

Informe

Integración de Drones en el Entorno de Salud



© Fundació TIC Salut Social

Este informe es fruto del Área de Atención Digital Personalizada de la Fundación TIC Salut Social, con el apoyo del proyecto Digital Catalonia Alliance (DCA).

Autores: Núria Abdón Giménez, Laura Daniela Bejarano Dallos, Berta Llebot Casajuana, Pau Gallinat Muñoz, Cristina Ramos Pagès

Edición electrónica: Enero de 2024

Esta obra está sujeta a una licencia de Reconocimiento - No Comercial - Sin Obras Derivadas 4.0 de Creative Commons. Se permite su reproducción, distribución y comunicación pública siempre que se reconozcan la autoría y el editor y no se haga un uso comercial. No se permite la transformación de esta obra para generar una nueva obra derivada.

Agradecimientos

Desde la Fundación TIC Salut Social queremos agradecer especialmente la colaboración a los miembros del Grupo de Trabajo de Drones, formado por la Comisión de Innovación del Departamento de Salud, el Consorcio de Salud y Social de Cataluña, la Unión Catalana de Hospitales, la Fundación Hospital de Olot y Comarcal de la Garrotxa, el Hospital Parc Taulí y el Sistema de Emergencias Médicas (SEM). Por otra parte, queremos agradecer notablemente la colaboración en la redacción del informe al proyecto Digital Catalonia Alliance (DCA). Queremos destacar su implicación en la aportación de conocimiento y en la realización del informe.

Índice

0.	Glosario de acrónimos / 7	4.5	Reglamento Delegado (UE) 2019/945 / 36
1.	Presentación / 8	4.6	Reglamento de Ejecución (UE) 2019/947 / 38
2.	Introducción a la tecnología dron / 10	4.6.1	Categoría Abierta / 40
3.	¿Qué es un dron? / 13	4.6.2	Categoría Específica / 46
3.1	Tipologías de aeronaves / 16	4.6.3	Categoría Certificada / 48
3.1.1	Aerostatos / 16	5.	Requerimientos mínimos para operar un dron en España / 49
3.1.2	Aerodinos / 17	5.1	Responsabilidades y funciones del operador y el piloto remoto / 52
3.1.3	¿Qué tipo de dron es mejor? / 21	5.2	Concepto MEUH / 53
3.2	Partes de un sistema no tripulado / 22	5.2.1	Meteorología (M) / 54
4.	Marco regulador de la tecnología dron en Europa / 26	5.2.2	Entorno de la operación (E) / 54
4.1	Organismos implicados en la regulación de la tecnología dron / 27	5.2.3	Mantenimiento UAS (U) / 58
4.2	Marco regulador de la tecnología dron en Europa / 28	5.2.4	Limitaciones Humanas (H) / 58
4.3	Normativas, convenios y leyes relacionados / 29	6.	Integración de los drones en el ámbito de la salud / 59
4.4	Otras normativas, directrices, estrategias y dictámenes / 31	6.1	Soluciones y casos de uso de drones en el ámbito de la salud ya implantados / 63
4.4.1	Regulación para equipos electromagnéticos y material electrónico / 31	6.2	Pilotos y estudios realizados / 65
4.4.2	Protección de datos / 32	7.	Conclusiones / 70
4.4.3	Normativas relacionadas con la seguridad, las emergencias médicas y el transporte mercancías / 32	8.	Bibliografía / 72
4.4.4	Estrategia Europea de drones 2.0 y dictamen del Comité Europeo de las Regiones / 34		
4.4.5	Futuras regulaciones / 35		

Índice de ilustraciones

Ilustración 1 Sistema Aéreo No Tripulado / 15

Ilustración 2 Ejemplos de globo y dirigibles / 16

Ilustración 3 Aerodinos / 17

Ilustración 4 Dron con la batería eléctrica visible / 24

Ilustración 5 Categorías de operación con drones / 39

Ilustración 6 Categorías operacionales según el Reglamento de Ejecución (UE) 2019/947 (20) / 40

Ilustración 7 Vías para la realización de operaciones en categoría Específica (20) / 48

Ilustración 8 Modelo de certificado de operador de UAS / 50

Ilustración 9 Pirámide de formación (26) / 51

Ilustración 10 MEUH / 53

Ilustración 11 Metodología I'M SAFE / 58

Índice de tablas

Tabla 1 Tipos de multirrotores (2) / 19

Tabla 2 Comparativa de los tipos básicos de drones / 21

Tabla 3 Categoría Abierta / 42

Tabla 4 Servicios espacio aéreo UAS / 56



Glosario de acrónimos

AESA: Agencia Estatal de Seguridad Aérea.

AMC: Acceptable Means of Compliance, “Medios aceptables de cumplimiento”.

BVLOS: Beyond Visual Line of Sight, “Más allá de la línea de visión”.

CoR: European Committee of the Regions, “Comité Europeo de las Regiones”.

COTER: Commission for Territorial Cohesion Policy and EU Budget, “Comisión de Política de Cohesión Territorial y Presupuesto de la UE”.

CTR: Control Traffic Region, <<Región de tráfico controlado>> o Zona de control

DGAC: Dirección General de Aviación Civil.

DRI: Direct Remote Identification, “Sistema de identificación directa a distancia”.

EASA: European Aviation Safety Agency, “Agencia Europea de Seguridad Aérea”.

ESC: Electronic Speed Control, “Control electrónico de velocidad”.

EVLOS: Extended Visual Line of Sight, “Rango ampliado de la línea de visión”.

FCSE: Fuerzas y Cuerpos de Seguridad del Estado.

GNSS: Global Navigation Satellite System, “Sistema de Navegación por Satélite”.

GPS: Global Positioning System, “Sistema de Posicionamiento Global”.

IA: Inteligencia artificial.

ICAO: International Civil Aviation Society, “Organización de Aviación Civil Internacional”.

IFR: Instrumental Flight Rules, «Reglas de vuelo instrumental».

LiDAR: Light Detection and Ranging o Laser Imaging Detection and Ranging, “Detección y localización por luz láser”.

LUC: Light UAS operator Certificate, “Certificado de operador de UAS ligeros”.

MEUH: Meteorología, Entorno, UAS y Limitaciones humanas.

MINDEF: Ministerio de Defensa.

MTOM: Maximum Take Off Mass, “Masa máxima de despegue”.

PANDU: Plan de Acción Nacional para el Despliegue del U-Space.

PDRA: Predefined Risk Assessment, “Evaluación de riesgos predefinida”.

RD: Real Decreto.

RPA: Remotely Piloted Aircraft, “Aeronave pilotada por control remoto”.

RPAS: Remotely Piloted Aerial System, “Sistema de aeronave pilotada por control remoto”.

SENASA: Servicios y Estudios para la Navegación Aérea y la Seguridad Aeronáutica S.A.

STS: Standard Scenario “Escenarios Estándares”.

UAS: Unmanned Aircraft System, “Sistema de aeronave no tripulada”.

UAV: Unmanned Aerial Vehicle, “Vehículo Aéreo No Tripulado (VANT)”.

UE: Unión Europea.

VANT: Vehículo Aéreo No Tripulado.

VFR: Visual Flight Rules, «Reglas de vuelo visual».

VLOS: Visual Line Of Sight “Rango observable de la línea de visión”.

VTOL: Vertical Take-off and Landing “Despegue y Aterrizaje Vertical”.

Presentación



En la última década, el uso de drones ha experimentado un crecimiento rápido y una amplia evolución en diversos sectores industriales. Su uso se ha llevado a nuevos horizontes y ha modificado los modelos existentes. Su adopción ha revolucionado cómo nos enfrentamos a los desafíos y oportunidades en diversos sectores, y uno de los campos en los que su impacto se ha vuelto más tangible y transformador es en el ámbito de la salud. Estos dispositivos ingeniosos han demostrado un potencial sin precedentes para transformar la prestación de servicios médicos, consiguiendo superar obstáculos logísticos y proporcionando soluciones innovadoras para la atención sanitaria.

A medida que el mundo se enfrenta a desafíos globales como el acceso desigual a servicios de salud en áreas alejadas y la respuesta rápida ante emergencias sanitarias, los drones se presentan como un aliado valioso para mitigar estas problemáticas. Sin embargo, junto a los avances tecnológicos, existen responsabilidades éticas y legales, y aspectos relacionados con la privacidad y la seguridad.

En el presente informe se analizará en detalle la tecnología dron, comenzando por una introducción a la misma, los aspectos éticos y legales a los que esta está sujeta y su operativa. Posteriormente, el informe se centrará en analizar el impacto del uso de drones en el ámbito de la salud, examinando sus posibles aplicaciones y ventajas clave, así como los desafíos y consideraciones importantes que acompañan a esta tecnología, incluyendo aspectos de privacidad y seguridad. Finalmente, se mostrarán los casos de uso identificados con mayor relevancia de esta tecnología, que abastecen a un amplio

abanico de posibilidades. Destacan la entrega de suministros médicos, la aplicación en el transporte de muestras biológicas, el apoyo a la actividad asistencial, la vigilancia epidemiológica, entre otros, que redefinen el enfoque tradicional de la atención sanitaria.

Este informe ofrece una mirada profunda a la actual integración de drones en nuevos procesos asistenciales, allanando el camino para una atención médica más eficiente, accesible e inclusiva. Por eso se analizan casos de éxito, proyectos piloto y estudios de casos que han demostrado la eficacia y su potencial de uso. Asimismo, se identifican las áreas en las que todavía se tiene que investigar y perfeccionar la tecnología con el objetivo de impulsar una adopción más generalizada y sostenible en el sistema sanitario.

En resumen, el uso de la tecnología dron supone una oportunidad única para abordar nuevos desafíos en la atención médica y mejorar la vida de la ciudadanía.

Introducción a la tecnología dron



Los drones, también conocidos como Vehículos Aéreos No Tripulados (VANT), han sido una herramienta de transformación digital que se ha popularizado y democratizado durante la década de 2010 y que progresivamente se ha ido adoptando e integrando en diversas verticales de demanda, incluido el sector de la salud, gracias a su versatilidad y aplicabilidad.

Con el avance de la tecnología, los vehículos y sistemas no tripulados han experimentado un enorme desarrollo, permitiendo la creación de drones comerciales y de usos civiles que existen en la actualidad. Inicialmente, los drones fueron concebidos como una herramienta con fines militares, y aunque podamos pensar que esta es una tecnología relativamente innovadora, lo cierto es que su invención se remonta a finales del siglo XIX. En los años posteriores, la evolución de la tecnología dron fue de la mano del desarrollo de la aviación tripulada y la invención del radiocontrol, que se remonta a principios del siglo pasado. A partir de la década de 1980 y 1990, los drones empezaron a utilizarse en diversas aplicaciones, como la vigilancia ambiental, la búsqueda y el rescate, entre otros; las cuales, han sido posibles gracias a los desarrollos y mejoras en la computación y los sistemas de control. Sin embargo, fueron las mejoras tecnológicas del conjunto de elementos que conforman los drones, las que contribuyeron a su reciente democratización. Entre estos avances recientes y líneas de investigación actuales destacan: el uso de materiales ligeros y flexibles, el desarrollo de baterías de alta capacidad y menor peso, el abaratamiento de los componentes electrónicos y sensores, y su miniaturización, entre otros.

En la actualidad, los drones pueden ser pilotados a distancia, operados de forma automatizada o de forma autónoma. Su capacidad para desplazarse sobre terrenos accidentados y superar obstáculos, los hace valiosos en diversas industrias, incluyendo el sector de la salud, donde se han implementado para mejorar la eficiencia y la calidad de los servicios médicos.

Como en el caso de un avión o un helicóptero, la utilización de drones plantea desafíos en términos de seguridad y regulación, lo que ha impulsado una transformación del sistema de transporte aéreo. Por tanto, los drones deben ser capaces de transportar carga de forma segura y eficiente, cumpliendo con las regulaciones de aviación y seguridad correspondientes y, además, debe garantizarse su interoperabilidad efectiva y segura, especialmente en entornos con distintos fabricantes y sistemas de control.

Para abordar estos desafíos, la Comisión Europea ha establecido un marco regulador común para el uso seguro y responsable de la tecnología dron en los países de la Unión Europea. Esta regulación, a pesar de ser de alcance europeo, da cierta libertad a los Estados miembros para que puedan regular algunos aspectos, como la zonificación. A pesar de disponer de un marco regulador común, debe tenerse en cuenta que la tecnología dron también está sujeta a otras normativas nacionales y directivas que afectan a diferentes aspectos relacionados con su uso. En este informe se mostrará también cuáles son estas regulaciones relacionadas y especialmente la reciente normativa U-Space. Este marco permite la gestión automatizada e integrada del tráfico de drones junto a la aviación tripulada, facilitando su integración segura en el espacio aéreo existente. El objetivo, por tanto, es reducir la dependencia humana y aprovechar la automatización y digitalización para conseguir un sistema eficiente y seguro.

En el campo de la salud, los drones cuentan con múltiples aplicaciones, como el transporte de terapias farmacológicas, el traslado de muestras biológicas, la dotación de diferentes servicios sanitarios y comunicaciones, y facilitar el apoyo en situaciones de emergencia. Su versatilidad de vuelo facilita el acceso a los servicios de atención médica, especialmente en regiones de difícil acceso. Por tanto, se puede afirmar que los drones son una herramienta valiosa en el campo de la salud, donde sus múltiples aplicaciones han demostrado su potencial para revolucionar la atención médica y la telemedicina, permitiendo una atención más efectiva, eficiente y asequible.

El uso de la tecnología dron, especialmente en el ámbito de la salud, está sujeto también a cuestiones éticas y de aceptación social. No obstante, a medida que la tecnología de los drones sigue evolucionando, se espera que su papel en la atención médica siga creciendo, aportando mejoras en la calidad de vida de las personas. Son precisamente estos vectores los que más pueden contribuir a ampliar la aceptación social de los drones. Este aspecto es clave para que los drones se integren en el día a día de los ciudadanos europeos y contribuyan a la consolidación y competitividad de su mercado a nivel europeo.

¿Qué es un dron?



Un dron es una aeronave no tripulada que permite la navegación aérea y que puede ser dirigida remotamente desde tierra, o bien obedecer a las órdenes de un programa informático y funcionar con cierto grado de autonomía. Así pues, lo que determina que un dron sea considerado como tal, es la ausencia de piloto y/o tripulación a bordo.

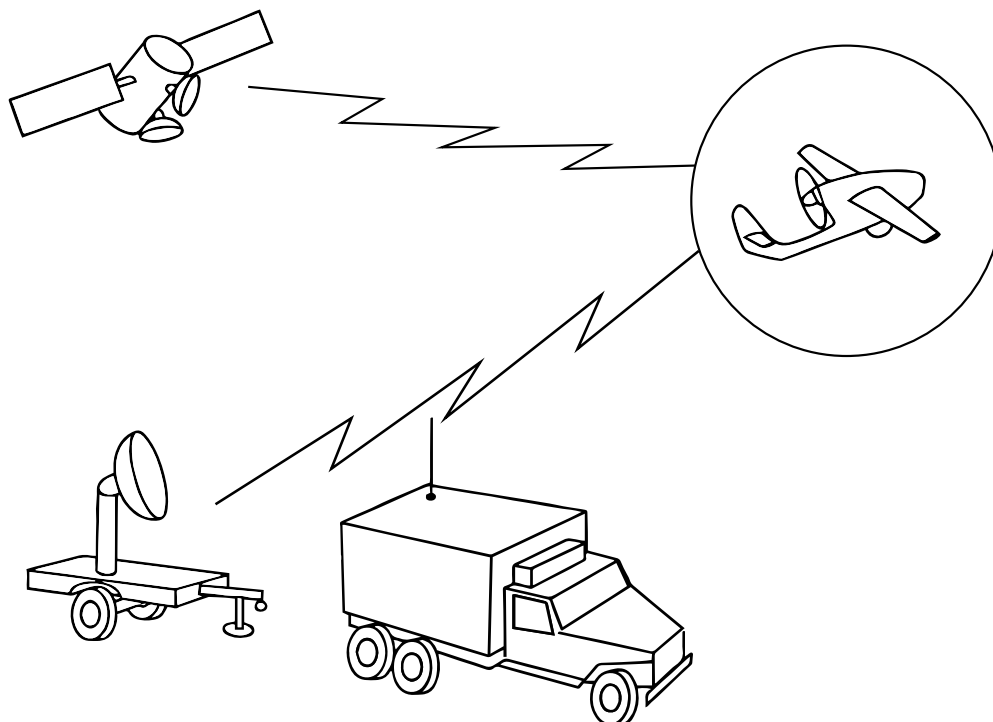
La palabra dron es un neologismo que proviene del inglés drone y que significa, entre otras acepciones, abejorro. Los drones empezaron a llamarse de esta manera porque en los inicios de la aviación se bautizaba a las aeronaves con nombres de insectos, por su vuelo errático y el ruido que producían al volar, parecido a un zumbido.

La palabra “dron” fue elegida por votación popular como ganadora del concurso de neologismos del año 2015. Posteriormente, el Institut d'Estudis Catalans la aceptó y la incluyó en el diccionario catalán, donde figura desde 2017.

Actualmente, existen varias denominaciones para referirse a la tecnología dron. Por este motivo, el lector encontrará varias siglas y palabras a lo largo de este informe. Es importante entender la diferencia entre estas y a qué hace referencia cada una de ellas.

Cabe recordar que la palabra dron hace referencia única y exclusivamente al *Unmanned o Uncreewed Aerial Vehicle* (UAV), en español Vehículo Aéreo No Tripulado (VANT) o aeronave. Sin embargo, *Unmanned o Uncreewed Aerial System* (UAS) hace referencia al conjunto formado por la aeronave, el radioenlace y la infraestructura terrestre, formada por antenas y la estación de tierra.

Sistema aéreo no tripulado (UAS)



Source: Paul Fahlstrom and Thomas Gleason, 2012, *Introduction to UAV Systems*, 4th edition, Wiley

*** Ilustración 1** Sistema Aéreo No Tripulado

Asimismo, y en función de la autonomía de la aeronave o sistema no tripulados, también pueden utilizarse otras denominaciones, como *Remotely Piloted Aircraft System (RPAS)* o *Remotely Piloted Aircraft (RPA)*. Estas denominaciones son las formas inglesas para referirse a un sistema formado por una aeronave pilotada de forma remota por parte del piloto, su estación, los enlaces requeridos de mando y control, y cualquier otro componente según indicado en el diseño de la aeronave.

Actualmente, hay muchas formas de clasificar los drones: en función de sus dimensiones, peso, autonomía, techo de vuelo, etc. Sin embargo, en este informe se presentará la clasificación de los drones en función de la tipología de aeronave, que viene definida por la forma en que los vehículos consiguen generar sustentación para mantenerse en el aire.

3.1. / Tipologías de aeronaves

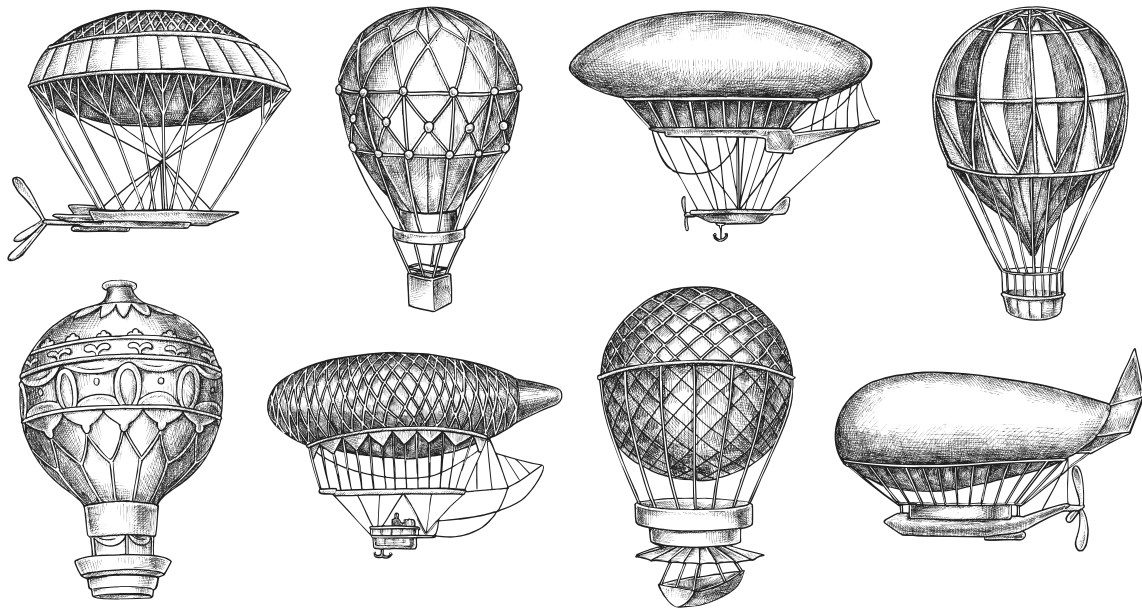
La Organización de Aviación Civil Internacional (ICAO) es el organismo permanente de las Naciones Unidas encargado de la administración de los principios establecidos en el Convenio sobre Aviación Civil Internacional y la elaboración de políticas, normas y auditorías de cumplimiento.

to en el ámbito de la aviación civil (no militar). Este organismo define una aeronave como “toda máquina que puede sustentarse en la atmósfera por reacciones del aire, que no sean las reacciones del mismo contra la superficie de la tierra” (1).

3.1.1 / Aerostatos

Los aerostatos son aeronaves que se elevan gracias a la sustentación generada por un fluido de menor densidad que el aire que rodea este vehículo, como el aire caliente, el hidrógeno o el helio. En esta categoría se encuentran los

globos aerostáticos, que son bolsas de gas sin propulsión que se desplazan con ayuda de las corrientes de aire. Los dirigibles son aerostatos propulsados, que pueden maniobrar y ser controlados.



* **Ilustración 2** Ejemplos de globos y dirigibles

Los drones de la familia de los aerostatos suelen disponer de una gran autonomía y pueden volar a grandes alturas. Sin embargo, suelen desplazarse lentamente y tienen una capacidad de maniobra y control limitados, en comparación con otros tipos de aeronaves. Estas características hacen que en algunos casos este tipo de aeronaves no sean demasiado indicadas para realizar ciertas misiones”.

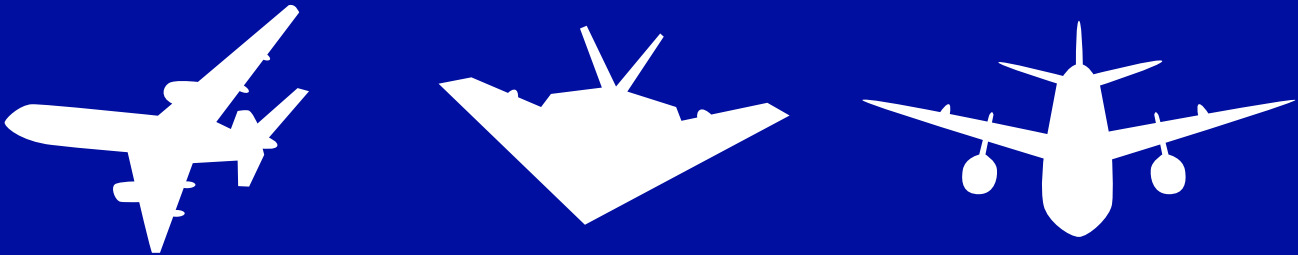
3.1.2 / Aerodinos

Los aerodinos son aeronaves más pesadas que el aire que se mantienen en vuelo gracias a la sustentación generada por sus alas o superficies aerodinámicas. Se dividen en tres tipos principales: aerodinos de ala fija, aerodinos de alas giratorias y aerodinos de alas batientes.

Los drones más utilizados a día de hoy son los de la familia de los aerodinos, tanto de ala fija como giratoria. Los drones de alas batientes son los menos utilizados, ya que existen pocos modelos en el mercado y muchos de ellos todavía están en fase de investigación, por su compleji-

dad mecánica y la sofisticación de los sistemas de control. En lo que se refiere a los aerodinos de ala fija y de alas giratorias, en función del caso de uso se opta por un tipo de aeronave u otro para sacar el máximo provecho de sus capacidades de vuelo.

Los aerodinos de ala fija tienen como denominador común el hecho de tener alas (que pueden ser de dimensiones y geometrías variables) encastadas en el fuselaje. A su vez, se pueden dividir en dos grandes familias en función de cómo consiguen generar sustentación: con o sin motor.



* Ilustración 3 Aerodinos

/ Los aerodinos de ala fija con motor incluyen los aviones, aeroplanos, ekranoplanos, paramotores y ultraligeros.

/ Los aerodinos de ala fija sin motor dependen de las fuerzas aerodinámicas para generar sustentación. Las cometas, planeadores/veleros, alas delta y parapentes son algunos ejemplos de aeronaves de ala fija sin motor.

Los drones de ala fija tienen en común la capacidad de poder cubrir grandes distancias, gracias a su gran eficiencia aerodinámica. Sin embargo, no tienen capacidad de mantener el vuelo estático, ni de despegar de forma vertical, por lo que requieren de una pista de despegue para despegar.

En los aerodinos de alas giratorias, se incluyen los helicópteros, autogiros, girodinos, combinados, convertibles y ciclocópteros. Este tipo de aeronaves disponen de rotores con hélice que les permiten elevarse y aterrizar verticalmente, además de volar estacionariamente. Es gracias a estas capacidades que los drones de alas giratorias requieren de un menor espacio para despegar, en comparación con los sistemas de alas fijas. Las aeronaves convertibles o VTOL (Vertical Take-off and Landing) tienen la particularidad de comportarse como aeronaves de alas fijas y giratorias, ya que disponen tanto de alas como de motores con hélice. Estas características permiten a los VTOL realizar un vuelo estacionario, y adaptar su configuración para volar como los aviones.

Dentro de la familia aeronaves aerodinos de alas giratorias encontramos los multirrotores o multicópteros. Este tipo de aeronaves son muy populares a día de hoy, y se utilizan en muchos casos de uso. Los multirrotores se caracterizan por tener dos o más hélices que se encuentran distribuidas en diferentes configuraciones y geometrías. Estos aerodinos logran generar movimiento gracias a la variación de la velocidad relativa de cada rotor para cambiar su empuje y el par o momento.

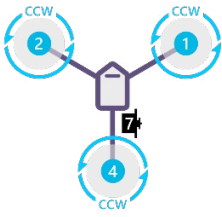
Bicóptero



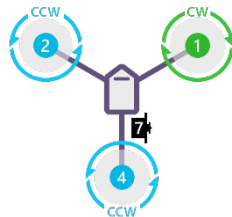
L = Left Throttle, Left Tilt
R = Right Throttle, Right Tilt

BICOPTER

Tricóptero

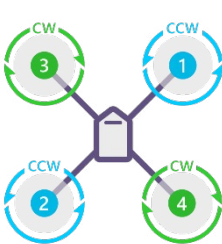


TRICOPTER

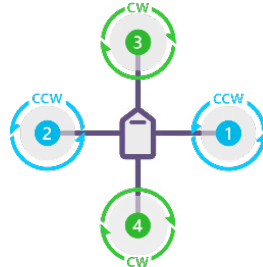


TRICOPTER
Alternative Set-up
(No config change required)

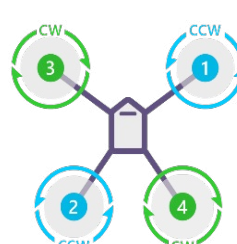
Cuadricóptero



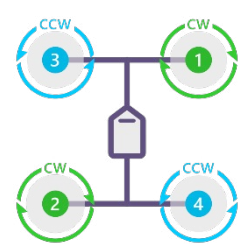
QUAD X



QUAD +

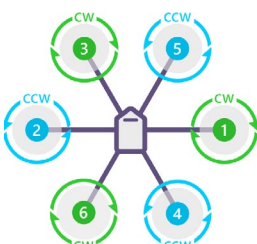


QUAD V

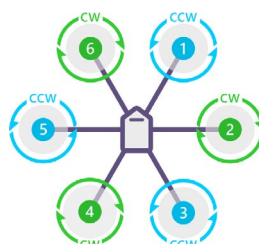


QUAD H

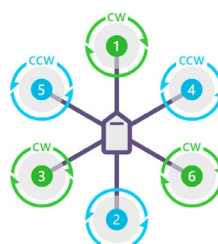
Hexacóptero



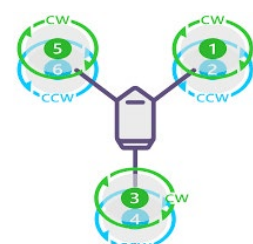
HEXA X



HEXA CW X



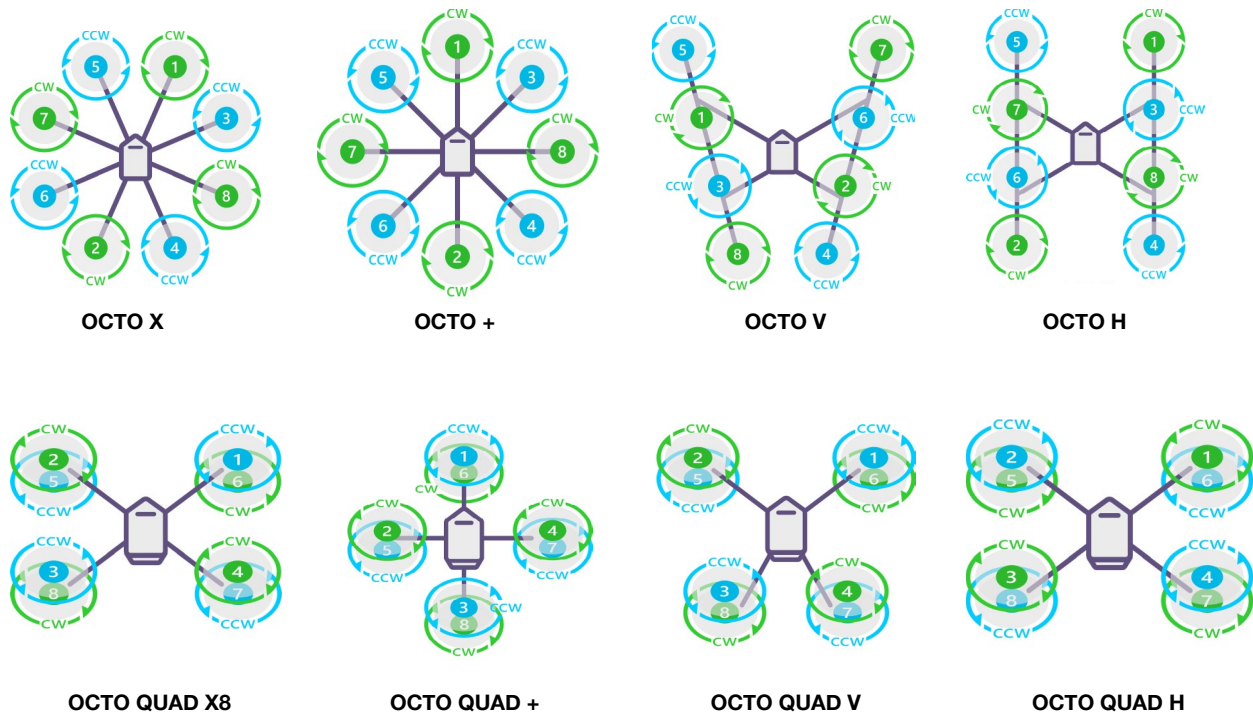
HEXA +



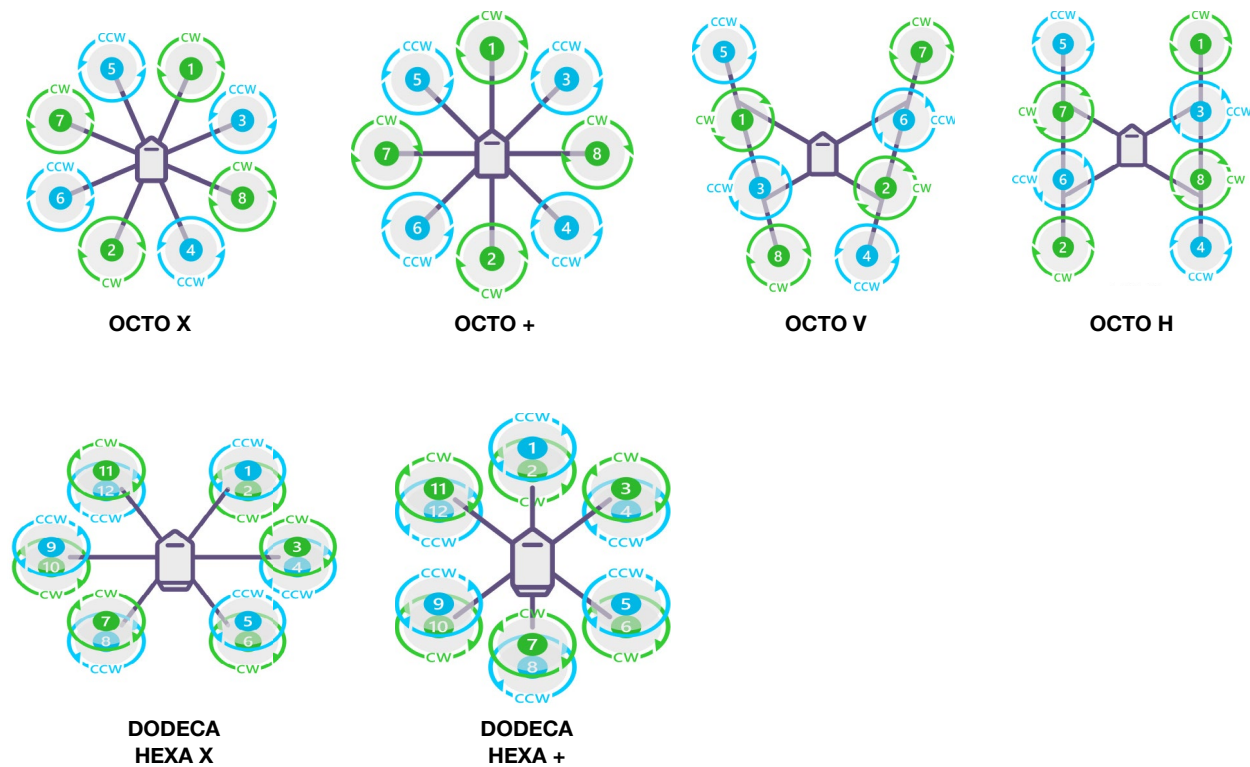
Y6F

* **Tabla 1** Tipos de multirrotores (2)

Octocóptero



Dodecacóptero



3.1.3 / ¿Qué tipo de dron es mejor?

La respuesta es: depende. En función del caso de uso y de los datos que se quiera captar con el dron, será más adecuado optar por un tipo de vehículo u otro.



Globos o dirigibles

Ideales para sobrevolar grandes distancias. Pueden mantenerse en vuelo durante horas, pero se desplazan lentamente y tienen una maniobrabilidad limitada.



Ala fija

Ideal para sobrevolar grandes extensiones y capturar imágenes de poca resolución.



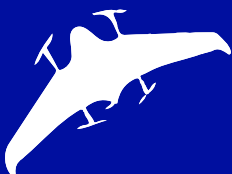
Helicóptero

Ideal para sobrevolar extensiones reducidas y capturar imágenes de alta resolución.



Multirrotor

Ideal para sobrevolar extensiones reducidas y capturar imágenes de alta resolución.



VTOL

Ideal para sobrevolar grandes extensiones y capturar imágenes de alta resolución.

* **Tabla 2** Comparativa de los tipos básicos de drones

3.2. / Partes de un sistema no tripulado

Los drones, como cualquier aeronave, son vehículos complejos formados por distintos sistemas, elementos, componentes. A continuación se presentan los elementos básicos y comunes en cualquier sistema no tripulado.

Estructura del vehículo

El cuerpo del dron está formado por el marco o chasis. Este componente sirve de esqueleto y de anclaje seguro a otros elementos del vehículo, tales como: los motores, las baterías, la placa controladora de vuelo, los variadores, los mecanismos de estabilización gimbal, antenas y otros componentes. La morfología, características y materiales de construcción del chasis influyen en gran medida las dimensiones del dron, su capacidad de absorber vibraciones para mantener la integridad estructural y su eficiencia aerodinámica. En el caso de los multirrotores, los brazos serán los soportes de los motores. En el caso de las aeronaves de alas fijas, las alas formarán parte de la estructura del vehículo y le servirán, además, para generar sustentación.

Sistema de control y guiado

/ Estación de tierra Este dispositivo dispone de tres elementos clave para operar el dron a distancia:

- **Mando o control:** Este dispositivo permite gobernar el dron a distancia e inalámbricamente, haciendo uso de radiofrecuencia, protocolos de comunicación y bandas frecuenciales concretas. Los sistemas de radiocontrol para drones disponen de dos palancas multidireccionales que permiten introducir los movimientos que debe ejecutar el dron. Mediante el control remoto, el piloto remoto también puede llevar a cabo otras acciones sobre el dron, tales como ordenar operaciones que estén automatizadas, u operar la carga de pago.
- **Radiotransmisor (TX) y antenas:** Para enviar las señales electromagnéticas de mando y control desde el suelo hasta el vehículo. Actualmente, la mayoría de UAS civiles utilizan las bandas de 2,4 y 5,8 GHz, ya que son menos susceptibles de sufrir interferencias, pueden operar de forma simultánea con otros dispositivos y permiten transportar volúmenes relativamente grandes de datos, como imágenes y vídeos. Para cubrir grandes distancias, los UAS también pueden utilizar frecuencias más bajas, como las bandas 433 MHz y 868 MHz. Sin embargo, estas últimas son más susceptibles de sufrir interferencias y tienen menos ancho de banda.
- Asimismo, la estación de tierra también puede permitir al operador visualizar los datos que capta el dron. También puede disponer de una interfaz que permita al piloto programar rutas y patrones de vuelo.

/ Radio Receptor (RX) y antenas: Estos dispositivos van embarcados en el dron y se encargan de recibir las señales electromagnéticas que emiten las antenas del radiomando. Este aparato interpreta las ondas de radiofrecuencia y las transforma en señales que se envían al controlado del vuelo.

/ Controlador de vuelo: Este elemento es el “cerebro” del dron y tiene la función de estabilizar y permitir el control de la aeronave. Éste está formado por placas de circuitos impresos con una amplia

gama de sensores entre los que se pueden destacar los de giro, aceleración, barómetros, y procesadores que se encargan de interpretar las señales del radio receptor para convertirlas en instrucciones. Los mandos de movimiento se envían a los controladores electrónicos de velocidad (ESC), o variadores de tensión. El controlador de vuelo también se encarga de enviar los mandos del operador remoto que controlan otros dispositivos, como la carga del dron o los sistemas de estabilización gimbal.

/ Control electrónico de velocidad o variador: Este elemento también se llama ESC (Electronic Speed Control) y se encarga de regular la potencia eléctrica suministrada a los motores sobre la base de las órdenes del controlador de vuelo y, por tanto, regula la velocidad de giro del motor y las hélices.

Sistema de propulsión

El sistema de propulsión del dron está formado por motores, servomotores y/o hélices:

- Los motores y servomotores se encargan de transformar la energía en movimiento. Los drones de uso civil generalmente utilizan motores eléctricos para transformar la energía eléctrica almacenada en las baterías del vehículo en movimientos rotativos (rotores, turbinas) o lineales (servomotores).
- Gracias a la rotación de los motores, las hélices desplazan el aire y generan sustentación. Cabe recordar, sin embargo, que los drones pueden llevar también otros tipos de motores aparte de los eléctricos, tales como motores de combustión y turbinas. Estos últimos cuentan con álabes en vez de hélices.
- Gracias a los servomotores, las aeronaves de ala fija pueden deflectar sus superficies de control (alerones, timón de cola y de profundidad) para modificar la sustentación de las alas y rotar sobre los distintos ejes de la aeronave.

Sistema de alimentación

Para proporcionar energía a los elementos que hay embarcados en el dron, generalmente se utilizan baterías eléctricas. Estos elementos tienen capacidad de almacenar energía eléctrica y de suministrarla a los distintos dispositivos y sistemas embarcados en el dron gracias a la placa de distribución de corriente y al cableado interno. Asimismo, los drones pueden transportar otros sistemas y cargas útiles o transportadas. Estos son elementos que no son necesarios para que el dron pueda volar, pero que pueden integrar para aportar valor a la misión que se lleva a cabo.



* Ilustración 4 Dron de ejemplo

Sistema de posicionamiento

Los drones pueden incorporar sistemas capaces de indicar la posición del vehículo en casi cualquier punto del planeta gracias a los sistemas de navegación por satélite (GNSS). Actualmente, existen diferentes constelaciones de satélites orbitando en torno a la tierra, y que ofrecen información de posicionamiento a miles de dispositivos. Gracias al despliegue de esta tecnología, los receptores GNSS embarcados en los drones pueden calcular la latitud, longitud y altura, proporcionando, así una ubicación precisa del vehículo.

Sensores

Dispositivos capaces de transformar magnitudes físicas o químicas tales como temperatura, alturas, fuerzas, aceleraciones, presiones, distancias, humedad o concentración de ciertos elementos químicos en señales eléctricas. A día de hoy existen un gran número de sensores disponibles que pueden ser integrados en los drones, tales como:

- **Cámaras:** Para capturar imágenes estáticas o en movimiento. Estas pueden ser de diferentes tipos: visuales, térmicas, infrarrojas, nocturnas, multiespectrales e hiperespectrales.
- **LiDAR (*Light Detection and Ranging* o *Laser Imaging Detection and Ranging*):** Para calcular distancias haciendo uso de haces láser. Las distancias se calculan midiendo el tiempo que pasa entre la emisión del pulso láser y el pulso devuelto debido a la reflexión que se causa al interactuar con un objeto o superficie.
- **Barómetros y altímetros:** Para medir la presión atmosférica y la altitud de forma precisa.
- **Higrómetro:** Para medir la humedad.
- **Acelerómetro:** Para medir las aceleraciones.
- **Giroscopios:** Para medir las velocidades angulares.
- **Magnetómetros:** Para medir la fuerza y dirección del campo magnético de la tierra. Permite determinar la orientación del dron.
- **Otros**

Gimbal o Cardan

Es un mecanismo de estabilización electromecánico que neutraliza y aísla la carga transportada de las vibraciones procedentes del dron. Generalmente, los gimbales se utilizan para estabilizar y controlar los movimientos de las cámaras que llevan embarcadas los drones.

Otras cargas transportadas

Objetos o materiales útiles para la misión. En el caso de los drones para usos sanitarios o de emergencias y rescate, estas cargas podrían ser: botiquines para primeros auxilios, medicamentos y vacunas, desfibriladores, muestras de tejidos y fluidos, etc.

Marco regulador de la tecnología dron en Europa



Con la popularización de la tecnología dron durante la década de 2010 se inició el proceso para regular su uso. El marco regulador de la tecnología dron se inició a nivel local y nacional. A día de hoy, los estados miembros de la Unión Europea cuentan con una regulación de ámbito europeo que cubre los aspectos clave y las obligaciones mínimas para poder hacer un uso correcto y seguro de estos.

4.1. / Organismos implicados en la regulación de la tecnología dron

La *European Agency of Aviation Safety* (EASA) es el organismo encargado de regular la tecnología dron y el sector de la aviación en Europa. Su papel es esencial en la estrategia de seguridad aérea de la Unión Europea, ya que promueve los niveles más elevados de seguridad y protección del medioambiente en la aviación civil en Europa y en el mundo y constituye la piedra angular de un nuevo sistema normativo que instaura un mercado único europeo en el sector aeronáutico. Entre las competencias de la Agencia Europea de Seguridad Aérea destacan:

- La redacción de la regulación sobre seguridad de la aviación y prestación de asesoramiento técnico a la Comisión Europea y a los Estados miembros;
- Las inspecciones y formación para garantizar la aplicación uniforme de la legislación europea de seguridad aérea en todos los Estados miembros;
- La certificación de tipos de aeronavegabilidad y medioambiental para productos aeronáuticos, componentes y equipos;
- La aprobación de las organizaciones de diseño de aeronaves en todo el mundo y de las organizaciones de producción y mantenimiento de fuera de la UE;
- La coordinación del programa SAFA Europeo (Evaluación de la seguridad de aeronaves extranjeras);
- La coordinación de los programas de seguridad, recolección de datos, análisis e investigación para mejorar la seguridad aérea.

EASA también es responsable del establecimiento de normas legalmente vinculantes para la certificación de aeronavegabilidad inicial y medioambiental, aeronavegabilidad continuada, operaciones de vuelo, expedición de licencias a las tripulaciones, gestión del tráfico aéreo y sistemas de navegación aérea, aeropuertos y certificación de seguridad de las compañías aéreas no europeas.

España, como Estado Miembro de la Unión Europea, cuenta con un representante en el Consejo de EASA, y asiste a las numerosas convocatorias de reuniones que EASA realiza para expertos nacionales en sus ámbitos de actividad. (3)

En el ámbito nacional, el organismo encargado de regular el uso de la tecnología dron en España es la Agencia Estatal de Seguridad Aérea (AESA) adscrita a la Secretaría de Estado de Transporte del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, que vela por que se cumplan las normas de aviación civil en el conjunto de la actividad aeronáutica de España.

La Agencia tiene las misiones de supervisión, inspección y ordenación del transporte aéreo, la navegación aérea y la seguridad aeroportuaria. Evalúa los riesgos en la seguridad del transporte y tiene potestad sancionadora frente a las infracciones de las normas de aviación civil.

AESA trabaja para que se cumplan las normas de seguridad en el transporte aéreo en España, para promover el desarrollo, establecimiento y aplicación de la legislación aeronáutica nacional e internacional de seguridad aérea y protección a los pasajeros. (4)

4.2. / Marco regulador de la tecnología dron en Europa

A día de hoy la nueva normativa europea aplicable a los UAS consta principalmente de dos reglamentos:

- **Reglamento de Ejecución (UE) 2019/947** de la Comisión, de 24 de mayo de 2019, relativo a las normas y procedimientos de aplicación a la utilización de aeronaves no tripuladas. Este reglamento define los requisitos mínimos y aspectos clave para poder operar drones en Europa. El Reglamento de Ejecución (UE) 2019/947 consolidado incluye los cambios del Reglamento de Ejecución (UE) 2020/639, Reglamento de Ejecución (UE) 2020/746, Reglamento de Ejecución 2021/1166 y Reglamento de Ejecución (UE) 2022/425. Estos Reglamentos de Ejecución modifican respectivamente el Reglamento de Ejecución (UE) 2019/947 con respecto a los escenarios estándar de operaciones ejecutadas dentro o más allá del alcance visual, aplazan las fechas de aplicación de determinadas medidas en el contexto de la pandemia de la COVID-19, aplazan la fecha de aplicación de los escenarios estándar para las operaciones (VLOS y BVLOS), y aplazan las fechas de transición para utilizar determinados UAS en categoría abierta y la fecha de aplicación de los escenarios estándar para las operaciones (VLOS y BVLOS).
- **Reglamento Delegado (UE) 2019/945** de la Comisión, de 12 de marzo de 2019, sobre los sistemas de aeronaves no tripuladas y los operadores de terceros países de sistemas de aeronaves no tripuladas. Este reglamento proporciona los requisitos técnicos específicos de los drones en Europa. El Reglamento Delegado (UE) 2019/945 consolidado incluye los cambios del Reglamento Delegado (UE) 2020/1058 en lo que se refiere a la introducción de dos nuevas clases de UAS y entra en vigor en enero de 2024.

Los detalles de la norma y los reglamentos se pueden consultar a través de las webs de EASA y AESA.

Dado que este informe recoge los aspectos más destacables de la normativa aplicable a los drones a finales de 2023, en caso de una lectura posterior, se recomienda revisar si existen versiones actualizadas en las citadas fuentes.

1. <https://www.easa.europa.eu/en>

2. <https://www.seguridadaerea.gob.es/>

Asimismo, en España las actividades o servicios con drones con fines militares, aduaneros, policiales, de búsqueda, rescate y salvamento, para la lucha contra incendios, el control fronterizo, de vigilancia costera o similares, ejecutadas bajo el control y responsabilidad del Estado y de interés general para un organismo con autoridad pública (o en nombre de esta) son consideradas “operaciones o servicios no EASA”. Dichas operaciones están excluidas del ámbito de aplicación del Reglamento (UE) 2018/1139 del Parlamento Europeo y del Consejo, artículo 2.3, letra a).(5)

La normativa que regula estas operaciones es el Real Decreto 1036/2017. Antes de la entrada en vigor de la normativa europea, este real decreto regulaba todas las operaciones con drones en España.

4.3. / Normativas, convenios y leyes relacionadas

Los drones "al ser considerados aeronaves" también están sujetos a las normativas de aviación civil:

- **Convenio de Chicago de Aviación Civil Internacional (1944)** – Es el tratado internacional más importante del derecho público internacional aeronáutico, ya que establece los principios fundamentales de la aviación civil internacional para garantizar la seguridad, el respeto y la cooperación entre los estados que lo han ratificado.
- **Ley 48/1960 de Navegación Aérea** – Normativa que regula el tráfico aéreo civil y militar, así como el transporte de personas y mercancías en España. Esta normativa actualmente vigente sustituyó a la Ley de Navegación Aérea de 1947 y fue modificada en 2014 con la entrada en vigor de la Ley 18/2014. La Ley 18/2014 fue promovida como medida de impulso al crecimiento y la competitividad de la economía española. Los artículos 50 y 51 de esta Ley regularon por primera vez el uso de drones en España. Actualmente, el artículo 50 de la Ley 18/2014 está derogado por la entrada en vigor del Real Decreto 1036/2017. El artículo 51 de la Ley 18/2014 modifica la Ley 48/1960 de Navegación Aérea para incluir las aeronaves no tripuladas entre sus artículos y disposiciones.
- **Ley 21/2003 de Seguridad Aérea** – Normativa que garantiza la seguridad de la aviación civil y militar en España, haciendo que sea eficiente y se adapte a los estándares internacionales y a las necesidades de la aviación.
- **Reglamento del aire** – Reglamento que establece las normas y procedimientos para la circulación aérea a través del Real Decreto 1180/2018 y modifica disposiciones operativas comunes para los servicios y procedimientos de navegación aérea abordando aspectos como la seguridad, la navegación y las operaciones en el espacio aéreo español. Además, se armoniza con los estándares internacionales de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI).

En enero de 2023 entró en vigor la normativa **U-Space** que también tiene impacto en el uso de la tecnología dron. El U-Space (también conocido como UTM o Unmanned Traffic Management por sus siglas en inglés) hace referencia al concepto de gestión de tráfico aéreo a baja altura, y está formado por un conjunto de sistemas, servicios y procedimientos que deben permitir la integración segura y eficiente de un gran número de operaciones con drones de forma segura en el espacio aéreo. Además, la aparición de nuevas tecnologías como las antenas 5G, pueden mejorar la interoperabilidad de los drones en el ámbito del U-space, reduciendo el riesgo de pérdida de la señal y permitiendo un menor tiempo de respuesta.

U-Space (o UTM, Unmanned Aircraft System Traffic Management): Es un concepto que engloba a un conjunto de sistemas, servicios y procedimientos específicos diseñados para permitir el acceso seguro, eficiente y asequible al espacio aéreo de operaciones de aeronaves no tripuladas (UAS).

- **Reglamento de Ejecución (UE) 2021/664:** Marco regulador del U-Space. Este reglamento establece los requisitos para la certificación de los proveedores de servicios U-Space y define las normas de supervisión periódicas para garantizar la seguridad de la gestión de las operaciones con drones a baja altura.
- **Reglamento de Ejecución (UE) 2021/665:** Reglamento que proporciona los requisitos exigidos a los proveedores de servicios de gestión del tráfico aéreo (ATS) y de navegación aérea (ATM/ANS), así como otras funciones de la red de gestión del tráfico aéreo a los volúmenes U-Space en espacios aéreos controlados. Tiene como objetivo garantizar la seguridad de las operaciones efectuadas con aeronaves tripuladas y no tripuladas, estableciendo procedimientos de coordinación entre los proveedores de servicios U-Space y los proveedores de servicios de navegación y tráfico aéreo, definiendo también las responsabilidades de los proveedores de navegación aérea.
- **Reglamento de Ejecución (UE) 2021/666:** Reglamento que establece los requisitos específicos que deben cumplir las aeronaves tripuladas, que no dispongan de control de tráfico aéreo, para operar en los U-Space. Estos requisitos incluyen la obligatoriedad de compartir la posición de la aeronave de forma electrónica a los proveedores de servicios U-Space a través del transpondedor, un dispositivo que emite una señal de identificación codificada. (6)

4.4. / Otras normativas, directrices, estrategias y dictámenes

4.1.1 / Regulación para equipos electromagnéticos y material electrónico

Los drones y los sistemas y contramedidas para drones son considerados equipos electromagnéticos, ya que hacen uso del espectro electromagnético para operar, emitiendo y recibiendo señales electromagnéticas y, por tanto, están sujetas a los cumplimientos del dominio público radioeléctrico (o espectro público de frecuencias).

De acuerdo con la Ley General de Telecomunicaciones, el espectro radioeléctrico es un bien de dominio público, por lo que su titularidad y la administración corresponden al Estado. La administración de este dominio público radioeléctrico se ejerce para garantizar el uso eficaz y eficiente del espectro de frecuencias, de conformidad con las disposiciones del Reglamento sobre el uso del dominio público radioeléctrico (RUE), y de los tratados y acuerdos internacionales firmados por España, así como a la normativa aplicable a la Unión Europea y las resoluciones y recomendaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) y de otros organismos internacionales.⁽⁷⁾

El espectro de frecuencias es un recurso limitado y compartido por los distintos servicios de radiocomunicaciones. Algunos de estos servicios están asociados a la seguridad de vidas humanas, como los servicios de radionavegación aeronáutica, protección civil o emergencias. ⁽⁷⁾

De ahí que el ordenamiento del espectro en España esté recogido en el Cuadro Nacional de Atribución de Frecuencias (CNAF). Este cuadro contiene la atribución o uso al que se reserva cada una de las bandas de frecuencia en las que se divide el espectro radioeléctrico disponible para radiocomunicaciones, entre 8,3 kHz y 3.000 GHz.

El CNAF traslada al ordenamiento legal español los cambios y modificaciones de atribución de bandas de frecuencia y servicios radioeléctricos derivados de las Conferencias Mundiales de Radiocomunicaciones, de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), así como las decisiones de la Comisión Europea, y las que España como Estado miembro tiene la obligación de adoptar.

La versión actual del CNAF aprobado es la Orden ETD/625/2023, que modifica, deroga y sustituye a la orden 1449/2021.^(8,9)

Los equipos radioeléctricos que se comercializan en Europa deben seguir la Directiva 2014/53/ UE, Directiva RED (Radio Equipment Directive), del Parlamento Europeo y del Consejo relativa a la armonización de las legislaciones de los Estados miembros sobre la comercialización de equipos radioeléctricos, y por la que se deroga la Directiva 1999/5/CE. Asimismo, los drones y los sistemas y contramedidas para drones también son considerados material electrónico y es por este motivo que están regulados también por las directivas comunitarias relacionadas con:

- La compatibilidad electrónica - Directiva 2014/30/UE, Directiva EMC (Electromagnetic Compatibility), sobre la armonización de las legislaciones de los Estados miembros en materia de compatibilidad electromagnética.
- La comercialización de equipos de bajo voltaje - Directiva 2014/35/UE, Directiva LVD (Low Voltage Directive), sobre la armonización de las legislaciones de los Estados miembros en materia de comercialización de material eléctrico destinado a utilizarse con determinados límites de tensión. ⁽¹⁰⁾

4.4.2 / Protección de datos

Los drones pueden embarcar cámaras y sensores con los que se pueden captar datos personales. Por este motivo, las normativas para la protección de datos también son de aplicación para el uso correcto de esta tecnología:

- **Ley Orgánica 1/1982, de protección civil del derecho al honor, a la intimidad personal y familiar y a la propia imagen.**
- **El informe jurídico de la Agencia Española** de Protección de datos según el **Dictamen 01/2015** sobre la privacidad y protección de datos en relación con la utilización de aviones no tripulados.
- **Reglamento 2016/679 (UE)** relativo a la **protección de las personas físicas en lo que respecta al tratamiento de datos personales y a la libre circulación de estos datos.**
- **Ley Orgánica 3/2018**, de Protección de Datos Personales y garantía de los derechos digitales.

4.4.3 / Normativas relacionadas con la seguridad, las emergencias médicas y el transporte de mercancías

A continuación se mencionan las leyes y normativas relacionadas con el uso de los drones y el transporte de mercancías mediante esta tecnología, y su relación con la seguridad y protección de las personas y bienes:

- **La Ley Orgánica 4/2015 de protección de la seguridad ciudadana.** Esta ley tiene como objetivo regular las actuaciones para mantener la tranquilidad y proteger la seguridad de la ciudadanía y de los bienes materiales. Tal y como se explica en los capítulos anteriores, la regulación de la tecnología dron ha sido diseñada para minimizar los riesgos que esta supone para las personas y bienes, por lo que su cumplimiento está alineado y relacionado con el cumplimiento de la Ley Orgánica 4/2015.

En cuanto a la integración de los drones en el ámbito de la salud, también es importante cómo pueden afectar a su uso las normativas vigentes para el transporte de mercancías peligrosas y perecederas. Estas normativas son de aplicación para los casos de uso que impliquen el transporte de muestras biológicas como: órganos, sangre, tejidos, productos farmacéuticos, medicamentos o cualquier objeto que requiera unas condiciones de transporte específicas:

- **Ley 16/87 de Ordenación de los Transportes Terrestres.** Esta ley ha sido modificada por las siguientes leyes y reales decretos posteriores: Ley 13/96, Ley 66/97, Real Decreto Ley 6/1998, Real Decreto Ley 4/2000, Ley 14/00, Ley 24/2001, Ley 29/2003, Ley 25/2009, Ley 2/2011 y Ley 9/2013. Entre estas modificaciones destaca la anteriormente mencionada **Ley 21/2003, de Seguridad Aérea**.
- **Ley Orgánica 5/87 de Delegación de Facultades del Estado en las Comunidades Autónomas** en relación con los transportes por carretera y por cable. Esta ley ha sido modificada por la Ley Orgánica 5/2013.
- **Real Decreto 1211/90**, con el que se aprueba el Reglamento de la Ley de Ordenación de los Transportes Terrestres. Esta ley establece de forma detallada los aspectos relacionados con el transporte de mercancías peligrosas y perecederas y ha sido modificada por las siguientes leyes y reales decretos: Real decreto 858/1994, Real decreto 1136/97, Real decreto 927/98, Real decreto 1830/99, Real Decreto 1225/2006, el artículo 21 de la Ley 25/2009, el Real Decreto 919/2010, la Ley 9/2013 y el Real decreto 1057/2015. Entre estas modificaciones destaca el **Real decreto 1057/2015**, que modifica también la **Ley 21/2003, de Seguridad Aérea**, para adaptarla a la **Ley 9/2013. (11)**

Mercancía peligrosa

Cualquier artículo o sustancia que la aeronave transporte y que pueda suponer un peligro para la salud, la seguridad, los bienes o el medioambiente en caso de incidente o accidente.

Mercancía perecedera

Cualquier producto que puede verse afectado negativamente por las condiciones ambientales y que dispone de un corto período de tiempo antes de empezar a degradarse, perder propiedades o devaluarse.

4.4.4 / Estrategia Europea de drones 2.0 y dictamen del Comité Europeo de las Regiones

El pasado 29 de noviembre de 2022, la Comisión Europea adoptó la Estrategia de drones 2.0 (12) de la Unión Europea. Esta estrategia plasma la visión de la Unión Europea para contribuir al desarrollo del mercado europeo de drones. Según la Comisión Europea, se estima que el mercado europeo de drones alcanzará un valor de 14,5 mil millones de euros y generará 145.000 puestos de trabajo de cara a 2030.

La Estrategia Europea de drones 2.0 busca fomentar la movilidad inteligente y sostenible mediante el uso responsable y eficiente de los drones en Europa, mediante 19 acciones emblemáticas para crear un marco que permita que los servicios con drones se integren en el día a día de los ciudadanos europeos, desde los servicios de emergencia hasta soluciones de movilidad innovadoras, tales como taxis aéreos y entregas urgentes de pequeños envíos, como muestras biológicas o medicamentos.(13)

A principios de 2023, la Comisión de Política de Cohesión Territorial y Presupuesto de la UE (COTER) (14) del Comité Europeo de las Regiones (CoR) (15) impulsó la elaboración de un dictamen para apoyar la adopción de la Estrategia Europea de Drones 2.0. Durante el proceso de elaboración del dictamen, el CoR llevó a cabo un proceso consultivo con diferentes partes interesadas y expertos de toda Europa para asesorar a la Comisión sobre el impacto de la estrategia en las regiones europeas. En este proceso de asesoramiento, Cataluña tuvo un papel destacado, ya que fue una de las regiones invitadas al Territorial Impact Assessment Workshop (TIA) (16), celebrado en Bruselas el pasado día 8 de mayo de 2023 con el objetivo de asesorar a la comisión sobre el impacto del EU Drone Strategy 2.0 en las regiones de cara a 2030. La representante de la comunidad de Drones de la Digital Catalonia Alliance aportó sus recomendaciones sobre la base del conocimiento del ecosistema catalán y los retos y oportunidades que esta tecnología tiene en el territorio.

La Digital Catalonia Alliance (DCA) es una iniciativa de la Generalitat de Catalunya y la Fundación i2CAT que agrupa a los principales sectores tecnológicos emergentes del territorio catalán en una alianza formada por seis comunidades tecnológicas (IoT, Drones, IA, NewSpace, Ciberseguridad y Blockchain) y por más de 550 organizaciones (principalmente, pymes y startups) intensivas en el uso de estas tecnologías.

El dictamen “Una estrategia 2.0 para los drones” (17) se adoptó por unanimidad y se publicó el pasado 10 de octubre de 2023, ofreciendo un abanico de recomendaciones adicionales para que las regiones europeas puedan desplegar con éxito las acciones emblemáticas que se contemplan en la estrategia.

4.4.5 / Futuras regulaciones

Actualmente, España está en proceso de definición y adopción del proyecto de Real Decreto de UAS. Este Real Decreto complementará las disposiciones europeas con aquellas normas que son competencia del Estado español y derogará las disposiciones todavía vigentes del Real Decreto 1036/2017. (18)

Según el borrador, este nuevo Real Decreto establecerá los nuevos requerimientos para:

- las actividades y servicios no EASA civiles realizados con UAS,
- la utilización de UAS para actividades y servicios EASA,
- las entidades para la formación, examen y evaluación de pilotos a distancia,
- la utilización del espacio aéreo y zonas geográficas de UAS, y
- las disposiciones administrativas.

Asimismo, actualmente existen grupos de trabajo para regular las emisiones sonoras de los sistemas no tripulados. En este sentido, es posible que en los próximos años aparezcan nuevas normativas para regular también el ruido de los drones.

4.5. / Reglamento Delegado (UE) 2019/945

El **Reglamento Delegado (UE) 2019/945** de la Comisión, de 12 de marzo de 2019, establece los requisitos para el diseño y fabricación de UAS que deben ser operados bajo los requerimientos del **Reglamento de Ejecución (UE) 2019/947**. Este reglamento establece los requisitos para los UAS de clases C0, C1, C2, C3 y C4 (la información sobre estas clases se amplía en el capítulo sobre categoría abierta, descrita en el capítulo 4.6 Reglamento de Ejecución (UE) 2019/947). El Reglamento Delegado (UE) 2019/945 fue modificado por el **Reglamento Delegado (UE) 2020/1058** para incluir dos nuevas clases de UAS: **C5 y C6**, que son las clases que pueden ser utilizadas para los STS europeos (los STS europeos están descritos en el apartado sobre categoría específica del capítulo 4.6 Reglamento de Ejecución (UE) 2019/947).

Estos UAS están sujetos a certificación de diseño, producción y mantenimiento para que los fabricantes puedan comercializarlos en Europa con estas marcas de clase. Asimismo, este reglamento también establece las normas que se aplican a los operadores de UAS de Estados no miembros de la EASA para que puedan operar en el espacio aéreo europeo.

En cuanto a los drones sin marca de clase: los UAS que no sean de fabricación privada y cumplan con la directiva de comercialización de productos aplicable actualmente en la Unión Europea (Decisión 768/2008/CE), pero no pertenezcan a una de las clases C0, C1, C2, C3 o C4 podrán continuar utilizándose si han sido introducidos en el mercado de la Unión Europea antes del 1 de enero de 2024 de la siguiente forma:

- Si la masa máxima de despegue (MTOM) de la aeronave no tripulada es inferior a 250 g, incluida la carga útil, operación en subcategoría A1.
- Si la masa máxima de despegue (MOTM) de la aeronave no tripulada es inferior a 25 kg, incluyendo el carburante y la carga útil, operación en subcategoría A3. incloent-hi el carburant

MTOM: Maximum Take Off Mass, “Masa máxima de despegue”. Es el peso máximo autorizado de las aeronaves.

A partir del 1 de enero de 2024, la normativa europea de drones será plenamente aplicable. A partir de entonces, los drones que operen en la categoría abierta se beneficiarán de los drones con marca de clase.

Marca de clase

Marcado por el que el fabricante indica que el producto es conforme con los requisitos aplicables establecidos en la legislación de armonización de la Unión que dispone su colocación.

Fabricante

Toda persona física o jurídica que fabrica un producto, o que ordena diseñar o fabricar un producto y lo comercializa con su nombre o marca comercial. Este “agente económico” está sometido a obligaciones según se define en el Reglamento Delegado (UE) 2019/945. También estarán sujetas a las obligaciones del fabricante, los importadores o distribuidores que introduzcan un producto en el mercado con su nombre comercial o marca propia, o modifiquen un producto de forma que pueda quedar afectada su conformidad con los requisitos de la norma.

4.6. / Reglamento de Ejecución (UE) 2019/947

El **Reglamento de Ejecución (UE) 2019/947** de la Comisión, de 24 de mayo de 2019, define las normas y procedimientos aplicables a la utilización de aeronaves no tripuladas en Europa. El objetivo de este reglamento es proporcionar los requisitos mínimos para garantizar la seguridad de las operaciones con UAS para que puedan operar en el mismo espacio aéreo que las aeronaves tripuladas.

La actual normativa europea aplica a cualquier aeronave no tripulada indistintamente de la masa y de uso, ya sea profesional, recreativo, experimental o especializada, e incluye los aeromodelos utilizados en aeromodelismo. También incluye las operaciones autónomas (sin posibilidad de intervención por parte del piloto) y, según la categoría operacional, se permite el transporte aéreo con UAS y enjambres.

Para garantizar la seguridad de las operaciones, el Reglamento de Ejecución (UE) 2019/947 establece tres categorías de operación: abierta, específica y certificada. Esta clasificación se define de acuerdo con el riesgo de las operaciones con UAS que está condicionado en gran medida por el peso y las dimensiones de la aeronave:

- **Categoría Abierta:** de bajo riesgo operacional. La categoría Abierta tiene tres subcategorías que incluyen sus propios requisitos:
 - A1: se permite sobrevolar a personas, pero no en una aglomeración de personas.
 - A2: se permite volar cerca de la gente.
 - A3: se debe volar lejos de la gente.
- **Categoría Específica:** de riesgo operacional medio, como operaciones del tipo:
 - Vuelos más allá de la línea visual (BVLOS).
 - Vuelos con drones de más de 25 kg de peso máximo en el despegue o MTOM (del inglés, Maximun Take-Off Weight).
 - Vuelos a más de 120 metros sobre el terreno.
 - Operaciones en las que se deje caer material.
 - Operaciones con drones en un entorno urbano con MTOM superior a 4 kg o sin etiqueta de identificación de clase.
- **Categoría Certificada:** operaciones de alto riesgo, tales como los vuelos de drones con pasajeros a bordo. Los estándares de seguridad de esta categoría serán muy equiparables a los de la aviación tripulada.

En la siguiente ilustración se muestra de forma resumida y visual el alcance del Reglamento de Ejecución (UE) 2019/947. Cada categoría cuenta con requisitos específicos tanto de seguridad como de autorización, garantizando así la protección del espacio aéreo, la privacidad y la seguridad de las personas y propiedad (19). Los requerimientos aplicables a cada categoría se describen en los siguientes capítulos.

	ABIERTA	Bajo riesgo. No requiere autorización ni declaración
	ESPECÍFICA	Riesgo medio. Requiere autorización operacional, declaración operacional STS o LUC
	CERTIFICADA	Riesgo alto. Marco legal equiparable al de la aviación tripulada

* Ilustración 5 Categorías de operación con drones (20)

Reglamento de Ejecución (UE) 2019 / 947

Categoría ABIERTA	Subcategoría A1
	Subcategoría A2
	Subcategoría A3
Categoría ESPECÍFICA	Escenarios estándares (STS)
	Solicitud autorización operacional
	LUC
	Aeromodelismo

Categoría CERTIFICADA

* **Ilustración 6** Categorías operacionales según el Reglamento de Ejecución (UE) 2019/947 (20)

4.6.1 / Categoría Abierta

Los drones con una Categoría Abierta son aquellos que implican un vuelo con bajo riesgo. Los modelos de clasificación de la categoría abierta se determinan a través del proceso de marcado CE (Conformidad Europea) que define, según el tipo de drones, las características propias de la aeronave, los sistemas que la componen y el equipo destinado a controlarla de forma remota. Es importante tener en cuenta que todos los fabricantes deben incorporar estas etiquetas de clasificación en sus drones, con el compromiso de asegurar que su sistema de aeronave pilotada por control remoto o *Remotely Piloted Aerial System* (RPAS), cumpla con las características correspondientes.

Las operaciones con bajo riesgo deben efectuarse en entornos alejados de poblaciones y/o aglomeraciones de personas que no sean participantes en la operativa. Se entiende que las personas no participan en la operación del UAS cuando no son participantes del vuelo o no conocen las instrucciones y precauciones de seguridad proporcionadas por el operador:

- Entorno A1: Volar sobre personas, pero no sobre grupos de personas.
- Entorno A2: Volar cerca de la gente.
- Entorno A3: Volar lejos de las personas.

Un dron puede operar en la categoría “Abierta” cuando:

- Dispone de cualquiera de los distintivos de identificación de clase C0, C1, C2, C3 o C4.
- Es de construcción privada y su peso es inferior a 25 kg.
- No se opera directamente sobre personas, salvo que lleven una etiqueta de identificación de clase o que pese menos de 250 gramos.
- Se mantiene en la línea de visión directa de los pilotos (VLOS) o los pilotos remotos son asistidos por observadores de la UA.
- La altura del vuelo no supera los 120 metros.
- No se transportan mercancías peligrosas y no se dejan caer materiales.

Construcción privada: Se trata de un UAS montado o fabricado para el uso propio del constructor, excluyendo a los UAS montados a partir de conjuntos de componentes introducidos en el mercado en forma de kit único listo para el montaje. En el contexto de esta definición, los términos “montado” o “fabricado” por el operador se refieren a la fabricación completa del UAS o, al menos, la mayor parte del mismo; o al montaje del UAS a partir de piezas o subconjuntos vendidos por separado. Al no estar destinado a comercialización, el constructor de un UAS de construcción privada no se considera “fabricante” y este hecho implica que no existe posibilidad de realizar una oferta o acuerdo (escrito o verbal) para la transferencia de su propiedad o cualquier otro derecho de propiedad.

La subcategoría está determinada por:

- La etiqueta que muestra la etiqueta de identificación de clase (0, 1, 2, 3 o 4), fijada en el dron.
- El peso del dron de construcción privada o sin etiqueta de identificación de clase (llamados drones heredados).

Categoría Abierta			
Subcategorías	UAS	Limitación sobrevuelo	Requisitos de piloto
A1	Construcción privada amb MTOM* <250 g	/ Se permite sobrevolar por encima de personas no participantes en la operación, pero nunca sobre concentraciones de personas.	/ Familiarizarse con las instrucciones facilitadas por el fabricante del UAS.
	Previo norma con MTOM <250 g		
	Clase C0		
	Clase C1	/ No se permite sobrevalorar a personas no participantes, ni concentraciones de personas.	/ Familiarizarse con las instrucciones facilitadas por el fabricante del UAS / Completar un curso de formación en línea y superar el examen teórico.
A2	Clase C2	/ Se permite el vuelo cerca de personas no participantes en la operación. Manteniendo una distancia de seguridad (30 m - 5 m).	/ Familiarizarse con las instrucciones facilitadas por el fabricante del UAS / Completar un curso de formación en línea y superar el examen teórico. / Formación y práctica. / Examen presencial de conocimientos teóricos adicionales.
A3	Construcción privada o previo norma <25 g	/ Permite la operación en áreas donde no se espera poner en peligro a personas no participantes en la operación.	/ Familiarizarse con las instrucciones facilitadas por el fabricante de UAS. / Completar un curso de formación en línea y superar el examen teórico.
	Clase C2		
	Clase C3	/ Mantenerse a >150 m de áreas residenciales, comerciales, industriales o de recreo.	
	Clase C4		

Tabla 3 Categoría Abierta (20)

Además, los drones con marcado C0 a C4 que no sean de ala fija, deben incluir una indicación en el UA, o su caja un nivel de ruido de ponderación A.

Subcategoría A1

Las operaciones en subcategoría A1 se realizan evitando sobrevolar concentraciones de personas no participantes. Un UAS apto para volar en esta subcategoría debe tener una de las siguientes características:

- Ser de construcción privada con una MTOM < 250 g y una velocidad máxima inferior a 19 m/s.
 - Tener una MTOM < 250 g.
 - Llevar etiqueta de marcado de clase C0 cumpliendo los siguientes requisitos técnicos: MTOM < 250 g.
 - Velocidad máxima en vuelo horizontal de 19 m/s.
 - Fuente de alimentación eléctrica.
- Llevar etiqueta de marcado de clase C1, es decir, que cumplan con las siguientes características: MTOM < 900 g o energía transmitida en caso de impacto < 80 J.
 - Velocidad máxima en vuelo horizontal de 19 m/s.
 - Fuente de alimentación eléctrica.
 - Número de serie único.
 - Sistema de identificación a distancia directo y de red.
 - Sistema de geoconciencia.

Sistema de Geoconciencia: Función que, con base en los datos facilitados por los Estados miembros, detecta una posible violación de las limitaciones del espacio aéreo y alerta a los pilotos a distancia para que puedan tomar medidas inmediatas y eficaces para evitar esta violación.

Subcategoría A2

Estas operaciones se realizan manteniendo una distancia horizontal de seguridad de al menos 30 m respecto a personas no participantes en la operación, que puede reducirse hasta un mínimo de 5m cuando se active el modo de baja velocidad, y la altura se reduzca en la misma proporción con que se reduzca la distancia horizontal (regla 1:1). Se realizarán únicamente con UAS que lleven la etiqueta de marcado de clase C2, cumpliendo los siguientes requisitos técnicos:

- $MTOM < 4 \text{ kg}$.
- Si no se trata de una aeronave no tripulada de ala fija, debe estar equipada con un regulador que limite la velocidad a un máximo de 3 m/s.
- Fuente de alimentación eléctrica.
- Número de serie único.
- Sistema de identificación a distancia directo y de red y de geoconciencia.
- Sistema de aviso de batería baja para la aeronave no tripulada y la estación de control (CS).
- Estar equipado con enlace de datos protegido contra el acceso no autorizado a las funciones de mando y control (C2).
- Disponer de luces para el control de aptitud y vuelo nocturno.

Subcategoría A3

Estas operaciones pueden ser realizadas en zonas donde no hay personas no participantes, volando a una distancia horizontal de seguridad mínima de 150 m de zonas residenciales, comerciales, industriales o recreativas. Las UAS que participan en operaciones de la subcategoría A3 deben cumplir con alguno de los siguientes requisitos:

- Ser de construcción privada con una MTOM < 25 kg.
- Llevar etiqueta de marcado de clase C2.
- Llevar etiqueta de marcado de clase C3 y que, por tanto, cumplan los siguientes requisitos técnicos:
 - MTOM < 25 kg y una dimensión máxima inferior a 3 m.
 - Fuente de alimentación eléctrica.
 - Número de serie único.
 - Sistema de identificación a distancia directo y de red.
 - Sistema de geoconciencia.
 - Sistema de aviso de batería baja para la aeronave no tripulada y la estación de control (CS).
 - Estar equipado con enlace de datos protegido contra el acceso no autorizado a las funciones de mando y control (C2).
 - Equipar luces para el control de aptitud y vuelo nocturno.
- Llevar etiqueta de marcado de clase C4 y, por tanto, cumplan con los siguientes requisitos técnicos:
 - MTOM < 25 kg.
 - Ser controlable y maniobrable de forma segura por un piloto a distancia siguiendo las instrucciones del fabricante.
 - No disponer de modos de control automático, excepto para la asistencia a la estabilización del vuelo sin ningún efecto directo en la trayectoria y para la asistencia en caso de pérdida del enlace, siempre que se disponga de una posición fija predeterminada de los mandos de vuelo en caso de pérdida del enlace.
 - Estar destinadas a la práctica del aeromodelismo. (22,23)

Piloto a distancia: es toda persona física responsable de la conducción segura del vuelo de un UAS mediante la utilización de sus mandos de vuelo, ya sea manualmente o, cuando la aeronave vuele de forma automática, mediante la supervisión de su rumbo, siendo capaz de intervenir y cambiar el rumbo en cualquier momento.

4.6.2 / Categoría Específica

Esta categoría está clasificada con un riesgo medio y se da cuando los requisitos de la operación no se alinean con los contemplados en las categorías “abierta” y “certificada”. Para poder operar en esta categoría, el operador de UAS debe solicitar una autorización operacional a la autoridad competente. Esta solicitud debe ir acompañada de un estudio de seguridad operacional, para evaluar los riesgos del operativo y definir las medidas de atenuación para mitigarlos. La autoridad competente es la responsable de emitir la autorización del operativo, si considera que los riesgos contemplados en el informe están debidamente atenuados.

La autorización de la autoridad competente puede referirse a:

- La aprobación de una o varias operaciones especificadas según el momento y/o emplazamiento/s. En este caso, la autorización incluirá la lista de medidas de atenuación correspondientes, o bien,
- La aprobación de un LUC (Certificado de operador de UAS ligeros). Una vez certificado, el operador puede aprobar sus propias operaciones, sin necesidad de presentar una declaración operacional a la autoridad competente.

La ley también lo contempla un operador presente una declaración operacional a la autoridad competente y esta se ajuste a alguno de los escenarios estándar. En tal caso, el operador no estará obligado a disponer de una autorización operacional para poder realizar el operativo. Actualmente, la normativa contempla dos escenarios estándar nacionales:

- **STS-ES-01:** Operaciones VLOS sobre una zona terrestre controlada en un entorno poblado.
- **STS-ES-02:** Operaciones BVLOS con observadores del espacio aéreo sobre una zona terrestre controlada en un entorno poco poblado.

Sin embargo, a partir del 30 de agosto de 2024 no se podrán presentar nuevas autorizaciones operacionales con los STS-ES mencionados. (21) Los operadores podrán seguir operando con estos STS-ES que ya tengan declarados con las aeronaves especificadas en estas declaraciones, tanto si tienen marca de clase como si no hasta el 31 de diciembre de 2025. Asimismo, a partir del 1 de enero de 2024, los UAS deben contar con un sistema de identificación directa a distancia (o DRI, Direct Remote Identification).

Desde el 1 de enero de 2024, los operadores de UAS pueden acogerse a los escenarios estándar europeos, previa presentación de una declaración operacional para el escenario estándar STS-01 y/o STS-02.

- **STS-01:** Operaciones VLOS sobre una zona terrestre controlada en un entorno poblado y con UAS que dispongan de la identificación de clase C5.
- **STS-02:** Operaciones BVLOS sobre una zona terrestre controlada en un entorno escasamente poblado con UAS que dispongan de la identificación de clase C6.

PDRA (Predefined Risk Assessment): es un escenario operativo para el que EASA ya ha realizado la evaluación de riesgos y ha publicado unos medios aceptables de cumplimiento (AMC).

Medios Aceptables de Cumplimiento (AMC): Los AMC son estándares no vinculantes adoptados por EASA para ilustrar los medios para establecer el cumplimiento del Reglamento básico y sus normas de aplicación. Los AMC emitidos por la EASA no son de carácter legislativo.

Escenarios Estándar (STS): operaciones con drones descritas en el Apéndice 1 del Reglamento de Ejecución (UE) 2019/947. Estos escenarios simplifican las actividades requeridas por los operadores de UAS en la categoría específica, ya que cuentan con una lista precisa de medidas de atenuación, de forma que la autoridad competente pueda conformarse con declaraciones de los operadores en las que afirmen que aplicarán las medidas de atenuación al ejecutar ese tipo de operación.

Certificado de operador de UAS ligeros (LUC): certificado concedido a un operador de UAS por una autoridad competente, tal y como establece la parte C del anexo. Esta certificación es voluntaria y requiere de un proceso de evaluación por parte de AESA para demostrar y acreditar que el operador será capaz de evaluar el riesgo de la operación por sí mismo. Este certificado da ciertos privilegios al operador, tales como: autorizar todas las operaciones realizadas por el operador sin solicitar autorización, tanto si se ajustan a los STS como al PDRA.

Operaciones de categoría Específica Operaciones que no cumplen los requisitos de las operaciones en categorías Abierta ni Certificada	Solicitud de autorización operacional + Estudio de seguridad operacional	Autorización operacional
	Declaración operacional conforme a un escenario estándar (STS)	Operaciones sin necesidad de autorización operacional
	LUC: Certificado de operador de UAS ligero. El operador autoriza sus propias operaciones	
	Clubes y asociaciones de aeromodelos autorizados	

* **Ilustración 7** Vías para la realización de operaciones en categoría específica (20)

4.6.3 / Categoría Certificada

Los requisitos para operaciones con categoría certificada se encuentran definidas en el Reglamento de Ejecución (UE) 2019/947. Estas operaciones están clasificadas con un alto riesgo para las personas y bienes, debido a las grandes dimensiones y al peso elevado de las aeronaves. De ahí que EASA imponga unos estándares de seguridad equiparables a los que se utilizan actualmente en vuelos con aeronaves tripuladas. Los requerimientos para que una operación se considere de categoría certificada son los siguientes:

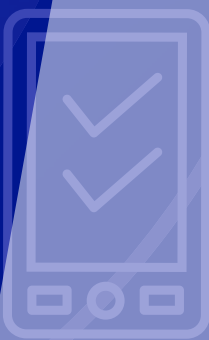
- Volar sobre concentraciones de personas con un UAS que disponga de una dimensión superior a 3 metros.
- Realizar el transporte de personas.
- Transportar mercancías peligrosas que supongan un gran riesgo para terceros en caso de accidente.

EASA contempla que también se consideran operaciones certificadas aquellas operaciones en las que, con base en el estudio de seguridad, los riesgos no puedan atenuarse adecuadamente sin la certificación del UAS y el operador y, sin la obtención de una licencia por parte del piloto a distancia. (24)

Aparte de las regulaciones mencionadas con anterioridad, las operaciones de la categoría certificada también están sujetas a los requisitos operacionales aplicables establecidos en los siguientes reglamentos:

- **Reglamento de Ejecución 923/2012**, que establece el reglamento del aire y las disposiciones operativas comunes para los servicios y procedimientos de la navegación aérea.
- **Reglamento (UE) 965/2012**, que establece los requisitos técnicos y procedimientos administrativos en relación con las operaciones aéreas.
- **Reglamento (UE) 1332/2011**, que establece los requisitos comunes de utilización del espacio aéreo y procedimientos operativos para los sistemas de anticollisión embarcados.
- **Reglamento (UE) 996/2010**, que establece que deben notificarse todos los accidentes o incidentes graves en los que se hayan involucrado las aeronaves, según sea de aplicación el Reglamento (UE) 2018/1139 del Parlamento Europeo y Consejo o el Reglamento base EASA.

Requerimientos mínimos para operar un dron en España



Con la entrada en vigor de la normativa europea de drones el 31 de diciembre de 2020, los operadores de UAS deben cumplir con las siguientes obligaciones mínimas para poder volar un dron:

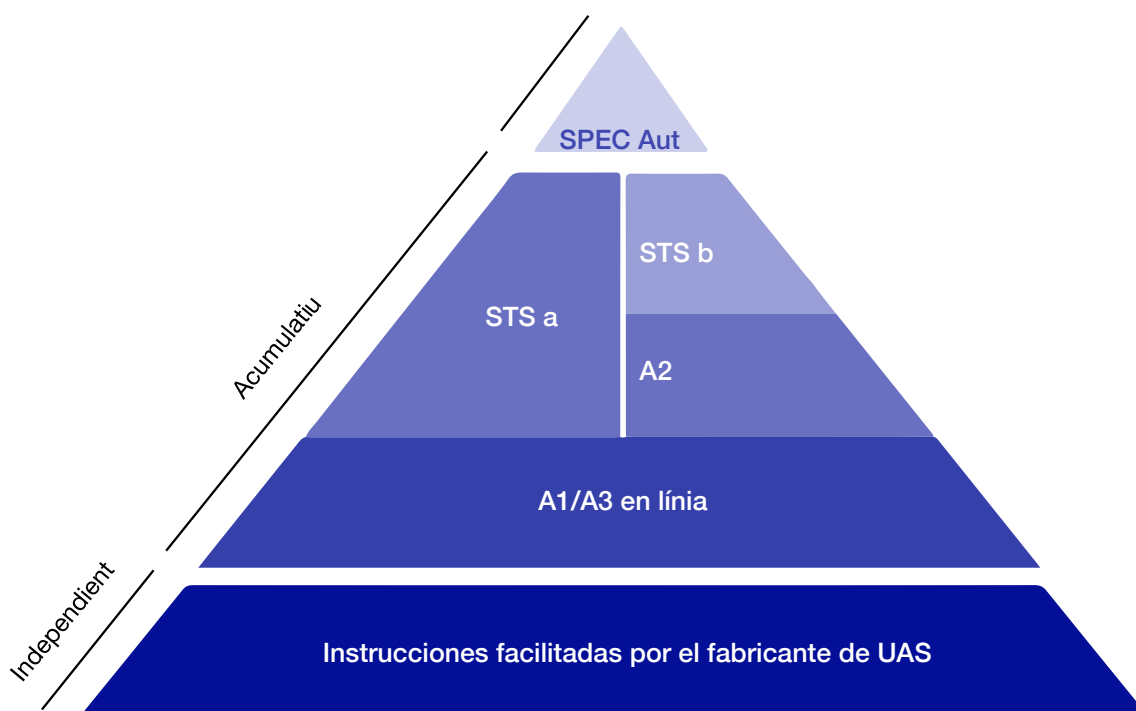
1/ **Realizar el registro de operador:** Todos los usuarios que pretendan volar un dron deben estar registrados como operadores en la sede electrónica de AESA y obtener el número de operador según la normativa europea. Una vez obtenido el número de operador este debe indicarse en el dron de forma visible.(25)



* **Ilustración 8** Modelo de certificado de operador de UAS (20)

2/ **Formarse como piloto:** Para volar un dron es necesario tener una formación mínima acreditable. De acuerdo con el marco legal vigente, esta formación se realiza de forma escalonada en función de la categoría operacional en la que se quiera operar y es acumulativa:

- a. La formación y el examen de conocimientos para poder operar un dron en categoría abierta, subcategorías A1 y A3, es accesible a través de la web de AESA. Esta formación inicial es telemática y gratuita y después de la superación del examen en línea, la AESA expedirá un certificado de acreditación.
- b. En cuanto a la formación de la categoría específica, los apartados teóricos sobre los STS pueden ser impartidos por una entidad de formación, un operador de UAS, o se pueden realizar por cuenta propia, siguiendo el temario que contiene el *syllabus* publicado en la web de AESA. AESA realiza el examen de conocimientos teóricos de los STS y, en su caso, emite el certificado correspondiente. Para operar en categoría específica con una solicitud de autorización operacional, el piloto a distancia necesita una formación teórica y práctica basada en el concepto de la operación (ConOps) que solicita.
- c. Los pilotos certificados según el Real Decreto 1036/2017 deben reciclarse para adaptar sus conocimientos a los requerimientos europeos.



- Formación teórica y práctica en función del ConOps de la autorización
- Examen teórico presencial y formación práctica STS
- Examen teórico presencial para A2 y formación autopráctica
- Formación teórica y examen en línea común para A1/A3
- Familiarización con las instrucciones facilitadas por el fabricante de UAS

* **Ilustración 9** Pirámide de formación (26)

3/ Disponer de un seguro obligatorio de responsabilidad civil: Es obligatorio contratar una póliza de seguro que cubra la responsabilidad civil frente a terceros, por daños que puedan surgir durante y por causa de la ejecución de cada vuelo que se realice.

4/ Seguir las reglas de vuelo: El vuelo de drones está sujeto a reglas generales de operación condicionadas, entre otras, por el peso del dron, la presencia de personas en el entorno donde se efectúa la operación y la proximidad de obstáculos y edificios. Por lo tanto, es importante conocer en qué categoría operacional se enmarca el vuelo que se quiere realizar, ya que esta define en gran medida las reglas de vuelo a seguir, para poder operar de acuerdo con el marco legal vigente.

5/ Conocer las limitaciones de vuelo impuestas por el entorno de la operación: Además de las reglas generales de operación de drones, existen limitaciones al vuelo de drones en ciertos lugares, motivadas por diferentes razones: proximidad de aeródromos, zonas militares, protección de infraestructuras críticas, protección medioambiental, etc. ENAIRE ha generado una aplicación web llamada ENAIRE Drones en la que se pueden consultar los requisitos de vuelo en diferentes zonas de España.

5.1. / Responsabilidades y funciones del operador y el piloto remoto

Un operador de drones es cualquier entidad, ya sea una persona o una organización, que posee, alquila o tiene la intención de utilizar uno o varios UAS, tanto para fines profesionales, como recreativos (incluido el aeromodelismo). El operador de drones está obligado a registrarse ante la Autoridad Nacional de Aviación Civil en el caso de utilizar drones de categoría abierta (27) (22).

Un operador de drones debe tener los conocimientos técnicos de vuelo y manejo, debe comprender la legislación y regulaciones locales, y debe ser capaz de tomar decisiones rápidas.

Funciones y responsabilidades:

- **Supervisión Técnica:** Debe verificar el estado y funcionamiento del dron antes y después de cada vuelo para garantizar su seguridad y rendimiento óptimo.
- **Evaluación Meteorológica:** Antes de cada vuelo, debe consultar pronósticos meteorológicos para evaluar las condiciones climáticas y determinar si son adecuadas para las operaciones de vuelo planificadas.
- **Pilotaje Preciso:** Debe realizar vuelos a distancia siguiendo planes de vuelo preestablecidos con precisión y manteniendo la estabilidad del dron en todo momento.
- **Cumplimiento Normativo:** Debe asegurarse que todas las operaciones cumplan con las regulaciones y normativas locales vigentes, garantizando la seguridad de las personas y el cumplimiento de la ley.
- **Mantenimiento Básico:** En cada vuelo, antes de pilotar, debe realizar pruebas de mantenimiento en el dron, solucionar problemas técnicos y realizar ajustes necesarios para asegurar el rendimiento óptimo del equipo.
- **Planificación Estratégica:** Planificar rutas de vuelo eficientes y seguras, considerando factores como la distancia, los potenciales obstáculos y la eficiencia de la misión.

Los pilotos de drones deben tener en cuenta lo siguiente:

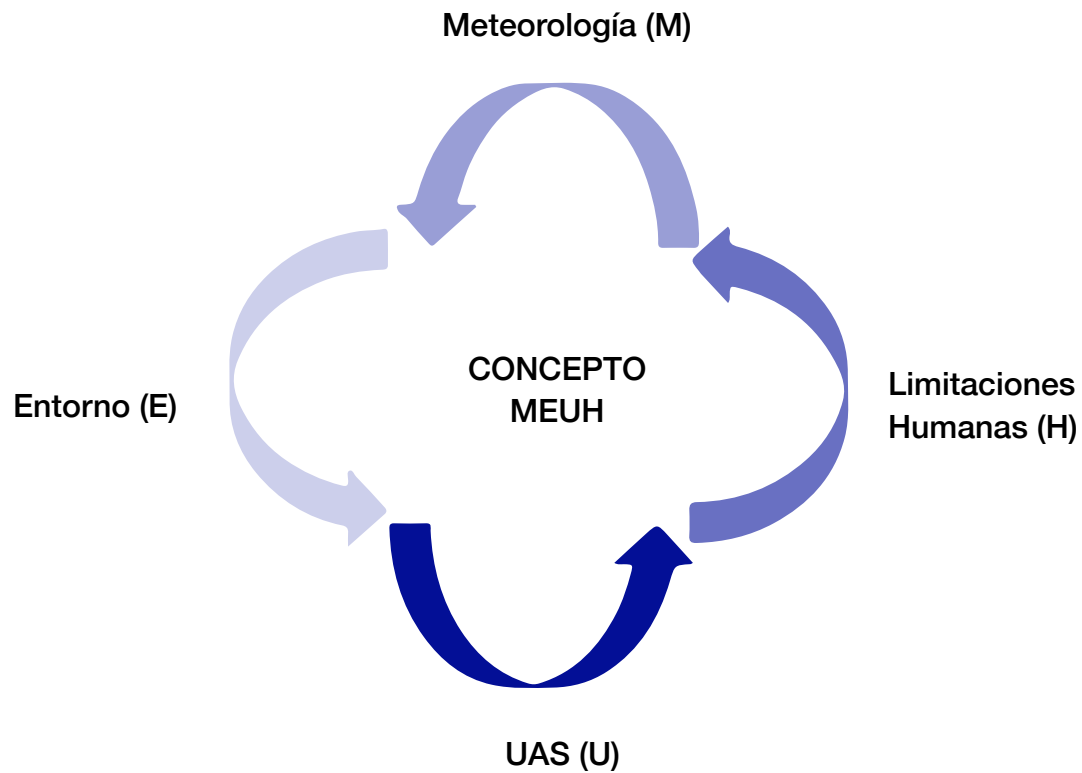
- El vehículo aéreo debe estar dentro del campo visual del piloto.
- El vuelo debe mantenerse por debajo de los 120 metros de altura.
- No es posible volar en un perímetro de 8 km en torno a un aeropuerto, aeródromo o espacio aéreo controlado.
- Todo dron debe llevar una placa identificativa.
- No está permitido grabar a personas, ni divulgar imágenes de estas, sin previa autorización.

Por otra parte, la normativa actual ha eliminado la distinción entre vuelos por motivos laborales o profesionales, de los vuelos por ocio y diversión. La única exigencia para ambos es el Seguro de Responsabilidad Civil. (28)

3. <https://www.easa.europa.eu/en/domains/civil-drones/naa>

5.2. / Concepto MEUH

Según las recomendaciones de AESA, antes de realizar un vuelo, el operador o el piloto a distancia debe comprobar los distintos elementos que pueden afectar a la Seguridad del vuelo. Para esta comprobación, debe utilizarse el “concepto MEUH”.



* Ilustración 10 MEUH (20)

5.2.1 / Meteorología (M)

Para evitar causar y efectos no deseados y poner en riesgo la seguridad del vuelo, es importante conocer la situación meteorológica y realizar una evaluación antes de cada vuelo. Los siguientes factores pueden afectar al rendimiento de la aeronave:

- **Viento:** Puede afectar a la autonomía y la maniobrabilidad del dron.
- **Temperatura:** Puede influir y afectar a la autonomía y el rendimiento de las baterías.
- **Visibilidad:** Ya sea por la falta de luz o por la presencia de niebla, puede dificultar la capacidad del piloto de mantener la aeronave dentro del rango visual a distancia.
- **Lluvia o nieve:** Es necesario consultar las instrucciones proporcionadas por el fabricante del UAS para determinar si puede operarse de forma segura en estas condiciones.

5.2.2 / Entorno de la operación (E)

Se debe evaluar el entorno del vuelo, verificando que la operación se ajusta a la normativa y cumple con las posibles limitaciones y restricciones impuestas en el área de operación. La normativa contempla la definición de zonas geográficas de UAS donde se permitirán, prohibirán o restringirán operaciones con drones, o el acceso a estas, con determinadas aeronaves. La información sobre estas zonas se facilitará digitalmente de forma común en todos los países de la Unión Europea.

Para llevar a cabo esta consulta sobre las restricciones y limitaciones existentes en torno a la operación, en España, ENAIRE ha puesto a disposición de los operadores la aplicación ENAIRE Drones (29).

Zona geográfica: Parte del espacio aéreo establecido por la autoridad competente que facilita, restringe o excluye operaciones de UAS con el fin de gestionar los riesgos para la seguridad, protección, privacidad, protección de datos personales o el medioambiente.

A continuación se presentan los distintos tipos de espacios aéreos que condicionan el entorno de la operación.

- **Espacio aéreo controlado:** espacio aéreo de dimensiones definidas en el que se prestan servicios de control de tráfico aéreo (ATC, Air Traffic Control) a los vuelos IFR (Instrumental Flight Rules) y VFR (Visual Flight Rules) de acuerdo con la clasificación del espacio aéreo. Se recomienda disponer del título de radiotelefonista y estar en todo momento en activo con la radio. Además, debe haberse contactado previamente con todos los servicios involucrados en la operación, tal y como se especifica en el artículo 43.6 del RD 517/2024.
 - Zonas de control (CTR): Volumen del espacio aéreo que se extiende desde el suelo hasta una altura determinada. Este volumen tiene la finalidad de proteger y controlar todos los movimientos de las aeronaves, de uno o varios aeródromos; especialmente las entradas y salidas de vuelos IFR.
 - Zonas de tráfico del aeródromo (ATZ): volúmenes del espacio aéreo alrededor de un aeródromo para la protección y control de su tráfico, especialmente en el que se realizan vuelos VFR. Si el aeródromo acepta operaciones IFR existirá un CTR que englobará a las ATZ.
- **Espacio aéreo no controlado:** espacio aéreo en el que no se prestan servicios ATC en los vuelos que operan en este espacio.

Cuando la autoridad aérea considere que alguna parte específica del espacio aéreo presenta ciertos condicionantes especiales, puede establecer de forma permanente o temporal restricciones y reservas en el espacio aéreo, limitando e incluso prohibiendo el vuelo de ciertas aeronaves. Estas zonas se clasifican como:

- **Peligrosas (“Dangerous”- D):** Es ese volumen en el que es probable que, en algún momento, se desarrolle algún tipo de actividad que pueda poner en peligro la circulación aérea. El piloto tiene la obligación de informarse sobre las actividades previstas y cuándo se llevarán a cabo.
- **Restringidas (“Restricted”- R):** Es ese volumen en el que solo podrán circular las aeronaves que cumplen los requisitos de acceso indicados por la autoridad competente (con excepción de las aeronaves del Estado).
- **Prohibidas (“Prohibited”- P):** Es ese volumen en el que solo pueden circular aeronaves autorizadas por el Estado español.

Asimismo, y dada la rápida evolución de los sistemas de aeronaves no tripuladas, existe la necesidad de impulsar la transformación del sistema de transporte aéreo, basándose en la automatización y digitalización, reduciendo así la dependencia del factor humano. El uso de estos sistemas requiere una integración segura con el tráfico aéreo existente; por este motivo, la regulación ha previsto la creación de espacios aéreos U-space, zonas geográficas designadas por los Estados miembros de la Unión Europea donde únicamente se autorizan operaciones de UAS que cuenten con el apoyo de servicios de U-Space.

Tal y como se ha comentado previamente en el apartado sobre normativa, el U-Space es un conjunto de servicios y procedimientos coordinados que se están desarrollando para permitir un gran número de operaciones con aeronaves no tripuladas. Incluso las más complejas, de forma ordenada, segura y asequible, con el fin de prevenir colisiones entre aeronaves y mitigar los riesgos aéreos y terrestres.

Para cumplir con esta normativa europea, el Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana de

España ha establecido el Plan de Acción Nacional para el Despliegue del U-space (PANDU). Éste plan ha sido desarrollado por la Dirección General de Aviación Civil (DGAC) en colaboración con AESA, ENAIRE y el Ministerio de Defensa.(30)

Los elementos clave para garantizar el acceso seguro, eficiente y asequible en el espacio aéreo de los UAS se muestran en la Tabla 4.

Servicios obligatorios U-space	
U-space	Áreas geográficas designadas por el Estado donde solo se permiten operaciones de UAS con el soporte de servicios U-Space.
Identificación de Red	Proporciona el registro de los operadores de UAS, así como información sobre la ubicación, trayectoria y dirección de los UAS.
Geoconsciencia	Proporciona información sobre las condiciones operativas, limitaciones del espacio aéreo y restricciones temporales existentes.
Autorización de vuelo	Garantiza que las operaciones en un área de espacio aéreo U-Space se realicen sin conflictos con otros UAS y zonas UAS con restricciones.
Información de tráfico	Suministra a los operadores de UAS información sobre otros vehículos no tripulados y tripulados que puedan estar cerca de sus aeronaves.
Servicios opcionales U-space	
Información meteorológica	Apoya la planificación y ejecución del vuelo para garantizar la seguridad.
Información de la conformidad	Advierte a los operadores que se desvían de la trayectoria autorizada en su autorización de vuelo, así como a otros operadores cercanos a los UAS afectados, a los proveedores de servicios U-Space y a los operadores de servicios de control de tráfico aéreo. (31)

* **Tabla 4** Servicios espacio aéreo

Los principales actores en el marco del U-space son:

- **Operadores de drones**
- **Proveedores de servicios U-space (USSP):** En España, el responsable de la provisión de los servicios U-Space es ENAIRE, que actúa como punto para proveerse de información.
- **Proveedores de servicios de información común (CISP):** Responsables de dar servicio de información necesaria de la autoridad competente, como la ANSP (proveedor de servicios de navegación aérea) y USSP con los clientes, a través de una plataforma de difusión CIS.

Una vez realizada la verificación sobre las limitaciones existentes en torno a la operación, el piloto, ya sobre terreno, debe realizar una exploración del entorno, pudiendo detectar:

- Posibles obstáculos que puedan comprometer la seguridad de la operación o interferir con la ruta prevista del UAS (como edificios, vehículos, calles, montes, árboles, antenas, líneas eléctricas, entre otros).
- La presencia de personas no participantes en la operación o concentraciones de personas: Si se identifica la presencia de estas en la operación, es necesario brindar instrucciones para que se mantengan alejadas de la zona.
- Posibles interferencias electromagnéticas: Los drones pueden sufrir interferencias de señales de radiofrecuencia de otros dispositivos electrónicos, lo que puede afectar a su rendimiento y estabilidad.

Personas no participantes en la operación: se considera que son personas no participantes todas aquellas que no participan en la operación del dron y no son conscientes de ello. Debe tenerse en cuenta que también se clasifican como “no participantes”, los animales. Cualquier multitud se considera por definición “no participante”. Una “multitud” no se define por el número de personas, sino por las limitaciones que esto puede imponer a la posibilidad que tienen los integrantes de esa multitud para moverse para esquivar un dron fuera de control.

Concentraciones de personas: Reuniones en las que las personas no pueden evitar el impacto de un UAS en caída libre debido a la densidad de personas y al espacio en el que se encuentran reunidas. Algunos ejemplos de concentraciones de personas son: actos deportivos, culturales, religiosos o políticos, etc.

4. <https://www.easa.europa.eu/community/topics/flight-planning>

5.2.3 / Mantenimiento UAS (U)

Debe comprobarse que el dron reúna todas las condiciones apropiadas para la operación, por este motivo, se realizará el mantenimiento necesario. Los drones requieren mantenimiento regular para asegurar su correcto funcionamiento y prolongar su vida útil. (32)

5.2.4 / Limitaciones humanas

El piloto debe verificar si se encuentra en condiciones óptimas para llevar a cabo la operación. Es por ello que el piloto deberá usar la metodología I'M SAFE, con el fin de evaluar su aptitud y considerar su condición para asegurar que cualquiera de estos factores no afectará a la Seguridad de la operación. (33) Esta metodología se puede consultar en la web de EASA.

ENFERMEDAD (ILLNESS)	Los resfriados, alergias u otras enfermedades comunes pueden causar malestar al piloto a distancia, como la irritación ocular o el dolor de cabeza, pudiendo comprometer la seguridad del vuelo.
MEDICACIÓN	Es necesario evaluar si la medicación que se ingiere puede tener algún efecto negativo en el rendimiento mental o físico del piloto.
ESTRÉS (STRESS)	El piloto a distancia debe ser capaz de identificar y evaluar su nivel de estrés tolerable, evitando así superarlo durante los vuelos.
ALCOHOL	El consumo de alcohol afecta al cerebro, la visión, el sistema auditivo y la capacidad psicomotora, lo que es perjudicial para la realización segura de vuelos.
FATIGA	Cada piloto debe conocer sus límites de fatiga y no excederlos antes o durante un vuelo. La falta de sueño, los cambios de horario, el jet lag y las operaciones nocturnas son elementos que pueden influir en la fatiga del piloto.
EMOCIONES	Antes de volar, el piloto a distancia debe cuestionarse si se encuentra en estado mental estable y equilibrado.

Ilustración 11 Metodología I'M SAFE

Integración de los drones en el ámbito de la salud

The background image shows a close-up of a laboratory setting. A hand wearing a blue nitrile glove is holding a white test tube with a purple cap. Below the hand, there is a black rack filled with numerous test tubes of various colors (blue, purple, pink, red, orange). The image has a blue tint and features three overlapping semi-transparent circles in the lower right quadrant.

La versatilidad de los drones ha permitido su expansión en varios campos, siendo uno de los más destacados, la salud. Gracias a su eficiencia en transporte y asistencia, los drones muestran un gran potencial para mejorar la atención médica de forma significativa.

En la actualidad, los drones abarcan una amplia gama de aplicaciones en salud, que van desde el transporte de terapias farmacológicas y equipamientos médicos en situaciones de emergencia, hasta la vigilancia y seguridad, así como el soporte en procesos clínicos e inventario de material médico.

Su incorporación en el ámbito de la salud resulta de gran utilidad, especialmente en zonas rurales o de difícil acceso, donde el acceso a medicamentos y suministros puede ser complicado, ofreciendo así una solución innovadora para superar obstáculos geográficos, brindando apoyo para una asistencia médica oportuna.

Se han identificado tres grandes áreas de trabajo en la integración de drones en salud:

EMERGENCIAS

LOGÍSTICA

ASISTENCIAL

Por lo que respecta al ámbito de las emergencias, los drones son capaces de transportar terapias farmacológicas, equipamientos y dispositivos médicos, soluciones de telemedicina, facilitar las comunicaciones y dotar de recursos (iluminación, imagen, etc.) a los operativos a cargo de la gestión de una situación de emergencia para agilizar la atención en situaciones en las que la rapidez es vital. Los drones pueden equiparse con dispositivos y sensores que son de utilidad para atender a personas en situaciones de aislamiento o en zonas con difícil acceso. El uso de cámaras térmicas, altavoces y sensores avanzados, permite a los profesionales médicos disponer de herramientas que faciliten una mejor toma de decisiones, que en última instancia permite planificar acciones preventivas y realizar un diagnóstico de la situación antes de su llegada al sitio de los hechos. Esto aumenta la probabilidad de salvar vidas y brinda un soporte vital en momentos críticos.

Los drones también pueden ser de gran utilidad en situaciones del día a día, incorporándose dentro de la logística de la actividad sanitaria. La incorporación de esta tecnología puede contribuir a disminuir la brecha de desigualdad entre zonas rurales y urbanas, facilitando un acceso equitativo a los servicios de salud. Son capaces de agilizar cualquier tipo de transporte, que no sea voluminoso ni pesado. En los casos de uso identificados, encontramos el transporte de muestras biológicas y tejidos, terapias farmacológicas, dispositivos médicos y otros tipos de materiales. La facilidad de transporte comporta una mejora tanto en el diagnóstico como en el tratamiento médico. Los drones también pueden jugar un papel importante en el transporte a domicilio para personas con dependencia, dando como resultado una mejor calidad de vida.

Dentro del apartado de la logística con drones se han identificado las siguientes oportunidades y beneficios para la introducción de esta tecnología en el ámbito de la salud en comparación con las emisiones generadas por el transporte rodado y aéreo convencionales:

- Reducción del tiempo de transporte
- Reducción de costes
- Reducción de la contaminación

Sin embargo, cabe destacar que la implantación de los drones en el ámbito de la salud no está libre de retos, como:

La habilitación de un espacio específico para realizar la operativa de vuelo

La coordinación e integración de las operaciones con drones con las de la aviación tripulada

En el área asistencial, la integración de drones en salud se encuentra en fase de diseño en la incorporación dentro de los procesos asistenciales, siendo el ámbito de la mejora de desarrollo cognitivo el área de estudio más avanzada.

La incorporación de los drones en el ámbito de la salud debe considerar varios aspectos cruciales, como la seguridad de datos, sus implicaciones en el espacio aéreo y las regulaciones y riesgos asociados. Dado que los drones comparten el espacio aéreo con aviones, helicópteros y otros dispositivos, resulta fundamental establecer una coordinación efectiva entre los operadores de drones, las autoridades pertinentes y otros actores involucrados para prevenir incidentes relacionados con la seguridad aérea, de las personas y de los bienes, para garantizar un espacio aéreo y operaciones seguros. Por tanto, se hace necesario desarrollar sistemas de comunicación y coordinación que gestionen estas operaciones en el espacio aéreo, considerando las regulaciones, limitaciones meteorológicas, de los propios UAS, del entorno de la operación y las limitaciones humanas.

Por tanto, se vuelve fundamental proteger adecuadamente estos datos, implementando medidas de seguridad sólidas para evitar vulnerabilidades y asegurar la confidencialidad y seguridad de la información sensible. Otros aspectos a tener en cuenta son el uso ético de la tecnología y la aceptación social por parte de la ciudadanía.

La aceptación social ha sido identificada por parte de Europa como un aspecto crucial para el despliegue de servicios con drones. Por este motivo, EASA llevó a cabo un estudio exhaustivo sobre la aceptación social de la Movilidad Aérea Urbana en Europa. Este estudio se llevó a cabo a finales de 2020 y se publicó en mayo de 2021. Barcelona fue una de las ciudades europeas seleccionadas para realizar este estudio. Los resultados de este estudio mostraron que la mayoría de las personas encuestadas mostraron una actitud positiva y en favor de la presencia de servicios con drones, tales como: aerotaxis, ambulancias aéreas, entregas de paquetería con drones, etc. Entre estos casos de uso, los de ámbito sanitario fueron de los que mejor acogida tuvieron por parte de los encuestados.

Sin embargo, los encuestados también mostraron ciertas reticencias y preocupaciones en cuestiones relacionadas con la seguridad, la contaminación acústica y el impacto en la fauna. Por este motivo, el posicionamiento de Europa hacia la tecnología dron pasa por enfatizar que el interés público debe ser prioritario para la implementación de la Movilidad Aérea Urbana. La Estrategia Europea de Drones 2.0 publicada a finales de 2022 estuvo en gran medida inspirada por los resultados de este estudio de EASA, por lo que uno de los aspectos estratégicos en vistas a 2030 se centra en la aceptación social.

Dicho esto, queda claro que la implementación de los drones en el sector de la salud debe ser integral y responsable. Es necesario que todos los actores involucrados comprendan la importancia de seguir las regulaciones y los procedimientos establecidos para garantizar un vuelo óptimo. Solo así, pueden aprovecharse plenamente los beneficios que los drones pueden ofrecer en el campo de la salud, sin comprometer la seguridad y la privacidad de las personas.

A continuación, se explican casos de uso de la aplicación de drones en el ámbito sanitario en todo el mundo, ordenados por soluciones implantadas, pilotos y estudios.

6.1. / Soluciones y casos de uso de drones en el ámbito de la salud ya implantados

Entrega de sangre con drones de Zipline en Ruanda

La sangre es uno de los elementos esenciales para salvar a una vida. En Ruanda, la entrega de sangre es imprescindible para poder realizar transfusiones. Sin embargo, debido a la dificultad de distribución de componentes sanguíneos, miles de personas mueren, ya que muchas veces las operaciones comunes no son posibles por la falta de este preciado recurso. En Ruanda, un accidente de coche o dar a luz puede suponer un peligro de muerte alto. Según la Organización Mundial de la Salud, más de 150.000 mujeres mueren por hemorragia al dar a luz cada año, el 99 % de ellas formando parte de países en desarrollo, que habrían podido sobrevivir, si los médicos hubieran tenido acceso a bancos de sangre.

Debido a esta problemática, la empresa Zipline, mediante drones, facilita el transporte casi inmediato de sangre a 11 millones de personas en Ruanda. Esto se realiza con el siguiente procedimiento:

1. En el momento en que el personal sanitario detecta la necesidad de componentes sanguíneos, envía un mensaje por WhatsApp a la empresa Zipline con la cantidad de sangre requerida.
2. Zipline prepara en su almacén la sangre que proviene del centro nacional de transfusiones, evitando así posibles contaminaciones. La sangre se carga en el dron y este despegue hacia el hospital.
3. Un minuto antes de llegar, el médico recibe un WhatsApp con el texto: “Estamos llegando, sal a recoger tu paquete, por favor.”
4. El dron suelta una caja roja identificada y cargada con la sangre solicitada en el punto requerido. Esta aterriza con un paracaídas.

Como resultado, los hospitales ruandeses han incrementado el uso de sangre en un 175 %, consiguiendo reducir la caducidad y desperdicio en un 95 %, lo que significa un alto ahorro de costes y un aumento exponencial en la capacidad de atender a los pacientes con éxito. (34,35)

Uso de drones para llevar desfibriladores a Suecia

En un contexto de paro cardíaco, la atención sanitaria debe ser rápida y eficiente para que las probabilidades de supervivencia del paciente sean las más altas posibles. Según la Fundación Española del Corazón, cada minuto sin respiración cardiopulmonar y desfibrilación reduce un 10 % las probabilidades de sobrevivir a un paro cardíaco, dando como resultado, la búsqueda de nuevas alternativas para disponer de un desfibrilador y asistir al sitio del suceso de forma más eficiente y reduciendo el tiempo de asistencia. (36,37)

Bajo este supuesto, la empresa Everdrone desarrolla drones autónomos para entregar desfibriladores a pacientes con paro cardíaco fuera del hospital. Actualmente, la empresa opera en Suecia y Dinamarca, dando servicio a una población de 340.000 personas.

Estas operaciones han generado valiosos resultados y han tenido un impacto positivo en los esfuerzos de respuesta de emergencia. Por ejemplo, en la Región Västra Götaland, en diciembre de 2021, por primera vez en la historia de la medicina, un dron desempeñó un papel crucial para salvar la vida de un hombre de 71 años que sufrió un paro cardíaco repentino mientras batallaba con la nieve en la entrada de su casa. Una vez recibida la llamada de emergencia, se inició el vuelo de un dron con un desfibrilador externo automático (DEA), que fue entregado de forma segura en la puerta de la dirección del incidente en poco más de tres minutos desde que se activó la alarma. Se pudo iniciar la desfibrilación antes de que llegara la ambulancia. En el momento de la llegada de los profesionales sanitarios y una vez recibido el tratamiento inicial de urgencia, se trasladó al paciente al hospital donde se recuperó por completo. (38)

La utilización de drones para la entrega rápida de desfibriladores ha demostrado ser considerablemente más veloz que la asistencia tradicional de primeros auxilios mediante ambulancias. El éxito ha llevado a la Región Västra Götaland a extender la colaboración con Everdrone durante todo el año 2023 (39).

Uso de drones para el transporte de muestras críticas en Berlín

En noviembre de 2020, la empresa Matternet anunció el kick-off de un proyecto de red urbana de entrega de muestras con dron. (40) El objetivo del proyecto consistía en conectar con drones el laboratorio hospitalario Labor Berlin con los centros médicos y los 13 hospitales afiliados al centro para poder realizar el transporte de muestras.

Labor Berlin es el mayor laboratorio hospitalario de Europa y, en 2020, era el responsable del diagnóstico del 80 % de los pacientes ingresados en Berlín mediante el transporte de más de 15.000 muestras diarias. Con la implantación del transporte logístico con drones se espera no solo reducir las emisiones causadas por el transporte en carretera, sino también reducir el tiempo de transporte hasta un 70 %.

En diciembre de 2023, obtuvo la aprobación por parte de la Oficina Federal de Aviación Alemana para operar su plataforma de entrega de drones Matternet M2 con vuelos más allá de la línea visual (BVLOS). (41).

6.2. / Pilotos y estudios realizados

Transporte de muestras biológicas con dron en la prueba piloto de Olot

En una iniciativa liderada por la Fundación Hospital d'Olot i Comarcal de la Garrotxa (FHOCG), con la colaboración de Cellnex y Aldoratech, se realizó con éxito una prueba piloto para transportar muestras biológicas mediante drones desde un centro de Atención Primaria al Hospital d'Olot i Comarcal de la Garrotxa.

La prueba se realizó con la participación de veinte voluntarios que dieron sangre. Las muestras obtenidas se dividieron en dos transportes con 10 mililitros de sangre por participante (20 muestras), y se transportaron al Laboratorio Clínico del Hospital d'Olot i Comarcal de la Garrotxa con un dron. Durante el transporte, se incluyeron sensores para monitorizar las condiciones óptimas de transporte, teniendo en cuenta la temperatura, duración del trayecto y grado de agitación.

Una vez en el laboratorio, se evaluó la calidad de las muestras junto al índice de hemólisis.

Los resultados obtenidos fueron satisfactorios tanto en la hemólisis como en la calidad del transporte, asegurando la calidad y eficiencia de la prueba. Otros beneficios observados son una reducción del 43 % en el tiempo de transporte, el dron cubrió una distancia de 1,7 km en tan solo 4 minutos, comparado con los 7 minutos que normalmente se ejecutan en un transporte terrestre, y una disminución del 80,4 % en las emisiones de CO₂.

Esta iniciativa destaca la viabilidad de utilizar drones en el sector de la salud para mejorar la eficiencia y la sostenibilidad en el transporte de muestras médicas. (42)

Entrega de suministros médicos a distancia en Italia

En Italia, en 2020, la Autoridad de Aviación Civil Italiana y el Hospital Monaldi trabajaron para probar una solución de entrega con drones. Su objetivo era utilizar drones para entregar suministros médicos desde el hospital a sitios en un radio de 5 km. Esta solución cuenta con un dron DJI Matrice 210 V2 y una caja de entrega que puede personalizarse para transportar medicamentos o muestras de sangre para realizar pruebas en las zonas afectadas por la COVID-19. Esta solución no solo limita la exposición del personal médico, sino que reduce el tiempo de entrega de 35 minutos a tan solo 3 minutos. (43)

Ambulance Drone: Transporte de desfibriladores externos automáticos en caso de un paro cardíaco en Holanda

El piloto, realizado por la Universidad de Delft (Holanda), propone el uso de drones como herramienta de respuesta de emergencia para agilizar la entrega de atención médica y suministros esenciales. El objetivo principal es mejorar la tasa de supervivencia en situaciones críticas, como paros cardíacos y traumas, reduciendo el tiempo de respuesta de los servicios de emergencia. El dron ambulancia es un prototipo de dron de alta velocidad que arroja desfibriladores externos automáticos en caso de un paro cardíaco. El dron rastrea las llamadas móviles de emergencia y usa el GPS para navegar al sitio de emergencia. Usando una cámara web de transmisión en vivo, el instructor o piloto del dron puede instruir sobre cómo usar los Desfibriladores Externos Automáticos (DEA) y proporcionar instrucciones para brindar ayuda de emergencia (44). Se destaca la importancia de la rapidez en la atención médica, puesto que la muerte cerebral y permanente pueden ocurrir en cuestión de minutos. El uso de drones en situaciones de emergencia puede aumentar significativamente la tasa de supervivencia al proporcionar instrucciones personalizadas y suministros vitales en áreas de difícil acceso (45).

Transporte de material sanitario en España

Este proyecto impulsado por el gobierno valenciano y realizado por la Universidad Politécnica de Valencia (UPV) en colaboración con diversas instituciones y empresas, tiene como objetivo el envío de material sanitario desde la Feria de Valencia, hasta el hospital Arnau de Vilanova de esta ciudad, siendo un trayecto de tres minutos. El primer vuelo trasladó un kit de detección de la COVID-19.

El segundo vuelo trasladó material sanitario y muestras biológicas, dando como resultado una trayectoria de 3 minutos, que en transporte terrestre es de 9 minutos, teniendo así mayor capacidad de respuesta frente a las emergencias.

En los resultados cabe resaltar que este tipo de vuelos puede trasladarse de 5 a 9 kg, la no necesidad de contacto entre emisor y receptor, la no dependencia de infraestructura terrestre y la reducción de la contaminación. (46)

Entrega de muestras biológicas entre hospitales en Suiza

Estudio piloto de un sistema de entrega que transporta muestras de laboratorio entre hospitales. Se hizo uso de drones para transportar muestras de sangre y orina, cinco a diez veces al día entre el Hospital Universitario de Zúrich (USZ; Suiza) y el campus de la USZ Irchel, que se encuentran a 2,5 kilómetros de distancia. También se llevaron a cabo estudios piloto similares en Lugano, por lo que se realizaron 2.100 vuelos sin ninguna incidencia.

Swiss Post transportó regularmente muestras de laboratorio a través de la cuenca del lago Zúrich, siendo esta una ruta de 5,8 km. Se resaltó la velocidad del vuelo, debido a que este es cinco veces más rápido que el transporte por carretera convencional. Este servicio estuvo activo hasta 2019, dado que se produjeron dos accidentes durante el tiempo en que estuvo en funcionamiento, lo que llevó a la decisión de suspender su servicio. Además, en 2022 esta empresa ha decidido parar su servicio por motivos económicos y reguladores. (47–49)

Entrega de suministros sanitarios con drones en México

Teniendo en cuenta que México tiene uno de los sistemas de transporte más congestionados del mundo, Sincronía Logística propuso el uso de drones para el suministro sanitario en caso de emergencia. Para ello, la empresa eligió drones para entregar los suministros de su almacén directamente en el hospital, y que los médicos puedan disponer de los suministros necesarios para realizar cirugías críticas. El hospital ISSTE Bicentenario, uno de los hospitales más grandes de México, fue el primero en recibir suministros de salud como parte de este nuevo programa, reduciendo el tiempo de entrega en un 80 %. (43)

Apoyo a comunidades aisladas y desatendidas mediante el uso de drones en República Dominicana

En República Dominicana, los hospitales comunitarios tienen dificultades en el abastecimiento de suministros médicos por la falta de pavimentación y los altos costes del transporte local. Esto comporta que cuando los hospitales comunitarios se quedan sin medicamentos o no pueden realizar pruebas, los pacientes deben viajar personalmente al hospital regional, asumiendo los gastos de transporte. Además, el viaje puede llevar todo el día debido a la dificultad y falta de opciones en el transporte.

El objetivo de este proyecto piloto es transportar entre el hospital regional y los hospitales comunitarios medicamentos esenciales utilizando drones de carga asequibles y operadores locales.

WeRobotics, una organización sin ánimo de lucro dedicada a desarrollar soluciones humanitarias mediante el uso de tecnología, junto a DR Dron Innovation Center abordaron esta problemática a través de un programa denominado Flying Labs. Los hospitales comunitarios elegidos para este proyecto fueron el Hospital Coco y el Hospital Montacitos, ambos a más de 10 km del hospital regional más cercano, el Hospital Bohechio.

Se utilizaron drones de mapeo industrial adaptados para funcionar como drones de carga, incluyendo una caja de entrega que puede transportar hasta 6 kg por vuelo. Entre junio y julio de 2019, se realizaron un total de 101 vuelos que transportaron un total de 25,25 kg de suministro médico y muestras de sangre para su análisis en los hospitales comunitarios.

Los resultados indican que el uso de drones de carga podría tener beneficios significativos, ahorrando más de 50 horas y 1.000 km de tiempo de conducción. Además, también se demostró que las entregas por dron son entre un 42 % y un 70 % más rápidas que las entregas por carretera, beneficiando así a la comunidad con la eficiencia de entrega y la ampliación de servicios médicos, además del ahorro de costes y la capacidad de respuesta rápida en situaciones de emergencia.

Su capacidad de adaptarse a la infraestructura existente y ser operados localmente por personal capacitado, los convierte en una opción prometedora para mejorar la atención médica. (43,50)

Uso de drones para el transporte de sangre por transfusión en Japón

En Japón, en 2020, se experimentó el transporte de paquetes de glóbulos rojos o *red blood cells* (RBC) para transfusiones, mediante el uso de drones desde Sasebo hasta el puerto de Arikawa, siendo este un recorrido de 52 km, hecho en 63 min y 30 segundos. Este estudio demuestra el uso factible de drones, puesto que durante el transporte, se controló la temperatura de las soluciones de RBC y estabilidad, evitando así la hemólisis. Con base en los niveles de lactato deshidrogenasa o la deshidrogenasa láctica (LDH), se evalúa la descomposición de los RBC, y los resultados de las mediciones indicaron que no hubo hemólisis significativa durante el transporte, concluyendo que el transporte de soluciones de RBC por drones con control de temperatura es posible y podría ser utilizado en situaciones de emergencia, como durante la pandemia de la COVID-19. (51)

Transporte de sangre con diferentes condiciones meteorológicas en Japón

En Japón se investigó la posibilidad de utilizar un dron para transportar sangre de forma segura y efectiva, teniendo en cuenta que la temperatura requerida durante el almacenamiento y transporte de productos de RBC es de 2 °C a 6 °C.

Los vuelos UAS se realizaron 7 veces, un vuelo por día, desde junio hasta septiembre de 2019. Para estimar el tiempo máximo de vuelo, se aumentó la distancia de viaje para cada prueba, registrando en cada uno de ellos, las condiciones meteorológicas en el momento del vuelo y los datos básicos del vuelo. Los resultados mostraron pequeñas diferencias en los valores de LDH que es un índice hemolítico para indicar el efecto del vuelo del UAS sobre las muestras de sangre, concluyendo que pequeñas variaciones en la temperatura por períodos cortos pueden ser aceptables y que el transporte de RBC mediante drones es una opción viable para el transporte de suministros médicos durante desastres, cuando el transporte terrestre no es posible. Sin embargo, se necesitan más estudios para evaluar los riesgos del transporte mediante drones y para aumentar la distancia de transporte y confirmar la calidad de los productos de sangre. (52)

Análisis de calidad de los especímenes de tuberculosis transportados por drones vs. transporte terrestre

Mozambique se encuentra en una situación crítica de salud pública debido a la alta incidencia de tuberculosis (TB), que se encuentra entre las más altas del mundo, ocupando el puesto 14 y el puesto 13 en cuanto a la incidencia de coinfección TB/ VIH (53,54). La falta de acceso a servicios de diagnóstico de calidad, sumado a la falta de infraestructura de transporte y la dificultad para transportar y tratar las muestras de tuberculosis, son factores que contribuyen a esta situación.

Con el objetivo de superar estas barreras, se evaluó la calidad de las muestras de tuberculosis transportadas por drones en comparación con el transporte terrestre en Mozambique. Los resultados mostraron que la calidad de las muestras de tuberculosis transportadas por dron y por tierra fue aceptable, y se concluyó que el transporte por dron no afecta a la calidad de las muestras de tuberculosis. Estos hallazgos son especialmente significativos en el contexto de la situación de salud pública en Mozambique, ya que la entrega de drones médicos podría ser una solución efectiva y prometedora para mejorar la calidad de la atención médica en países con infraestructuras de transporte limitadas y poblaciones remotas.

Aunque se necesitan estudios adicionales para validar y ampliar estos resultados, este estudio sugiere que la entrega de drones médicos podría ser una opción viable para mejorar la entrega de muestras de tuberculosis en Mozambique. (55)

Uso de drones para el transporte de órganos humanos

En Estados Unidos, a mediados de 2016, un estudio investigó el uso de drones para el transporte de órganos como solución a la brecha existente entre la demanda de órganos y su disponibilidad. Se utilizó un dron modificado de seis rotores para simular situaciones de transporte de órganos entre hospitales de la ciudad de Baltimore, junto con la implementación de tecnologías innovadoras que permitieron monitorizar, en tiempo real, el estado de los órganos utilizando biosensores inalámbricos combinados con sistemas de posicionamiento global.

En total, se realizaron 14 misiones UAS. El tiempo total del dron a bordo fue de 1 hora y 2 minutos, incluidos los cambios de la batería y la preparación del vuelo, demostrando resultados estables en términos de temperatura, cambios de presión y vibración reducida en comparación con los vuelos en aeronaves de ala fija. Las biopsias realizadas antes y después del transporte no revelaron daños en los órganos, ocasionados por el viaje en dron.

En resumen, la utilización de drones en el transporte de órganos tiene el potencial de disminuir de forma significativa los tiempos de isquemia fría, lo que da como resultado la mejora de la calidad de los órganos trasplantados y salvar vidas. Además, la eficiencia en el transporte de órganos mediante drones aumentaría la aceptación de los órganos por parte de los cirujanos y abriría la posibilidad de considerar a más donantes para los trasplantes. Los estudios realizados han demostrado resultados prometedores, reforzando la idea de que los drones pueden ser una herramienta eficiente y segura para el transporte de órganos. (56)



Uso de drones para apoyar la entrega de vacunas contra la COVID-19 en zonas remotas del sudeste asiático

El estudio propone el uso de drones cuadricópteros de elevación pesada como una solución viable y efectiva para la entrega de vacunas contra la COVID-19 a comunidades indígenas en bosques remotos y aislados en el sudeste asiático y de difícil acceso, ya que, según el análisis del terreno, los drones pueden seguir rutas más directas y eficientes en comparación con el transporte terrestre. Se estima que los tiempos de entrega requeridos para diferentes cantidades de vacunas son mucho más rápidos utilizando drones en lugar de andar. Además, se destaca que los tiempos de entrega están dentro de los límites operativos de los drones. En resumen, el uso de drones permitiría una distribución más rápida y eficiente de las vacunas, beneficiando a las comunidades indígenas al facilitar su protección contra la COVID-19. (57)

Conclusiones



Este informe muestra una visión resumida de la tecnología dron y repasa el marco normativo europeo, así como los requerimientos mínimos exigidos para operar un dron en España. También recoge las potencialidades, beneficios y retos de la integración de los drones en el ámbito de la salud, aportando ejemplos reales de aplicaciones y pilotos, llevados a cabo en diferentes lugares del mundo.

Se ha constatado la existencia de numerosos proyectos, estudios y pilotos en desarrollo que demuestran el potencial y los beneficios de los drones en diversos aspectos en el campo de la salud, como la mejora en la calidad de la asistencia y la eficiencia, la disminución de los costes económicos, el impacto positivo en el medioambiente y la reducción de emisiones de CO₂ en comparación con el transporte rodado y aéreo convencional, etcétera. Sin embargo, la integración de drones para usos sanitarios en Europa todavía se ve muy limitada, en gran medida debido a la normativa vigente.

Tal y como se ha expuesto, en la mayoría de las pruebas piloto y casos de uso se puede observar que los drones tienen la posibilidad de proporcionar una respuesta rápida y eficiente en situaciones de emergencia, ya que pueden apoyar situaciones de búsqueda y rescate en áreas de difícil acceso, o zonas remotas. Además, permiten un transporte de suministros médicos más rápido que con los medios tradicionales, marcando una gran diferencia en situaciones críticas y mejorando la eficiencia de los servicios médicos.

En cuanto a la logística, los drones pueden realizar diferentes servicios, entre los que se encuentran la entrega de muestras biológicas, tejidos, dispositivos o tratamientos farmacológicos entre diferentes ubicaciones de forma más rápida y segura, ahorrando tiempo y recursos, y mejorando la atención sanitaria en general.

Desde un punto de vista económico, el uso de drones puede reducir los costes asociados a la atención sanitaria. Al eliminar la necesidad de utilizar transporte terrestre o tripulaciones humanas, pueden ofrecer servicios más económicos, accesibles y sostenibles, gracias a la reducción de las emisiones de carbono.

En definitiva, aunque la implementación de los drones en el campo de la salud se enfrenta a un gran número de desafíos (normativos, éticos, de aceptación social, logísticos, de integración segura y coordinada con otros usuarios del espacio aéreo, etc.), se ha mostrado que pueden ayudar a mejorar la asistencia sanitaria. Por eso es indispensable que la normativa evolucione, con el fin de aprovechar plenamente los beneficios de esta tecnología y garantizar un uso seguro y efectivo en beneficio de la salud.

Bibliografía



1. Anexo 6 — Operation of Aircraft [Internet]. [citado 20 de junio de 2023]. Disponible en: <https://elibrary.icao.int/reader/290990/&returnUrl%3DaHR0cHM6Ly9lbGlicmFyeS5pY2FvLmludC9ob21P19nbD0xKjFucW9xdGQqX2dhKk1URTNPVE15TmpReUxqRT-JPRGN4TmpZME5qUS4qX2dhXzk5Mk4zWURMQlEqTVRZNE56RTJOalEyTkM0eExqRXVNVFk0TnpFMk9URTVOaTR3TGpB-dU1BLi4%3D?productType=eBook>
2. Connect ESCs and Motors — Copter documentation [Internet]. [citado 14 de diciembre de 2023]. Disponible en: <https://ardupilot.org/copter/docs/connect-escs-and-motors.html>
3. EASA | Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana [Internet]. [citado 16 de enero de 2024]. Disponible en: <https://www.mitma.gob.es/areas-de-actividad/aviacion-civil/organismos-internacionales/easa>
4. ¿Qué es AESA? | AESA-Agencia Estatal de Seguridad Aérea - Ministerio de Fomento [Internet]. [citado 14 de diciembre de 2023]. Disponible en: <https://www.seguridadeaerea.gob.es/es/quienes-somos/que-es-aesa>
5. Normativa nacional de RPAS | AESA-Agencia Estatal de Seguridad Aérea - Ministerio de Fomento [Internet]. [citado 14 de diciembre de 2023]. Disponible en: <https://www.seguridadeaerea.gob.es/es/ambitos/drones/actividades-o-servicios-no-easa-con-uas/normativa-nacional-de-rpas>
6. La Comisión Europea ha aprobado el Reglamento Europeo U-Space para drones | AESA-Agencia Estatal de Seguridad Aérea - Ministerio de Fomento [Internet]. [citado 26 de junio de 2023]. Disponible en: <https://www.seguridadeaerea.gob.es/es/noticias/la-comisi%C3%B3n-europea-ha-aprobado-el-reglamento-europeo-u-space-para-drones>
7. Ministerio de Transformación Digital - Control del uso del dominio público radioeléctrico [Internet]. [citado 14 de diciembre de 2023]. Disponible en: <https://advancedigital.mineco.gob.es/inspeccion-telecomunicaciones/Paginas/control-uso-dominio.aspx>
8. Ministerio de Asuntos Económicos y Transformación Digital. Orden ETD/625/2023, de 12 de junio, por la que se modifica la Orden ETD/1449/2021, de 16 de diciembre, por la que se aprueba el Cuadro Nacional de Atribución de Frecuencias [Internet]. Sec. 3, Orden ETD/625/2023 jun 16, 2023 p. 85969-86. Disponible en: <https://www.boe.es/eli/es/o/2023/06/12/etd625>
9. Ministerio de Transformación Digital - Cuadro Nacional de Atribución de Frecuencias [Internet]. [citado 14 de diciembre de 2023]. Disponible en: <https://advancedigital.mineco.gob.es/espectro/Paginas/cnaf.aspx>
10. Drones y Seguridad Nacional ACCESIBLE.pdf [Internet]. [citado 14 de diciembre de 2023]. Disponible en: <https://www.dsn.gob.es/sites/dsn/files/Drones%20y%20Seguridad%20Nacional%20ACCESIBLE.pdf>
11. Normativa vigente: Transporte de Mercancías peligrosas y perecederas | Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana [Internet]. [citado 14 de diciembre de 2023]. Disponible en: <https://www.mitma.gob.es/transporte-terrestre/normativa/normativa-vigente-transporte-de-mercancias-peligrosas-y-perecederas>
12. European Commission - Have your say [Internet]. 2021 [citado 23 de enero de 2024]. European Commission - Have your say. Disponible en: https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-your-say/initiatives/13046-A-Drone-strategy-20-for-Europe-to-foster-sustainable-and-smart-mobility_en
13. Initiative details [Internet]. [citado 14 de diciembre de 2023]. Disponible en: https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-your-say/initiatives/13046-Una-Estrategia-20-para-los-drones-a-fin-de-fomentar-una-movilidad-sostenible-e-inteligente-en-Europa_es
14. COTER [Internet]. [citado 23 de enero de 2024]. Disponible en: <https://cor.europa.eu/en/our-work/commissions/Pages/coter.aspx>
15. European Committee of the Regions [Internet]. [citado 23 de enero de 2024]. Disponible en: <https://cor.europa.eu/en/Pages/default.aspx>
16. tia-drone-strategy-2.0.pdf [Internet]. [citado 23 de enero de 2024]. Disponible en: <https://cor.europa.eu/en/our-work/Documents/Territorial-impact-assessment/tia-drone-strategy-2.0.pdf>
17. Opinion Factsheet [Internet]. [citado 23 de enero de 2024]. Disponible en: <https://cor.europa.eu/en/our-work/Pages/OpinionTimeline.aspx?opId=CDR-1050-2023>
18. Drones become a part of the EMS dispatching in... - SOS ALARM [Internet]. 2020 [citado 15 de mayo de 2023]. Disponible en: <https://www.sosalarm.se/om-oss/pressrum/pressmeddelanden/2020/drones-become-a-part-of-the-ems-dispatching-in-sweden/>
19. admin. Categorías de drones EASA: ¿cuáles son y características? [Internet]. Droniteca. 2023 [citado 7 de agosto de 2023]. Disponible en: <https://droniteca.com/blog/categorias-de-drones/>
20. Curso.Formacion.A1.A3.Completo.v6.pdf [Internet]. [citado 14 de diciembre de 2023]. Disponible en: <https://www.seguridadeaerea.gob.es/sites/default/files/Curso.Formacion.A1.A3.Completo.v6.pdf>

21. Operaciones con UAS/Drones - Categoría Específica | AESA-Agencia Estatal de Seguridad Aérea - Ministerio de Fomento [Internet]. [citado 24 de mayo de 2023]. Disponible en: <https://www.seguridadeaerea.gob.es/es/ambitos/drones/operaciones-uas-drones/operaciones-con-uas-drones---categoria-especifica>
22. EASA [Internet]. 2022 [citado 24 de mayo de 2023]. Open Category - Civil Drones. Disponible en: <https://www.easa.europa.eu/en/domains/civil-drones/drones-regulatory-framework-background/open-category-civil-drones>
23. Operations UAS/Drones — Open Category (Subcategories A1, A2 and A3) | AESA-Agencia Estatal de Seguridad Aérea - Ministerio de Fomento [Internet]. [citado 24 de mayo de 2023]. Disponible en: <https://www.seguridadeaerea.gob.es/es/node/2178>
24. Operaciones UAS/drones - Categoría certificada | AESA-Agencia Estatal de Seguridad Aérea - Ministerio de Fomento [Internet]. [citado 24 de mayo de 2023]. Disponible en: <https://www.seguridadeaerea.gob.es/es/ambitos/drones/operaciones-uas-drones/operaciones-con-uas-drones---categoria-certificada>
25. ¿Tienes un UAS/dron? | AESA-Agencia Estatal de Seguridad Aérea - Ministerio de Fomento [Internet]. [citado 14 de diciembre de 2023]. Disponible en: <https://www.seguridadeaerea.gob.es/es/ambitos/drones/tienes-un-uas-dron>
26. UAS-FOR-P01-GU10_Eschema_de_formacion_STS_Ed.03.pdf [Internet]. [citado 14 de diciembre de 2023]. Disponible en: https://www.seguridadeaerea.gob.es/sites/default/files/UAS-FOR-P01-GU10_Eschema_de_formacion_STS_Ed.03.pdf
27. EASA [Internet]. [citado 10 de agosto de 2023]. Operadores y pilotos de drones. Disponible en: <https://www.easa.europa.eu/es/light/topics/drone-operators-pilots>
28. Rosa. Todo lo que deberías saber antes de volar tu dron [Internet]. One Air. 2021 [citado 3 de julio de 2023]. Disponible en: <https://www.oneair.es/normativa-drones-espana-aesa/>
29. ENAIRE Drones [Internet]. [citado 14 de diciembre de 2023]. Disponible en: <https://drones.enaire.es/>
30. Publicado el Plan de Acción Nacional para el Despliegue del U-Space que integrará los drones en el espacio aéreo | AESA-Agencia Estatal de Seguridad Aérea - Ministerio de Fomento [Internet]. [citado 24 de mayo de 2023]. Disponible en: <https://www.seguridadeaerea.gob.es/es/noticias/publicado-el-plan-de-accion-nacional-para-el-despliegue-del-u-space-que-integrar-a-los>
31. Política de Espacio Aéreo | Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana [Internet]. [citado 24 de mayo de 2023]. Disponible en: <https://www.mitma.gob.es/aviacion-civil/politica-espacio-aereo>
32. Leccion-3-Procedimientos-operacionales-DE-DRONES-A1-1.pdf.
33. Leccion-2-Conocimiento-general-del-vuelo-con-UAS-v2.pdf.
34. Zipline Instant Delivery & Logistics [Internet]. [citado 1 de julio de 2023]. Disponible en: <https://www.flyzipline.com/>
35. En Ruanda las carreteras son un problema de salud. Estos drones de reparto autónomos están salvando vidas [Internet]. [citado 1 de julio de 2023]. Disponible en: <https://www.motorpasion.com/futuro-movimiento/drones-que-salvan-millones-vidas-ruanda-antes-la-repartidores-futuro>
36. Guía Drones CROEM 2018.pdf.
37. Beatriz. Fundación Española del Corazón. 2018 [citado 10 de agosto de 2023]. "Formar a la población en RCP podría reducir hasta en un 30% las muertes por paro cardíaco" Disponible en: <https://fundaciondelcorazon.com/blog-impulso-vital/2697-formar-poblacion-en-rp-reduciria-hasta-en-un-30-las-muertes-por-paro-cardiacoq.html>
38. Blecher D. For the first time in medical history, an autonomous drone helps save the life of a cardiac arrest patient [Internet]. Everdrone. 2022 [citado 28 de junio de 2023]. Disponible en: <https://everdrone.com/news/2022/01/04/for-the-first-time-in-medical-history-an-autonomous-drone-helps-save-the-life-of-a-cardiac-arrest-patient/>
39. Blecher D. Everdrone First on Scene Solutions™ extends commercial contract in Region Västtra Götaland [Internet]. Everdrone. 2023 [citado 1 de julio de 2023]. Disponible en: <https://everdrone.com/news/2023/01/23/everdrone-first-on-scene-solutions-extends-commercial-contract-in-region-vastra-gotaland/>
40. Matternet_Press_Release-Labor_Berlin_Drone_Program-2020.11.17.pdf [Internet]. [citado 23 de enero de 2024]. Disponible en: https://www.mttr.net/images/Matternet_Press_Release-Labor_Berlin_Drone_Program-2020.11.17.pdf
41. Infodron. Infodron. [citado 23 de enero de 2024]. Matternet recibe autorización de la Oficina de Aviación Alemana para realizar operaciones de entrega Bvlos en Berlín. Disponible en: <https://www.infodron.es/texto-diario/mostrat/4654800/matternet-recibe-autorizacion-oficina-aviacion-alemana-realizar-operaciones-entrega-bvlos-berlin>

42. dca. Olot prova amb èxit el transport de mostres biològiques amb drons [Internet]. DCA. 2023 [citado 14 de diciembre de 2023]. Disponible en: <https://dca.cat/ca/2023/05/olot-prova-amb-exit-el-transport-de-mostres-biologiques-amb-drons/>
43. Perez J. Drones para la entrega de suministros médicos [Internet]. [citado 18 de mayo de 2023]. Disponible en: <https://enterprise-insights.dji.com/es/blog/drones-para-entrega-de-suministros-medicos>
44. Engineering For Change [Internet]. [citado 27 de junio de 2023]. Ambulance Drone. Disponible en: <https://www.engineeringforchange.org/solutions/product/ambulance-drone/>
45. TU Delft [Internet]. [citado 18 de mayo de 2023]. Ambulance Drone. Disponible en: <https://www.tudelft.nl/en/ide/research/research-labs/applied-labs/ambulance-drone>
46. S.L EP. Valencia Plaza. [citado 1 de julio de 2023]. La Comunitat realiza el primer transporte piloto con dron de material sanitario en España y el segundo europeo. Disponible en: <https://valenciaplaza.com/la-comunitat-realiza-el-primer-transporte-piloto-con-dron-de-material-sanitario-en-espana>
47. Hospimedica.es [Internet]. 2019 [citado 1 de julio de 2023]. Sistema de entrega con drones transporta las muestras entre los hospitales. Disponible en: <https://www.hospimedica.es/ti-de-salud/articulos/294778306/sistema-de-entrega-con-drones-transporta-las-muestras-entre-los-hospitales.html>
48. Infodron. Infodron. [citado 10 de agosto de 2023]. Swiss Post suspende su servicio de entrega con UAV tras un segundo accidente. Disponible en: <https://www.infodron.es/texto-diario/mostrar/3529684/swiss-post-suspende-servicio-entrega-uav-segundo-accidente>
49. Post DS. Swiss Post. 2022 [citado 10 de agosto de 2023]. Swiss Post hands over its drone operation to Matternet. Disponible en: <https://www.post.ch/en/about-us/media/press-releases/2022/swiss-post-hands-over-its-drone-operation-to-matternet>
50. Dropbox [Internet]. [citado 28 de junio de 2023]. FINAL - WeRobotics and DR Flying Labs - Cargo Drone Field Tests for Pfizer 2019. pdf. Disponible en: <https://www.dropbox.com/s/402d7z1o9g9ukjj/FINAL%20-%20WeRobotics%20and%20DR%20Flying%20Labs%20-%20Cargo%20Drone%20Field%20Tests%20for%20Pfizer%202019.pdf?dl=0>
51. Yakushiji K, Yakushiji F, Yokochi T, Murata M, Nakahara M, Hiroi N, et al. Quality Control of Red Blood Cell Solutions for Transfusion Transported via Drone Flight to a Remote Island. *Drones*. 13 de septiembre de 2021;5(3):96.
52. Yakushiji F, Yakushiji K, Murata M, Hiroi N, Takeda K, Fujita H. The Quality of Blood is not Affected by Drone Transport: An Evidential Study of the Unmanned Aerial Vehicle Conveyance of Transfusion Material in Japan. *Drones*. 22 de enero de 2020;4(1):4.
53. Incidence of tuberculosis (per 100 000 population) (HIV-positive cases) [Internet]. [citado 27 de junio de 2023]. Disponible en: [https://www.who.int/data/gho/data/indicators/indicator-details/GHO/incidence-of-tuberculosis-\(per-100-000-population\)-\(hiv-positive-cases\)](https://www.who.int/data/gho/data/indicators/indicator-details/GHO/incidence-of-tuberculosis-(per-100-000-population)-(hiv-positive-cases))
54. Incidence of tuberculosis (per 100 000 population per year) [Internet]. [citado 27 de junio de 2023]. Disponible en: [https://www.who.int/data/gho/data/indicators/indicator-details/GHO/incidence-of-tuberculosis-\(per-100-000-population-per-year\)](https://www.who.int/data/gho/data/indicators/indicator-details/GHO/incidence-of-tuberculosis-(per-100-000-population-per-year))
55. Malamule D, Moreira S, Madeira C, Lutucuta C, Ailstock G, Maxim L, et al. Quality Analysis of Tuberculosis Specimens Transported by Drones versus Ground Transportation. *Drones*. 23 de junio de 2022;6(7):155.
56. Scalea JR, Restaino S, Scassero M, Blankenship G, Bartlett ST, Wereley N. An Initial Investigation of Unmanned Aircraft Systems (UAS) and Real-Time Organ Status Measurement for Transporting Human Organs. *IEEE J Transl Eng Health Med*. 2018;6:1-7.
57. Adwibowo A. Assessments of heavy lift UAV quadcopter drone to support COVID 19 vaccine cold chain delivery for indigenous people in remote areas in South East Asia [Internet]. *Health Systems and Quality Improvement*; 2021 ene [citado 24 de mayo de 2023]. Disponible en: <http://medrxiv.org/lookup/doi/10.1101/2021.01.09.21249494>

