencia del piloto en cabina evitando colisiones, manteniendo la separación de tráfico y permitiendo el vuelo seguro en espacio no segregado.

Por otra parte, el problema del control de vuelo se trata de solventar mediante la aplicación del GPS + INS (Global Positioning System + Inertial Navigation System) combinado con procesadores de alta potencia. Más allá, se especula con dotarse de tecnologías que puedan efectuar maniobras evasivas sobre territorio hostil en caso de riesgo (Multi-Pursuer Evasion).

Los ataques informáticos constituyen otro quebradero de cabeza, máxime cuando en 2011 la Fuerza Aérea norteamericana dejó en tierra su flota de Predators, basada en Windows XP, a consecuencia de un virus informático, lo que obligó a migrar a otra lógica tipo GNU/Linux.10; o cuando en Irak y Afganistán los insurgentes hackearon el enlace satelital mediante el Sky-Grabber, un programa comercial. Los ataques informáticos contra el GPS tampoco son algo nuevo siendo un requisito indispensable instalar módulos



Manta térmica.

SAASM (Selective Availability Anti-Spoofing Module) que impidan el spoofing electrónico de las señales GPS.

En 2003 la Secretaría de Defensa de los Estados Unidos declaró que la pérdida de señal causó el 11% de fallos de RPAS. Es difícil establecer un paralelismo entre pautas de mantenimiento y un data link seguro aunque la certificación del GCS, GPS, emisores/receptores, etc. es un primer paso.

## CONCLUSIONES

Los RPAS presentan diferencias significativas con respecto a los aviones convencionales que se trasladan también al mantenimiento. Al no encontrarse el piloto a bordo de la aeronave, debe confiarse en el enlace de comunicaciones y en la información mostrada en pantallas, manifestándose la necesidad de nuevos elementos como el Sense & Avoid. La pérdida de señal representa un gran desafío por las importantes connotaciones que ello supone y

que intenta paliarse con diversos protocolos.

La incorporación de la propulsión eléctrica en ciertos vehículos remotos, principalmente en los de clase I, supone dotarse de tecnologías asociadas a esta motorización. La nueva generación de baterías comporta importantes ventajas, sin embargo su manipulación debe realizarse respetando fielmente las pautas de mantenimiento, habiéndose reportado en caso contrario incidentes de gravedad.

El empleo masivo de materiales compuestos conlleva la aparición de nuevos defectos que requerirán dotarse de potentes técnicas tanto para su detección como para su reparación, con el correspondiente esfuerzo relativo a la adquisición de un equipamiento complejo y costoso, así como la formación y certificación del personal.

Operativamente la persistencia se materializa como una nueva ventaja disuasoria en el marco del poder aéreo. Esta presencia de larga duración debe contrastarse con las acciones de mantenimiento, sin merma alguna en la fiabilidad, suponiendo un importante reto en aeronaves cuyo coste ya se está acercando a las convencionales.

El mantenimiento de estas plataformas pasa por consolidar los estándares de certificación de los sistemas, el incremento de fiabilidad de los componentes, la redundancia de los elementos críticos, la aplicación de criterios de tolerancia al daño y mejora en la detección precoz de anomalías, el adiestramiento del personal, la adopción de procedimientos de mejora continua, etc. •