

# LOS RPAS, UN ESLABÓN MÁS EN LA EVOLUCIÓN TECNOLÓGICA

Discurso leído en el acto de su recepción como  
*Académico Numerario* por

**D. Juan Antonio Carrasco Juan**

el día 30 de enero de 2017



# **LOS RPAS, UN ESLABÓN MÁS EN LA EVOLUCIÓN TECNOLÓGICA**



# **LOS RPAS, UN ESLABÓN MÁS EN LA EVOLUCIÓN TECNOLÓGICA**

Discurso leído en el acto de su recepción como

*Académico Numerario* por

**D. Juan Antonio Carrasco Juan**

el día 30 de enero de 2017

**Arrecife (Lanzarote), Hotel Lancelot**



Excmo. Sr. Presidente de esta Academia  
Señoras y Señores Académicos  
Señoras y Señores todos,  
Buenas tardes

## INTRODUCCIÓN

Creo firmemente que el hombre es un ser genéticamente proclive a la investigación, a desarrollar ideas y conceptos para lograr nuevas metas que se van materializando con los tiempos. Así lo demuestra la historia, testigo privilegiado del devenir de nuestro mundo.

Los viejos sueños se han traducido en realidades, las ideas han sido plasmadas en literatura, diseños, dibujos, y las dudas o los interrogantes han dado paso a tecnologías y desarrollos que han dejado las históricas ambiciones muy por debajo de los éxitos alcanzados y de las realidades obtenidas, en un proceso exponencialmente cada vez más rápido que reduce los tiempos entre las fases “**idea – invento – desarrollo – consumo**”.

Uno de los viejos sueños del hombre fue conquistar las diferentes dimensiones. Los tiempos han sido los que han sido. Sucesivamente, el hombre ocupó la tierra, se adentró en los mares y océanos y, a principios del siglo XX, conquistó el aire para luego más adelante viajar y temporalizar su estancia en el espacio. Cuántos esfuerzos, dedicación, sacrificios, se han llevado a cabo para alcanzar y dar los primeros pasos que nos han conducido a la situación tecnológica actual.

Es verdad que nos queda mucho que alcanzar, como por ejemplo en el área de satélites con diferentes roles, desarrollar y resolver nuevos retos en nuestro espacio exterior y en el universo, donde nuestras sondas se adentran cada vez más proporcionando una información detallada e importante que, sin duda, ofrecerá respuestas extraordinarias sobre preguntas e incógnitas relativas a esa dimensión.

Avanzamos en el estudio de la materia, su origen, y siempre detrás de la primera pregunta que generaciones y generaciones se han planteado, qué somos, de donde vinimos y a dónde vamos. Un ciclo de inteligencia que avanza, obtiene y seguirá obteniendo respuestas ¿hasta dónde?, estoy seguro que en un futuro apasionante se abrirán los conocimientos, se alcanzarán y se materializarán ideas y desarrollos hoy en estados embrionarios. La gran cuestión es ¿hasta dónde llegará la mente del hombre? Si nos paramos a pensar un tiempo en esta pregunta, automáticamente nos trasladamos a un futuro no definido pero prometedor al cual nos dirigimos sin remisión y sin pausa.

No hay que más que mirar a nuestro alrededor y, por poner un ejemplo, si nos fijamos en el mundo tan intenso y activo de las Comunicaciones: ¿Quién no tiene hoy día un móvil? ¿Quién no está



sometido a una carrera de aplicaciones, prestaciones, modelos de pantallas, ordenadores o *tablets*? ¿Quién no ha oído hablar de la nube virtual, de los ciberataques y de la ciberseguridad? ¿Cómo ha evolucionado nuestro siglo XXI en diez, doce, dieciséis años? ¿Cómo ha evolucionado nuestro entorno y nuestra calidad de vida?

Términos tales como globalización, economía, velocidad en las comunicaciones, anchos de banda, espacio único, están plenamente vigentes en cada momento de nuestros días, y al hilo de lo anterior me formulo esta pregunta, que estoy seguro que cada uno de nosotros se ha planteado en alguna ocasión: ¿Estamos preparados para afrontar los avances actuales y los que vendrán? ¿Los que éstos significan y sus consecuencias? En definitiva: ¿Somos conscientes del trabajo que nuestras mentes tienen que realizar y evolucionar ante los nuevos horizontes?

Todos estos pensamientos que he expuesto como inicio de mi discurso me sugirieron, en su momento, la decisión en cuanto al título del mismo: **“Los RPAS un eslabón más en la evolución tecnológica”**.

## **DESARROLLO**

Para desarrollar en profundidad este título es necesario identificar los puntos que nos sirven de guía para llegar al entendimiento de lo que son los RPAS e identificar la multitud de aplicaciones alrededor de este término y que constituyen, hoy más que nunca, oportunidades de avances tecnológicos muy importantes. Sin duda, la eclosión del mercado actual de los RPAS derivará, en un breve espacio de tiempo, en otros avances colaterales en distintos sectores

tecnológicos que tendrán un impacto considerable en nuestro mundo.

*Por lo tanto, pretendo enfocar este discurso sobre la base de los siguientes puntos:*

- Concepto de Vehículo Aéreo no Tripulado.
- Clasificación de los Vehículos Aéreos no Tripulados.
- Estado de la Normativa de uso de Vehículos Aéreos no Tripulados.
- Usos y Aplicaciones actuales.
- Desafíos Tecnológicos.
- Futuro y Evolución.

### **Concepto de Vehículo Aéreo no Tripulado, UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*)**

Creo que a estas alturas, todo el mundo tiene más o menos la idea de lo que es un Vehículo Aéreo no Tripulado (*Unmanned Aerial Vehicle*) y para qué se emplean. Los medios de comunicación han escrito, hablado y mostrado mucho acerca de este concepto, hecho realidad, hasta el punto que se ha convertido, desde un sistema inicialmente privativo sólo para unos pocos ámbitos, en algo muy usual, familiar y cuya adquisición en tiendas especializadas, grandes almacenes e incluso jugueterías es hoy un hecho. La variedad es enorme, los precios asequibles, la carga de pago va ofreciendo un alto grado de interacciones con aplicaciones que pueden recibir en tiempo real imágenes con resoluciones muy precisas. Pero la gran cuestión es que el uso de UAVs implica ocupaciones temporales y parciales de espacios aéreos y la eclosión del mercado que anteriormente he

mencionado lleva como consecuencia necesidades de espacio aéreo y normativas para su uso seguro todavía en proceso de regulación. Al hablar de este concepto se han utilizado términos tales como drones, UAVs, UAS, UCAV, RPAS, y considero necesario definir lo que cada uno de ellos significa, su clasificación y modelo de clasificación, sus servidumbres, sus condicionantes normativos en cuanto a control, calificaciones de los operadores, ámbitos de actuación e integración en los espacios aéreos segregados, para obtener ideas claras sobre lo que estamos hablando.

No pretendo ofrecer un extenso relato histórico de cómo han evolucionado estos sistemas, pero sí comentar a continuación, en una breve exposición, que el concepto de Vehículo Aéreo no Tripulado es algo que se remonta al siglo XIX. La primera cita de la que se tiene conocimiento es el empleo de globos por parte del ejército austriaco en el año 1849<sup>i</sup>, cargados de explosivos y dirigidos contra la ciudad de Venecia.

La tecnología fue avanzando y se desarrolló un sistema para controlar un mecanismo de movimiento para buques o vehículos. Hace su aparición, en el año 1917, una versión muy primitiva de lo que conocemos por un misil por control remoto. En el año 1931<sup>ii</sup> se desarrolla un biplano no tripulado; posteriormente, cinco años más tarde, se prueba con éxito el primer UAV cuyo control remoto se ejercía desde un barco. Se acuña el término “drones”, en el año 1936, para referirse a aviones controlados por radio.

En el año 1940 se produce la primera fabricación de UAVs, a gran escala, y, dos años más tarde, un avión no tripulado es dirigido gracias al empleo de imágenes obtenidas por un sistema de televisión a

bordo del mismo. En el año 1951 los Estados Unidos inician la producción de UAVs, para operaciones de reconocimiento, que eran lanzados desde aviones nodrizas. Entre los años 1961 y 1975, el uso de UAVs en conflictos bélicos, para misiones de reconocimiento, se convierte en rutina.

Aparecen, como consecuencia de estas necesidades de reconocimiento, nuevos desarrollos de UAVs de gran alcance. Ya se emplean en 1980 combinaciones de UAVs y aviones tripulados, utilizándose los primeros como señuelos electrónicos, equipos de contramedidas y reconocimiento aéreo. Una década más tarde el uso estratégico de los UAVs, reconocimiento y señalamiento de objetivos estratégicos, llega meridianamente a la opinión pública. Dos tecnologías se unieron en 1994 para potenciar estos sistemas, desarrollos estructurales más avanzados de los mismos, con nuevas capacidades y cargas de pago, y el uso del GPS.

Estados Unidos desarrolla en 1998 un UAS de largo alcance y capacidad operativa, el denominado Global Hawk<sup>iii</sup>. Su autonomía, techo y carga de pago constituyó desde entonces un cambio enorme en el desarrollo tecnológico y aplicación de estos sistemas.

A partir del año 2010, el uso de UAVs se hace algo común en el ámbito civil, con una serie de objetivos de los que hablaré posteriormente y con un horizonte de posibilidades enorme.

Lo anterior, constituye una evolución en ciento sesenta y siete años, a la par que el desarrollo aeronáutico. En la primera década del siglo XX el hombre despegó en su sueño de lograr volar, pero sesenta años antes, el uso de medios y sistemas no tripulados también iniciaba una realidad en ese uso del espacio aéreo.

A lo largo de este tiempo, y sobre todo, en el último tercio del siglo XX, se han empleado diferentes términos a la hora de referirse a estos sistemas. Consumiré a continuación un tiempo de mi discurso para definir lo que cada uno de estos términos, mencionados anteriormente, significa en aras a clarificar las ideas.

- **DRONE.** En general, este término se refiere a vehículos aéreos no tripulados, la mayoría de uso militar.
- **UAV** (*Unmanned Aerial Vehicle*). Término por el que se conoce a un Vehículo Aéreo no Tripulado.
- **UAS** (*Unmanned Aerial System*). Término por el que se conoce un Sistema Aéreo no Tripulado (vehículos aéreos y sistema de control).
- **UCAV** (*Unmanned Combat Aerial Vehicle*). Término por el que se conoce un Vehículo Aéreo no Tripulado de Combate.
- **RPA** (*Remotely Piloted Aircraft*). Término por el que se conoce Aeronaves Controladas de forma Remota. Es una plataforma aérea, que podrá ser de ala fija, ala rotatoria o aerostato.
- **RPAS** (*Remotely Piloted Aircraft System*). Sistema de Aeronaves Pilotadas Remotamente. Se compone de varias aeronaves capaces de configurarse para transportar distintas cargas útiles.

Termino este punto de mi discurso con algunas consideraciones más para facilitar el entendimiento de estos términos:

- Los términos RPAS y UAS se viene utilizando en las Fuerzas Armadas Españolas y en otros países desde hace algunos años.
- El término UAS<sup>iv</sup> fue el primero en usarse, pero cada vez más se habla de RPAS, en la idea de que las aeronaves son pilotadas,

desde una estación de control remota y sin personal a bordo.

- Los términos mayormente empleados para aparatos civiles son RPA y RPAS.
- **Todos los RPA son UAV, pero no todos los UAV son RPA, ya que para ello deben ser controlados por un operador.**

*Paso ahora al segundo punto de mi discurso.*

## **Clasificación de los Vehículos Aéreos no Tripulados**

Durante los últimos diez años se ha asistido a un desarrollo enorme en esta clase de vehículos, de tal forma que sólo en nuestro país, y a fecha de 6 de mayo del presente año 2016, el número de aeronaves registradas fue de 2380 y el de operadores habilitados alcanzó la cifra de 1308.

Una de las principales problemáticas surgidas en esta eclosión, de modelos y servidumbres asociadas, fue precisamente su clasificación. Está claro que en esta clasificación se puede atender a criterios variados. Actualmente se trabaja sobre la clasificación inicialmente establecida en la OTAN (Organización del Tratado del Atlántico Norte) y basada en el peso máximo al despegue (*Maximum Take off Weight, MTOW*), con referencias a la altura de operación, certificado de aeronavegabilidad<sup>v</sup>, uso y espacio aéreo donde operan, por las características físicas del RPAS y por su misión, por el tipo de sistemas de comunicaciones y sus aplicaciones civiles.

En el año 2011, apareció la Clasificación RPAS OTAN que ha servido como referencia a la hora de desarrollar estos sistemas desde el punto de vista militar. En el año 2014 se publica la Ley 18/2014, de 15

de octubre, “*de aprobación de medidas urgentes para el crecimiento, la competitividad y la eficiencia*”, en cuyo Preámbulo V se dice “*Los avances científicos y técnicos han contribuido en los últimos años al progreso de la aviación permitiendo la aparición de nuevos usuarios del espacio aéreo que reciben diversos nombres como drones, RPAS (por sus siglas en inglés, Remotely Piloted Aircraft System) o UAVs (por sus siglas en inglés, Unmanned Aerial Vehicle)*”.

En el mismo Preámbulo se habla de la “*necesidad de establecer el régimen jurídico específico aplicable a estas aeronaves y las actividades aéreas desarrolladas por ellas*”; “*las condiciones de explotación de estas aeronaves para la realización de trabajos técnicos o científicos, operaciones especializadas, vuelos de prueba de producción, de mantenimiento, de demostración, para programas de investigación sobre la viabilidad de realizar determinada actividad con aeronaves civiles pilotadas por control remoto, de desarrollo de nuevos productos o para demostrar la seguridad de las operaciones específicas en trabajos técnicos o científicos, permitiendo, de esta forma, su inmediata aplicación*”; “*se aborda exclusivamente la operación de aeronaves civiles pilotadas por control remoto de peso inferior a los 150 kg y aquellas de peso superior destinadas a la realización de actividades de lucha contra incendios y búsqueda y salvamento, dado que, en general, el resto estarían sujetas a la normativa de la Unión Europea*”.

**El Título II “Infraestructuras y Transporte”, Capítulo I “Aviación Civil”, Sección 6ª “Aeronaves civiles pilotadas por control remoto”, Artículo 50 “Operación de aeronaves civiles pilotadas por control remoto”** de la citada Ley 18/2014, establece la sujeción de las operaciones a lo establecido en dicho Artículo 50, y que

se puede resumir en otra Tabla que me permito presentar junto a la Tabla de Clasificación de RPAS de la OTAN.

<b>CLASIFICACIÓN RPAS OTAN</b>				
<b>Clase</b>	<b>Categoría</b>	<b>Empleo habitual</b>	<b>Altura de operación normal</b>	<b>Radio de Misión</b>
<b>CLASE I</b> (< 150 kg)	<b>MICRO<sup>vi</sup></b> < 66J	Subunidad táctica Lanzamiento manual Operadores individuales	Hasta 200 ft AGL	Hasta 5 km (LOS)
	<b>MINI</b> < 15 kg	Subunidad táctica Lanzamiento manual Operadores individuales	Hasta 3.000 ft AGL	Hasta 25 km (LOS <sup>vii</sup> )
	<b>SMALL</b> < 15 kg - < 150 kg	Unidad Táctica Utiliza sistema lanzamiento	Hasta 5.000 ft AGL	50 km (LOS)
<b>CLASE II</b> (150 kg - 600 kg)	<b>TÁCTICO</b>	Formación Táctica	Hasta 10.000 ft (AGL)	200 km (LOS)
<b>CLASE III</b> (>600 Kg)	<b>MALE</b> (Medium Altitude Long Endurance)	Operacional / De Teatro	Hasta 45.000 ft MSL	Sin límite (BLOS <sup>viii</sup> )
	<b>HALE</b> (High Altitude Long Endurance)	Estratégico	Hasta 65.000 ft	Sin límite (BLOS)
	<b>ATAQUE / COMBATE</b>	Estratégico / Operacional	Hasta 65.000	Sin límite (BLOS)



Clasificación según la Ley 18/2014, de 15 de octubre

<b>CLASIFICACIÓN RPAS SEGÚN LEY 18/2014</b>				
<b>MTOM</b>	<b>Ámbito Administrativo</b>	<b>Régimen Administrativo</b>	<b>Condiciones y limitaciones operativas</b>	<b>Cobertura de seguro</b>
< 2 kg	Nacional	Habilitación	VLOS <sup>ix</sup> , BVLOS <sup>x</sup> (NOTAM)  Altura 120 m  Alcance: el del enlace de radio	Ley 48/1960
> = 2 kg < 20 kg			VLOS	
> = 20 kg < = 25 kg			Alcance 500 m  Altura 120 m	Reglamento (CE) Nº 785/2004
> 25 kg < = 150 kg		Autorización	Según certificado de aeronavegabilidad	
> 150 kg (salvamento, rescate, incendios)			Espacio aéreo no controlado	
> 150 kg (resto de actividades y trabajos aéreos)	Europeo		Según certificado de aeronavegabilidad  Autorización ATC	

Si comparamos ambas tablas, podemos observar que hay algunas diferencias en cuanto a pesos máximos al despegue y las alturas de operación. Pero la problemática principal es la integración de los RPAS en el espacio aéreo<sup>xi</sup> no segregado, ya que estas aeronaves tienen que cumplir con las Reglas del Aire. Por lo tanto, es necesario que el desarrollo del marco normativo y regulatorio vaya acompañado de un Plan de Investigación y Desarrollo que identifique las tecnologías y las actividades inherentes de investigación que consigan una integración

segura de los RPAS en el espacio aéreo tanto nacional como europeo.

Si tenemos en cuenta esa integración segura como premisa obligatoria, podemos identificar los siguientes puntos como lagunas tecnológicas actuales o áreas que exigen una inversión en tecnologías:

- Integración en los entornos de espacio aéreo y Gestión del Tráfico Aéreo (*Air Traffic Management, ATM*).
- Verificación y validación.
- Enlaces de comunicación de datos incluyendo aspectos del espectro electromagnético.
- Sistema de “*Sense and Avoid*”<sup>xii</sup> (S&A) (Detectar y Evitar) y procedimientos operativos. Sistema *plug-and-play*, en los aviones tripulados y no tripulados con el fin de detectar y evitar automáticamente colisiones en el aire. La Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) (*International Civil Aviation Organization, ICAO*), recomienda el uso de sistemas anticolidión bajo el concepto ACAS (*Airborne Collision Avoidance System, ACAS*), que exige la instalación a bordo de la aeronave de un sistema de “exploración del entorno” de la aeronave “*Sense*” y un sistema de generación de avisos y ayudas a la toma de decisiones (*Avoid*), con el fin de eludir trayectorias conflictivas, independientemente del ATM o de las radioayudas en tierra.
- Aspectos de seguridad. En el desarrollo de los requisitos de seguridad para los RPAS tiene que ser considerado el riesgo en relación a los diferentes tamaños de RPAS y los tipos de operación.
- Procedimientos y sistemas operativos de emergencia.

- Operaciones en tierra, incluyendo maniobras de despegue y aterrizaje.
- Responsabilidad civil a terceros y seguros.
- Aceptación pública de la aplicación de los RPAS.
- Protección contra el uso abusivo (Privacidad, Protección de datos personales y Seguridad).
- Comportamiento de los RPAS en operaciones en forma similar a la aviación tripulada, incluyendo el Control del Tráfico Aéreo (*Air Traffic Control*, ATC).
- Operaciones de los RPAS autorizadas por las Autoridades competentes.
- Operadores de RPAS con los certificados de aptitud correspondientes.
- Pilotos a cargo de RPAS con licencias en vigor.

Considerando todo lo anterior, podemos llegar a la conclusión de que queda mucho, en el momento actual, por desarrollar en lo referente al marco normativo y tecnológico, y que el primero está supeditado hoy por hoy a los marcos legislativos nacionales y mañana lo estará al marco europeo y multinacional.

*El siguiente punto de mi discurso hará un estudio específico, que no pormenorizado, de qué tipo de regulación se está desarrollando a nivel nacional y los trabajos en las regulaciones europeas y americana.*

## **Estado de la Normativa para uso de Vehículos Aéreos no Tripulados**

Como se ha comentado en el punto anterior, el desarrollo de los RPAS durante los últimos diez años ha sido sorprendente. Uno de los bienes más preciados que tienen los países es el “espacio aéreo” de soberanía. Por él transcurre la aviación civil y militar, y su gestión implica a numerosos organismos e infraestructuras.

La integración de los RPAS en el espacio aéreo actual implica el cumplimiento de los siguientes puntos:

- Certificado de Aeronavegabilidad ⇔ Sistema seguro.
- Operación Sostenimiento ⇔ Operadores cualificados.
- Reglas del Aire ⇔ Procedimientos.

Uno de los principales desafíos, actual y futuro, es la integración en el espacio aéreo no segregado de los RPAS.

Se requiere, así mismo, un marco regulatorio que brinde protección a los ciudadanos, a la protección de datos, para la toma de imágenes aéreas y, no menos importante, la responsabilidad de los daños que se puedan producir por las operaciones de los RPAS.

Actualmente nos movemos, con respecto a la normativa, en tres líneas, la regulación nacional, la regulación de la Unión Europea y las diferentes regulaciones de países con amplia experiencia en el empleo de RPAS, y con respecto al espacio aéreo, en el uso de RPAS en espacios aéreos segregados y en espacios aéreos no segregados.

Dentro de la Unión Europea, la regulación que actualmente existe para RPAS está limitada a las aeronaves pilotadas por control remoto con un peso máximo de 150 kg en el momento del despegue, y que no afectan actividades militares, de aduanas, policía, búsqueda y

salvamento, lucha contra incendios, guardacostas y similares. En estos casos expuestos anteriormente, la regulación de los RPAS se asimila a la establecida para aeronaves tripuladas.

Una característica común en la Unión Europea es que el desarrollo y la seguridad operacional de los RPAS se han regulado por la legislación nacional de los estados miembros. Según la Agencia Europea de Seguridad Aérea (AESA), ello ha producido un marco regulativo actual problemático. Las legislaciones nacionales no están armonizadas, no existe una obligación de reconocimiento mutuo de certificaciones y autorizaciones, por lo que la consecuencia inmediata es la necesidad de que las operaciones de estos sistemas pasen por el permiso oportuno de cada uno de los estados miembros donde se pretenda operar.

En el caso de España, el marco normativo actual de los RPAS viene establecido, como se expuso en el punto anterior, en el Artículo 50, Sección 6ª, Capítulo I, Título II de la Ley 18/2014, y adicionalmente, en las previsiones en materia de legislación aeronáutica civil establecidas en la Ley 48/1960, de 21 de julio, de navegación Aérea, que le sean aplicables, en tanto que esta última Ley fue modificada por el Artículo 51, correspondiente al mismo Título de la Ley 18/2014, para incluir expresamente a los RPAS en la definición de “aeronave”

Es necesario comentar, a fin de ser estricto en la información, que aunque la regulación establecida en el Artículo 50 de la Ley 18/2014, fue aprobado con carácter temporal, la misma sigue vigente, al no haberse aprobado la norma reglamentaria prevista en la Disposición Final 2, Habilidad normativa: “*El Gobierno determinará*

*reglamentariamente el régimen jurídico aplicable a las aeronaves civiles pilotadas por control remoto, así como a las operaciones y actividades realizadas por ellas. A la entrada en vigor de la referida norma reglamentaria quedará sin vigencia el contenido del artículo 50”.*

La Dirección General de Aviación Civil del Ministerio de Fomento, elaboró en el mes de julio de 2014 un Proyecto de Real Decreto en el que se regula la utilización de las aeronaves pilotadas por control remoto. Sin embargo no ha visto la luz, y la principal causa al respecto es que se está a la espera del desarrollo de reglas comunes a implementar en este campo por las instituciones de la Unión Europea, en lo que a operaciones de RPAS se refiere<sup>xiii</sup>.

Volviendo a Europa, la Agencia Europea de Seguridad Aérea (*European Aviation Safety Agency*, EASA), en cumplimiento de lo estipulado en la Declaración de Riga, los días 5 y 6 de marzo de 2015 sobre “Sistemas Aéreos Remotamente Pilotados: Enmarcando el futuro de la aviación”, de la Nueva Estrategia para la Aviación Europea, adoptada por la Comisión Europea, el Parlamento Europeo ha aprobado un borrador de modificación de la regulación contenida en el Reglamento (CE) 2016/2008, y del Consejo, de 20 de febrero de 2008, al mismo tiempo que EASA ha sacado a la luz un documento “Opción Técnica”, que tras debatir con los diferentes actores del sector, contiene propuestas concretas para enfocar una nueva regulación<sup>xiv</sup> de los RPAS.

Si miramos a otros países, no de la Unión Europea pero con experiencias contrastadas en el campo de los RPAS, se observa que en los últimos meses han incrementado su trabajo normativo con el objetivo de avanzar, actualizar y homogeneizar sus regulaciones sobre

operaciones de RPAS.

En Estados Unidos la Administración Federal de Aviación (*Federal Aviation Administration, FAA*) ha establecido un comité de reglamentación de la aviación para desarrollar recomendaciones que ofrezcan más flexibilidad y más amplitud del marco regulatorio, para permitir la operación de RPAS sobre personas que no participan directamente en el vuelo de la aeronave. Además ha reducido a los estados federales y a las entidades locales sus incipientes regulaciones específicas sobre estos sistemas, para que no entren en conflicto con aspectos básicos de seguridad aérea regulados por la normativa federal.

En Rusia se aprobó el pasado mes de marzo de 2016 una nueva regulación en materia de RPAS que modifica la anterior y que se asemeja en determinados aspectos a la regulación en Estados Unidos.

Países tales como China, Canadá y Australia, han reconocido públicamente la necesidad de elaborar y aprobar nuevas normativas que respondan en términos de seguridad, control y gestión al aumento de actividades de RPAS.

Organismos tales como la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) (*International Civil Aviation Organization, ICAO*) y el grupo de expertos de Autoridades de Aviación Nacional (*National Aviation Authorities, NAAs*) de treinta países, y las organizaciones regionales de seguridad aérea, JARUS (*Joint Authorities for Rulemaking on Unmanned Systems*), están así mismo trabajando para proporcionar prácticas recomendadas (SARPS) y textos de orientación que permitan afianzar las operaciones de los RPAS en todo el mundo de forma segura, armonizada y fluida y comparables a las de las operaciones tripuladas.

En definitiva, el objetivo final es conseguir una regulación para cubrir todos los aspectos de las operaciones de los RPAS, del personal técnico y de las propias organizaciones. En este sentido, es de destacar también el intenso trabajo entre AESA y JARUS.

Del análisis de lo expuesto en este punto, podemos tener una idea de la dificultad a la hora de integrar determinados RPAS en el **espacio aéreo no segregado**. Es necesario, cada vez más, que regulación, sistema y tecnología deben guardar un **equilibrio adecuado**, de tal forma que al final prime la seguridad, o lo que es lo mismo, se reduzca el factor riesgo, y la operación del vehículo pilotado remotamente proporcione, la misma confianza, que si de uno tripulado se tratara.

Últimamente, tanto en prensa como en las redes sociales, las noticias, avances y desarrollos de UAS acerca este mundo altamente especializado a los ciudadanos, que ya son muy conscientes de la gran cantidad de usos y multitud de aplicaciones que estos vehículos, y más concretamente, sus cargas de pagos, ofrecen.

Universidades, clústeres aeronáuticos, industrias, están en constante movimiento para perfeccionar estas clases de vehículos aéreos, y es por esta razón que los certificados de aeronavegabilidad necesarios para el uso del espacio aéreo es una constante demanda, que obliga a regular definitivamente el uso seguro del espacio aéreo, pero los avances tecnológicos en materia de “*Sense and Avoid*” tienen todavía un camino que recorrer. Pero donde todo el recurso humano que trabaja en este campo de los RPAS coincide es en las siguientes consideraciones:



- No se puede volver la cabeza a otro lado ante los retos que representan los RPAS.
- El espacio aéreo y la industria aeronáutica es de importancia estratégica para los países y, en nuestro caso, para la UE.
- El sector civil se ha aprovechado de las tecnologías ya implementadas, que en un principio fueron en gran medida de origen industria militar, para eclosionar y avanzar en los usos específicos de los RPAS.
- En cuando al espacio aéreo europeo se refiere, los RPAS están llamados a operar en el mismo sin fronteras
- Los RPAS y las tecnologías desarrolladas y asociadas, se constituyen hoy por hoy y mañana, en retos esenciales para las industrias.
- Los RPAS responden a una extensa gama de misiones en todos los ámbitos y entornos, tantos en los aéreos, como en los submarinos, navales, terrestres, especiales o incluso mixtos. Ya no se trata de una cuestión meramente aérea, las tecnologías de mando y control de estos sistemas se extienden a todas las dimensiones.

*Paso al siguiente punto de mi discurso, dejando atrás el mundo normativo para entrar en el práctico.*

## **Usos y Aplicaciones actuales**

Tamaño, cometido a desarrollar, entorno, son constantes a la hora de diseñar un RPAS. En pocas palabras, las naturalezas de las cargas de pago influyen en la clasificación de los RPAS, limitan los entornos donde pueden actuar y las extensiones de los certificados de

aeronavegabilidad, pero además, y lo más importante, implican peso. Hoy por hoy, podríamos resumir muy a grandes rasgos sus usos y aplicaciones en función de los pesos máximos al despegue → **La Clasificación en función del (MTOW).**

- MTOW superior a 600 kg, prácticamente para cometidos militares muy específicos, como la vigilancia y el reconocimiento, indispensables en el ciclo de inteligencia y toma de decisión, misiones de combate con otros sistemas asociados, y aquí ya se está entrando en los UCAVs, unidades híbridas trabajando en estrecha relación, “*manned*” y “*unmanned*”, mando y control en vigilancias de espacios aéreos sensibles, vigilancias de infraestructuras críticas, etc.
- MTOW entre 150 kg y 600 kg. En este segmento es donde se encuentra el mayor potencial de crecimiento de los RPAS consecuencia de demandas muy específicas en el ámbito civil.
- MTOW por debajo de 150 kg. La evolución según analistas, autores e industria vendrá de la mano de la demanda civil y, muy especialmente, en el segmento entre 5 kg y 25 kg, para usos específicos en logística, cartografía, vigilancia de instalaciones, etc.

Lo que sí es una realidad constada es que ante un crecimiento en la demanda de uso es necesaria una regulación más eficaz y rápida en la respuesta, lo que a su vez se traduce en una mayor necesidad tecnológica con un menor índice de fallos en un espacio aéreo cada vez más denso de medios aéreos.

Entre las aplicaciones civiles más usuales hoy en día de los RPAS todas las informaciones de diferentes fuentes coinciden en:

- Inspección de infraestructuras y de obras civiles.
- Vigilancia de fronteras (tanto en los ámbitos civiles como militares de seguridad).
- Supervisión de tráfico.
- Patrulla marítima (lucha contra la inmigración ilegal, el contrabando, tráfico de drogas).
- Reportajes fotográficos, televisión y cine.
- Reconocimiento y toma de datos de desastres naturales (evaluación de los daños, seguimiento en tiempo real de la evolución de los mismos).
- Intervención en desastres no naturales (vertidos contaminantes, incendios forestales, fugas radioactivas) en tiempo real y sin riesgos para tripulaciones.
- Levantamiento de mapas, topografía.
- Climatología (toma de muestras, monitorización de contaminación atmosférica).
- Agricultura (análisis de fumigantes, análisis de los volúmenes hídricos, agriculturas de precisión).
- Enlaces de comunicaciones.
- Localización de recursos naturales.
- Paquetería.
- Búsqueda y rescate (apoyos a otros medios para la detección de naufragos en la mar, accidentes en áreas complicadas de difícil acceso (estudio de la situación en tiempo real)).

Valgan dos ejemplos de rabiosa actualidad en el uso civil de drones. En septiembre de 2016 comenzará el uso de drones para productos de *Domino's Pizza*. Bolivia se ayuda con drones en más del 15% de su suelo agrícola ¿Y qué más vendrá?

*Es fácil comprender que ante esta gran demanda de cometidos a realizar por los RPAS, los problemas a resolver en su diseño y operación se centran en áreas tecnológicas que deben estar en constante evolución. En el siguiente punto de mi discurso desarrollo las principales áreas que hoy constituyen los principales objetivos de futuro.*

## **Desafíos tecnológicos**

En este punto, podría realizar una muy larga exposición de todo lo que en este mundo de los RPAS hay que analizar y perfeccionar en tres áreas muy específicas y que arrastran otras intrínsecamente relacionadas por la propia definición de lo que es un RPAS. Pero me voy a limitar, por coherencia literaria, a las tres específicas, aunque ello llevará implícito una mención a una extensa lista de retos tecnológicos en sub-áreas que las acompañan.

Partiendo de la primera pregunta a la hora de diseñar un RPAS ¿Para qué lo quiero? Está claro que hay que volver a relacionar “**Niveles de carga de pago**” con “**Potencia del sistema propulsor**” y, finalmente, con “**Autonomía**”.

Al tratar la **carga de pago**, el “alma mater” del RPAS, se está hablando de:

- Carga útil radar. Que permite que los RPAS dispongan de capacidad de reconocimiento y vigilancia terrestre y marítima, independientemente de las condiciones climatológicas, lo que a su vez obliga, dependiendo de la altura a la que opere, de estar dotado de un sistema antihielo propio.

- Sensores electro-ópticos. Aunque es ya una tecnología muy madura, las necesidades de transmisión de los datos obtenidos en rangos visibles e infrarrojos, implica un enlace de datos robusto y uso de anchos de banda y frecuencias específicas en satélites, gestión de frecuencias, frecuencias específicas en bandas X y Ka. Para los sensores ópticos es fundamental disminuir su peso y consumo, así como incrementar las prestaciones en detección, identificación y reconocimiento.

En lo que se refiere al nivel de **potencia del sistema propulsor**, hay que volver a la viejas cuestiones, entre otras:

¿Qué carga de pago tengo que transportar?

¿Qué autonomía pretendo conseguir?

¿Qué tipos de materiales voy a emplear en la estructura del RPAS?

¿A qué altura se realizará la operación?

¿En qué entorno?

Hoy por hoy, los esfuerzos van dirigidos a lograr mejoras operativas en las plantas de potencia en los RPAS Clase III principalmente, sin obviar mejorar en los sistemas de propulsión de menor tamaño y con niveles de ambición también menores, desde el punto de vista de prestaciones del RPAS. Además de las áreas del sistema de propulsión sensibles de mejorar, la generación y distribución de energía eléctrica en el RPAS.

Las actuales baterías de nueva generación constituyen las

principales fuentes de potencia eléctrica utilizada en RPAS Clase I. Pero también, y de un tiempo a esta parte, se están utilizando combinaciones híbridas de baterías y pilas de combustible.

La generación de energía fotovoltaica es otra fuente en estudio y desarrollo. Ello permitirá para los RPAS Clase III un incremento de autonomía y ser autónomos.

Por último, comentar que se están desarrollando los “super condensadores”, que junto a los elementos mencionados anteriormente, baterías y pilas de combustible, proporcionarán a los RPAS sistemas de energía más acordes para los sistemas eléctricos y electrónicos con que están dotados.

En el campo de capacidad de la planta de potencia, se está trabajando y desarrollando turbinas ligeras y nuevos componentes, así como otro tipo de turbinas para incrementar el alcance y carga útil sobre todo para RPAS Clase III. Otros retos, motores eléctricos de gran autonomía y bajo consumo, así como motores diésel, sistemas de monitorización y control inteligentes.

Por último, **Autonomía**. Está claro que cuanto más tiempo esté un RPAS en el aire, más producto se le saca y menos esfuerzos operacionales requieren en las fases de despegue y aterrizaje y los aspectos de vida asociados en cuanto a mantenimiento. Ésta última área está muy relacionada con las dos anteriores. Todo lo que se pueda reducir el peso de la estructura del RPAS facilita la autonomía o permite mayores cargas de pago. Una forma de conseguir esto es mediante el desarrollo de materiales con prestaciones más avanzadas en cuanto a resistencia, peso, coste, disminución firma radar, facilidad de fabricación, y otras.

Pero ¿solamente esto en cuanto a desafíos tecnológicos?  
Naturalmente que no, podríamos mencionar muchos más:

- Evolución sistema anti-drones (para evitar los accesos de drones a cercanías de infraestructuras críticas, áreas de aproximación a los aeropuertos, centrales nucleares, etc.)
- Contramedidas a bordo. Generadores Fotónicos de Técnicas ECM (Almacenamiento de formas de onda complejas de radar para la generación de contramedidas).
- Agilidad de frecuencias.
- Niveles de ruido.
- *Sense and Avoid*. La inversión tecnológica futura en sistemas de “*Sense&Avoid*” que se integran en las aeronaves va a ser espectacular. Realmente, y para ser puristas, se está invirtiendo en seguridad en todo el sentido de la palabra y en consecuencia, en confianza. Estados Unidos y los países europeos están impulsando de una manera considerable el desarrollo de los sistemas “*Sense and Avoid*” en los RPAS<sup>xv</sup>.
- Espectro radioeléctrico. Anchos de banda para conectividades tierra-aire, carga embarcada y entre aeronaves.
- Manipulación aérea.
- Usos robóticos.
- Navegación inteligente en diferentes ámbitos.
- Operaciones sobre plataformas móviles.
- Energía fotónica. Requisitos SWAP (*Size, Weight and Power*).
- Regulaciones de uso del espacio aéreo no segregado.
- *Unmanned Aerial System Traffic Management* (UTM).
- Formación pilotos RPAS. Necesidad de una regulación a nivel europeo.

- Integración pilotos de RPAS y Controladores Aéreos.
- Coberturas de daños.

*Mi discurso está finalizando, es hora de hacer balance y visualizar con argumentos el futuro de los RPAS*

## **Futuro y evolución**

En la introducción de mi discurso comentaba la naturaleza genética del ser humano por la investigación. Esta naturaleza es la que ha hecho que lleguemos al momento actual y la que nos impulsará los próximos años, las próximas décadas, los próximos siglos, en conseguir nuevos sueños, en hacer realidad nuevas ideas, nuevos avances en las dimensiones en las que nos movemos.

Mi vocación de aviador me ha acompañado e impulsado siempre en la búsqueda y entendimiento de los principios y técnicas del vuelo, en su corta pero intensa historia, en la Física y en las Matemáticas, en la Meteorología, y en la Aerodinámica, en las Reglas del Aire, en el espacio y el universo, en el espacio aéreo y en las comunicaciones, y siempre también he visto el potencial que tenemos y lo que puedo vislumbrar en el devenir aéreo y científico, desde la base humilde pero férrea, de mi vocación y el análisis consecuente.

El momento tecnológico actual es vibrante y apasionante. Entre la idea y el invento, entre el invento y el desarrollo, entre el desarrollo y el consumo, los tiempos se han acortado, la globalización nos ha acercado en todos los sentidos, y ha puesto en nuestras manos avances y tecnologías que ocupan cada minuto de nuestros días.



Cuando decidí el título de mi discurso, estaba convencido de que sí, sí señor, los RPAS son un eslabón en la evolución tecnológica. Tras muchas horas de estudio y preparación, tras analizar cómo se está abriendo este concepto y cómo se está extendiendo, no puedo más que confirmar y afianzar mi idea. El futuro de los RPAS es futuro, pero es ya también presente, y los retos tecnológicos que lleva consigo su evolución representan una fuente de avances tecnológicos colaterales en otras ramas de la Ciencia.

Hay numerosos estudios sobre cómo se desarrollarán los RPAS. En estos estudios se asevera, sobre realidades contundentes y comprobadas, “que el mercado de RPAS en Europa será un 10% del mercado de aviación europeo, y que se estima que la industria de drones podría crear unos 150.000 puestos de trabajo en los próximos años”.

Lo cierto es que los RPAS están aquí, y que más temprano que tarde compartirán una parte específica del espacio aéreo general, el espacio aéreo no segregado. Para ello, es necesario una legislación siempre actual, normalizada y común, que facilite esa integración y la potencie. Para ello, el binomio industrias-usuarios, de su parte, debe ofrecer unas relaciones serias, estables y claras. La tecnología de comunicaciones, tiene que estar muy preparada en este futuro y planificar sus capacidades con visión de la realidad de la demanda que nos rodea. Pero a esta tecnología la deben acompañar otras inherentes al buen funcionamiento y sobre todo a la seguridad de las operaciones con RPAS.

La formación de los operadores de RPAS y su integración con los Controladores Aéreos deben tener bases comunes en todos los países. Y el capitulado de formación nunca es estable en el tiempo,

evoluciona como la tecnología para preparar al recurso humano implicado en cualquier rama de esta capacidad, los RPAS.

En este sentido las infraestructuras de experimentación, servicios, escuelas, son bazas indispensables y completamente necesarias para este futuro y para la evolución de los RPAS.

Muchas veces he presenciado o he intervenido en seminarios o conferencias donde se ha debatido, por activa y por pasiva, sobre si en el día de mañana solamente volarán aeronaves no tripuladas, y siempre he defendido que se utilizarán aeronaves tripuladas y no tripuladas. Las cuestiones económicas mueven industrias y servicios, mueven nuestro mundo globalizado, pero el hombre siempre buscará que su viejo sueño, volar, utilizar el aire y espacio, se desarrolle de una manera u otra, ése es su reto y su evolución y la tecnología y la industria tendrán que estar formando parte de ese reto.

Pero volviendo al presente, los RPAS son una capacidad en su estado embrionario ante la enorme capacidad de desarrollo, y nos ofrecerá oportunidades cada vez más ambiciosas. Las estructuras se perfeccionarán, las cargas de pago mejorarán, las autonomías de las aeronaves nos darán las posibilidades de estar cada vez más tiempo sobre los diferentes objetivos de la naturaleza que sean. Creo sinceramente, que todo ello está a la vuelta de la esquina.

---

<sup>i</sup> El bombardeo aéreo de Venecia en 1849, se considera el primer uso documentado de una aeronave (en este caso, globos) para atacar al enemigo. En 1848, a raíz de las

---

revoluciones burguesas en el Imperio Austriaco, en Venecia estalló una rebelión contra el gobierno austriaco. Debido al terreno desfavorable, no pudo ser desplegada artillería pesada para el asedio. El teniente de artillería austriaco Franz von Yuhatik propuso la idea de bombardear la ciudad con globos. Éstos fueron lanzados cuando la dirección del viento era favorable para desplazarlos sobre la ciudad y con un dispositivo especial de tiempo para desenganchar la carga explosiva suspendida del globo. Tras una primera experiencia fallida debida a un cambio en la dirección del viento, los austriacos consiguieron sus objetivos. Los ataques se repitieron, en algunas fuentes se relata que participaron hasta 200 globos en una sola oleada. Los efectos sobre la población de Venecia fueron de pánico, más que por los resultados de los bombarderos, por el hecho de ser atacados desde el aire.

<sup>ii</sup> Habían transcurrido veinte y ocho años desde que los hermanos Orville y Wilbur Wright habían hecho realidad el viejo sueño del hombre de abandonar el suelo y adentrarse en el aire. El 17 de diciembre de 1903, en Kitty Haw, a bordo del Flyer I, Orville Wright despegó para realizar un vuelo de 40 metros en 12 segundos y a una altura de un metro del suelo. La aeronave iba dotada de una planta impulsora de cuatro cilindros, alimentada por nafta y con un sistema de transmisión por cadena que trasladaba el empuje a las hélices. Ese mismo día, se realizaron otros tres vuelos, el último con un recorrido de 250 metros en 59 segundos.

<sup>iii</sup> Se está hablando ya de un RPA que desarrolla una velocidad máxima, en sus primeras versiones, de 629 km/h; con una velocidad de crucero de 575 km/h; una longitud de 14 metros; una envergadura de 35 metros; con un peso de 6781 kg; dotado con motores Allison Rolls-Royce AE 3007 turbofán; capaz de volar a una altura máxima de 65.000 ft; con una carga de pago de 1500 libras.

<sup>iv</sup> Los RPAS son sistemas compuestos por tres elementos: El Segmento Aéreo (Aeronave Pilotada Remotamente y Carga de Pago o Carga Útil); el Segmento de Superficie (Elemento de Control y Explotación y Elementos de Apoyo) y los Enlaces de Datos.

<sup>v</sup> Los ensayos que han de realizarse con una aeronave, sea o no tripulada, constituyen el paso previo a su certificación final. En la misma, se reconoce que un tipo de aeronave ha sido diseñado y evaluado siguiendo las normas y procedimientos aprobados, y por lo tanto, se considera segura para el vuelo.

<sup>vi</sup> El motivo del cambio de unidades para clasificar a los Micros se ha debido al tamaño cada vez más pequeño (algunos de pocos gramos) de este tipo de RPAS. Por ello cambió la unidad de clasificación, que afecta sólo a éstos, y pasó a ser por **capacidad**

---

**de daño en un posible impacto**, hasta 66 J, en lugar de por peso. El resto de RPAS se han mantenido clasificados por peso.

vii LOS: *Line of Sight*.

viii BLOS: *Beyond Line of Sight*.

ix VLOS: *Visual line-of-sight Operations*.

x BVLOS: *Beyond VLOS operations*.

<sup>xi</sup> El espacio aéreo segregado es aquel volumen del espacio aéreo en general que se reserva para realizar un vuelo con un sistema RPAS. El resto de aeronaves, en consecuencia, no podrá hacer uso de ese espacio aéreo segregado, ni el RPAS podrá operar fuera de éste.

Esta servidumbre en la operación del RPAS son limitaciones inherentes el vuelo del mismo. Por ello, se trabaja en la regulación y en la tecnología del sistema para poder emplear en el futuro RPAS en el espacio aéreo no segregado, y por lo tanto, compartir el mismo con el resto de aeronaves tripuladas.

<sup>xii</sup> El “*Sense and Avoid*” integrado consta de una cámara óptica que proporciona imágenes para la detección y el seguimiento. El sistema incorpora también la capacidad pasiva de medir la distancia para evaluar la probabilidad de que una aeronave intercepte la trayectoria de vuelo del avión y las posibilidades de evitarlo, así como determinar la mejor manera de controlar el avión propio y situarlo fuera de peligro.

<sup>xiii</sup> Una de las principales novedades del Proyecto es la autorización de vuelos de RPAS en zonas pobladas siempre y cuando estas aeronaves no excedan de 10 kg de peso máximo al despegue y el vuelo se lleve a cabo respetando determinadas condiciones de seguridad (a una distancia horizontal máxima de 100 metros, una altura máxima de 120 metros, en zonas acotadas o manteniendo distancias mínimas de seguridad respecto de los edificios, 150 metros, operaciones que no estén bajo el control del operador, 50 metros, obtención de los permisos correspondientes, etc.).

<sup>xiv</sup> El documento hace mención a diferentes aspectos de los cuales se significan por su importancia:

- Se elimina el límite de los 150 kg a la hora de delimitar el ámbito de aplicación.

- 
- Se fija la regulación en el riesgo operacional de los RPAS, en función de cómo y en qué condiciones se usa el dron, y basada en los cumplimientos de los objetivos fijados en diferentes niveles de regulación – principios básicos y requisitos esenciales, reglas de implementación y estándares de cumplimiento.
  - Definición de tres categorías de operación: Abierta, Específica y Certificada.

<sup>xv</sup> Los sistemas “*Sense And Avoid*” constituirán las tecnologías más avanzadas en lo referente a la aeronavegabilidad de los RPAS. Tecnologías dirigidas a detectar en vuelo otras aeronaves y su entorno con el fin de realizar automáticamente maniobras de evasión.

Estos sistemas integran dos fuentes de información, las cooperativas y las no cooperativas. Las primeras son UAVS o aeronaves que facilitan datos sobre su ruta, dirección, altura, velocidad, etc., en aras a prever una posible colisión y reaccionar a la mayor brevedad. Las segundas, no cooperativas, UAVS o aeronaves que no comparten información. Hoy día, los principales esfuerzos en el desarrollo de esta tecnología van dirigidos en esta dirección.

Para la detección de elementos cooperativos el “*Sense and Avoid*” incorpora transpondedores modo “S” (4), con el fin de maniobrar para evitar colisiones o simplemente e vuelo próximo a otras aeronaves, o dicho de otra manera más simple, para mantener las distancias de seguridad entre aeronaves. Para los elementos no cooperativos, el sistema “*Sense and Avoid*” incorpora una amplia gama de sensores capaces de detectar el entorno desde grandes distancias.

En el modo de evitación de una colisión, el sistema “*Sense and Avoid*” debería ser capaz de detectar tráfico conflictivo con el suficiente tiempo de antelación como para llevar a cabo una maniobra evasiva, entendiendo por tráfico conflictivo aquel cuya trayectoria prevista pasaría a 500 ft o menos del UAS, verticales u horizontales.



## COLECCIÓN: *DISCURSOS ACADÉMICOS*

Coordinación: **Dominga Trujillo Jacinto del Castillo**

1. *La Academia de Ciencias e Ingenierías de Lanzarote en el contexto histórico del movimiento académico.* (Académico de Número). **Francisco González de Posada**. 20 de mayo de 2003. Excmo. Ayuntamiento de Arrecife.
2. *D. Blas Cabrera Topham y sus hijos.* (Académico de Número). **José E. Cabrera Ramírez**. 21 de mayo de 2003. Excmo. Ayuntamiento de Arrecife.
3. *Buscando la materia oscura del Universo en forma de partículas elementales débiles.* (Académico de Honor). **Blas Cabrera Navarro**. 7 de julio de 2003. Amigos de la Cultura Científica.
4. *El sistema de posicionamiento global (GPS): en torno a la Navegación.* (Académico de Número). **Abelardo Bethencourt Fernández**. 16 de julio de 2003. Amigos de la Cultura Científica.
5. *Cálculos y conceptos en la historia del hormigón armado.* (Académico de Honor). **José Calavera Ruiz**. 18 de julio de 2003. INTEMAC.
6. *Un modelo para la delimitación teórica, estructuración histórica y organización docente de las disciplinas científicas: el caso de la matemática.* (Académico de Número). **Francisco A. González Redondo**. 23 de julio de 2003. Excmo. Ayuntamiento de Arrecife.
7. *Sistemas de información centrados en red.* (Académico de Número). **Silvano Corujo Rodríguez**. 24 de julio de 2003. Ayuntamiento de San Bartolomé.
8. *El exilio de Blas Cabrera.* (Académica de Número). **Dominga Trujillo Jacinto del Castillo**. 18 de noviembre de 2003. Departamento de Física Fundamental y Experimental, Electrónica y Sistemas. Universidad de La Laguna.
9. *Tres productos históricos en la economía de Lanzarote: la orchilla, la barrilla y la cochinilla.* (Académico Correspondiente). **Agustín Pallarés Padilla**. 20 de mayo de 2004. Amigos de la Cultura Científica.
10. *En torno a la nutrición: gordos y flacos en la pintura.* (Académico de Honor). **Amador Schüller Pérez**. 5 de julio de 2004. Real Academia Nacional de Medicina.
11. *La etnografía de Lanzarote: "El Museo Tanit".* (Académico Correspondiente). **José Ferrer Perdomo**. 15 de julio de 2004. Museo Etnográfico Tanit.
12. *Mis pequeños dinosaurios. (Memorias de un joven naturalista).* (Académico Correspondiente). **Rafael Arozarena Doblado**. 17 diciembre 2004. Amigos de la Cultura Científica.
13. *Laudatio de D. Ramón Pérez Hernández y otros documentos relativos al Dr. José Molina Orosa.* (Académico de Honor a título póstumo). 7 de marzo de 2005. Amigos de la Cultura Científica.
14. *Blas Cabrera y Albert Einstein.* (Acto de Nombramiento como Académico de Honor a título póstumo del Excmo. Sr. D. **Blas Cabrera Felipe**). **Francisco González de Posada**. 20 de mayo de 2005. Amigos de la Cultura Científica.

15. *La flora vascular de la isla de Lanzarote. Algunos problemas por resolver.* (Académico Correspondiente). **Jorge Alfredo Reyes Betancort.** 5 de julio de 2005. Jardín de Aclimatación de La Orotava.
16. *El ecosistema agrario lanzaroteño.* (Académico Correspondiente). **Carlos Lahora Arán.** 7 de julio de 2005. Dirección Insular del Gobierno en Lanzarote.
17. *Lanzarote: características geoestratégicas.* (Académico Correspondiente). **Juan Antonio Carrasco Juan.** 11 de julio de 2005. Amigos de la Cultura Científica.
18. *En torno a lo fundamental: Naturaleza, Dios, Hombre.* (Académico Correspondiente). **Javier Cabrera Pinto.** 22 de marzo de 2006. Amigos de la Cultura Científica.
19. *Materiales, colores y elementos arquitectónicos de la obra de César Manrique.* (Acto de Nombramiento como Académico de Honor a título póstumo de **César Manrique**). **José Manuel Pérez Luzardo.** 24 de abril de 2006. Amigos de la Cultura Científica.
20. *La Medición del Tiempo y los Relojes de Sol.* (Académico Correspondiente). **Juan Vicente Pérez Ortíz.** 7 de julio de 2006. Caja de Ahorros del Mediterráneo.
21. *Las estructuras de hormigón. Debilidades y fortalezas.* (Académico Correspondiente). **Enrique González Valle.** 13 de julio de 2006. INTEMAC.
22. *Nuevas aportaciones al conocimiento de la erupción de Timanfaya (Lanzarote).* (Académico de Número). **Agustín Pallarés Padilla.** 27 de junio de 2007. Excmo. Ayuntamiento de Arrecife.
23. *El agua potable en Lanzarote.* (Académico Correspondiente). **Manuel Díaz Rijo.** 20 de julio de 2007. Excmo. Ayuntamiento de Arrecife.
24. *Anestesiología: Una especialidad desconocida.* (Académico Correspondiente). **Carlos García Zerpa.** 14 de diciembre de 2007. Hospital General de Lanzarote.
25. *Semblanza de Juan Oliveros. Carpintero – imaginero.* (Académico de Número). **José Ferrer Perdomo.** 8 de julio de 2008. Museo Etnográfico Tanit.
26. *Estado actual de la Astronomía: Reflexiones de un aficionado.* (Académico Correspondiente). **César Piret Ceballos.** 11 de julio de 2008. Iltre. Ayuntamiento de Tías.
27. *Entre aulagas, matos y tabaibas.* (Académico de Número). **Jorge Alfredo Reyes Betancort.** 15 de julio de 2008. Excmo. Ayuntamiento de Arrecife.
28. *Lanzarote y el vino.* (Académico de Número). **Manuel Díaz Rijo.** 24 de julio de 2008. Excmo. Ayuntamiento de Arrecife.
29. *Cronobiografía del Dr. D. José Molina Orosa y cronología de acontecimientos conmemorativos.* (Académico de Número). **Javier Cabrera Pinto.** 15 de diciembre de 2008. Gerencia de Servicios Sanitarios. Área de Salud de Lanzarote.
30. *Territorio Lanzarote 1402. Majos, sucesores y antecesores.* (Académico Correspondiente). **Luis Díaz Feria.** 28 de abril de 2009. Excmo. Ayuntamiento de Arrecife.
31. *Presente y futuro de la reutilización de aguas en Canarias.* (Académico Correspondiente). **Sebastián Delgado Díaz.** 6 de julio de 2009. Agencia Canaria de Investigación, Innovación y Sociedad de la Información.



32. *El análisis del tráfico telefónico: una herramienta estratégica de la empresa.* (Académico Correspondiente). **Enrique de Ferra Fantín.** 9 de julio de 2009. Excmo. Cabildo de Fuerteventura.
33. *La investigación sobre el fondo cósmico de microondas en el Instituto de Astrofísica de Canarias.* (Académico Correspondiente). **Rafael Rebolo López.** 11 de julio de 2009. Instituto de Astrofísica de Canarias.
34. *Centro de Proceso de Datos, el Cerebro de Nuestra Sociedad.* (Académico Correspondiente). **José Damián Ferrer Quintana.** 21 de septiembre de 2009. Museo Etnográfico Tanit.
35. Solemne Sesión Académica Necrológica de Homenaje al Excmo. Sr. D. Rafael Arozarena Doblado, Académico Correspondiente en Tenerife. *Laudatio Académica* por **Francisco González de Posada** y otras *Loas*. 24 de noviembre de 2009. Ilte. Ayuntamiento de Yaiza.
36. *La Cesárea. Una perspectiva bioética.* (Académico Correspondiente). **Fernando Conde Fernández.** 14 de diciembre de 2009. Gerencia de Servicios Sanitarios. Área de Salud de Lanzarote.
37. *La “Escuela Luján Pérez”: Integración del pasado en la modernidad cultural de Canarias.* (Académico Correspondiente). **Cristóbal García del Rosario.** 21 de enero de 2010. Fundación Canaria “Luján Pérez”.
38. *Luz en la Arquitectura de César Manrique.* (Académico Correspondiente). **José Manuel Pérez Luzardo.** 22 de abril de 2010. Excmo. Ayuntamiento de Arrecife.
39. *César Manrique y Alemania.* (Académico Correspondiente). **Bettina Bork.** 23 de abril de 2010. Ilte. Ayuntamiento de Haría.
40. *La Química Orgánica en Canarias: la herencia del profesor D. Antonio González.* (Académico Correspondiente). **Ángel Gutiérrez Ravelo.** 21 de mayo de 2010. Instituto Universitario de Bio-Organica “Antonio González”.
41. *Visión en torno al lenguaje popular canario.* (Académico Correspondiente). **Gregorio Barreto Viñoly.** 17 de junio de 2010. Ilte. Ayuntamiento de Haría.
42. *La otra Arquitectura barroca: las perspectivas falsas.* (Académico Correspondiente). **Fernando Vidal-Ostos.** 15 de julio de 2010. Amigos de Écija.
43. *Prado Rey, empresa emblemática. Memoria vitivinícola de un empresario ingeniero agrónomo.* (Académico Correspondiente). **Javier Cremades de Adaro.** 16 de julio de 2010. Real Sitio de Ventosilla, S. A.
44. *El empleo del Análisis Dimensional en el proyecto de sistemas pasivos de acondicionamiento térmico.* (Académico Correspondiente). **Miguel Ángel Gálvez Huerta.** 26 de julio de 2010. Fundación General de la Universidad Politécnica de Madrid.
45. *El anciano y sus necesidades sociales.* (Académico Correspondiente). **Aristides Hernández Morán.** 17 de diciembre de 2010. Excmo. Cabildo de Fuerteventura.
46. *La sociedad como factor impulsor de los trasplantes de órganos abdominales.* (Académico Correspondiente). **Enrique Moreno González.** 12 de julio de 2011. Amigos de la Cultura Científica.
47. *El Tabaco: de producto deseado a producto maldito.* (Académico Correspondiente). **José Ramón Calvo Fernández.** 27 de julio de 2011. Dpto. Didácticas Espaciales. ULPGC.

48. *La influencia de la ciencia en el pensamiento político y social*. (Académico Correspondiente). **Manuel Medina Ortega**. 28 de julio de 2011. Grupo Municipal PSOE. Ayuntamiento de Arrecife.
49. *Parteras, comadres, matronas. Evolución de la profesión desde el saber popular al conocimiento científico*. (Académico Numerario). **Fernando Conde Fernández**. 13 de diciembre de 2011. Italfármaco y Pfizer.
50. *En torno al problema del movimiento perpetuo. Una visión histórica*. (Académico Correspondiente). **Domingo Díaz Tejera**. 31 de enero de 2012. Ayuntamiento de San Bartolomé
51. *Don José Ramírez Cerdá, político ejemplar: sanidad, educación, arquitectura, desarrollo sostenible, ingeniería de obras públicas viarias y de captación y distribución de agua*. (Académico Correspondiente). **Alvaro García González**. 23 de abril de 2012. Excmo. Cabildo de Fuerteventura.
52. *Perfil biográfico de César Manrique Cabrera, con especial referencia al Municipio de Haría*. (Académico Numerario). **Gregorio Barreto Viñoly**. 25 de abril de 2013. Ilte. Ayuntamiento de Haría.
53. *Tecnología e impacto social. Una mirada desde el pasado hacia el futuro*. (Académico Correspondiente). **Roque Calero Pérez**. 26 de abril de 2013. Mancomunidad del Sureste de Gran Canaria.
54. *Historia del Rotary Club Internacional: Implantación y desarrollo en Canarias*. (Académico Correspondiente). **Pedro Gopar González**. 19 de julio de 2013. Construcciones Lava Volcánica, S.L.
55. *Ensayos en vuelo: Fundamento de la historia, desarrollo, investigación, certificación y calificación aeronáuticas*. (Académico Correspondiente). **Antonio Javier Mesa Fortún**. 31 de enero de 2014. Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial.
56. *El cielo nocturno de Fuerteventura: Recurso para la Ciencia y oportunidad para el Turismo*. (Académico Numerario). **Enrique de Ferra Fantín**. 20 de mayo de 2015.
57. *La Unión Europea ante las crisis internacionales*. (Académico Numerario). **Manuel Medina Ortega**. 24 de julio de 2015.
58. *Seguridad alimentaria y disruptores endocrinos hoy*. (Académico Correspondiente). **Antonio Burgos Ojeda**. 14 de diciembre de 2015.
59. *El Dr. Tomás Mena y Mesa: Médico filántropo majorero*. (Académico Numerario). **Aristides Hernández Morán**. 15 de diciembre de 2015.
60. *Callejero histórico de Puerto de Cabras - Puerto del Rosario*. (Académico Numerario). **Álvaro García González**. 20 de abril de 2016.
61. *El moderno concepto de Probabilidad y su aplicación al caso de los Seguros/Il moderno concetto di Probabilità e il suo rapporto con l'Assicurazione*. (Académico Correspondiente en Italia). **Claudio de Ferra**. 25 de julio de 2016.
62. *Comentarios históricos sobre la obra de Boccaccio. "De Canaria y de las otras islas nuevamente halladas en el océano allende España"*. (Académico Numerario). **Cristóbal García del Rosario**. 25 de julio de 2016.

63. «*Literatura Viva*», Una iniciativa en Lanzarote para fomentar la práctica de la *Lectura en Voz Alta*. (Académico Correspondiente). **Manuel Martín-Arroyo Flores**. 26 de julio de 2016.
64. *La herencia centenaria de un soñador. Huella y legado de Manuel Velázquez Cabrera (1863-1916)*. (Académico Correspondiente). **Felipe Bermúdez Suárez**. 17 de octubre de 2016.
65. *Propuesta para la provincialización de las islas menores del archipiélago canario*. (Académico Correspondiente). **Fernando Rodríguez López-Lannes**. 18 de octubre de 2016.
66. *Cambio Climático y Tabaco: El negocio está en la duda*. (Académico Numerario). **José Ramón Calvo Fernández**. 12 de diciembre de 2016.
67. *Los RPAS, un eslabón más en la evolución tecnológica*. (Académico Numerario). **Juan Antonio Carrasco Juan**. 30 de enero de 2017.



**HOTEL LANCELOT  
ARRECIFE (LANZAROTE)**

---

---