

VEHÍCULOS AÉREOS NO TRIPULADOS: DESCRIPCIONES GENERALES Y APLICACIONES

Claudia Sánchez, Consultora en Innovación Tecnológica

Resumen — El desarrollo tecnológico generado en el entorno militar ha sido fuente de ideas y avance en diferentes áreas del conocimiento, situación que puede verse también en el caso de los vehículos aéreos no tripulados. Este tipo de artefactos operados remotamente, está encontrando acogida en diferentes sectores de uso civil, por lo cual se presentan perspectivas de desarrollo de nuevos modelos de negocio asociados a esta tecnología. Sus diferentes aplicaciones han requerido el diseño del vehículo con diferentes configuraciones, lo cual genera la necesidad de establecer una serie de parámetros de clasificación que dependen del grado de complejidad técnica grado de complejidad. Siendo una tecnología en desarrollo, enfrentan restricciones de tipo normativo, ético y social que presentan retos para su implementación. En este artículo se busca sintetizar información básica relacionada con los UAV (Vehículo aéreo no tripulado, UAV por sus siglas en inglés) como tecnología en desarrollo con potencialidades de usos en múltiples sectores productivos. Adicionalmente, se hace un resumen del avance en el desarrollo de este tipo de vehículos y sus sistemas asociados a nivel local

Palabras Clave — Drones, UAS, UAV, RPAS, usos de UAV.

1. INTRODUCCIÓN

Los DRONES son sistemas de aviación diseñados con el propósito de realizar operaciones aéreas sin piloto a bordo, con la posibilidad de ser controlado a distancia (desde una estación de control en tierra) o ser pre-programado para realizar vuelos de forma autónoma y en algunos casos, pueden estar diseñados para llevar carga (Gupta, Ghonge, & Jawandhiya, 2013). Son aeronaves que pueden reutilizarse y de acuerdo con sus requerimientos de operación, pueden tener diferentes mecanismos de propulsión (como motores eléctricos, de explosión o reacción), capaces de mantener el nivel de vuelo controlado y sostenido (Rodríguez-Martín, 2015). Se conocen en la literatura como Vehículo aéreo no tripulado (UAV por sus siglas en inglés) o Sistemas de aviones pilotados a distancia (RPAS por sus siglas en inglés), entre otros.

Los diseños de los UAV incluyen diferentes formatos, para sus posibles aplicaciones. Aunque los primeros que se fabricaron estaban relacionados con propósitos militares, hoy en día están en desarrollo una amplia variedad de dispositivos para diferentes usos y se han identificado una multiplicidad de nuevas opciones para su implementación (Joint Research Centre - JRC, 2014). A la fecha se han utilizado en cinematografía aérea, inspección (de cultivos o de aspas de molinos de viento) y se tiene interés en utilizarlos en aplicaciones asociadas a extinción de incendios o detección de sustancias químicas, aunque actualmente estas últimas se encuentran limitadas debido a requerimientos de seguridad pública (Pappota & de Boera, 2015)

Además de los vehículos individuales, en su diseño y

operación se deben tener en cuenta aspectos como la necesidad de estaciones terrestres (por ejemplo para ubicar los pilotos remotos). También requieren infraestructura y software para control y comunicación.

De acuerdo con el JRC (2014) las barreras más fuertes que enfrenta actualmente la implementación de estos sistemas son de carácter regulatorio, que han exigido que técnicamente se vayan superando las restricciones y procedimientos de seguridad que demanda la utilización de este tipo de vehículos. Adicionalmente, de acuerdo con Pappota et al (2015) para obtener los permisos de vuelo de UAV por parte de las autoridades es necesario identificar el tipo de operación y demostrar la seguridad de las mismas. Por otro lado, hay aspectos sociales y éticos que todavía se encuentran en análisis y requerirán consultas públicas y análisis de las respuestas de la comunidad para establecer las normas, aplicaciones y el futuro de los UAV en la vida civil (Joint Research Centre - JRC, 2014).

Este artículo busca hacer una revisión general de los Vehículos Aéreos No Tripulados, incluyendo su clasificación, posibles usos y una identificación de su desarrollo local a la fecha.

2. VEHÍCULOS AÉREOS NO TRIPULADOS (UAV)

Son sistemas de aviación pilotados remotamente que se conocen popularmente como drones (ver Fig. 1). Estos vehículos vuelan sin piloto a bordo, aunque pueden involucrar pilotos humanos en el control del vehículo desde metros o kilómetros de distancia. En algunos casos, los drones requieren control remoto

estrecho por parte un piloto humano; sin embargo, existen drones totalmente autónomos que tienen la capacidad de decidir la manera en que ejecutarán tareas complejas (Otto, Agatz, Campbell, Golden, & Pesch, 2018).



Figura. 1. Ejemplo de UAV con cuatro rotores (de uso académico).
Fuente: (Valavanis & Vachtsevanos, 2015)

Tienen sistemas con diferentes grados de automatización y autonomía, así como sensores de navegación y cartografía integrados en plataformas controladas por radio (Colomina & Molina, 2014). La tecnología asociada a estos vehículos tiene un sistema de control tanto de vuelo como operativo, que incluye estaciones terrestres, así como la infraestructura para comunicaciones (Boucher, 2015), terminal de datos, sistemas de lanzamiento y recuperación, interfaz de control de tráfico aéreo (Gupta, Ghonge, & Jawandhiya, 2013).

Según los mismos autores, debido a su condición de aviones no tripulados, estos vehículos necesitan una forma de control definida, contando actualmente con tres alternativas diferentes: Pilotaje remoto (control en tierra), control semiautónomo o control totalmente autónomo. De acuerdo con Gupta et al. (2013) los UAV modernos no son vehículos de pilotaje remoto. Se busca en su lugar diseño de vehículos semiautónomos o autónomos.

Para vuelos semiautónomos, se requiere que un operador tome el control total del vehículo en momentos específicos: antes del vuelo, en el despegue y aterrizaje y cuando está operando cerca a la base en tierra, con la opción de tomar el control de la nave en cualquier momento. Sin embargo, una vez en el aire, el vehículo puede funcionar con una opción de piloto automático, obedeciendo la programación previa que se haya desarrollado para su misión (Gupta, Ghonge, & Jawandhiya, 2013). Los vuelos de control autónomo corresponden a la incorporación en el vehículo de una computadora que reemplaza al ser humano, la cual ha sido habilitada para monitorear el estado del vehículo, su configuración, así como la ejecución del control de los elementos que tiene a bordo, sometiendo su funcionamiento a las restricciones indicadas en el programa previamente desarrollado para su opera-

ción.

Los UAV se desarrollaron en principio para uso en vigilancia y combate (Boucher, 2015). Las primeras investigaciones tenían como objetivo desarrollar un vehículo armado, que redujera el riesgo de personas en territorios hostiles (Rao, Gopi, & Maione, 2016). Sin embargo, con el paso del tiempo se ha establecido la posibilidad de desarrollar nuevas aplicaciones para usos industriales y en general en la vida civil (Boucher, 2015); por ejemplo, el uso de drones en búsqueda y rescate de personas en un evento natural, generó la certificación de drones con usos diferentes al militar (Rao, Gopi, & Maione, 2016).

3. CLASIFICACIÓN DE LOS UAV

Las tipologías de clasificación permiten hacer diferencia entre las características de operación y de capacidad; por lo tanto, actualmente se cuenta con una diversidad de categorizaciones para los drones. Adicionalmente, algunos de los tipos de clasificación están relacionados con aspectos físicos que pueden responder a temas regulatorios. Dentro de las métricas utilizadas para realizar los diferentes tipos de clasificación de los UAV, se incluyen el peso medio de despegue (MTOW por sus siglas en inglés), el tamaño, la masa, la altura de vuelo, entre otras (Valavanis & Vachtsevanos, 2015).

MTOW se considera un buen punto de partida para realizar la clasificación de aeronaves, por cuanto su tipificación se realiza con respecto al riesgo que cada UAV puede representar en el caso de un impacto, tanto para personas como para la propiedad. Otra clasificación puede realizarse con base en la altitud por cuanto indican requisitos que permiten evitar colisiones. Este tipo de vehículos también se pueden clasificar usando como parámetros de diferenciación clave tanto la desviación máxima de ruta de vuelo ordenada, como su duración, factores que están correlacionados indirectamente con el riesgo de colisión en el aire. Otro criterio puede ser el peso, siendo UAV pequeños aquellos con menos de 25 Kg de peso, de peso medio entre 25 y 150 Kg, mientras vehículos de 150 Kg en adelante, se consideran pesados. De acuerdo con las categorías de los UAV, se puede presentar la necesidad de establecer diferentes requisitos de certificación tanto para los pilotos, como para los sistemas de control, entre otros requerimientos que van generándose en la medida en que avanza la tecnología y se incrementa la diversidad de sus aplicaciones (Valavanis & Vachtsevanos, 2015).

Un tipo de clasificación a partir de criterios de forma se puede ver en la Tabla 1.

Finalmente, de acuerdo con el uso o aplicación, los

drones se clasifican en 6 categorías funcionales, que son: UAV objetivo y señuelo, de reconocimiento, de combate, de logística, de investigación y desarrollo, y de aplicaciones civiles y comerciales (González, Martínez, Bueno, & Arias, 2017)

TABLA I
CLASIFICACIÓN DE UAS.

Clasificación	Características físicas	Características de operación
Ala fija	<ul style="list-style-type: none"> • UA con alas • Requieren de pista para aterrizar o despegar 	Resistencia: larga
Ala rotatoria	<ul style="list-style-type: none"> • Tipo helicóptero, • Posibilidad de despegue y aterrizaje vertical. • Rotores pueden ser: principal y de cola, coaxiales, en tándem o múltiples. 	Capacidad de vuelo estacionario y alta maniobrabilidad
Globos aerostáticos	Más livianos que el aire. Por lo general, de gran tamaño	larga resistencia baja velocidad
Alas aleteantes	Alas pequeñas flexibles y morfológicas. Pueden tener configuraciones híbridas	

Fuente: Adaptado de (Gupta, Ghonge, & Jawandhiya, 2013)

4. SUBSISTEMAS DE LOS UAV

Los sistemas que involucran los UAV incluyen la aeronave (avión no tripulado) con sus enlaces de comando y control, sus enlaces de comunicación y la estación de control en tierra (Gupta, Ghonge, & Jawandhiya, 2013).

Según Gupta et al (2013) los sistemas de control de vuelo pueden usar radio o una computadora a bordo (con GPS), que se conectan al sistema de control del vehículo. Este sistema incluye las estaciones de control, los enlaces de comunicación, terminal de datos, los sistemas de lanzamiento y recuperación, el equipo de apoyo en tierra y la interfaz de control de tráfico aéreo (Gupta, Ghonge, & Jawandhiya, 2013).

Estos vehículos también requieren sensores, que permitan mantener vuelo con poca o ninguna intervención humana directa. Por ejemplo, los sensores de navegación y micro-procesadores, son los que permiten la navegación y logro de las misiones y en términos de la estructura de costos del dispositivo, tienen el mayor impacto económico asociado a la fabricación del vehículo (Gupta, Ghonge, & Jawandhiya, 2013). También necesitan sensores para medir cambio en

distancia, posición, grupo o rumbo o sensores de posición absolutos, como el GPS (Global Positioning System) que permite tener la posición del vehículo con respecto a la tierra (Castillo, Lozano, & Dzul, 2005).

Como se mencionó anteriormente, los UAV requieren sistemas de comunicación; por ejemplo, un enlace de datos que por lo general está constituido por un transmisor de Radio Frecuencia y un receptor, una antena y módems, que permitan poner en contacto estos aparatos con los sistemas de sensores. Estos enlaces de datos pueden realizarse de manera directa (punto a punto) o comunicación por satélite (STAT-COM) y tienen tres funciones principales: Enlaces ascendentes para enviar datos de control desde un punto (estación terrestre o satélite) al UAV; Descendentes que envían datos desde los sensores del UAV y por último un enlace que permite medir el azimut (orientación respecto del norte) y rango desde la estación terrestre hasta el UAV (Gupta, Ghonge, & Jawandhiya, 2013).

Estos vehículos, requieren de un área denominada estación de control en tierra, en la cual se tienen los elementos de telecomunicación, dispositivos que facilitan la guía y control, los giróscopos y otros elementos que facilitan el control del vuelo.

5. USOS NO MILITARES DE LOS DRONES

Los drones de aplicación civil y comercial, son aquellos cuyos operadores se dedican a actividades como fotografía y videos a nivel profesional, construcción e inspección de infraestructura, vigilancia e inspección y actividades relacionadas con atención de emergencias (González, Martínez, Bueno, & Arias, 2017).

De acuerdo con Rao et al (2016), la existencia de este tipo de vehículos origina la posibilidad de desarrollar múltiples oportunidades de negocio, entre las que se encuentran el alquiler de drones para diversos usos, servicios de mantenimiento y reparación de drones.

5.1. DRONES PARA MONITOREO Y GESTIÓN DE TRÁFICO

El volumen de tráfico que crece continuamente, demanda información en tiempo real que permita su monitoreo y control. Esta actividad implica la necesidad de recoger información precisa sobre varios aspectos asociados: condiciones de carretera, estado del tráfico, emergencias, accidentes o eventos que puedan generar congestión (Kanistras, Martins, Rutherford, & Valavanis, 2015). De acuerdo con Valavanis et al. (2015), existe un gran número de investigaciones relacionadas con el uso de UAV como solución a esta necesidad, que comprobó ser una alternativa que

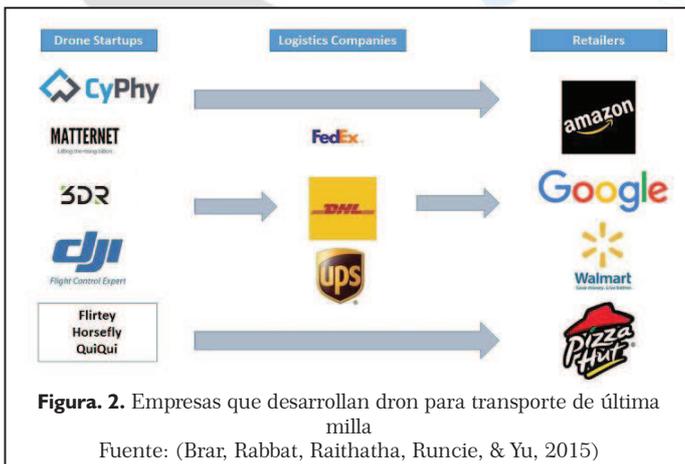
permite monitoreo y gestión en tiempo real del tráfico, con menor consumo de tiempo en su realización.

5.2. DRONES (UAS) PARA TRANSPORTE DE CARGA

Se reconoce el potencial de aplicación de los UAV como solución para la entrega de paquetes, por ejemplo en transporte de última milla. Sin embargo, las aplicaciones prácticas a esta solución todavía están en desarrollo, por cuanto enfrentan varios retos como: el diseño del vehículo (materiales y carga), el desarrollo de rutas apropiadas y que cumplan con la regulación, o la coordinación entre una cantidad de vehículos (UAV) que realizan tales entregas (Barmponakis, Vlahogianni, & Golias, 2016).

Una de las aplicaciones que está en desarrollo es un dron que facilite el transporte de carga (hasta 5 libras) buscando cambiar procesos de envío y entrega, que ha sido promovida por empresas como Amazon Prime Air, DHL y Google, (Rao, Gopi, & Maione, 2016). El diagrama de jugadores actuales, en el desarrollo de drones para última milla se puede ver en la Figura 2. Este proyecto tiene previstos tres tipos de aplicación, (Brar, Rabbat, Raithatha, Runcie, & Yu, 2015) tal como se lista a continuación:

- Uso de estos vehículos por parte de empresas globales de mensajería.
- Uso de Drones por minoristas a partir de plataformas en línea.
- Operación y administración de drones.



5.3. DRONES (UAS) PARA OTRAS APLICACIONES

También se han identificado usos de los drones en la medición y exploración de ambientes volcánicos, en operaciones de detección, monitoreo y extinción de fuego, como apoyo en operaciones marítimas entre otras aplicaciones potenciales (Valavanis &

Vachtsevanos, 2015). Adicionalmente, este tipo de vehículos puede ser usado para el desarrollo de actividades como monitoreo de cultivo o acciones específicas en agricultura de precisión (González, Martínez, Bueno, & Arias, 2017)

6. ESTADO DEL ARTE LOCAL

Se identificó desarrollo de esta tecnología y su utilización en Colombia en fase de investigación, con desarrollo de productos patentables (consultados en las plataformas de COLCIENCIAS y la Superintendencia de Industria y Comercio (SIC) respectivamente). Adicionalmente, se identificaron avances en la reglamentación del uso de este tipo de Vehículos, generada por la Aeronáutica Civil.

6.1. REGLAMENTACIÓN

Según Gomis & Falck (2015), la utilización de drones en Colombia generó debates desde el año 2015, al discutir su uso en la coordinación de operativos de seguridad vial y en la regulación del tráfico vehicular en vacaciones de fin de año. Como en el caso de toda nueva tecnología, se requiere del diseño, implementación y validación de los reglamentos de uso de estos vehículos en cada país, los cuales en principio atienden necesidades y requerimientos locales, para posteriormente llegar a una estandarización de las normas y el diseño de reglas comunes que puedan ser usadas en diferentes lugares (DHL, 2014).

Algunos aspectos que generan debate en diferentes lugares e influyen en el desarrollo de la reglamentación, están relacionados con la congestión del espacio aéreo, los riesgos inherentes relacionados con un posible fallo de un sistema vital de un UAV que pueda ocasionar su caída, desconfianza del público en general debido a una posible pérdida de privacidad, entre otros factores (DHL, 2014).

En Colombia actualmente se permiten dos tipos de aplicaciones para UAV: drones para tomar fotos - videos o drones de uso recreativo - deportivo; para las cuales, la Aeronáutica Civil expidió en julio de 2015 una circular denominada "Requisitos generales para la aeronavegabilidad y operación para RPAS", en la cual se restringe el uso de drones hasta un peso (25 kilogramos) y limita su uso cerca de aeropuertos, bases militares, de policía o entidades gubernamentales, entre otros. Adicionalmente, pone límites de distancia y altura máxima de vuelo, así como a la distancia mínima de uso con respecto a objetos o personas (AEROCIVIL, 2015), como se puede ver en la Tabla 2.

TABLA 2
REGULACIÓN DE DRONES PARA USO EN FOTOGRAFÍA, VIDEO O RECREATIVO- DEPORTIVO EN COLOMBIA.

Regulación	Distancia (valor máximo o mínimo permitido)
Distancias de vuelo permitida	• 750 metros
Altura máxima	• 152 metros.
Altura mínima (con respecto a objeto o persona)	• 50 metros

Fuente: Adaptado de (AEROCIVIL, 2015).

6.2. Investigación en COLOMBIA

Con respecto a los proyectos de los grupos de investigación registrados en la plataforma Scienti, se identificaron desarrollos asociados a UAV principalmente en diseño del vehículo, aunque también se encuentran avances en los sistemas de navegación, estrategia de control y procesos de manufactura para estos dispositivos, para uso en diferentes aplicaciones, como se observa en la Tabla 3.

6.3. PATENTES solicitadas en Colombia

Para el año 2015 se habían realizado nueve solicitudes de patente, por seis personas naturales, tres empresas y una entidad académica (CIGEPI - SIC, 2015). De las solicitudes de patentes, las temáticas incluían control de UAV usando ondas de radio, dispositivos para control de floras silvestres y combustibles, sistemas para identificación de condiciones atmosféricas adversas, cámaras y nuevos métodos de modelamiento de condiciones atmosféricas, entre otros (CIGEPI - SIC, 2015).

Se realizó una búsqueda en base de datos de Patentes de la Superintendencia de Industria y Comercio (SIC), con el fin de identificar la existencia de solicitudes de patentes a nivel nacional, relacionadas con UAV. Se identificaron las siguientes:

- ✓ Solicitud No. 15243027 de octubre de 2015 “Avión no tripulado para inspección de infraestructura” de tres universidades: Universidad Militar Nueva Granada, Pontificia Universidad Javeriana y Universidad Nacional de Colombia.
- ✓ Solicitud 15135385 de junio de 2015 “Avión no tripulado de ensamble modular” de la Universidad Militar Nueva Granada.

Lo cual hace evidente que el campo de desarrollo tiene potencial y que actualmente se cuenta con capacidades de investigación y desarrollo para impulsar el diseño de estos vehículos.

TABLA 3
PROYECTOS REGISTRADOS EN LA PLATAFORMA SCIENTI, DE GRUPOS DE INVESTIGACIÓN EN COLOMBIA.

Tipo de Proyecto	Título registrado en Gruplac
Investigación y Desarrollo	<ul style="list-style-type: none"> • Concepción de un Vehículo Aéreo No Tripulado del Tipo QuadRotor para Aplicaciones de Supervisión Aérea de Instalaciones de Petróleo y Gas Natural • Desarrollo del sistema de navegación autónoma para el "UAV" de la Escuela Naval "Almirante Padilla" • Diseño y construcción de un vehículo aéreo no tripulado (UAV) NAVIGATOR X2. Fase III: puesta a punto y vuelos de prueba
Trabajos de grado de pregrado	<ul style="list-style-type: none"> • Herramienta para simulación, pruebas y validación de estrategia de control longitudinal de los UAV de la Escuela Naval de Cadetes Almirante Padilla • Descripción de la plataforma direccional para la antena receptora de video del UAV • Análisis de estabilidad y control del vehículo aéreo no tripulado USB-AGRO • Proceso de manufactura de un vehículo aéreo no tripulado (UAV) NAVIGATOR X-2.1
Prototipo Industrial	<ul style="list-style-type: none"> • Vehículo Aéreo No Tripulado para Apoyo Operaciones Infantería de Marina

Fuente: Adaptado de (COLCIENCIAS, 2017)

7. CONCLUSIONES

Siendo tecnología diseñada originalmente para operaciones militares, el desarrollo e implementación de los vehículos aéreos no tripulados ha generado expectativas en aplicaciones civiles, desde los procesos de investigación, hasta su posible utilización en diversos sectores económicos, con la oportunidad de desarrollar vehículos especializados para los usos específicos que demanda cada sector.

Dadas las diferentes necesidades para las cuales se ha reconocido su utilidad, se han diseñado diferentes tipos de UAV que han demandado diferentes esquemas de clasificación, de acuerdo con características o variables de su diseño y operación, de manera que faciliten tanto su identificación como la reglamentación de uso.

Los requerimientos de operación de los drones de-

mandan diseños tanto del vehículo individual, como de sistemas relacionados con procesos de control, comunicaciones, infraestructura en tierra que faciliten su operación remota, su lanzamiento y recuperación.

El desarrollo de los UAV ha demandado en diferentes partes del mundo del análisis y diseño de normativas que permitan su utilización de manera segura, protegiendo los intereses de los ciudadanos. La implementación y prueba de estas normas y reglas a nivel local, permitirá establecer una colección de buenas prácticas que faciliten la estandarización de las mismas a nivel global.

El potencial de los UAV para la investigación y desarrollo es muy promisorio, por las distintas aplicaciones en las cuales puede ser usado; por tanto, dependerá tanto del sector académico como del productivo su explotación y aprovechamiento en Colombia.

BIBLIOGRAFÍA

- AEROCIVIL. (27 de 07 de 2015). *Circulares Reglamentarias*. Obtenido de Sitio Web de la Aeronáutica Civil: <http://www.aerocivil.gov.co/Lists/Noticias%20Internet/Attachments/197/CIRCULAR%20REGLAMENTARIA%20%20002%20-%20RPAS.pdf>
- Barmounakis, E. N., Vlahogianni, E. I., & Golias, J. C. (2016). Unmanned Aerial Aircraft Systems for transportation engineering: Current practice and future challenges. *International Journal of Transportation Science and Technology*, 111-122.
- Boucher, P. (2015). Domesticating the Drone: The Demilitarisation of Unmanned Aircraft for Civil Markets. *Science and Engineering Ethics*, 21(6), 1393-1412. doi:<https://doi.org/10.1007/s11948-014-9603-3>
- Brar, S., Rabbat, R., Raithatha, V., Runcie, G., & Yu, A. (2015). Drones for Deliveries. *Sutardja Center for Entrepreneurship & Technology Technical Report*, 1-21.
- Castillo, P., Lozano, R., & Dzul, A. E. (2005). *Modelling and Control of Mini-Flying Machines*. London: Springer Science+Business Media.
- CIGEPI - SIC. (2015). *Boletín Tecnológico: Vehículos Aéreos no Tripulados, DRONES y sus sistemas de comunicación*. Bogotá: Centro de Información Tecnológica y Apoyo a la Gestión de la Propiedad Industrial - CIGEPI.
- COLCIENCIAS. (2017). *Sitio Web Gruplac - Red Scienti - Colciencias*. Recuperado el 2016, de <http://scienti.colciencias.gov.co:8083/ciencia-war/>
- Colomina, I., & Molina, P. (2014). Unmanned aerial systems for photogrammetry and remote sensing: A review. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 79-97.
- DHL. (2014). *UNMANNED AERIAL VEHICLES IN LOGISTICS*. Troisdorf, Germany: DHL Customer Solutions & Innovation.
- González, H., Martínez, J., Bueno, M., & Arias, P. (2017). Unmanned Aerial Systems for Civil Applications: A Review. *Drones*, 1(1), 1-19. doi:<https://doi.org/10.3390/drones1010002>
- Gupta, S., Ghonge, M., & Jawandhiya, P. (2013). Review of Unmanned Aircraft System (UAS). *International Journal of Advanced Research in Computer Engineering & Technology (IJARCET)*, 2(4), 1646-1658.
- Joint Research Centre - JRC. (2014). *Civil Drones in Society: Societal and Ethics Aspects of Remotely Piloted Aircraft Systems*. European Commission, Institute for the Protection and Security of the Citizen. Luxembourg: Publications Office of the European Union. doi:10.2788/14527
- Kanistras, K., Martins, G., Rutherford, M. J., & Valavanis, K. P. (2015). Survey of Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) for Traffic Monitoring. En *Handbook of Unmanned Aerial Vehicles* (págs. 2643-2666). Springer Science.
- Otto, A., Agatz, N., Campbell, J., Golden, B., & Pesch, E. (2018). Optimization approaches for civil applications of unmanned aerial vehicles (UAVs) or aerial drones: A survey. *Networks*, 1-48. doi:<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/net.21818>
- Pappota, M., & de Boera, R. (2015). The integration of drones in today's society. *Procedia Engineering*, 54 - 63.
- Rao, B., Gopi, A. G., & Maione, R. (2016). The societal impact of commercial drones. *Technology in Society*, 83e90.
- Rodríguez-Martín, E. (2015). *Sistema de posicionamiento para un drone*. San Cristobal (España): Universidad de la Laguna.
- Valavanis, K., & Vachtsevanos, G. (2015). *Handbook of Unmanned Aerial Vehicles*. New York: Springer.