

# Revisión tecnológica, normativa y aplicaciones de los UAV en la ingeniería (parte 2)

Jose Maria Cabrera-Peña<sup>1</sup>, Lidia Esther Trejo-Medina<sup>2</sup>, Ricardo Aguasca-Colomo<sup>2</sup>, Blas Galvan-Gonzalez<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Dpto. de Ingeniería Electrónica y Automática (España)

<sup>2</sup> CEANI - IUSIANI. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria (España)

DOI: <http://dx.doi.org/10.6036/8052>

## 1. APLICACIONES

El abaratamiento de los costos tecnológicos ha propiciado un desarrollo exponencial de las aplicaciones de los RPAS en el sector civil e industrial. Este tirón no ha venido, como se cree, de la mano del sector militar, sino del desarrollo de las tecnologías de la robótica y las telecomunicaciones, entre otras.

Sin embargo, todos los análisis coinciden en que para que el sector civil "despegue", es necesario el desarrollo de una normativa que lo acompañe.

La *Agencia Europea de Seguridad Aérea* (EASA) en su documento técnico de modificación de normativa 2015-10 (A NPA), establece un enfoque proporcionado y centrado en la operación del RPA, y no exclusivamente en su peso como se viene haciendo hasta el momento.

Esto implica que a partir de 2016 los países miembros de la Comunidad Europea empezarán a normalizar sus respectivas legislaciones dando cabida a tres categorías de funcionamiento [1]:

- Abierta, de riesgo bajo
- Específica, de riesgo medio
- Certificada, de riesgo alto.

Sin embargo, en nuestro país la tendencia normativa es más restrictiva y, aunque incluye tres categorías basadas todavía en el peso, todas pasan por una certificación para el operador equivalente a la de un piloto de ultraligero (con sus correspondientes costos), aeronave con una aerodinámica y una operativa totalmente diferente, por ejemplo a la de un RPA del tipo multirrotor (VTOL).

Además, y es justo mencionarlo, en su afán normativo, la *Agencia Española de Seguridad Aérea* (AESA) parece haber ol-

vidado al sector de I+D+i, ya que aunque normaliza actividades dentro del sector de investigación [7], todas exigen equipos certificados, con lo que los prototipos de investigación quedarían claramente fuera de normativa.

Con todo, la tecnología UAV se muestra como una excelente herramienta para llevar a cabo inspecciones en lugares peligrosos o inaccesibles [2], permitiendo simplificar los medios requeridos para realizarlas, reduciendo los tiempos de operación y, por tanto, los costes. A continuación, se repasan las principales características de sus aplicaciones en diferentes áreas.

### 1.1. INDUSTRIA Y ENERGÍA

La utilización de Vehículos Aéreos no Tripulados permite llevar a cabo la inspección de zonas de difícil acceso como chimeneas en plantas de producción de energía, petroquímicas y refinerías. De esta forma se consigue evitar paradas técnicas muy costosas para la producción. La tecnología UAV es un magnífico complemento a los métodos tradicionales y permite detectar anomalías en este tipo de instalaciones.

### 1.2. CANTERAS

Los UAV son las herramientas idóneas para el control de explotaciones a cielo abierto, pudiendo obtenerse imágenes actualizadas del estado de la explotación. De esta forma es posible calcular, por ejemplo, el volumen de material extraído en un periodo concreto. La ruta realizada por el UAV puede ser repetida cada cierto periodo de tiempo y así controlar el estado de la explotación y su evolución a lo largo del tiempo y obtener imágenes de forma totalmente autónoma.

### 1.3. GENERADORES EÓLICOS

Los UAV, y en particular las plataformas como los multirrotor, permiten acceder a los diferentes componentes externos de los generadores eólicos y obtener así vídeo y fotografías en alta definición (HD) para controlar su estado y mantenimiento. El operador del vuelo, desde una

posición segura, puede inspeccionar varios aerogeneradores en el mismo vuelo. Podremos crear, también, un itinerario a lo largo del tendido y obtener imágenes de forma totalmente autónoma.

### 1.4. LÍNEAS AÉREAS

La aplicación de UAV a la inspección de líneas aéreas es una excelente solución que permite reducir costes económicos y minimizar los riesgos para el operario que trabaja por los métodos tradicionales expuesto a altos riesgos. Un vuelo próximo a las torres y el cableado, o a cualquier elemento o instalación, dará información que permitirá evaluar la corrosión o el motivo de un mal funcionamiento en las líneas de alta tensión. La inspección aérea mediante UAV permite detectar fallos y evitar así pérdidas de suministro de la red. Se muestra también como una excepcional herramienta para la detección de fugas y puntos calientes, utilizando cámaras termográficas.

### 1.5. PLANTAS SOLARES

Gracias a la estabilidad que proporcionan los UAV y a la utilización de cámaras termográficas se pueden detectar elementos defectuosos en plantas fotovoltaicas y termosolares. Este tipo de análisis permite calcular costes derivados de mal funcionamiento de la instalación y tasar las reparaciones necesarias. Los vuelos con UAV para el mantenimiento de plantas de energía solar permiten, con pocos recursos, obtener gran cantidad de información y realizar un mantenimiento correctivo, predictivo y preventivo.

### 1.6. TOPOGRAFÍA

Los vehículos aéreos no tripulados permiten llevar a cabo trabajos que hasta hace poco tiempo sólo era posible realizar con medios tradicionales muy costosos (topografía tradicional o topografía aérea).

En la Figura 1 se muestra un sistema UAV con el que normalmente se suelen



Fig. 1: UAV Multirrotor (Fuente: congreso UNVEX14)

realizar trabajos topográficos. En la parte inferior se observa la cámara sobre un soporte giro-estabilizado.

### 1.7. MEDIO AMBIENTE

El uso de UAV permite llevar a cabo tareas de vigilancia y control medioambiental. Además permite observar, desde una perspectiva privilegiada, los fenómenos y cambios que se producen en grandes espacios y comparar su evolución a lo largo del tiempo.

### 1.8. VIGILANCIA FORESTAL Y EXTINCIÓN DE INCENDIOS

Los UAV permiten a los medios de vigilancia y extinción de incendios coordinar los diferentes efectivos en condiciones en las que las aeronaves tradicionales no pueden operar, incluso en vuelo nocturno. La distribución de los medios en función de la evolución del incendio es más eficaz y posibilita una actuación más rápida. En la Figura 2 se muestra una plataforma UAV utilizada en caso de extinción de incendios sobre catapulta.



Fig. 2: UAV de la compañía Thales (Fuente congreso UNVEX14)

### 1.9. CONTROL DE VERTIDOS Y ALMACENAJE DE RESIDUOS

A partir de las imágenes obtenidas por cámaras térmicas y multispectrales a bordo de UAV, es posible determinar y controlar prácticas ilegales. Así es posible vigilar posibles focos de contaminación y su repercusión en el medio ambiente.

### 1.10. EVALUACIÓN DEL IMPACTO MEDIOAMBIENTAL

Las imágenes aéreas pueden ser utilizadas para evaluar el impacto ambiental producido por grandes infraestructuras en el medio ambiente. Este aspecto es tenido en cuenta para la ejecución de grandes obras siendo en muchos casos uno de los parámetros más importantes a evaluar.

### 1.11. CONTROL DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS

Es de vital importancia conocer el estado de las distintas infraestructuras

implicadas en la gestión de los recursos hídricos. Los UAV permiten controlar y analizar el estado de cuencas hidrográficas, áreas de riesgo de inundación y deslizamientos. Adicionalmente permiten evaluar y cuantificar el nivel de las reservas hidrográficas y su evolución a lo largo de diferentes periodos.

### 1.12. TERMOGRAFÍA Y UAV. INSPECCIÓN Y SEGURIDAD

La técnica de termografía facilita la detección prematura de fallos y averías. Es una magnífica herramienta para el mantenimiento predictivo de instalaciones, permitiendo adelantarse al fallo. De esta forma se reduce considerablemente el coste producido por averías o fallos de construcción.

### 1.13. TERMOGRAFÍA URBANA

Mediante la utilización de las plataformas aéreas autónomas combinadas con cámaras termográficas, es posible la evaluación de la eficiencia energética de edificios e instalaciones, tal como se ve en la Figura 3. Son especialmente útiles para detectar la eficiencia de los aislamientos en las construcciones, con el fin de minimizar el gasto energético.

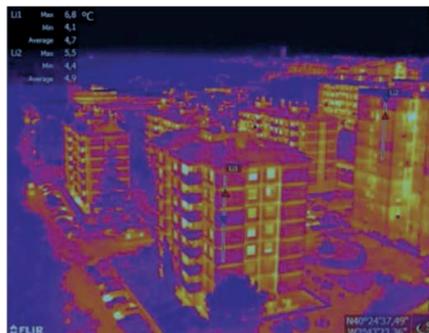


Fig. 3: Evaluación de eficiencia energética de edificios

### 1.14. INSPECCIÓN DE PLANTAS SOLARES

Se pueden llevar a cabo la detección de elementos defectuosos en plantas fotovoltaicas y termosolares utilizando imágenes en espectro visible.

### 1.15. RESCATE

El uso de cámaras termográficas posibilita la detección de personas y animales a gran distancia, en condiciones de visibilidad reducida o baja luminosidad.

### 1.16. REPORTAJE AÉREO. FOTOGRAFÍA Y VÍDEO AÉREO

Mediante el uso de UAV es posible obtener fotografía y vídeo en alta calidad desde una perspectiva distinta a los medios tradicionales. Se obtienen imágenes

panorámicas útiles en multitud de aplicaciones y actividades con un coste muy por debajo de otros métodos.

Mediante cámaras de vídeo de alta definición HD se obtienen vídeos de gran calidad y estabilidad de imagen para cualquier tipo de aplicación que lo requiera. Esta tecnología permite grabar en lugares inaccesibles y hace posible obtener imágenes desde una perspectiva privilegiada.

### 1.17. FOTOGRAFÍA AÉREA

Mediante la utilización de Vehículos Aéreos no Tripulados es posible obtener fotografías panorámicas aéreas de alta calidad. Este tipo de imágenes pueden ser utilizadas en multitud de aplicaciones y permiten llevar a cabo el seguimiento de distintos tipos de obras, planificación urbanística, vigilancia, etc.

### 1.18. SEGUIMIENTO Y CONTROL DE OBRAS

La tecnología UAV permite realizar vuelos sobre una zona en obras. Se puede llevar a cabo el control de la ejecución, de plazos y cumplimiento de medidas de seguridad. La principal ventaja que presenta la tecnología UAV es la posibilidad de repetir la misma ruta planificada por GPS a lo largo del tiempo. De esta forma, podemos analizar la evolución de la obra en forma de "time lapse", donde se pueden analizar los cambios que se va produciendo a lo largo del tiempo.

### 1.19. RETRANSMISIÓN DE EVENTOS

La perspectiva privilegiada que proporciona un sistema UAV es una herramienta muy útil para el seguimiento de eventos y la retransmisión en vivo de los planos tomados desde la cámara. Conciertos, eventos deportivos, espectáculos al aire libre pueden ser seguidos desde el aire gracias a esta tecnología, teniendo en cuenta las debidas medidas de seguridad.

### 1.20. SEGURIDAD Y VIGILANCIA

Por su capacidad de acceder a lugares remotos, los UAV son utilizados como herramienta entre los cuerpos de seguridad. Tanto equipados con cámaras de fotografía y vídeo como con sensores termográficos, los UAV se convierten en equipos fundamentales en tareas como accidentes, catástrofes, inundaciones, incendios, seguimiento de manifestaciones y eventos, búsqueda de personas y rescate, vigilancia en fincas privadas, control fronterizo etc.

Para el caso de la aplicación de los UAV en emergencias, según información recogida del congreso UNVEX14, como se

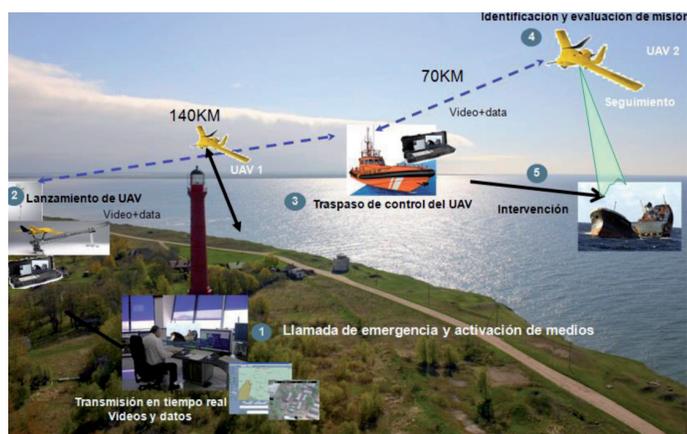


Fig. 4: Aplicación a Emergencias Thales (Fuente: Congreso UNVEX 14)

### Roadmap for safe integration of RPAS into European airspace



Fig. 5: Plan de trabajo. Integración RPA en espacio aéreo europeo

ven en la Figura 4, sobre vehículos aéreos no tripulados, los entornos donde se suelen hacer uso en emergencias son:

- Búsqueda y Rescate:
  - Tierra
  - Mar
- Inundaciones
- Tormentas invernales
- Seísmos
- Incendios forestales:
  - Diurno
  - Nocturno
- Riesgos tecnológicos
- Apoyo a la población.

En emergencias algunas de las aportaciones de los UAV son:

- Información sobre rutas de acceso y escape
- Monitorización de catástrofes
- Monitorización de incendios apagados
- Localización de otros intervinientes y supervivientes
- Establecimiento de telecomunicaciones (relé de comunicaciones en RPAS)
- Detección agentes tóxicos químicos y radiológicos
- Obtención de muestras de aire
- Seguimiento de nubes tóxicas.

## 2. NORMATIVA

### 2.1. NORMATIVA EUROPEA

En el ámbito europeo el EUROCAE es la organización que se encarga de desarrollar estándares en cuanto al uso de los RPAS a nivel europeo a nivel civil [3].

En el EUROCAE [4] (*European Organisation for Civil Aviation Equipment*) existen grupos de Trabajo (*Working Group*) que tratan temas específicos para RPAS (*Remotely Piloted Aircraft system*):

- WG73:
- Analiza y desarrolla estándares que faciliten la inserción del RPA en todas las clases de espacio aéreo
- WG93:
- Analiza y desarrolla estándares relacionados con:
  - Los RPA ligeros <150 Kg
  - La comunicación BVLOS (*Beyond Visual Line Of Sight*) con RPA ligeros de las estaciones terrenas.

En la Figura 5 queda plasmada en una línea de tiempo los elementos a desarrollar en los estándares desde el 2013 hasta el 2028 para poder introducir de forma segura a los RPA dentro del espacio aéreo europeo. En ella se distinguen tres segmentos [12]:

### 1.21. DOCUMENTACIÓN PATRIMONIAL

Gracias a los UAV se puede obtener información de zonas inaccesibles por otros métodos, como pueden ser las cubiertas y los tejados. Los sensores aerotransportados permiten obtener imágenes y videos de alta resolución, muy útiles para trabajos de inventariado, evaluación de estado de la edificación y ayuda en la toma de decisiones para una posible intervención. Además, gracias a la ortofoto y el modelo 3D se podrá obtener una visión global de todo el conjunto.

Etapa inicial 2013, 2014:

- En el 2013 se introdujeron las reglas comunes para operaciones de tipo comercial de los RPA ligeros en vuelo VLOS (*Visual Line Of Sight*)
- En el 2014 se formó el grupo de trabajo EUROCAE WG93.

En la etapa de adaptación hasta el 2018 está previsto que se introduzcan reglas iniciales de vuelo instrumental para operaciones BVLOS (*Beyond Visual Line Of Sight*), sujetos a ciertas limitaciones y restricciones.

La etapa de integración hasta el 2023 es en la que gradualmente se irán eliminando las limitaciones y restricciones para los RPA de cualquier peso.

La evolución hacia el 2028 contempla el desarrollo de operaciones en el espacio aéreo no segregado para todos los RPA.

### 2.2. NORMATIVA ESPAÑOLA

De cara al uso de los UAV en el área civil, existen diversas disposiciones entre las que destacan la publicada en el BOE del 28 de Mayo de 2010, número 130, por el que se *modifica el Reglamento de la Circulación Aérea Operativa*, aprobado por el Real Decreto 1489/1994, de 1 de julio y el BOE de 5 de Julio de 2014 número 163, donde se publica el Real Decreto-ley 8/2014, de 4 de julio, de *aprobación de medidas urgentes para el crecimiento, la competitividad y la eficiencia*, en el que el gobierno aprueba un nuevo marco regulatorio aeroportuario, recogido en el denominado Documento de Regulación Aeroportuaria (DORA).

A continuación, se realiza una breve descripción de los requisitos a tener en cuenta para poder pilotar un UAV que figura en el BOE del 5 de Julio de 2014 número 163, según lo dispuesto en sus Artículos 50 y 51.

#### 2.2.1. Zonas de Operación con UAV

Se podrá operar en zonas fuera de aglomeraciones de edificios o ciudades, pueblos o lugares habitados o de reuniones de personas al aire libre, en espacio aéreo no controlado [7], [8], [9], [10], [11] y [12].

Estas operaciones podrían desarrollarse de las siguientes maneras:

- VLOS -Línea visual-: 400 fts (120 m) de altura máxima y 500 m desde el operador para aeronaves de hasta 25 kg a una distancia superior a 8 km de un aeropuerto u aeródromo.
- BVLOS -Más allá de la línea visual-: 400 fts (120 m) de altura sólo para aeronaves cuya masa máxima al despegue sea inferior a 2 Kg, siem-

pre que cuenten con medios para poder conocer la posición de la aeronave y emisión de NOTAM previo a la operación a una distancia superior a 15 km de un aeropuerto u aeródromo si la infraestructura cuenta con procedimientos de vuelo instrumental.

En cualquier caso, será necesaria la identificación de la aeronave y del operador. Para aeronaves de más de 25 kg de peso máximo al despegue será necesario disponer además de certificado de aeronavegabilidad.

### 2.2.2. Requisitos del Piloto

El piloto que opere con la aeronave deberá ser mayor de edad, disponer de certificado médico y acreditar unos conocimientos con alguna de las siguientes posibilidades.

Conocimientos:

- Cualquier licencia de piloto (incluida la de ultraligero) o haberla tenido en los últimos 5 años.
- Certificado del temario teórico de piloto por una escuela autorizada, demostración fehaciente de conocimientos.
- Certificado Básico de RPAS para VLOS (<R 500 m) hasta 25 kg emitido por una organización de formación aprobada.
- Certificado Avanzado de RPAS para BVLOS (>R 500 m) hasta 25 kg emitido por una organización de formación aprobada.
- Conocimientos prácticos. Documento que acredite que disponen de los conocimientos adecuados de la aeronave y sus sistemas, así como de su pilotaje, emitido por el operador, el fabricante de la aeronave o una organización autorizada por éste y/o por una organización de formación aprobada. En ningún caso dicho documento podrá haber sido emitido por el piloto para el que solicita la autorización.

### 2.2.3. Requisitos de la Aeronave

Se considera aeronave cualquier máquina pilotada por control remoto que pueda sustentarse en la atmósfera por reacciones del aire que no sean las reacciones del mismo contra la superficie de la tierra [7].

- Deberán estar caracterizadas e identificadas incluyendo la definición de su configuración, características y prestaciones.
- Deben tener las medidas adecuadas para proteger a la aeronave de actos

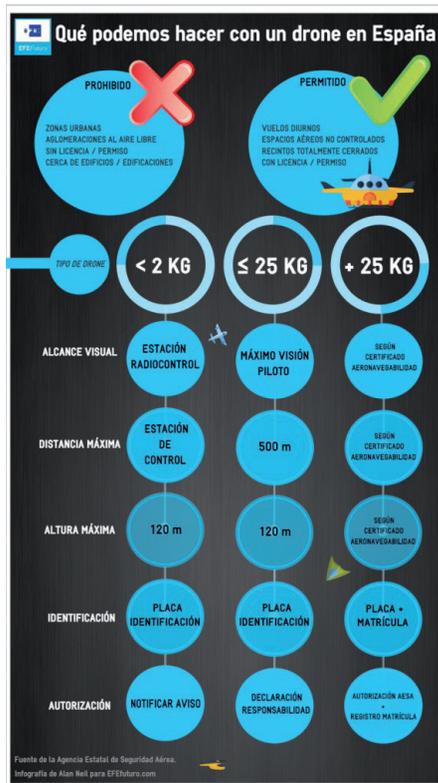


Fig. 6. Normativa Actual España referida a los drones. (Fuente AESA)

de interferencia ilícita durante las operaciones.

- Se deben realizar, con resultado satisfactorio, los vuelos de prueba que resulten necesarios para demostrar que la operación pretendida puede realizarse con seguridad.

Se espera un nuevo Real Decreto para este año 2016 referente a los UAV [5], [6] en el que se espera que se modifique la ley actual y se recojan probablemente los siguientes puntos, adaptándola a las Directrices Europeas:

1. Vuelo dentro de núcleo urbano: la principal novedad es el poder volar dentro de núcleos urbanos, ya que la actual Ley no lo permite. El piloto deberá regirse por unas normas concretas como volar una aeronave inferior siempre a 10 kg de peso, no alejar el UAV a más de 100 metros de distancia y volar en VLOS (Visual Line Of Sight), no superar los 120 metros de altura y solicitar un permiso previo a una Subdelegación de Gobierno.
2. BVLOS (Beyond Visual Line Of Sight operations) de 2 kg a 5 kg. A diferencia del VLOS que consiste en pilotar el UAV manteniendo el contacto visual permanente con el mismo y no alejarlo a más de 500 metros, el BVLOS permite alejarlo y "perderlo de vista". Con la ley actual no se

puede alejar un UAV de más de 2 kg a más de 500 metros.

3. Volar dentro del Espacio Aéreo Controlado. Actualmente si se quiere volar dentro de un aeropuerto por motivos obvios de seguridad no se podría hacer, pero es que además, la Ley18/2014 actual de drones prohíbe el vuelo dentro de estos espacios aéreos controlados. A partir de ahora, con la entrada de la nueva ley de drones, se podrá hacer este tipo de operaciones siempre y cuando cumplamos con los estudios de seguridad necesarios y sean aprobados por la Agencia Estatal de Seguridad Aérea, como ocurre con los vuelos que se quieran desarrollar también dentro del núcleo urbano.

### PARA SABER MÁS

- [1] EASA's A-NPA 2015-10: 'Introduction of a regulatory framework for the operation of drones'
- [2] Los Drones y sus aplicaciones a la ingeniería civil. Fundación de la energía de la Comunidad de Madrid. 2015 EUROCAE
- [3] [http://www.seguridadaerea.gob.es/media/4204926/140128\\_eurocae\\_wg93\\_aesa\\_madrid\\_workshop\\_andre\\_j\\_clot.pdf](http://www.seguridadaerea.gob.es/media/4204926/140128_eurocae_wg93_aesa_madrid_workshop_andre_j_clot.pdf)
- [4] <http://www.sesarju.eu/newsroom/all-news/european-rpas-roadmap-published-and-available-download> NORMATIVA
- [5] <http://www.efefuturo.com/noticia/normativa-drones-espana/>. Última consulta: abril 2016
- [6] <http://www.dronespain.pro/nueva-ley-de-drones-en-espana-marzo-2016/>
- [7] Real Decreto-ley 8/2014, de 4 de julio, de aprobación de medidas urgentes para el crecimiento, la competitividad y la eficiencia, BOE del 5 de Julio de 2014 número 163
- [8] Ley 48/1960, de 21 de julio, sobre Navegación Aérea
- [9] Orden PRE /1366/2010, de 20 de mayo, por la que se modifica el Reglamento de la Circulación Aérea Operativa, aprobado por el Real Decreto 1489/1994, de 1 de julio.
- [10] Orden Ministerial 18/2012, de 16 de marzo, por la que se crea el título de Operador de Sistemas Aéreos No Tripulados para Las FFAA.
- [11] Circular 328, Sistemas de aeronaves no tripuladas (UAS). Núm.: CIR328. ISBN 978-92-9231-809-3
- [12] Roadmap for the integration of civil Remotely-Piloted Aircraft Systems into the European Aviation System. Final report from the European RPAS Steering Group June 2013

### AGRADECIMIENTOS

Deseamos hacer constar el apoyo prestado por la división de Computación Evolutiva y Aplicaciones (CEANI) del Instituto Universitario de Sistemas Inteligentes y Aplicaciones Numéricas en Ingeniería (SIANI) de la ULPGC y al equipo del CECOES 1-1-2 CANARIAS.