



**Universitat Autònoma
de Barcelona**

Análisis de protocolos para la estandarización de la descripción de misiones UAS

Memoria del Trabajo Final de Grado
en

Gestión Aeronáutica

realizado por

Paula Deglane Japay

i dirigido por

Dr. Juan José Ramos González

Escola d'Enginyeria

Sabadell, febrero de 2021

El abajo firmante, **Juan José Ramos González**
Profesor de la Escuela de Ingeniería de la UAB.

CERTIFICA:

Que el trabajo al que corresponde la presente memoria ha sido realizado bajo su dirección por **Paula Deglane Japay**

Y para que conste firma la presente.

Sabadell, *febrero* de *2021*

Firmado: *Juan José Ramos González*

HOJA DE RESUMEN- TRABAJO FINAL DE GRADO DE LA ESCUELA DE INGENIERIA

Título del Trabajo Final de Grado: Análisis de protocolos para la estandarización de la descripción de misiones UAS.

Autor[a]: Paula Deglane Japay

Data: febrero 2021

Tutor[a]/s[es]: Juan José Ramos González

Titulación: Gestión Aeronáutica

Palabras clave: (mínimo 3)

- Catalán: UAS, UTM, automatització, seguretat, planificació, execució.
- Castellano: UAS, UTM, automatización, seguridad, planificación, ejecución.
- Ingles: UAS, UTM, automation, security, planning, execution.

Resumen del Trabajo Final de Grado

- Catalán: L'anàlisi pretén mostrar el món dels UAS, i els seus requeriments necessaris per poder dur a terme les missions civils amb completa seguretat en les fases de planificació i execució de l'operativa. De manera que es proposa els paràmetres d'informació mínima ha transmetre entre servidors i entitats poder dur a terme les operacions. Així mateix, es pretén ajudar a el projecte Corus del qual actualment estan treballant per poder sobrevolar aquests vehicles a les zones urbanes garantint la seguretat i eficàcia d'aquests.
- Castellano: El análisis pretende mostrar el mundo de los UAS, y sus requerimientos necesarios para poder llevar a cabo las misiones civiles con completa seguridad en las fases de planificación y ejecución de la operativa. De manera que se propone los parámetros de información mínima ha transmitir entre servidores y entidades poder llevar a cabo las operaciones. Asimismo, se pretende ayudar al proyecto Corus del cual actualmente están trabajando para poder sobrevolar dichos vehículos a las zonas urbanas garantizando la seguridad y eficacia de estos.
- Ingles: The analysis aims to show the world of UAS, and its necessary requirements to be able to carry out civil missions with complete safety in the planning and execution phases of the operation. Thus, the minimum information parameters are proposed to be transmitted between servers and entities to be able to carry out operations. It also seeks to help the Corus project which are currently working on to be able to fly over said vehicles to urban areas, guaranteeing their safety and efficiency.

Agradecimientos:

A mi madre y gran referente Rosa Isabel Japay por apoyarme en mis trabajos, estudios y por animarme siempre a superarme a mi misma.

Y a mi tutor Juan José Ramos por en esta difícil situación, conseguir su apoyo y motivarme con este mundo de UAS que ha sido un gran descubrimiento para mi.

Índice

CAPITULO 1: INTRODUCCIÓN.....	9
1.1 INTRODUCCIÓN	9
1.2 TABLA DE ACRONIMOS.....	11
CAPITULO 2: EL MUNDO DE LOS UAS	13
2.1 UAS Y SUS COMPONENTES.....	13
2.1.1 SISTEMAS DE VEHÍCULOS AÉREOS NO TRIPULADOS (UAS).....	13
2.1.2 ORIGEN:	13
2.1.3 CATEGORÍAS Y ESCENARIOS DE VUELO DE DRONES EN LA REGLAMENTACIÓN EUROPEA	15
2.1.4. CLASIFICACIONES:	17
2.1.5. CARACTERÍSTICAS Y COMPONENTES	21
2.1.6 FACTORES IMPORTANTES:.....	22
2.1.7 VENTAJAS	23
2.2. MISIONES	23
2.2.1 OBJETIVO DE LAS UAS:	23
2.2.2 APLICACIONES CIVILES:.....	24
2.2.3 U-SPACE JU:	24
2.2.4 IMPLANTACIÓN DE U-SPACE	25
2.3 ESTRUCTURA DEL ESPACIO AÉREO Y USUARIOS DE ESTE.....	26
2.3.1. ZONAS AIRE:.....	26
2.4. ESTRUCTURA DEL ESPACIO AÉREO UTM.....	29
2.4.1 ARQUITECTURA UTM	30
2.4.2 VOLUMEN DE ESPACIO AÉREOS RESPECTO UAS	33
CAPITULO 3: ANALISIS DE MISIONES	35
3.1 U-SPCAE AEROTAXIS.....	35
3.2 REQUISITOS DE LA AERONAVE:	35
3.2.1 CERTIFICADO DE AERONAVEGABILIDAD	36
3.2.2 LUCES DE NAVEGACIÓN Y LUCES ANTICOLISIÓN	37
3.2.3 LICENCIAS DEL PERSONAL / OPERADOR.....	37
3.2.4 PLAN DE VUELO	37
3.3 COMUNICACIONES Y TRANSFERENCIA DE DATOS:	38
3.4 NORMATIVA PARA EL CONTROL SOBRE LA VALORACIÓN DEL RIESGO OPERACIONAL:	39
3.5 SORA	42
CAPITULO 4: POSIBLES CASOS CON LOS PROTOCOLOS A SEGUIR DE LA NORMATIVA EXIGIDA:	44
4.1 CASO 1: OMISIÓN DE COLISIÓN DE UAS CON OTRAS ENTIDADES.	44
4.2 CASO 2: UAS PARA EL TRANSPORTE DE MERCANCÍAS.	47
CAPITULO 5: SOLUCIÓN PROPUESTA RESPECTO A LA INFORMACIÓN	49
5.1 CONJUNTO DE INFORMACIÓN COMPARTIDA	49
5.2 PROTOCOLOS DE DATOS	55
CAPITULO 6: CONCLUSIÓN	59
CAPITULO 7: WEB GRAFÍA:	61

CAPITULO 1: INTRODUCCIÓN

1.1 INTRODUCCIÓN

Los sistemas de aeronaves no tripuladas, actualmente se percibe como unos de los pilares en aumento de la industria aeronáutica en el futuro. Estos vehículos están basados en las novedades tecnológicas aeroespaciales que dan paso a las mejores aplicaciones comerciales o civiles y mejorando así también la seguridad operacional y la eficiencia de toda aviación civil.

CORUS ve el U-Space como un ambiente en el que se puede desarrollar la actividad comercial haciendo uso de los drones manteniendo siempre la seguridad y la aceptación pública. Por lo que impulsa el concepto de operaciones (ConOps) considerando los casos de uso de U-Space.

Para estas misiones generadas es necesario cumplir una gran cantidad de normativas, requisitos, además de poder coordinar diferentes vehículos, lo que genera una búsqueda de procedimientos para dominar, coordinar y evitar catástrofes aéreas. Por lo que la Unión Europea desarrolla la visión de las operaciones de U-Space, que tiene como objetivo implementar los UAS dentro del espacio aéreo que ya es ocupado por distintas aeronaves como, helicópteros, aviones, etc. Y ser movilizados dentro de un entorno urbano, pudiendo aplicar los drones a un uso cotidiano y potenciar su uso civil. Pero para poder llevar a cabo estas misiones se deben seguir unas regulaciones estatales, por lo que aquí se conlleva el primer conflicto de incompatibilidad y otras regulaciones que se deben desarrollar en un mercado común europeo. De manera que la Comisión Europea (CE), la Agencia Estatal de Seguridad Aérea (EASA), la Empresa Común SESAR (SJU) y EUROCONTROL, trabajan la manera de poder desarrollar normativas y estándares con la finalidad de poder ejecutar las misiones UAS dentro de un entorno urbano, compartiendo espacio aéreo con otros vehículos. Por otra banda, la OACI sigue con el objetivo de tratar la aviación no tripulada proporcionando un marco normativo internacional fundamental por medio de normas y métodos recomendados, (SARPS), apoyando a los procedimientos para los servicios de navegación aérea (PANS) y sus textos de orientación con el resultado de asegurar las operaciones de los UAS de manera global en una forma segura, armonizada y fluida, haciendo similar a las de las operaciones tripuladas.

El objetivo principal de trabajo es proponer los requisitos necesarios para la caracterización de las misiones UAS analizando los procedimientos e información necesaria para compartir la misión en el contexto U-Space. Por lo que se marcan unos subobjetivos con la finalidad de conseguir el objetivo principal.

Dichos subobjetivos son los siguientes:

Primero se procederá a la elaboración de un análisis del estado del arte en el despliegue del UTM y U-Space donde se identificará los actores principales y sus roles en la gestión del espacio aéreo, debido a que el operador se ajustará a éstos.

Seguidamente, se identificará los requerimientos necesarios para los diferentes tipos de aplicaciones, introduciendo tanto al operador dron como al gestor del espacio aéreo desde la perspectiva de safety, planificación y ejecución de misiones.

Se definirá el conjunto de información mínima que será necesaria para las misiones, entre el gestor del espacio aéreo (delegado para las funciones UTM) y el usuario del espacio aéreo (el operador del dron), con el objetivo de satisfacer los requerimientos identificados en el segundo subobjetivo.

Por último, se propone los posibles protocolos de datos para estructurar la información y los procedimientos de intercambio de datos en las fases de planificación y ejecución.

1.2 TABLA DE ACRONIMOS

ACRONIMO	DEFINICIÓN
UAS	Unmanned Aerial System, Sistema aéreo sin influencia humana.
MTOM	Maximum Take Off Mass, Masa Máxima de despegue. Es el peso máximo autorizado en la aeronave.
ICAO	International Civil Aviation Organization. Organización de la aviación civil internacional.
EASA	European Aviation Safety Agency. Agencia Europea de Seguridad Aérea.
BVLOS	Beyond Visual Line of Sight, Más allá de la línea de visión. La aeronave ya no es vista por el operador y requiere de otras tecnologías para determinar sus evoluciones.
MTOW	Maximum Take Off Weight. Peso Maximo de Despegue.
STS	Escenario estándar.
VLOS	Visual Line of Sight – Visión en línea visual. Visión directa del aparato por el operador, al estilo de un aeromodelo, con un alejamiento de 500m
GPS	Sistema mundial de determinación de la posición. Global Positioning System.
DAA	Detect And Avoid, Sistema de Detección y Evitación.
ATC	Air Traffic Control, Control del Tráfico Aéreo.
UTM	Unmanned Traffic Management, Gestión del Trafico No Tripulado.
MET	Informe Meteorológico.
FIS	Flight Information Service, servicio de información de vuelo.
ALS	Alerts Service, Servicio de Alertas.
TWR	Tower Controller, Controlador de Torre.
ACC	Route Controller, Controlador de ruta.
APP	Approach Controller, Controlador de aproximación.
IFR	Instrumental Flying Rules, Reglas de Vuelo Instrumental.
VFR	Visual Flying Rules, Reglas de Vuelo Visual.
CTR	Controlled Traffic Region, Región de tráfico controlado.
TMA	Terminal Manouvering Area, Área de control terminal.
AWY	Airway, Aerovía.
UIR	Upper Information Region, Región Superior de Información de Vuelo.
FIR	Flight Information Region, Región de Información de Vuelo.
TSA	Espacio aéreo temporalmente segregado.
FAA	Federal Aviation Administration. Administración Federal de la Aviación.
RPAS	Remotely Piloted Aerial System – Sistema Aéreo Pilotado remotamente.
API	Application Programming Interfaces, Interfaces de Programación de Aplicaciones.
SDSP	Supplemental Data Services Provider, Proveedor de servicios de datos complementarios.

Análisis de protocolos para la estandarización de la descripción de misiones UAS

FIMS	Flight Information Management System, Sistema de gestión de información de vuelo.
SWIM	System Wide Information Management, Gestión de la información en todo el sistema.
ANSP	Air Navigation Service Provider, Proveedor de servicios de navegación Aérea.
SARPS	Standards and Recommended Practice, normas y métodos recomendados internacionales.
ARMS	Anti RPAS Multisensor System, Sistema multisensor anti RPAS.
GTA	Global Training Aviation, Aviación de formación global.
HRM	Human resource management, Gestión de recursos humanos.
AEC	Category airspace, Categoría espacio aéreo
GRC	Ground Risk Class, Clase de riesgo de tierra.
ARC	Airworthiness Review Certificate, Certificado de Revisión de Aeronavegabilidad.
TMPR	Tactical Mitigation Performance Requirement, Requisito de desempeño de mitigación táctica.
SAIL	Specific Assurance and Integrity Level, Nivel específico de garantía e integridad.
VTOL	Vertical Take-Off Landing, Aterrizaje de despegue vertical.

Tabla 1, Tabla de acronimos, elaboración propia.

CAPITULO 2: EL MUNDO DE LOS UAS

2.1 UAS Y SUS COMPONENTES

2.1.1 SISTEMAS DE VEHÍCULOS AÉREOS NO TRIPULADOS (UAS)

Los **Sistemas de Vehículos Aéreos no Tripulados (UAS)**, del inglés Unmanned Aerial Systems, son aeronaves que son volados sin tripulación, es decir, son desplazados de manera remota, o pueden ser preprogramados para realizar vuelos de forma autónoma. Por lo que es un campo tecnológico en expansión con aplicaciones tanto civiles como de defensa e incluso pueden ser diseñados para llevar carga.



Ilustración 1, Vuelo de un vehículo aéreo no tripulado

No por ello la entidad de un piloto es ausente, puesto que puede ser controlado desde metros o km de distancia, debido a que en algunos casos requiere susodicho control por un humano, sin embargo, también existen los drones que son completamente autónomos y que son capaces de decidir la manera en la que van a actuar, todo y así es por una previa programación y un control definido hecho anteriormente e implantado al vehículo.

Por lo que nos encontramos con tres distintos tipos de control en el dron. Está, el de pilotaje remoto, el control semiautónomo y el control completamente autónomo.

En España existe una regulación nacional específica para el uso tanto profesional como comercial de estas aeronaves no tripuladas, por lo que drones con fines recreativas deben seguir también unas leyes generales.[1]

2.1.2 ORIGEN:

El origen del desarrollo de las UAS se basa en la idea principal de eliminar el puesto de piloto en los vehículos aeronáuticos, pero dicha idea, aunque parezca ser novedoso o de hace unos pocos años atrás, la idea es tan antigua como cuando se inició la aviación. Sus comienzos en los modelos construidos y volados fueron por los inventores como Cayley, Stringfellow, Du Temple y otros pioneros de la aviación a lo largo del **siglo XIX**. Aquellos modelos fueron útiles como pruebas para poder realizar un desarrollo posteriormente con mayor tamaño y en sentido, fueron los precursores de la aviación tripulada.

La genealogía de las aeronaves que no son tripuladas tiene sus raíces en lo que se conoce como "**torpedos aéreos**", los antecesores de los actuales misiles crucero, que fueron desarrollados tardíamente en las ramas de las bombas guiadas, los blancos aéreos, los señuelos, los modelos recreacionales y/o deportivos de radiocontrol, etc. Por lo que el término de vehículo aéreo no tripulado se empezó hacer común en los años 90 como descripción de las aeronaves robóticas y reemplazo al término de vehículos aéreos pilotados por remoto.

Definición del departamento de defensa sobre los UAS:

«Un vehículo aéreo motorizado que no lleva a bordo a un operador humano, utiliza las fuerzas aerodinámicas para generar la sustentación, puede volar autónomamente o ser tripulado de forma remota, que puede ser fungible o recuperable, y que puede transportar una carga de pago letal o no. No se consideran UAV a los misiles balísticos o semibalísticos, misiles crucero y proyectiles de artillería».[2]

En 1888, el inventor Louis Brennan irlandés, consiguió demostrar de ser capaz de poder pilotar de una manera remota por medio de un cable, un torpedo por el río Medway, y posteriormente en 1908 el oficial de la artillería francés René Lorin propuso una bomba volante que fuera propulsada a través de un chorro, que podría ser controlada por la radio.

En la **Segunda Guerra Mundial**, Gran Bretaña abandonó el desarrollo de los misiles cruceros y pasó a los blancos aéreos que eran controlados por radio, aunque siendo limitado el alcance. Hicieron pruebas con el Fairey, entre 1934 y 1943, y construyeron el <<Queen bee >>, cuyo fin era para la Armada y el ejército de tierra, utilizado para formación y entrenamiento de las fuerzas de artillería.[3]



Ilustración 2, aqm-34 Ryan Firebee

Posteriormente en el desarrollo de la aviación y de las tecnologías de comunicaciones permitieron que, en 1944, la Navy's Special Air Unit One (SAU-1) convirtiera varios PB4Y-1 en aeronaves sin necesidad de un piloto, y controlada mediante remoto. Pero los resultados fueron pocos satisfactorios por lo que afectó a la ralentización del desarrollo de los UAS. Pero en 1960, la USAF comenzó con los diseños de los aviones sin piloto desde el inicio con el fin de lanzarlos desde el aire por una aeronave, estos fueron los AQM-34 Firebee o Lightning Bug, como resultado tuvo un éxito total llevando así a una construcción de 1.000 unidades. Posteriormente al Firebee, se equiparon con cámaras para misiones de reconocimiento sobre el territorio enemigo, operando a unas altas altitudes y controladas por radio desde una estación de control en tierra.

En la posguerra, en la **década de los 50**, la compañía Radioplane evolucionó con éxito una serie de blancos aéreos no tripulados nombrados <<Falconer >> que fueron producidos hasta los años 80, cada vez más evolucionados. Estos fueron lanzados desde bombarderos y lanzados con el objetivo de confundir los sistemas radar de enemigos.

En los **años 70**, se introducen diversos UAS diseñados para las misiones de reconocimiento y vigilancia, tanto para el corto, largo alcance y elevada altitud. Después de la Guerra Fría, los sistemas se fueron haciendo más sofisticados y no tan solo los sistemas sino también los requisitos de las misiones como la seguridad de las comunicaciones. Colaborando así, muchas naciones e incorporando paulatinamente los sistemas en los años 90, consideraron la importancia de las posibilidades de los UAS en misiones de vigilancia y reconocimiento. Lo que lleva a 2001 contemplar el crecimiento exponencial de las inversiones que han realizado los gobiernos en los UAS.

Actualmente, las UAS son más grande y pesados, saliendo así el modelo Pedrator B, que es equipado con un motor turbohélice, y el mayor aún y de mayor altitud, Global Hawk, usando un motor turbofan. En este siglo XXI, se presencia el incremento en el uso militar de los UAS, como el uso del Pedrator para eliminar el objetivo de Inteligencia que utilizó la CIA, acción llevada en Afganistán, cerca de Khost. La CIA ha iniciado los vuelos con drones en Afganistán desde el año 2000, desde los atentados del 11- S empezando con los vuelos armados. [4]



Ilustración 3, Pedrator

En operaciones civiles, sigue en desarrollo ya que potencialmente no ha dado tantos frutos como los militares, debido a la inexistencia de poder asegurar las operaciones, a causa de las distancias que hay entre otras aeronaves. Por lo que la ICAO, estados e industrias aeroespaciales trabajan para poder comprender, definir e integrar estos sistemas de aeronaves no tripuladas (UAS).

2.1.3 CATEGORÍAS Y ESCENARIOS DE VUELO DE DRONES EN LA REGLAMENTACIÓN EUROPEA

Categoría Abierta

Esta categoría engloba las operaciones que presenta el riesgo más bajo por lo que no se le exige los procedimientos estándar de conformidad aeronáutica, sino que serán realizadas por las clases de UAS definidas en el Reglamento Delegado UE 2019/945 de la Comisión (2).[5]

La categoría abierta se establece en **tres subcategorías (A1, A2, A3)** que son basadas según **las limitaciones operacionales, los requerimientos hacia los pilotos y los requisitos técnicos de los UAS.** [6]

Los requisitos generales que engloban a las tres subcategorías son las siguientes:

1. Si las UAS vuelan a partir de un relieve natural del terreno o sobre un terreno con relieves naturales, dicha aeronave no tripulada no se podrá alejar más de 120 m del punto más próximo en la superficie terrestre.
2. La medición de las distancias se adaptará en función a las características geográficas del terreno, tanto las llanuras, como las colinas y montañas.
3. En caso de volar a unos 50 m o menos, medido horizontalmente, de algún obstáculo artificial con una altura de 105 m, la altura máxima a la que podrá llegar a incrementarse es de hasta 15 m más por encima de la altura del obstáculo, siempre y cuando tenga la petición de la entidad responsable del obstáculo.
4. Las UAS con una MTOM, incluyendo la carga útil, sea inferior a 10 kg, se le permitirá volar a una distancia superior a 120 m desde el punto más próximo en la superficie terrestre, condicionalmente sin volar más de 120 m de altura por encima del piloto remoto.

Y las prohibiciones de forma general son:

- Prohibido el sobrevuelo de reuniones de personas.
- Se prohíbe transportar mercancías peligrosas y arrojar materiales tanto peligrosos o no.
- Quedan prohibidas las operaciones autónomas.

Subcategoría A1:

El dron queda totalmente prohibido volar por encima de concentraciones de personas y se deberá prever que tampoco volará por encima de ninguna persona no participante; en caso de que se vuele por encima de algún no participante, el piloto remoto reducirá el tiempo posible durante el vuelo por encima de estas personas.

Se utilizará drones de Clase C0 o un dron de Clase C1 y será utilizada con sistemas activos y actualizados de identificación a distancia directa y de geo consciencia.

Subcategoría A2:

En esta subcategoría se establecen los drones de tipo C2, por lo que su peso debe ser menos de 4 Kg, incorporando los sistemas *e-ID*, *low-speed* y *geo-awareness*. En esta subcategoría se permite el vuelo cerca de personas ajenas a las operaciones, pero siempre y cuando mantengan una distancia de seguridad de entre 5 y 30 metros.

Es necesario el conocimiento del manual del dron y poseer el certificado de competencia, obtenido por medio de una formación y un examen teórico-práctico.

Subcategoría A3:

En esta subcategoría se permiten las operaciones en áreas alejadas de las zonas residenciales, recreacionales e industriales o comerciales en un mínimo de 150 metros. Por lo que se debe conocer el manual de usuario y un curso online finalizando con un respectivo examen.

Categoría Específica

La categoría específica no encaja en la categoría abierta a causa de los riesgos que comporta:

- Vuelos BVLOS.
- Operaciones con más de 120 metros de altura.
- Drones con un peso de más de 25 kg.
- Vuelos urbanos con drones de más de 4 kg o sin marcado CE.
- Arrojo de materiales.
- Vuelos sobre aglomeraciones de personas.

En esta categoría se deben cumplir unas condiciones adicionales como:

- La edad mínima del piloto será de 16 años.
- Es obligatorio el registro del operador UAS.
- Es necesario el estudio SORA (Specific Operations Risk Assessment) que será realizado por el operador del UAS antes de realizar la solicitud a AESA.

En caso de **NO** volar en los escenarios estándar (STS), especificados a continuación, el operador del dron debe poseer una **autorización operacional**.

- **STS-01:** operaciones VLOS (dentro de la línea de visión del piloto) de la cual el área terrestre es controlada en un entorno urbano con drones y con la identificación de clase C5.
- **STS-02:** operaciones BVLOS (fuera de la visión del piloto) en un área terrestre controlada en un entorno escasamente poblado con UAS de clase C6.



Ilustración 4, Requerimiento operacional

En este esquema muestra los requerimientos operacionales aplicables según la operación que se establezca. [7]

Categoría certificada

Los requisitos generales que engloban las operaciones de la categoría certificada son: [8]

- Drones certificados según el Reglamento Delegado UE 2019/945.
- Se sobrevuele por aglomeraciones de personas, se transporten mercancías peligrosas en un alto riesgo que puedan causar algún accidente; o implique el transporte de personas.
- Si el estudio de seguridad (SORA) presentado, indique la necesidad del certificado del UAS, del operador y de la obtención de la pertinente licencia de piloto.
- Las normas detalladas relativas a la categoría certificada aún están en desarrollo a nivel de la UE.

2.1.4. CLASIFICACIONES:

Los diseños de dichas aeronaves incluyen diferentes formatos para sus distinguidas operaciones, pero dada la diversidad de diseño y aplicaciones que tienen actualmente, lo conlleva a clasificarlas de la siguiente manera, teniendo en cuenta el alcance de la aeronave, la autonomía de vuelo y el peso máximo al despegue (MTOW) del UAS, el tamaño, la masa y la altitud de vuelo, estas están clasificadas en 7 clases de CE que van de la C0 a C6, según la nueva normativa de EASA:

En la categoría abierta se podrán volar drones marcados desde C0-C4:

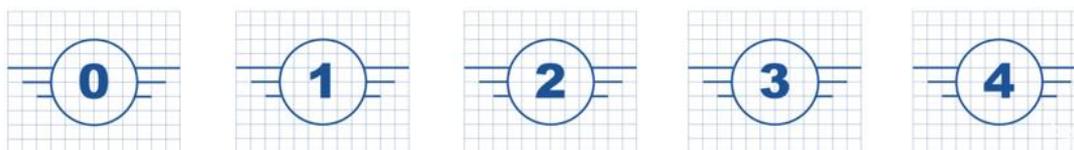


Ilustración 5, clases de vehículos no tripulados de categoría abierta.

Según EASA la clasificación de drones de C0 - C4 cumple con las siguientes características: [9]

Clase 0:

Los drones que opten o que tengan el marcado de Clase C0, son los más básicos y con menos restricciones del mercado principalmente por el peso de estos. Entre los requisitos que se les exigen para optar al marcado de Clase C0:

- MTMO inferior a 250g.
- Velocidad máxima de vuelo horizontal de 19 m/s.
- Altura limitada máxima desde el punto de despegue a 120m.
- Fuente de alimentación: electricidad.

Clase 1:

Los drones que opten o que tengan el marcado de Clase C1 exige una serie de requisitos técnicos que serán comunes en el resto de las clases superiores. Los requisitos que se les exigen a los drones de Clase C1:

- MTOM inferior a 900 g.
- Velocidad máxima en vuelo horizontal es de 19 m/s.
- Altura limitada máxima desde el punto de despegue a 120m.
- Fuente de alimentación: electricidad.
- Poseer un número de serie único.
- Sistema de identificación a distancia directa y de identificación a distancia de red.
- Equipado con un sistema de geo consciencia y con un sistema de aviso de batería baja para el UA y la estación de control.

En esta clase se exigen una serie de requisitos técnicos más complejos, sin embargo, la mayoría de ellos ya los incorporan los drones como el sistema de avisos de batería baja, el número de serie único, por lo que los más destacables con el e-ID y el sistema de geo consciencia.

Clase 2:

Las operaciones en la subcategoría A2 se realizarán manteniendo una distancia de seguridad de al menos 30 m respecto de personas no participantes en la operación y se podrán realizar con drones que lleven el marcado de clase C2.

Los requisitos para los drones de Clase C2 son:

- MTOM inferior a 4 kg.
- Altura limitada máxima desde el punto de despegue a 120m.
- Fuente de alimentación: electricidad.
- Poseer un número de serie único.
- Sistema de identificación a distancia directa y de identificación a distancia de red.
- Equipado con un sistema de geo consciencia.

- Equipado con un: sistema de aviso de batería baja para el UA y la estación de control, un control de actitud y vuelo nocturno. Y con un enlace de datos protegido contra el acceso no autorizado a las funciones de mando y control.

Se repiten los requisitos que la Clase C1, lo que varía es el límite de velocidad y se le añaden otras exigencias, siendo una de las más importantes el sistema de luces que son acorde para la navegación aérea, por lo que requiere una serie de cambios “físicos” en los drones que quieran optar la clase C2.

Clase 3:

Los drones con clase C3 solo pueden ser volados en la categoría abierta subcategoría A3, es decir alejados de los entornos urbanos y personas.

Los requisitos para los drones de Clase C3 son:

- MTOM < 25 kg y una dimensión característica máxima inferior a 3 m.
- Limitación de la altura máxima desde el punto de despegue a 120 m.
- Fuente de alimentación: electricidad.
- Poseer de un número de serie único.
- Equipado con un sistema de identificación a distancia directa y de identificación a distancia de red.
- Equipado: sistema de geo consciencia, un sistema de aviso de batería baja para el UA y la estación de control. Y luces para control de actitud y vuelo nocturno.

Clase 4:

Estos están dirigidos al aeromodelismo con algunas medidas más drásticas respecto a la tecnología y a las exigencias técnicas.

Los requisitos para los drones de Clase C4 son:

- MTOM < 25 kg, incluida la carga útil.
- No disponer de modos de control automático, con excepción a la asistencia para la estabilización del vuelo sin ningún efecto directo en la trayectoria para la asistencia en caso de pérdida del enlace.
- Estar destinadas para la práctica del aeromodelismo.

Las siguientes clases C5 y C6 son para drones que volarán en la **Categoría Específica**.

Clase C5:

Los drones con Clase C5 están orientados a las operaciones VLOS en categoría específica encima de una zona terrestre controlada en entorno urbano.

Los requisitos para los drones de Clase C5 son más complejos:

- MTOM < 25 kg.
- No ser una UA de ala fija, salvo si es una UA cautiva.

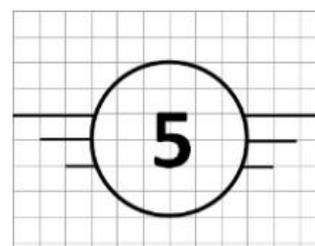


Ilustración 6, clase c5

- Tener un sistema que proporcione al piloto a distancia información clara y concisa sobre la altura de la UA.
- Equipado con un modo de baja velocidad seleccionable que limite la velocidad a 5 m/s como máximo.
- Ante una pérdida de enlace de datos, contar con un método de recuperarlo o de terminar el vuelo de forma segura.
- Método de recuperación del enlace de mando y control o, en caso de fallo, un sistema de terminación segura del vuelo.
- Estar equipado con un enlace de datos protegido contra el acceso no autorizado a las funciones de mando y control.
- Fuente de alimentación: electricidad.
- Poseer de un número de serie único, de un sistema de identificación a distancia directa.
- Equipado con un sistema de geo consciencia, un sistema de aviso de batería baja para el UA y la estación de control (CS), y luces para control de actitud y vuelo nocturno.
- Si la UA dispone de función de limitación de acceso a determinadas zonas o volúmenes del espacio aéreo, esta deberá interoperable con el sistema de control del vuelo, y deberá informar al piloto a distancia cuando esta impida entrar a la UA a estas zonas o volúmenes del espacio aéreo.

Clase 6:

Los drones con clase C6 están orientados a operaciones BVLOS en Categoría Específica, es decir al escenario estándar sobre una zona terrestre controlada (CTR) en un entorno escasamente poblado.

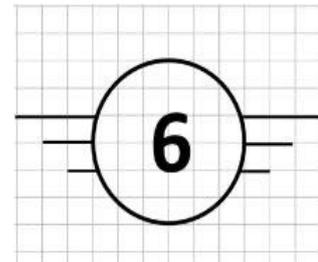


Ilustración 7, clase c6

- MTOM < 25 kg.
- Tener un sistema que proporcione al piloto a distancia información clara y concisa sobre la altura de la UA.
- Estar equipado con un modo de baja velocidad seleccionable que limite la velocidad a 5 m/s como máximo.
- Ante una pérdida de enlace de datos, contar con un método de recuperarlo o de terminar el vuelo de forma segura.
- Poseer de un método de recuperación del enlace de mando y control o, en caso de fallo de un sistema de terminación segura del vuelo.
- Equipado con un enlace de datos protegido contra el acceso no autorizado a las funciones de mando y control.
- Fuente de alimentación: electricidad.
- Poseer de un número de serie único.
- Tener un sistema de identificación a distancia directa (e-ID).
- Equipado con un sistema de geoconsciencia, de un sistema de aviso de batería baja para el UA y la estación de control (CS), y de luces para control de actitud y vuelo nocturno.

Si la UA dispone de función de limitación de acceso a determinadas zonas o volúmenes del espacio aéreo, esta deberá ser interoperable con el sistema de control del vuelo, y deberá informar al piloto a distancia cuando esta impida entrar a la UA a estas zonas o volúmenes del espacio aéreo.

2.1.5. CARACTERÍSTICAS Y COMPONENTES

Los componentes básicos en los que se forman el UAS son: **el segmento aéreo y el segmento terrenal**. Ambas relacionadas por la comunicación que transmite una a la otra. El **segmento aéreo** es formado por una plataforma aérea, la carga útil adecuada a la misión que se le ha otorgado y la parte de comunicaciones, y el **segmento terreno** se encuentran el sistema de control de la aeronave, la carga de pago y los equipos de comunicación que se encuentran en la estación, permitiendo así la difusión de la información captada por los sensores, comunicadores, por la tecnología. [10]

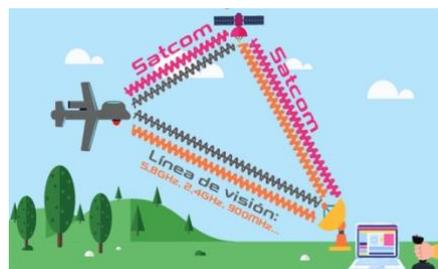
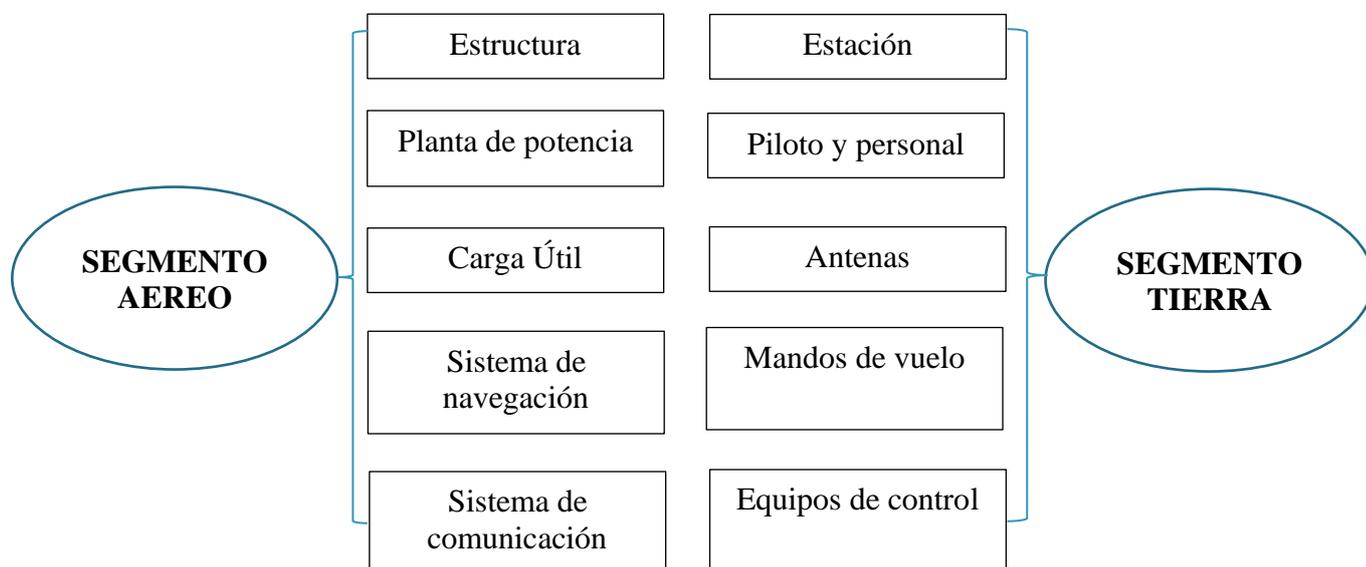


Ilustración 8, Componentes UAS



Otro segmento que se encuentra entre estos dos es el de la comunicación, es ese espacio intermediario invisible que permite comunicar el vehículo no tripulado con la estación de mandos. Aquí se encuentran los servicios externos como el "Wifi", "Tetrapol", etc. Básicamente es el enlace de datos.

Como se observa en la plataforma aérea, la estructura hace referencia al vehículo propio, en ellos se puede encontrar: helicópteros, aviones, drones de diferentes categorías, de la cual puede llevar carga útil como, cámaras, sensores, infrarrojos, etc. La planta de potencia alude a los motores de propulsión que pueden ser tanto eléctricos como de combustión, etc.

En el sistema de navegación se encuentra el piloto automático que dirige a la aeronave y el sistema de comunicación como antenas que componen la aeronave como radiofrecuencias, GPS, etc. Manteniendo así el control con la estación.

Por lo que en el segmento Tierra están, la estación donde se encuentra al piloto, personal y sistemas de ayuda de navegación e información, por lo que están también los mandos de vuelo y los equipos de control. Además de antenas en aproximación a esta y en diferentes puntos para no perder el control ni contacto con la aeronave no tripulada. [11]

2.1.6 FACTORES IMPORTANTES:

Las UAS tienen un lugar en el espacio aéreo segregado para evitar peligros a otras aeronaves, ya que una de las responsabilidades más importantes que tiene dicho sistema es la **seguridad**.

Seguridad operacional: *El estado en que el riesgo de lesiones a las personas o daños a los bienes se reduce y se mantiene en un nivel aceptable, o por debajo del mismo, por medio de un proceso continuo de identificación de peligros y gestión de riesgos. (Definición realizada por la OACI) [12]*

Uno de los factores más importantes en la integración de forma segura de los UAS en un espacio aéreo no segregado será la capacidad con la que pueda actuar y responder igual como lo hace las aeronaves que si son tripuladas. Esta capacidad depende de un factor importante, **la tecnología**.



Ilustración 9, Software para UAS.

La **automatización** que conlleva estos vehículos requiere de un desarrollo importante en la tecnología, ya que se podría decir que gran parte de la seguridad de todos está en las manos de la tecnología.

La automatización es el punto principal, ya que hace posible desaparición del piloto dentro del vehículo aéreo y por lo tanto reduciendo así la participación humana y los requisitos de ancho de banda. Además, permite

incrementar la coordinación cooperativa entre otros dispositivos, e incrementando así nuevas aplicaciones.

La aeronave que es controlada mediante un piloto remoto, este deberá actuar como enlace de comunicaciones entre el piloto y el control de tránsito aéreo (ATC), la performance, y poder responder con puntualidad la aeronave a las instrucciones que ATC indique. [13] Por lo que el rol que posee el piloto sigue siendo un factor importante, siempre y cuando la aeronave sea pilotada por control remoto, por lo que se conserva la responsabilidad final que es, realizar operaciones de forma segura y por consiguiente, la misma obligación de seguir el derecho aéreo y performance de vuelo, planificación y carga, y conocer la actuación humana a seguir, como la obtención de conocimientos sobre meteorología, navegación, procedimientos operacionales, principios de vuelo y radiotelefonía.[14]

Aunque como se ha comentado anteriormente no solo existen las UAS controladas de manera remota que puedan ser vistas desde tierra sino, también se puede contemplar una ausencia completa del piloto y que el vehículo haya sido programado para realizar cualquiera operación.

2.1.7 VENTAJAS

El sector de los UAS va creciendo aceleradamente en estos últimos años y va ganando un puesto importante en la industria aeronáutica. Por lo que las misiones con UAS van aumentando y sacando provecho para tareas que son peligrosas y arriesgadas para el ser humano. A continuación, se puede observar un cuadro de las ventajas de los vehículos no tripulados en las misiones a comparación con la implicación de humanos.

UAS	SER HUMANO
MAYOR VELOCIDAD	MENOR VELOCIDAD
MAYOR PERSISTENCIA	MENOR PERSISTENCIA
AFECTACIÓN NULA EN AMBIENTES CONTAMINADOS, BIOLÓGICOS, QUÍMICOS	MAYOR RIESGO DE CONTAMINACIÓN, EN VARIOS AMBIENTES CONTAMINANTES AFECTANDO GRAVEMENTE A LAS PERSONAS

Tabla 2, Tabla comparativa entre UAS y el ser humano, elaboración propia.

2.2. MISIONES

2.2.1 OBJETIVO DE LAS UAS:

Inicialmente fue en el sector militar donde surgió los UAS, debido a los avances que hay hoy en día se han desarrollado diferentes **usos como, las UAS de uso civil**, aumentando así el **interés hacia los ciudadanos, las empresas, autoridades reguladoras y operadores de drones**. Uno de sus principales objetivos es poder ofrecer un servicio en que pueda resultar peligroso hacia una tripulación y conseguir el servicio de una manera totalmente **segura**, ya que la seguridad es fundamental para la aceptación pública el uso de drones. Otro objetivo principal, interesando más al Estado es el uso de los UAS como **tecnología militar**, siendo así parecido a los originarios motivos de los vehículos no tripulados, dichos objetivos serán explicado más adelante específicamente.

2.2.2 APLICACIONES CIVILES:

El uso de UAS en aplicaciones civiles van aumentando potencialmente, pero no todas se cumplen de una manera satisfactoria a causa de la falta del marco regulatorio y una normativa que sea adecuada al uso que se le quiera dar. No obstante, las **aplicaciones principales** de las que se hacen uso de los vehículos aéreos no tripulados son:



Ilustración 10, dron en uso civil

- El **reconocimiento de sustancias químicas**, contaminadas, radiológicas, nucleares, biológicas.
- Ampliación de las **redes de comunicaciones** actuando el UAS como relé de comunicaciones entre redes o alargando el rango.
- Inspección de grandes áreas pudiendo gestionar las **emergencias de desastres naturales**, como, por ejemplo: incendios forestales, tornados, erupciones volcánicas, terremotos, inundaciones, etc.
- Inspección de áreas con la finalidad de **recopilación de datos** para un estudio.
- **Inspección y mantenimiento de infraestructuras** difíciles y peligrosas de controlar.
- **Monitorización medioambiental, meteorología y aplicaciones científicas.**
- **Agricultura, aplicaciones forestales y pesqueras.**
- **Vigilancia aérea del tráfico.**
- **Fotografía aérea y cinematográfica**
- **Actividades de cultivo, arqueológicas y de gestión de patrimonios.**
- **Transporte de mercancías**, tanto comercializadas como de ayudas, productos de emergencias sanitarias, paquetería general tanto en zonas aéreas rurales como urbanas.
- **Ayudas sanitarias, humanitarias.**

Pero para poder aplicar dichas funciones, es necesario un marco normativo que se adapten a todos los vehículos que le rodean y que puedan actuar de una manera correcta en caso de emergencia.

2.2.3 U-SPACE JU:

Actualmente los drones como se ha comentado anteriormente están en un rápido crecimiento en Europa y en todo el mundo, ofreciendo así una gran variedad de servicios a este mundo. La disponibilidad al público en general, esta generando que los UAS aumenten su importancia y puedan aportar una variedad de servicios ofreciendo un gran beneficio a la sociedad. Por lo que nace el concepto de **U-Space SESAR Joint Undertaking. [15]**

Se conoce como U-Space SESAR JU el ente europeo encargado en la coordinación del desarrollo de un **conjunto de métodos, procesos y**

herramientas que servirá para **coordinar el tráfico aéreo** de las aeronaves no tripuladas, dicho nombre es dado por la Unión Europea creando así su propio UTM.

Estos servicios consisten en un alto nivel de **digitalización y automatización de funciones y procedimientos específicos**, generando así funciones como por ejemplo en la fotografía, la vigilancia, la agricultura de precisión, inspecciones e incluso servicios de aerotaxis, entregas de mercancías y mensajerías. Todas estas funciones específicas deben ser diseñadas con un acceso seguro, eficiente y protegido al espacio aéreo.

Pero para poder realizar los servicios será necesario no tan solo un avance tecnológico sino también un avance legislativo, es decir, poder coordinar las legislaciones de la aviación tripulada como la no tripulada, para cumplir el objetivo con **seguridad y éxito**.

2.2.4 IMPLANTACIÓN DE U-SPACE

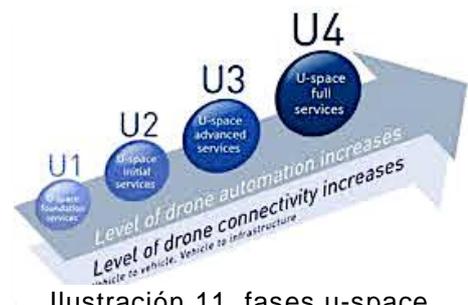
Con el fin de una transacción perfecta para poder llevar a cabo el proyecto U-Space, se ha previsto implementarlo en cuatro fases progresivas. [16]

Fase U1: Nivel básico de servicios, en esta primera fase se encuentra proporcionar los servicios de registro como la identificación y registro electrónico o el geofencing (el perímetro geoespacial alrededor de alguna zona).

- Identificación de los operadores de drones e informar sobre zonas de vuelo restringidas.
- Habilitación de tipos de operaciones, ampliando el alcance de operaciones VLOS y obertura de más limitaciones de los vuelos BVLOS.

Fase U2: Nivel de Servicios iniciales, hace referencia a un conjunto de servicios para la gestión de las operaciones. Incluyendo así la creación de una gestión en:

- Planificación de vuelo
- Información METEO
- Rastreo de UAS
- Geofencing táctico
- Interfaz de procedimientos con el ATC
- Gestión de Emergencias
- Gestión de conflictos aéreos
- Monitorización de espacios
- Información de tráfico
- Normativa aeronáutica con referencia a drones



En esta fase se aprobará mayor consistencia en operaciones que en la fase U1. Además, facilitar los vuelos BVLOS sin ninguna necesidad de Geo-fences y sin requerir función de DAA, gracias a la planificación de vuelo optimizada y al nuevo diseño de zonas del espacio aéreo. Por lo que incluirá:

- Rastreo e información del tráfico de algunos espacios aéreos.
- Información de emergencias
- Incursiones planificadas

Fase U3: Nivel de servicios avanzados, tras la implantación de la fase U2, se harán mejoras y nuevas operaciones en aéreas con una alta densidad de personas, o un incremento de dificultad de procedimientos, como el Geo fencing dinámico, la interfaz con el ATC y las gestiones resolutorias de conflictos aéreos.

Fase U4: Nivel de Implementación de los servicios U-Space, en este nivel se implementará las automatizaciones de procesos, interfaces integradas con el ATM/ATC, las aviaciones tripuladas consiguiendo así una perfecta interacción de VFR y drones.

2.3 ESTRUCTURA DEL ESPACIO AÉREO Y USUARIOS DE ESTE.

2.3.1. ZONAS AIRE:

El servicio ATS, servicio de tránsito aéreo es el soporte principal de la actividad de ENAIRE. Ofrecen tres servicios en las áreas asignadas: **Servicios de Control de Tráfico Aéreo (ATC)**, **Servicios de Información de Vuelo (FIS)** y **Servicios de Alerta (ALS)**.^[17]

El **servicio ATC** es el más importante para el servicio de las UAS, dicho servicio se ofrece dentro de las zonas controladas, sus actuaciones y responsabilidades variaran según en el área en la que se vuela como, por ejemplo, el **Control de aproximación (APP)**, el **Control de Aeródromo (TWR)** y **Control del Área (ACC)**.

- El **APP**, se controlará el radar de las aeronaves que se encuentran en la fase de espera, de aproximación, salida y llegada. Es la unión que hay entre el ACC y el TWR.
- El **ACC**, controla las aeronaves que se encuentran en ruta y ejercen el control desde que se le ha transferido el vuelo desde APP, hasta que vuelve estar en contacto con TWR. El control de áreas está dividido en zonas y rutas.
- El **TWR**, el controlador del aeródromo se hará cargo de las aproximaciones del aeropuerto y cualquier desplazamiento que se hace en pista del aeródromo.

El espacio aéreo ATS se presta el servicio de tránsito aéreo dividido en dos:

- **Espacio aéreo controlado**
- **Espacio aéreo no controlado**

2.3.1.2 ESPACIO AÉREO CONTROLADO:

El espacio aéreo controlado abarca las áreas de control, aerovías y zonas de control Y, en función del tipo de vuelo y los servicios de tránsito aéreo facilitados, clasificados desde la clase A hasta la clase E.

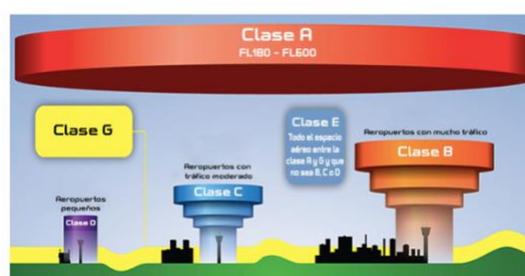


Ilustración 12 , Clases de zonas aire

CLASE	TIPO DE VUELOS	SERVICIOS
A	IFR	Sujetos al servicio de control de tránsito aéreo y separados unos de otros.
B	IFR y VFR	Sujetos al servicio de control de tránsito aéreo y separados unos de otros.
C	IFR y VFR	Sujetos al servicio de control de tránsito aéreo. IFR: separados de otros IFR y VFR. VFR: separados de IFR y reciben información del tránsito de otros vuelos VFR.
D	IFR y VFR	Sujetos al servicio de control de tránsito aéreo. IFR: separados de otros IFR y reciben información de otros VFR. VFR: recibe información de tránsito de los demás vuelos.
E	IFR y VFR	Sujetos al servicio de control de tránsito aéreo y están separados de los vuelos IFR. Todos reciben información de tránsito aéreo en la medida de lo factible.

Tabla 3, Tabla Clases espacio aéreo controlado, elaboración propia.

En el espacio aéreo controlado, las dimensiones definidas dentro del cual se facilita el servicio de control de tránsito aéreo se diferencian en:

- **Zona de Control (CTR):** Es el espacio aéreo controlado extendido de la superficie terrestre, pudiendo incluir una o varias zonas de aeródromos con aproximaciones.
- **Área de control (TMA):** es el espacio aéreo controlado extendido hacia arriba desde un límite especificado sobre el terreno.
- **Aerovía (AWY):** área de control dispuesta en forma de corredor y equipada con radio ayudas para la navegación.

2.3.1.3 ESPACIO AÉREO NO CONTROLADO:

El espacio aéreo no controlado abarca el resto de espacio aéreo ATS y según el tipo de vuelo y los servicios de tránsito aéreo, se clasifican en la clase F y G.

CLASE	TIPO DE VUELOS	SERVICIOS
F	IFR y VFR	Los vuelos IFR reciben asesoramiento de tránsito aéreo y todos los vuelos reciben información de vuelo en caso de ser solicitado.
G	IFR y VFR	Reciben información de vuelo en caso solicitarlo.

Tabla 4, tabla Clases espacio aéreo no controlado, elaboración propia.

- **FIR:** Flight information Region, es un espacio aéreo no controlado, las aeronaves pueden ser apoyadas mediante servicios de información de vuelo y servicios de alerta. Se extiende a una altura de FL245. Más allá, sería un **UIR**.

Espacio Aéreo de Información de Vuelo: Es el espacio aéreo dentro del cual envía información de vuelo.

Espacio Aéreo Asesorado: Espacio aéreo de dimensiones definidas, o rutas asignadas dentro del cual se envía asesoramiento de tránsito aéreo.

Zonas Reservadas: dentro de cada país, existen zonas que son para uso militar, de seguridad pública o alguna otra razón, por la que cualquier operación de las aeronaves pueden ser restringidas o prohibidas:

- **Zona Prohibida (P):** dentro de esta zona está completamente prohibido volar aeronaves, excepto las españolas que estén autorizadas por el Ministerio de Defensa.
- **Zona Restringida (R):** Zona ajustada a restricciones establecidas, salvo si obtiene el permiso de la autoridad ATS competente.
- **Zona Peligrosa (D):** zona en que se puede desplegar momentos peligrosos para el vuelo de aeronaves. Hay que obtener toda información necesaria y horario para poder operar en ella.

Áreas temporalmente segregadas (TSA): es el espacio aéreo con dimensiones definidas que deberán ser reservadas para el uso específico durante un tiempo determinado.

2.4. ESTRUCTURA DEL ESPACIO AÉREO UTM

Actualmente la gestión del espacio aéreo con UAS se basa en **la gestión de sistemas UTM (Unmanned Aircraft System Traffic Management)**, pero no existe todavía ningún estándar para la gestión de empleo de drones, RPAS o UAS en el nivel VLL (Very Low Level) que es por debajo de los 150m. Con este proyecto se hará el intento de poder **estandarizar el nivel VLL** para servicios que puedan prestar las UAS.

Por lo que UTM es un sistema de gestión de tráfico cooperativo en base a una base comunitaria, en la que se encuentran los **operadores** y **entidades** que ofrecerán el servicio de apoyo a las operaciones de los UAS, ofreciendo así **coordinación, ejecución, seguridad y gestión de las operaciones** acorde con las normas establecidas por la **FAA**.

Para poder estandarizar la gestión de los UAS, primero se va a observar los **requisitos esenciales en los sistemas de UTM**. [18]

- **Seguimiento, exacto y confiable** de los drones.
- **Comunicación bidireccional consolidada** entre los drones y los sistemas de UTM.
- Accesibilidad hacia las **informaciones** en un **tiempo real** incorporando la planificación del vuelo, las autorizaciones de vuelo, la meteorología, posiciones, etc.
- Un **diseño rápido y sencillo** del espacio aéreo en que los controladores aéreos puedan crear zonas de exclusión aéreas.
- La **intercesión de operadores** ante las emergencias que se puedan ocasionar y poder evitar colisiones entre vehículos tripulados y no tripulados.



Ilustración 13, establecimiento UTM.

UTM se basa en **intercambio de información** entre:

- Vehículo a vehículo
- Vehículo a operadores
- Operadores a FAA

Para poder establecer este intercambio de información, el principal medio por el que comparten es a partir de una **red de información distribuida**, por lo que se descarta la distribución a través de pilotos y controladores aéreos. La FAA pondrá en disposición de los operadores de UAS, las restricciones del espacio aéreo en tiempo real, de manera que en caso de emergencia o en algún periodo en concreto quede prohibida alguna zona aérea, esta sea informada en todos los operadores de UAS.

UTM incluye tanto los servicios federados como un marco integral para la gestión de múltiples UAS. Aunque los servicios sean independientes igualmente son **complementarios** a los servicios que ofrece ATC, por el intercambio de

información entre operadores sobre intenciones de vuelo y limitaciones del espacio aéreo.

Los servicios que ofrece UTM son:

El **intercambio de información** entre vehículos, operadores, apoyo hacia las planificaciones de operaciones de vuelo, las comunicaciones, separaciones entre obstáculos, y otros vehículos y información climática entre otras.

Entre los operadores de los UAS, existen los USS son servicios de UAS terceros que respaldan las operaciones, ayudan a la conexión de operadores y otras entidades a través de la red USS, cumpliendo con las regulaciones y políticas del gobierno.

2.4.1 ARQUITECTURA UTM

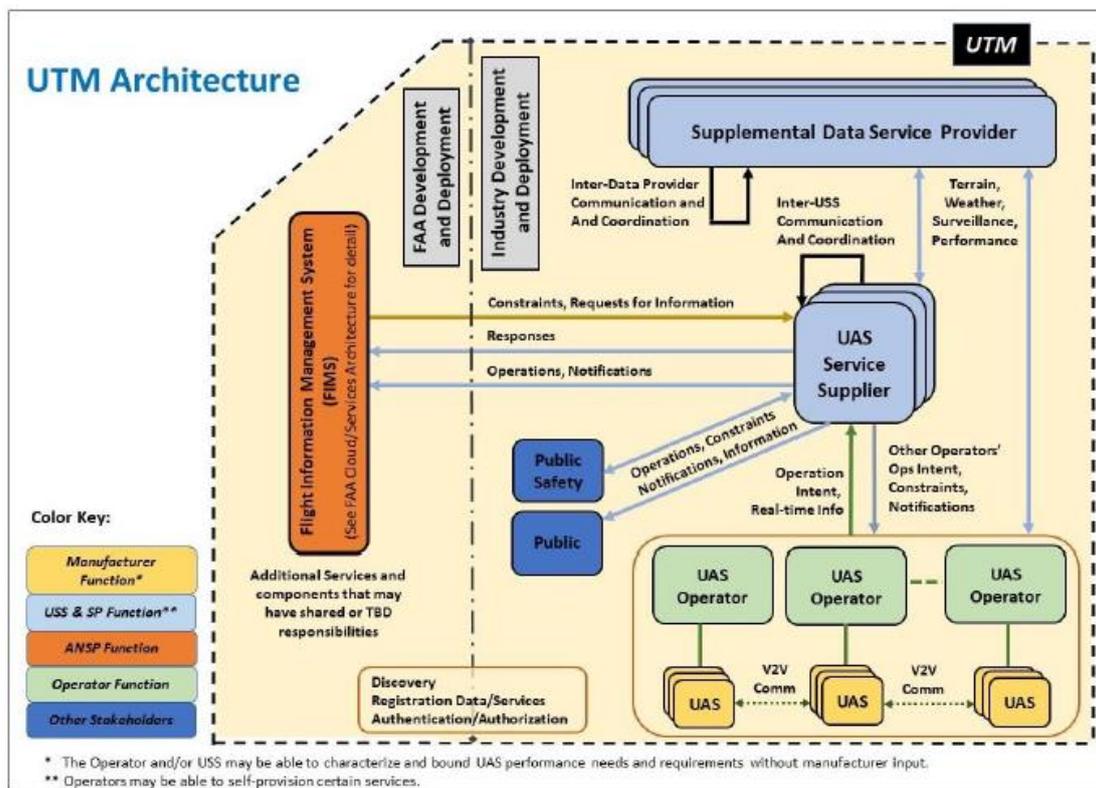


Ilustración 14, Arquitectura UTM, fuente: FAA

Por lo que se puede observar en la ilustración anterior, el conjunto federado de operadores está actuando en una red distribuida gracias a unos sistemas altamente automatizados por **unos interfaces de programación de aplicaciones (API)**. Se muestran sus relaciones contextuales, los componentes y los diversos actores que interfieren en el intercambio de información. Por la parte izquierda esta la FAA que hacen uso de la **FIMS (Flight Information Management System)**, proporciona una conciencia de la situación en tiempo

real a los controladores del tráfico aéreo, permitiendo que los vuelos tripulados y no tripulados compartan de forma segura el espacio aéreo.

En la derecha se encuentra arriba de todo, el **Supplemental Data Services Provider (SDSPs)**, ofreciendo servicios esenciales o mejorados, incluyen datos como del terreno y obstáculos, los datos meteorológicos especializados, vigilancias y restricciones. Este servicio es conectado directamente con la red USS o con los operadores UAS.

En azul oscuro, se encuentran los USS Network, son partes interesadas que informan sobre la seguridad pública y el público en general. Esta seguridad pública accede a los datos de las operaciones UTM para poder garantizar así la seguridad del espacio aéreo, de las personas y propiedades de la tierra, la aeroportuaria e infraestructuras críticas.

Por otro lado, la **arquitectura de U-space** respalda la visión de U-Space y sus principios relacionados, por lo que se depende de un nivel muy alto ante la **automatización**, la **conectividad** y la **digitalización** tanto para los drones como para los sistemas del espacio. Por lo que la arquitectura que define U-Space la define de la siguiente manera: [19]

- **Una arquitectura orientada a los servicios:** se aplicará un enfoque orientado a los servicios para asegurar que las soluciones se construyen en base a un conjunto de servicios con características comunes.
- **Modular:** la arquitectura del UTM estará compuesta por elementos autónomos, pero a la vez complementarios (bloques funcionales) que comprenden un conjunto significativo de funcionalidades con las entradas/salidas necesarias que pueden ser reutilizadas o reemplazadas. Estos bloques funcionales permiten adaptarse y afrontar a la demanda creciente por si surgen nuevas necesidades o servicios.
- **Centrado en la seguridad:** en la arquitectura se deberá considerar la seguridad en todas sus partes interesadas, personas y lugares en las que se puedan ver afectados por las operaciones de U-space.
- **Abierto:** Se progresará a una arquitectura de sistema basada en los componentes que son basados en interfaces publicados o estandarizados basados en los principios SWIM1, consiguiendo así la facilitación de adición, actualización o intercambios de componentes a lo largo de la utilidad del sistema. Otros beneficios que se pueden esperar al ser una arquitectura abierta son la reutilización, mayor flexibilidad, costes y los tiempos de comercialización reducidos, competencia reducida, interoperabilidad mejorada y el riesgo reducido.
- **Basado en estándares:** Siempre que se realicen intercambios entre funciones, las interfaces deberán de definirse y basarse en los estándares abiertos.

- **Interoperable:** Facilitando las operaciones de drones globales y regionales homogéneas y no discriminatorias. Basándose en la conectividad entre diversos sistemas U-Space.
- **Independiente ante la tecnología:** Un diseño independiente a la plataforma, la arquitectura se describirá independientemente de las especificaciones de implementación posteriores, por ejemplo: las plataformas específicas, lenguajes de programación y productos, que serán consistentes con la arquitectura operativa.
- **Basado en un desarrollo evolutivo:** el trabajo arquitectónico es un proceso incremental e iterativo, que se basa en la línea de base previamente consolidado.
- **Automatizado y digitalizado:** Para unos servicios seguros y protegidos desde U-Space con un alto grado de automatización y digitalización de procesos, descartando las operaciones manuales que requieren más trabajo.
- **Permiso de variantes:** Las obras arquitectónicas permitirán describir variantes y soluciones alternativas.

El diseño que plantea U-Space es el siguiente:

La arquitectura de demostración GOF U-SPACE.

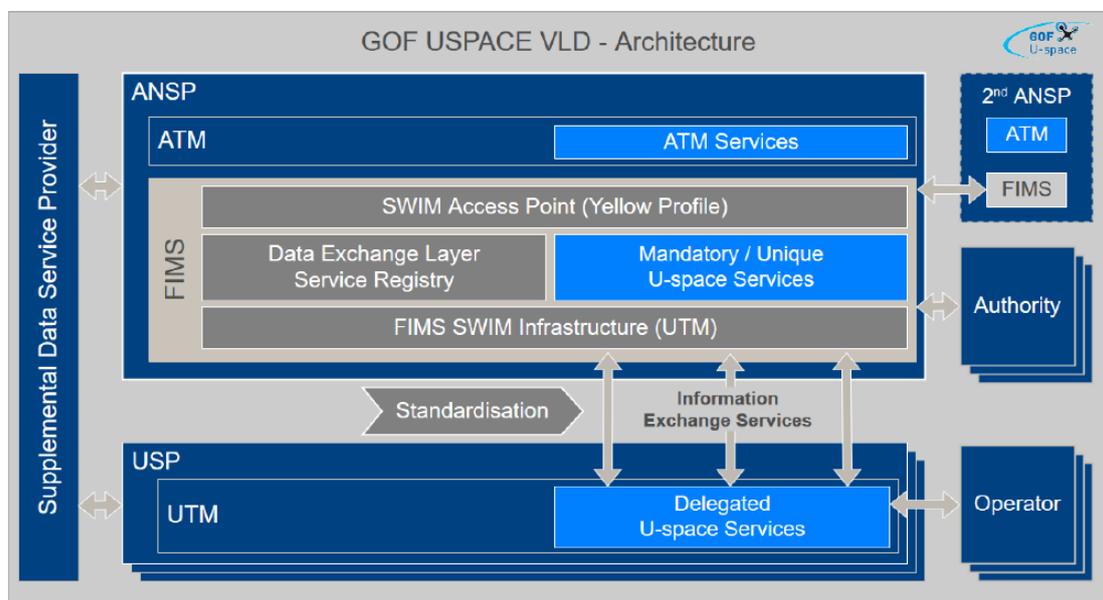


Ilustración 11, Arquitectura U-Space, Fuente: Corus.

La arquitectura que plantea tiene como objetivo proporcionar un marco para los actores conectados al U-space, basados en sus **principios comunes** y sus **principios SWIM**. "SWIM consiste en estándares, infraestructura y gobernanza que permiten la gestión de información ATM y su intercambio entre partes calificadas a través de servicios interoperables". [20]

Conforme a los principios de la arquitectura U-Space, las interfaces estandarizadas que son basadas en los principios de SWIM posibilitan la **agregación**, las **actualizaciones** o los **intercambios** de los componentes durante la existencia de la red útil.

Como se puede observar en la figura anterior, la **arquitectura de GOF U-Space**, está compuesta por el **operador** y la **autoridad**, en ellos se encuentra el UTM que intercambian información con FIMS de la autoridad, junto los servicios delegados de U-Space. Y en cuando a la autoridad participan SWIM, Data Exchange Layer, que es la capa de intercambio de datos y la infraestructura de FIMS SWIM (UTM).

Los **servicios Swiss U-Space** están ordenados, coordinados y administrados por un conjunto de actores federados (descentralizados) en una red distribuida de sistemas que son altamente automatizados. La información transferida se realiza mediante un conjunto de interfaces de programación de aplicaciones (API).

Como se ha comentado en la anterior arquitectura, **FIMS** es el sistema de gestión de información de vuelo, por lo que es una entrada de enlace para el intercambio de datos entres los participantes del U-Space y el Skyguide (ANSP), donde este puede proporcionar directivas y que la información importante del espacio aéreo se encuentre disponible hacia los operadores de UAS mediante el sistema de U-Space.

2.4.2 VOLUMEN DE ESPACIO AÉREOS RESPECTO UAS

Volumen X:

La zona de volumen X, es la zona que tiene menos riesgos por lo que no es necesario una resolución exhaustiva de conflictos. En esta zona se habilita los vuelos hacia los VLOS (Visual Line of Sight) es decir, los vuelos que se pueden realizar con el **control de vista del piloto remoto**, a una distancia máxima de unos 500 metros.[21] Mayoritariamente engloba los usuarios que no se dedican profesionalmente al vuelo con drones, igualmente el usuario deberá ser consciente del espacio aéreo del que dispone y se le permita volar. Para realizar los vuelos en la zona tipo X no es necesario ningún plan de operaciones y la responsabilidad de evitar colisiones y conseguir separaciones entre otros drones es el piloto remoto. Aunque la aeronave debe estar registrada y tener un ID electrónico / ID remoto. [22]

Volumen tipo Y:

La zona de volumen Y, es la zona en la que se encuentran zonas de restricción de vuelos, y se requiere de un plan de vuelo. Se facilitan los vuelos BVLOS, vuelos en los que el piloto no tiene alcance visual directo con el dron por lo que el dron debe de incorporar un sistema que le permita evitar y detectar las posibles colisiones que pueda haber con otros usuarios del espacio aéreo.

Las operaciones de clases específicas por ello requiere de vigilancia y de un seguimiento, por lo que el operador de drones será el responsable de poder garantizar los informes de posición que se envíen a pedido, estos informes se pueden derivar de la identificación remota y muchas fuentes de vigilancia pueden no estar certificadas. [23]

Volumen tipo Z:

La zona de volumen Z, es la zona en la U-Space está completamente integrado con ATM. Como en el volumen tipo Y, se le hará un seguimiento y se eliminará todo tipo de conflicto de una manera coordinada. Será presente un sistema de gestión de capacidades y de redireccionamiento táctico, por lo que habrá un servicio de separación táctico. La vigilancia será controlada si hace falta por ATC, con el fin de poder proteger a otros usuarios del espacio aéreo como el de vehículos tripulados y ayudará además a la gestión óptima del tráfico aéreo.

Dentro de la zona Z, hay dos posibles volúmenes de U-Space Z: [24]

- **Za:** en el que dentro de la zona de control de ATC será necesario un interfaz entre U-space y ATC. Permitiendo la entrada planificada de un vuelo UAS dentro de un espacio aéreo controlado restringido. La interfaz deberá responder de una manera inmediata entre UAS y ATC.
- **Zu:** se encuentra fuera de las zonas de los aeródromos. Por lo que U-Space debe ayudar a la seguridad del tráfico aéreo, a la coordinación del tráfico de UAS y a la separación que podrá ser transmitida de maneras inmediatas, es decir, sobre la marcha o un servicio controlado dentro de un circuito ya planificado.

CAPITULO 3: ANALISIS DE MISIONES

3.1 U-SPCAE AEROTAXIS

La idea del aerotaxi no es algo novedoso, en 1899 ya se planteó el medio de transporte aéreo urbano, por lo que la Panam en los años 60, 70 empezaron a hacer un servicio de taxi aéreos, con helicópteros, pero en su pasado no tuvo éxito debido a que en 1977 hubo un gran accidente que hizo que ralentizara el proceso de los aerotaxis. Por lo que los helicópteros por ejemplo quedaron completamente prohibidos en varias ciudades a causa de la falta de control ante las turbulencias y las corrientes de aire cruzadas que suelen haber en los cielos urbanos. Así da paso el por que se ha desarrollado los aerotaxis con UAS, y es debido a la **seguridad**, un factor importante en la aviación. Estos aerotaxis se podrán movilizar con UAS, proporcionando el servicio y procedimientos que sean necesarios para poder compartir aire con otros vehículos aéreos, y poder combatir con los efectos meteorológicos que puedan surgir, y sobretodo garantizando la seguridad ante la persona que se encuentre dentro como terceros.



Ilustración 15, Aerotaxi Airbus.

Para poder desarrollar el servicio con una garantía de seguridad lo primero que se hará será plantear los posibles acontecimientos en los que se puede encontrar la aeronave no tripulada. Como se ha podido observar anteriormente las zonas de vuelos están controladas por un sistema de UTM en la que será necesaria la transmisión de datos informativos para poder evitar cualquier colisión o tragedia. Como la función del aerotaxi es poder trasladar al pasajero donde él desee, se hará un análisis de los protocolos que se tendrían que seguir en general, debido a que cada pasajero volará con una ruta en especial y cada uno en unas condiciones diversas.

En el caso de volar en un volumen **Tipo Z**, el riesgo es alto, por lo que se tendrá que seguir unos protocolos para poder disminuir el riesgo en el que se vuela y sobretodo garantizar la seguridad, por lo que el UAS deberá seguir las normativas de la **categoría “certificada”**.

3.2 REQUISITOS DE LA AERONAVE:

Para que una aeronave sea navegable de una forma segura, el **Anexo 8** de la OACI cubre los aspectos que van relacionados con la aeronavegabilidad, por lo que aplicaremos estas normas para el vehículo aéreo no tripulado. [25]

3.2.1 CERTIFICADO DE AERONAVEGABILIDAD

- La aeronave deberá provenir de unas instalaciones que hayan sido inspeccionadas y examinadas para aprobar la producción de la aeronave, determinando así la correcta fabricación del vehículo y asegurando así la capacidad de la aeronave, manteniendo así la calidad de la producción.

En el punto 3.2.3 del Anexo 8 de la OACI:

“El certificado de aeronavegabilidad se renovará o continuará en vigencia, de acuerdo con las leyes del Estado de matrícula, siempre que dicho Estado requiera que el mantenimiento de la aeronave en condiciones de aeronavegabilidad se determine por medio de inspecciones periódicas a intervalos adecuados, teniendo en cuenta el tiempo transcurrido y el tipo de servicio o, alternativamente, por medio de inspecciones aprobadas por el Estado, que den, cuando menos, un resultado equivalente.” [26]

Por lo que dicta, la aeronave en este caso las UAS deberán ser **inspeccionadas y aprobadas** por el Estado siempre y cuando estén en buenas condiciones y cumpla con las pruebas e inspecciones. Por lo que debe cumplir con un diseño adecuado, i estar producido para la función establecida. La aeronave no tripulada, deberá por lo tanto poseer un **certificado de aeronavegabilidad**. Por lo que formalmente se considerará Aero navegable, cuando se posee de:

Estado de matrícula Autoridad expedidora		
CERTIFICADO DE AERONAVEGABILIDAD		
1. Nacionalidad y matrícula	2. Fabricante y designación dada por éste a la aeronave**	3. Número de serie de la aeronave
.....
4. Categorías u operación***		
5. El presente certificado de aeronavegabilidad se otorga de acuerdo con el Convenio sobre Aviación Civil Internacional de fecha 7 de diciembre de 1944 y § para la aeronave antes mencionada que se considerará que reúne condiciones de aeronavegabilidad, mientras se mantenga y utilice de acuerdo con lo que antecede y las limitaciones de utilización pertinentes.		
Fecha de otorgamiento.	Firma
§ Hágase referencia al código de aeronavegabilidad aplicable.		

Ilustración 16, Certificado de aeronavegabilidad

- Certificado de Aeronavegabilidad
- Certificado de Aeronavegabilidad Restringido
- Certificado Experimental que permite vuelos de prueba
- Permiso de Vuelo

La aeronave deberá disponer de un manual, instrucciones y documentos de los cuales consten de sus **limitaciones aprobadas y requisitos** para una utilización segura. Deberán de disponer también de un **equipo de seguridad y supervivencia** en la que su empleo estará claramente indicado y será inspeccionada en un periodo establecido. En caso de que el UAS sea un nuevo modelo, se le añadirán requisitos adicionales con el fin de garantizar la seguridad.

La aeronave, además deberá llevar en alguna parte de su estructura una **placa de identificación ignífuga**, en la que constará la identificación de la aeronave, por medio de su designación específica, incorporando el nombre del fabricante, el tipo y modelo de la aeronave, y un número de serie, así también como el nombre del operador y la información necesaria para poder ponerse en contacto con él. [27]

La matrícula podrá reducirse lo previsto en la Orden FOM/1687/2015, de 30 de julio, por la que se establecen disposiciones complementarias sobre las marcas de nacionalidad y de matrícula de las aeronaves civiles, y normativa concordante. [28]

3.2.2 LUCES DE NAVEGACIÓN Y LUCES ANTICOLISIÓN

Uno de los requisitos técnicos con el que deberá cumplir los UAS es que deberán de disponer de luces de navegación y de anticollisión. Con las intensidades necesarias para poder ser visibles en el entorno urbano o diferentes entornos por el que se sobrevuele sin deslumbrar perjudicialmente. Cada luz tendrá un color diferente, del cual cada color transmitirá una información diferente.

3.2.3 LICENCIAS DEL PERSONAL / OPERADOR

En el **Anexo 1** de la OACI, establecen las normas mínimas que se deben cumplir para el otorgamiento de una licencia satisfaciendo al personal aeronáutico de navegación aérea. Las operaciones con las RPA plantearán una nueva dimensión de licencias para los pilotos remotos. Pero para el uso de los aerotaxis no habrá un piloto remoto controlando sino será un **sistema automatizado**, en que recibirá instrucciones e informaciones para poder evitar colisiones de las cuales llegarán a través de los **sistemas UTM**.

El operador que esté al mando de una aeronave tripulada es el responsable de detectar y evitar las colisiones que puedan ser posibles, por lo que tendrá el mismo requisito los operadores que controlen una RPA, e incluso al ser un UAS automatizada, la **organización** que lleve el control de dichos vehículos no tripulados serán **responsables** que **la tecnología** que proporcionan al vehículo proporcione el conocimiento suficiente sobre el entorno y actúe de manera correcta según las situaciones que se les presenten.

3.2.4 PLAN DE VUELO

Antes de la realización de un vuelo se deberá generar automáticamente un plan de vuelo, en el que se indicará:

- La **identificación** del **vehículo** aéreo no tripulado.
- En **regla de vuelo** se indicará que la aeronave vuela de una manera automática.
- El **tipo de vuelo** en la aviación tripulada se indica si es un: vuelo de servicio aéreo regular, no regular, militar, aviación general, o ninguna a las anteriores, en el caso de los aerotaxis deberán de incluir la opción de servicio aerotaxi o movilidad urbana.
- El **tipo de UAS** con el que se va a operar.
- Constará el **equipo de comunicación** con el que opera los UAS, es decir a través del UTM.
- Constará el **equipo de vigilancia** con el que vuela.
- **Velocidad** que tomará la aeronave y su **altitud principal**.
- **Puntos clave (Waypoints)** por donde pasará la aeronave.

- Se indicará el **lugar y hora de salida** del vehículo. También el lugar de **destino** y hora estimada de llegada.
- La **cantidad de personas** que se encuentran dentro del vehículo.

Una vez generados los datos, del cual el que se irá modificando constantemente será el de lugar, hora de salida y el lugar de destino, el sistema seleccionará la ruta más rápida y segura de la cual será transmitida tanto a UTM como al vehículo. De esta manera tendrán localizada la aeronave y en caso de accidente sabrán donde se tendrá que ir a buscar. A parte de poder tener la aeronave identificada y poder transmitir informaciones necesarias, en caso de que aparezca una zona de aire restringida puntualmente, o en caso de incidente por la zona, se deberá buscar una ruta alternativa.

Los **Waypoints** nombrados anteriormente, hace referencia a un algoritmo de guía que tendrá el vehículo no tripulado a partir de una serie de puntos. La navegación de Waypoints permite que pueda volar por si solo por sus puntos pre planificados y configurados en el Software de navegación de control. Puede ayudar a las indicaciones que deberá seguir la aeronave como, por ejemplo, la altura a seguir, la dirección, velocidades, etc.

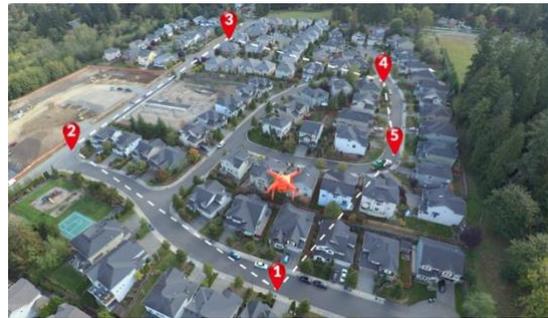


Ilustración 17, Waypoints.

Otro factor importante para poder planificar el uso de espacio aéreo es la trayectoria 4D. La **trayectoria 4D**, se debe a que el tráfico aéreo puede resultar más predecible y es gracias a los trabajos realizados por el programa SESAR, en el que se desarrollan trayectorias en 4D. Estas trayectorias ayudan a que todas ellas estén siempre sincronizadas entre aire y tierra, por otra parte, aporta importantes ventajas desde el punto de vista de seguridad y en términos medioambientales como también la eficiencia, la fiabilidad, la sostenibilidad y la rentabilidad en las operaciones de las aeronaves.

En la **trayectoria 4D** se integra el “**tiempo**”, como una cuarta dimensión adicional, limitando los vuelos de las aeronaves sobre los puntos indicados a lo largo de la trayectoria. Estas restricciones denominadas ventanas de tiempo, exigen la cualidad de realizar **predicciones** de trayectoria **precisas y robustas**.

3.3 COMUNICACIONES Y TRANSFERENCIA DE DATOS:

En el **Anexo 14 [29]** se establecen los **SARPS** mínimos que prescriben las características físicas y las superficies limitadoras de obstáculos que se deben proporcionar en los aeródromos y ciertas instalaciones y servicios técnicos que normalmente se proporcionan. Pero para poder realizar las operaciones de UAS en el espacio aéreo de baja altitud, UTM utilizará su capacidad para poder ofrecer servicio bajo la autoridad de FAA (Administración Federal de la Aviación). El aerotaxi deberá de llevar a bordo unos **sistemas y equipos para evitar colisiones**, y pueda recibir soluciones basadas en red. A parte, se deberá contar

con un **DAA**, un sistema equipado por un prototipo de sensores de **Detectar y Evitar**, que funcionan gracias al conjunto de computadoras aéreas y terrestres, esto ayudará a la detección de otras aeronaves que se aproximen y pueda evitar así el choque entre ellas. Por lo que las UAS deberán comunicar datos entre UAS y aeronaves tripuladas permitiendo así el intercambio de información de posición respaldando así las DAA en intervalos apropiados para la aeronave. El sistema empezará con el intercambio de información que se generará a través del plan de vuelo generado y una vez se establece la ruta que se va a seguir, la aeronave irá recibiendo informaciones desde el UTM.

De manera que, en la ciudad primero se tendrá que plantar un **UTM Hub**, que permitirá el intercambio de información y servicios entre los distintos actores que hay en el sistema consiguiendo así la coordinación conjunta entre diversos drones y otros vehículos aéreos. Hoy en día, la autonomía que se consigue es de un 15/15, es decir, de unos 15 minutos o unos 15 km, aunque parezca escasa esta autonomía la mayoría de las ciudades ya serían bastadas con esta capacidad, menos las grandes ciudades.

Por lo que se necesitará un **UTM Hub** y un **UTM Connect**, estos conectores proporcionarán información en tiempo real a todos los usuarios como: drones, pilotos, autoridades...

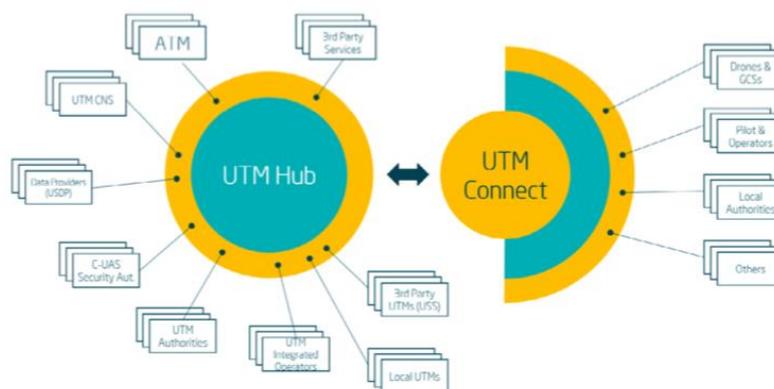


Ilustración 18, UTM HUB, UTM CONNECT

Además, en caso de volar una zona aire no permitida, gracias al **ARMS**, ayudará a detectar los drones que sobrevuelen la zona restringida y ofrecerá la posibilidad de ser neutralizados. [30]

3.4 NORMATIVA PARA EL CONTROL SOBRE LA VALORACIÓN DEL RIESGO OPERACIONAL:

Según el **Artículo 11**, de la normativa europea de UAS, se deberá realizar una evaluación del riesgo operacional: [31]

- a) se deberá **describir las características de las operaciones UAS**;
- b) se propondrá **objetivos** adecuados de **seguridad operacional**;
- c) se establecerán los **riesgos de las operaciones** en tierra y en el aire, siempre teniendo en cuenta las siguientes atenciones:

- i. Medida en que la operación pueda poner en peligro a terceros o bienes en tierra.
 - ii. Observar la complejidad, el rendimiento y las características de las operaciones que vaya a realizar la aeronave no tripulada.
 - iii. El objetivo del vuelo, el tipo de UAS, y prever la probabilidad de colisión que pueda tener con otras aeronaves y la clase de espacio aéreo utilizado.
 - iv. Tipo, escala y complejidad de la operación a realizar por la aeronave no tripulada, con conocimiento de el tamaño y el tipo de tráfico gestionado por la organización o persona responsable.
 - v. Toda persona afectada por el riesgo de las operaciones UAS puedan evaluar y tener control de tales riesgos.
- d) determinación de **posibles medidas para moderar el riesgo**;
- e) determinación del **nivel de solidez** que tendrán las medidas para la atenuación seleccionada con el fin llevar la operación a cabo de una forma segura.

2. La descripción de las operaciones a cabo por UAS, deberán incluir la **información** siguiente:

- a) Naturaleza de las actividades a realizar;
- b) Entorno operacional y zona geográfica de las operaciones previstas, sobretodo en las poblaciones que se vayan a sobrevolar, la orografía, los tipos de espacio aéreo que se van a utilizar como el volumen del espacio aéreo previsto y los requisitos operacionales respecto a las zonas geográficas.
- c) Complejidad de la operación, la planificación y la ejecución.
- d) Las competencias, experiencia y la composición del personal y los medios técnicos necesarios previstos para realizar la operación,
- e) Competencia del personal para poder llevar a cabo la operación, como por ejemplo su función, su responsabilidad, la formación obtenida y las experiencias recientes.

3. La evaluación dispondrá de un **objetivo de seguridad**, según las características específicas de la operación del UAS, equivalente a la seguridad de la aviación tripulada.

4. Para la **determinación de riesgos** se incluirá todos los siguientes elementos:

- a) El **riesgo en tierra no disminuido** de la operación, según el tipo de operación y las condiciones que se lleven a cabo y en particular, los elementos siguientes:
 - i. VLOS o BVLOS;
 - ii. la densidad de la población de las zonas que se van a sobrevolar;
 - iii. el vuelo por encima de una concentración de personas;
 - iv. las dimensiones de las aeronaves no tripuladas y sus características.

- b) El **riesgo en aire no disminuido** de la operación, teniendo en cuenta todos los siguientes elementos:
 - i. El volumen en exactitud del espacio aéreo donde se realizará la operación, ampliando un volumen del espacio aéreo que será necesario para los procedimientos de contingencia;
 - ii. Se tendrá en cuenta la clase del espacio aéreo;
 - iii. El impacto que pueda ocasionar sobre otros tipos de tráfico aéreo y la gestión del tráfico aéreo (GTA), en especial:
 - o La altitud de la operación;
 - o El espacio aéreo controlado frente al no controlado;
 - o El entorno de un aeródromo frente a un entorno distinto de un aeródromo;
 - o El espacio aéreo sobre un entorno urbano, poblado a un espacio aéreo rural;
 - o La separación que hay del resto del tráfico.

- 5. En la determinación de las posibles medidas de atenuación que se aplicarán para alcanzar el nivel de seguridad se tendrá en cuenta las posibilidades siguientes:
 - a) **Medidas de contención** para las personas que estén en tierra;
 - b) **Limitaciones operacionales estratégicas** de la operación del UAS, en particular:
 - i. La restricción de los volúmenes geográficos en los que se realizará la operación.
 - ii. La restricción de la duración o la programación de la franja horaria en la que se realizará la operación.
 - c) La atenuación se realizará mediante **las normas de vuelo comunes o una estructura y servicios del espacio aéreo comunes**;
 - d) La **capacidad** para hacer frente a posibles operativas en condiciones adversas;
 - e) Los **factores de organización** como los procedimientos operacionales y de mantenimiento elaborados por el operador de UAS y los procedimientos de mantenimiento conformes con el manual del usuario facilitado por el fabricante;
 - f) El **nivel de competencia y experiencia del personal** para los procedimientos operacionales;
 - g) El **riesgo del error humano** en la aplicación de los procedimientos operacionales;
 - h) Las **características del diseño y del rendimiento del UAS**, en particular:
 - i. La existencia de medios para disminuir los riesgos de colisión;
 - ii. La existencia de sistemas que limiten la energía en el impacto o la frangibilidad de la aeronave no tripulada;
 - iii. El diseño del UAS según las normas reconocidas y el diseño en caso de fallos.

- 6. Se deberá **evaluar la solidez de las medidas de atenuación** propuestas para determinar si son proporcionales a los objetivos de seguridad y los

riesgos de la operación prevista, en particular para asegurarse de que todas las fases de la operación sean seguras.

3.5 SORA

SORA es un **Modelo de Riesgo Holístico** (*HRM - Holistic Risk Model*) desarrollado para ayudar a la evaluación de los riesgos en la operación de un RPAS, presentando un marco genérico e **integral** para identificar los peligros, las amenazas, las mitigaciones y los objetivos de seguridad asociados a cualquier operación de RPAS. [32]

OACI establece el siguiente algoritmo con la finalidad de evitar posibles colisiones:

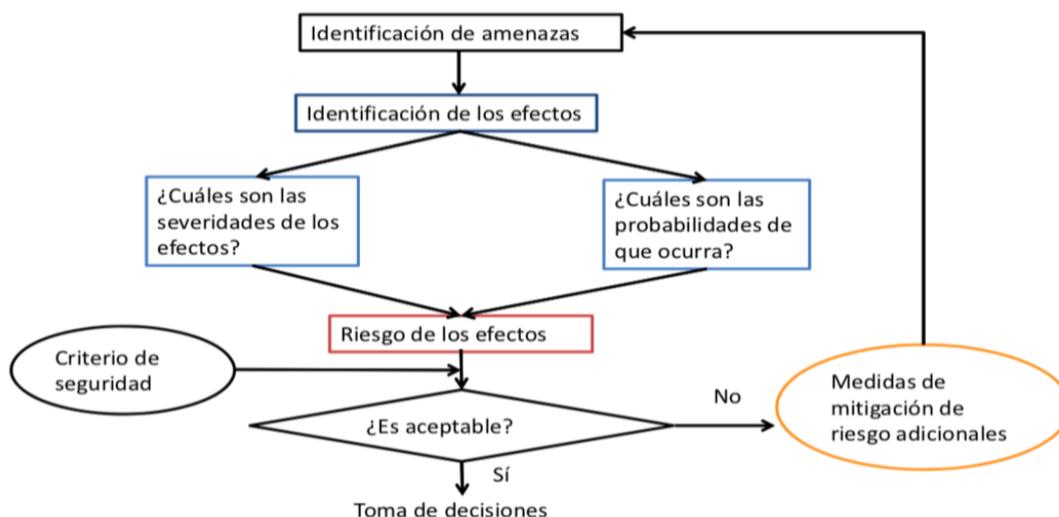


Ilustración 19, Procedimiento de detección de riesgo y medidas de seguridad

Primero se identificará las amenazas y seguidamente los efectos que pueden causar en caso de que se produzcan en el vuelo. Por lo que se harán dos preguntas, una sobre la severidad de los efectos y otra sobre las probabilidades que hay que pueda ocurrir. Una vez analizados los riesgos se relacionará con los criterios de seguridad y se preguntará si es aceptable el vuelo o en caso contrario se tendrá que crear medidas de reducción de riesgo.

Según AESA, a los efectos de la Metodología SORA, la **categoría de espacio aéreo o AEC** puede entenderse como una clasificación de la tipología de los volúmenes de espacio aéreo donde se destina la operación, que refleja los niveles percibidos de riesgo de colisión. El AEC no debe confundirse con la Clase de espacio aéreo. Durante el vuelo RPAS, puede atravesar diferentes (múltiples) AEC. El operador debe realizar una evaluación del riesgo asociado con todas las áreas de riesgo donde pretende operar. [33]

Pasos de SORA:

Pre-evaluación de la solicitud

Paso 1 – Descripción del concepto de operación (ConOps)

Proceso para determinar el Riesgo en Tierra (Ground Risk)

Paso 2 – Determinación del riesgo en tierra intrínseco del RPAS (GRC: Ground Risk Class)

Paso 3 – Determinación del GRC final

Proceso para determinar el Riesgo en Aire (The Air Risk)

Paso 4: Determinación del ARC inicial y del ARC intermedio

Paso 5: Aplicación de mitigaciones estratégicas para determinar el ARC Final

Paso 6: Consideraciones del espacio aéreo adyacente

Paso 7: Requisitos de rendimiento de las mitigaciones tácticas (TMPR: Tactical Mitigation Performance Requirement) y niveles de robustez.

- Operaciones utilizando VLOS/EVLOS
- Operaciones utilizando sistemas DAA

Paso 8: Determinación del SAIL (Specific Assurance and Integrity Level)

Paso 9: Identificación de los Objetivos de Seguridad Operacional (OSO: Operational Safety Objectives)

Paso 10: Informe exhaustivo de Seguridad.

CAPITULO 4: SOLUCIÓN A POSIBLES CASOS CON LOS PROTOCOLOS A SEGUIR DE LA NORMATIVA EXIGIDA:

4.1 CASO 1: OMISIÓN DE COLISIÓN DE UAS CON OTRAS ENTIDADES.

Una de las principales características que destacan de las UAS es **la falta de visualización**, es decir, no existe un piloto visualizando el entorno, por lo que, a lo contrario de las aeronaves tripuladas, que tienen el factor de poder **ver y evitar**. En este caso la aeronave no tripulada deberá de disponer de una tecnología suficiente para poder prever cualquier tipo de riesgo.

En caso de que el vehículo no tripulado, en este caso el aerotaxi, se encuentre en riesgo de una colisión con otra aeronave, deberá realizar el siguiente protocolo, tanto el UAS como la otra entidad en riesgo:

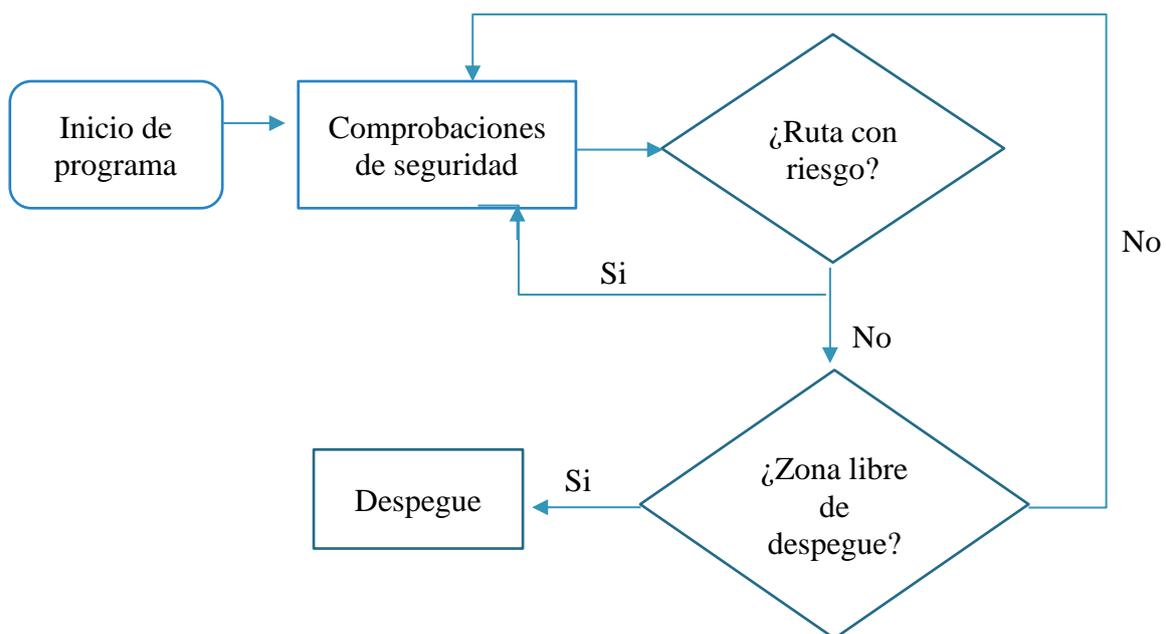
- a) Los UAS deberán poseer de sistemas para poder conseguir un servicio de alerta de tráfico y evasión de colisión, igual que una aeronave tripulada, que trata de un sistema que prevé las posibles colisiones entre diferentes aeronaves y funciona de una manera independiente a los servicios del transito aéreo. Por lo que se encargará de avisar a la aeronave sobre una posible colisión y ayudará a la activación del protocolo de emergencia por motivo de colisión.
- b) Será de obligación por parte de las aeronaves tanto tripuladas como no tripuladas, el uso de las **luces de anticollisión**, debido a que, si la otra aeronave es una aeronave tripulada, los pilotos puedan tener la visualización y puedan evitar la colisión, siempre y cuando la visibilidad del aire les permita.
- c) Se deberá tener siempre **visualizada la ubicación del dron**, de una manera **continua y actualizada**. Y poder estimar las localizaciones futuras para poder evitar el choque entre aeronaves. La transmisión de información que permitirá visualizar la trayectoria del UAS será gracias al UTM hub y UTM connect.
- d) Durante el vuelo:
 - i. Evitará todo riesgo de colisión por lo que si hace falta interrumpirá el vuelo cuando su avance pudiese suponer un riesgo para otras entidades.
 - ii. Se respetará las limitaciones operacionales en las zonas geográficas determinadas.
 - iii. En caso de la planificación de la ruta, se encuentre con una zona aire de emergencia, se buscará una ruta alternativa para no intervenir en las operaciones de emergencias que se estén llevando a cabo.

Por lo que se pone en ejemplo la siguiente situación:

Un UAS sobrevolando por una zona urbana, en este caso del aeropuerto de Barcelona al estadio del Camp Nou. El servicio que se quiere realizar es trasladar a pasajeros que viajan con el motivo de ver un partido de futbol.

Fase 1:

Los pasajeros una vez aterrizados en el Aeropuerto de Barcelona, se trasladan a subir al aerotaxi. Por lo que el UAS ya tendrá programado la ruta a seguir para llegar a su destino. Pero antes de ello el sistema tendrá que detectar si en la ruta establecida se encuentra algún tipo de restricción o alguna emergencia y se deba de modificar la ruta. Por lo que utilizará los sistemas UTM, la metodología SORA y ATC, en caso de tener que transmitir alguna información necesaria que produzca alguna modificación en las salidas o llegadas de vuelos y pueda modificar la salida o entrada de UAS.



Esquema 1, Algoritmo de despegue Aerotaxi, elaboración propia.

En el anterior algoritmo se observa el procedimiento que va a seguir el dron antes de iniciar la ruta, es decir, se ejecutará antes de iniciar el vuelo. Por lo que se preguntará si la ruta que se ha establecido le ha surgido alguna intervención o la zona aire esta inhabilitada por motivos de emergencias, etc. Una vez se sabe que la ruta no tiene previsto ningún riesgo, se le preguntará a torre si la zona está libre para iniciar el despegue, en caso de no estarlo se volverán a realizar las comprobaciones de seguridad, incluyendo las de pista y cerca del aeródromo. Para poder realizar dicha acción el aeropuerto deberá instalar unos equipos a lo largo de los limites del aeródromo para poder detectar las UAS que estén cerca

y de baja altitud en las aproximaciones del aeropuerto. Estos equipos se encargarán de transmitir la información de la posición de los vehículos no tripulados a los operadores del aeropuerto como, por ejemplo, a los controladores aéreos, a las comunicaciones por radio, radar, etc. Con estos equipos se puede garantizar la seguridad del aeropuerto, para despegues, salidas de aeronaves y evitar cualquier tipo de colisión.

La aeronave dispondrá de **dispositivos de limitación de energía de Impacto (M2)**, es decir, dispondrá de sistemas que reducen los efectos del impacto sobre personas en tierra.

Fase 2:

La aeronave no tripulada en ese momento estará volando por la zona de aire **clase B**, debido a que el Aeropuerto de Barcelona es un aeródromo muy transitado. A la hora del despegue se transmitirá todo tipo de información desde **ATZ**, que controla todo el espacio aéreo que engloba el aeródromo. El volumen por el que vuela es el **Volumen Z**, ya que necesita la colaboración de **ATM**. Será necesario la comprobación en el AIP de los distintos procedimientos de salida y llegada en el aeropuerto según la función de su configuración de pista.

Una vez en despegue, la aeronave recibirá en todo momento información sobre otras aeronaves que se vayan acercando o que se encuentren cerca, siempre manteniendo la distancia de seguridad. La disposición de sensores y el recibimiento de datos ayudará a detectar posibles colisiones y de esta manera poder evitarlas, por lo que corregirá su posición sin perder la ruta.

En caso de encontrarse con algún vehículo aéreo tanto tripulado, como no tripulado, los dos tomarán las medidas necesarias para poder evitar la colisión. En estos casos el protocolo a seguir será el siguiente:

1. Una vez detectado la posible colisión, es decir, el acercamiento de una aeronave, el dron deberá disponer de información sobre sus 360°.
2. Analizar de manera inmediata la dirección a la que se debe corregir su posición.
3. Los datos serán transmitidos siempre hacia la red de control y hacia los UTM que se encuentren cerca.
4. Las dos aeronaves serán notificadas sobre el acercamiento, y será el dron quien deberá dar paso primero e intentar no modificar la ruta de la aeronave tripulada.
 - En caso de que el impacto resulte estar suficientemente lejos, el operador podrá eliminar los conflictos estratégicamente como se describe en la fase de planificación de vuelo. Por ejemplo, escoger una ruta alternativa, debido a que el UAS puede reprogramarse para poder ajustar el rumbo o la implementación de procedimientos automáticos de contingencia.

Se realizará la actuación necesaria que más se ajuste a las características dependiendo del tipo de objeto, la distancia, la trayectoria, etc.

- En caso de ser un posible impacto a corto plazo, la eliminación del conflicto estratégico no es viable, por lo que será necesario la activación del **uso de información** de posición transmitida por **transmisión en red** y/o las tecnologías DAA que estén a bordo como podría ser la detección de luz y radar.

Fase 3:

Una vez realizada la ruta, el vehículo deberá aterrizar sobre una plataforma, a diferencia de las aeronaves que aterrizan de manera horizontal, los aterrizajes de los UAS serán realizados verticalmente (VTOL, Vertical Take-Off Landing).

En estas plataformas se les exigirá una vigilancia reglamentaria para poder garantizar la seguridad operacional del sistema. El aterrizaje se realizará de manera automática, por lo que su programación deberá incluir:

- El volumen que abarquen los procedimientos de emergencia:
 - Aterrizaje inmediato.
 - Sistemas de reducción de energía de impacto
- Se incluirá las distancias de seguridad que necesitará debido a la activación de los sistemas de emergencia establecidos.
- Por lo que siempre habrá un calculo de distancias hacia otras entidades, tantas personas, estructuras, animales o otros vehículos.

4.2 CASO 2: UAS PARA EL TRANSPORTE DE MERCANCÍAS.

En el momento en que se utilicen las RPAS con la finalidad de transportar mercancías, se aplicarán el **Anexo 18** y el **Artículo 35** del Convenio de Chicago.

En caso de transportar mercancías peligrosas, definidas según la OACI:

*“**Mercancías peligrosas.** Todo objeto o sustancia que pueda constituir un riesgo para la salud, la seguridad, los bienes o el medio ambiente y que figure en la lista de mercancías peligrosas de las Instrucciones Técnicas o esté clasificado conforme a dichas Instrucciones.” [34]*

Seguirán también los protocolos de seguridad comentadas anteriormente para prevenir cualquier tipo de colisión, aunque deberán respetar conjuntamente los siguientes protocolos:

Según el **Anexo 18**: [35]

4.2 Mercancías peligrosas cuyo transporte por vía aérea está prohibido, salvo dispensa.

Las mercancías peligrosas que se describen a continuación estarán prohibidas en las aeronaves, salvo dispensa de los Estados interesados según lo previsto, o salvo que en las disposiciones de las Instrucciones Técnicas se indique que se pueden transportar con aprobación otorgada por el Estado de origen:

- a) las mercancías peligrosas cuyo transporte figura como prohibido en las Instrucciones Técnicas en circunstancias normales; y
- b) los animales vivos infectados.

4.3 Mercancías peligrosas cuyo transporte por vía aérea está prohibido en todos los casos

Los objetos y sustancias mencionadas específicamente por su nombre o mediante una descripción genérica en las Instrucciones Técnicas como, prohibidos para su transporte por vía aérea cualesquiera que sean las circunstancias, no se transportarán en ninguna aeronave.

Las UAS deberán sobrevolar por zonas urbanas por lo que siempre deberá estar vigilando las posibles colisiones como en el caso de los aerotaxis. Por lo que se pone el ejemplo: el transporte de mercancías por parte de la empresa de Amazon.

Dicha empresa deberá de disponer de los UAS necesarios y certificados como se ha nombrado anteriormente en el trabajo, como es el **Certificado de Aeronavegabilidad**, y como de otros certificados adicionales en caso de ser necesario, por ejemplo, un certificado conforme está permitido llevar una mercancía considerada peligrosa. Por otra parte, la ejecución y planificación del vuelo será el mismo procedimiento como el uso de UAS para el transporte de personas, con la diferencia que se deberá tener en cuenta las **normativas respecto a las mercancías** a exportar y su **volumen** que ocupará en la aeronave.

Dicha mercancía deberá estar dentro de los parámetros de peso aceptados para que la aeronave pueda realizar el vuelo. Toda esta información será reflejada en el plan de vuelo del cual será enviado a los servidores para tener en cuenta la mercancía transportada y sus características.

CAPITULO 5: SOLUCIÓN PROPUESTA RESPECTO A LA INFORMACIÓN

5.1 CONJUNTO DE INFORMACIÓN COMPARTIDA

El aumento de tráfico que puede llegar a generar los UAS una vez establecidos, será necesario compartir información con todas las entidades que se encuentren en el mismo espacio aéreo. Como se ha observado a lo largo del trabajo, existe una **arquitectura UTM** para poder ejecutar todas las operaciones y poder llevarlas a cabo con una completa seguridad ante todos los actores. Para ello en el trabajo se aporta la solución respecto a la **información necesaria**, para que las misiones puedan compartirse entre el gestor del espacio aéreo y los operadores. Estas informaciones deben satisfacer todos los requerimientos que se han visto con anterioridad en el proyecto.

Las **informaciones** que se consideran **elementales** para poder efectuar las misiones con completa seguridad son las siguientes:

Antes de realizar el vuelo, el **registro**, que se ha comentado anteriormente como requisito de las misiones, deberá ser enviado al centro de operaciones que se le transmitirá los documentos específicos que son necesarios para la autorización del plan de operaciones del dron. Por otra parte, la interfaz colaborativa con ATC consentirá la gestión del vuelo del dron y la comunicación entre el operador del dron y ATC.

De modo que los servicios enviarán la información sobre los **procedimientos** y las **limitaciones** a la dirección de planificación de las operaciones de drones.

Además, el fabricante deberá indicar a U-Space previamente a las operaciones, la **información del dron** como, por ejemplo, que **tipo de dron** es, la **energía del motor**, el **nivel de ruido**, su **rendimiento**, la **masa máxima de despegue** del dron y el **tipo de clase**. [36] Las informaciones que se van a intercambiar se encuentran en la siguiente tabla, realizada con la ayuda de los documentos de **SESAR**, Anexo B: [37]

En la fase de **planificación**:

El operador deberá de presentar toda la información que será necesaria para poder llevar a cabo la operación con seguridad y coordinación con otros vuelos que se establezcan en el mismo espacio aéreo. Por lo que la información a presentar será la siguiente:



Planificación de ruta: origen- destino

En este documento se expone toda la información necesaria para poder llevar a cabo la ruta planificada:

- Identificación de la aeronave: _____.
- Reglas de vuelo y tipo de vuelo: _____.
- Tipo de dron: _____.
- Categoría del dron: _____.
- Volumen del dron: _____.
- Parametros del Origen: _____.
- Parametros del Destino: _____.
- Hora prevista fuera de calzos: _____.
- Hora prevista de llegada: _____.
- Velocidades de crucero: _____.
- Niveles de crucero: _____.
- Ruta que se planifica seguir: _____.
- Numero de personas a bordo (en caso del aerotaxi): _____.
- Kg de carga bordo (en caso de expedición de mercancías): _____.
- Equipo de emergencia que posee: _____.
- Equipos sistemáticos en la aeronave no tripulada: _____.
- Otros datos relevantes que se quieran: _____.

Ilustración 20, Formulario para la planificación de ruta. Elaboración: propia

En la fase pre-vuelo:

Información necesaria:	
1. Verificación de las condiciones de vuelo (Mission Management):	<ul style="list-style-type: none"> - El operador proporcionará al centro de operaciones toda la información sobre la operación que se quiere llevar a cabo. - Verificación de los requisitos de volumen antes de volar. - Comprobación sobre la posibilidad de la efectuación del vuelo.
	<ul style="list-style-type: none"> - Pronosticación del tiempo. - Información personalizada según la ubicación en la que se encuentre y la operación que se quiera realizar.

<p>2. Información de la aeronave:</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Identificación del dron, con sus propiedades. - Requisitos del dron, en caso de necesitarlo.
<p>3. Información aeronáutica de drones:</p>	<ul style="list-style-type: none"> - El operador tendrá acceso a toda información aeronáutica requerida.
<p>4. Información geográfica:</p>	<ul style="list-style-type: none"> - El operador deberá disponer de toda la información geográfica disponible.
<p>5. Geo conciencia:</p>	<ul style="list-style-type: none"> - El operador deberá disponer de información sobre las áreas que se van a sobrevolar. - Los servicios deberán de notificar cualquier información que pueda perjudicar a la operación del dron. - Ambos podrán recopilar información de datos de diferentes fuentes. Los servicios en caso de que sea necesario se la transmitirán al operador.
<p>6. Empleo estratégico de los conflictos: Servicio de resolución estratégica de conflictos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - El operador del dron recibirá la notificación de aprobación en el caso de no detectar ningún conflicto estratégico. Este conflicto es detectado mediante la información recibida a los servicios UTM, ATC. - El operador recibirá propuestas de resolución de conflictos que puedan resolver algún posible conflicto. - El operador/servicios serán informados en caso de alguna modificación sobre la hora de salida, llegada. (Puede ser causa por alguna intervención inesperada de otra aeronave, emergencia, etc.)

Tabla 5, Tabla de información necesaria fase pre-vuelo, elaboración propia.

Fase Autorización de salida:

Información necesaria:	
<p>1. Servicio de gestión de planificación de operaciones de drones:</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Los servicios autorizarán la salida del vuelo en caso de que la información recibida sobre el tránsito aéreo deje realizar la operación de salida, sin generar un conflicto ante otras entidades y al mismo. - Se remitirá los procedimientos que se tendrán que ejecutar y las restricciones al servicio de gestión de planificación de operaciones. - El operador del dron recibirá la trayectoria que debe realizar.

Tabla 6, Tabla de información necesaria fase de salida, elaboración propia.

Fase de vuelo:

Información necesaria:	
<p>1. Servicio de información de tráfico:</p>	<ul style="list-style-type: none"> - El operador del dron recibirá la trayectoria que va realizando y la que debe seguir dando conocimiento así de la situación actual. - El operador recibirá el seguimiento de otros PSU para drones que vuelan cerca de los límites del volumen del dron.
<p>2. Servicio de información de seguimiento:</p>	<ul style="list-style-type: none"> - El operador del dron será notificado de cualquier desviación de otra aeronave que pueda afectar a la ruta a seguir. - El operador del dron recibirá avisos y alertas de situaciones contra zonas prohibidas, otros UAS y aeronaves tripuladas. - La identificación única generada durante el registro del dron aparecerá en la etiqueta del dron mientras vuela, con fines de seguimiento. - Los sistemas deberán tener en todo momento la posición del dron.

Tabla 7, Tabla de información necesaria fase vuelo, elaboración propia.

En caso de emergencia:

Información necesaria:	
<p>1. Servicio de información en caso de emergencia:</p>	<ul style="list-style-type: none"> - El operador del dron recibirá una notificación en caso de emergencia, tanto efectuada por otro dron o del mismo. - En caso de emergencia del propio dron: <ul style="list-style-type: none"> o Enviará la situación actual del dron. o Enviará la emergencia a los servidores. Y notificará el tipo de emergencia que hay. o Difundirá la notificación a todos los drones y aeronaves que se encuentren en el mismo espacio aéreo. o Solicitará información sobre la disponibilidad de áreas de aterrizaje en caso de emergencias. - En caso de que la emergencia sea externa: <ul style="list-style-type: none"> o El servidor enviará información al dron, proporcionando un conjunto de procedimientos estándar que deberá seguir. Como los que han sido comentados en el capítulo anterior. o El sistema supervisará un vuelo y proporcionará la información al resto del tráfico circundante como tan pronto se haya desencadenado una emergencia. o El servidor enviará una base de datos de los lugares de aterrizaje, waypoints, y áreas de accidentes.

Tabla 8, Tabla de información necesaria en caso de emergencia, elaboración propia.

Fase de autorización de aterrizaje:

Información necesaria:	
<p>1. Servicio de información de aterrizaje:</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Los servicios autorizarán el aterrizaje del vuelo en caso de que la información recibida sobre el tránsito aéreo deje realizar la operación de aterrizaje, sin generar un conflicto ante otras entidades y al mismo.

	<ul style="list-style-type: none">- En caso de no aterrizar en un aeropuerto, se le informará igualmente de si existe algo en la fase de descenso que pueda interrumpir la operación de aterrizaje y pueda ocasionar alguna colisión.- El dron recibirá el patrón correcto para la realización de descenso y el alineamiento con la pista. Debido a que por mucho que su descenso sea vertical, debe de estar adecuadamente alineado para no intervenir con otras operaciones que se estén realizando en tierra.
--	---

Tabla 9, Tabla de información necesaria fase de aterrizaje, elaboración propia.

5.2 PROTOCOLOS DE DATOS

El uso de drones como se puede ir observando a lo largo del trabajo, se va extendiendo rápidamente, por lo que es necesario seguir unos requisitos que han sido comentados anteriormente. De manera que se presenta los **protocolos de datos** para la **estructura de la información** y de los **procedimientos** necesarios para el intercambio de datos, que se realiza en la fase de **planificación y ejecución**.

Una alternativa para poder soportar el modelo de datos propuesto es **JSON (Java Script Object Notation) y estandarizado como ECMA-404**.

JSON es un formato con el fin de intercambiar datos, designa a un formato compacto y está basado en texto, lo que facilita la lectura a personas además de para un programa. El programa JSON es escogido para la realización de la estructura de información debido a sus ventajas, como, por ejemplo, al ser un formato independiente de cualquier lenguaje de programación, los servicios que comparten la información por este método, no es necesario que hablen el mismo idioma, de manera que el emisor puede ser Java y el receptor PHP, por ejemplo. Por lo tanto, el programa puede ser también usado para el intercambio de información entre diferentes tecnologías. [38]

Alternativamente, **XML**, un subconjunto de SGML (Estándar Generalised Markup Language), que representa la información estructurada y también puede ser almacenada, transmitida y procesada por diversas aplicaciones y dispositivos. Pero JSON tiene la ventaja de ser un formato más simple y fácil de procesar, a diferencia de XML. Otras de sus diferencias y similitudes son las siguientes: [39]

- En cuanto a **simplicidad, apertura e Interoperabilidad** JSON y XML están igualados.
- **Datos auto descritos e internacionalización:** La implementación de datos en ambos son estándares que utilizan el estándar Unicode y ambos crean datos de manera que permiten a otras herramientas a poder manipular los datos, por lo que hacen que estos formatos sean fáciles de manipular y de distribuir a una amplia gama de usuarios.
- **Extensibilidad:** JSON está limitado a almacenar sólo datos como textos y números, en cambio XML, consigue almacenar datos de cualquier tipo. Por lo que es más flexible XML que JSON. Pero, aunque XML sea más extensible, no siempre es algo más bueno ya que los documentos requieren de extensibilidad para poder gestionar imágenes, gráficos, tablas, etc. De manera que JSON al ser más simple no requiere tanta extensibilidad.
- **Legible:** Ambos son legibles para todos los programadores, sin embargo, los ficheros JSON son más restrictivos y por lo tanto más legibles. Debido a que el número de formatos de datos permitidos por JSON son mucho mejor que XML.
- **Integración con todos los formatos:** Con XML es posible agregar cualquier archivo de cualquier formato. En cuanto a JSON solo soporta

formatos de datos tradicionales por lo que es posible incluir fotos, audio, video y otros archivos dentro de un documento XML. Aunque parezca algo bueno al principio, también resulta ser peligroso debido a las consecuencias perjudiciales hacia seguridad. La simplicidad de las estructuras de datos que JSON soporta hace imposible los ataques usando este formato.

- **Distribución de datos personales:** JSON es la mejor herramienta para compartir datos debido a que estos están almacenados en vectores y registros mientras que XML almacena los datos en arboles. Ambos tienen sus ventajas, pero las transferencias de datos son muchos más fáciles cuando estos se almacenan en una estructura que está familiarizada a los lenguajes orientados a objetos. Esto hace que sea más sencilla la importación de datos desde un archivo JSON a Perl, Ruby, JavaScript, Python, etc. En cambio, para hacer lo mismo con XML se necesitaría primero transformar los datos antes de que puedan ser importados. Por ese motivo este es un formato de archivo superior para las APIs.

Por lo que se concluye que JSON es el mejor formato ante XML, en cuanto a la seguridad y la transferencia de datos. Debido a que al ser más simples y centrarse más en el contenido que en el formato, mantiene los paquetes de intercambio de datos lo más compactos posibles.

En cuanto a la **estructura de información** está basada en las informaciones necesarias para poder llevar a cabo las misiones, de manera que se presenta la siguiente estructura:

NOMBRE DEL ATRIBUTO:	CONTENIDO:	DESCRIPCIÓN:
Id_dron:	DRON350-100	El atributo hace referencia a la identificación del dron. Del cual será único.
Tipo_aeronave:	DRON_350	En este apartado se identificará que tipo de aeronave va a llevar a cabo la operación.
Clase:	C6	Se identifica en que clasificación se encuentra la aeronave, en este caso el dron. Que puede ser de C0-C6.

Análisis de protocolos para la estandarización de la descripción de misiones UAS

Volumen:	2165.11 m ³	Se indicará el volumen que ocupa la aeronave dentro del espacio aéreo.
MET:	LLUVIA_INTENSA, VIENTOS40NUDOS	Se indicará la información meteorológica.
Origen:	LEBL [41°23'19.6" N 2°9.539' E]	Punto de salida con sus coordenadas.
Hora de salida:	12:45UTZ	Se indicará la hora de salida.
Destino:	LECAMPNOU[41 ° 22'51 "N 2 ° 07'21" E]	Punto de llegada con sus coordenadas.
Hora prevista de llegada:	17:45 UTZ	Se informa sobre la hora prevista de llegada.
Waypoints:	[41°20'43.332" N 2°4.10.38E]	Coordenadas de los waypoints de a ruta.
Emergencia:	DESTRESFA	Código de la clase de emergencia.
Parquin:	PK224	Plaza de aparcamiento en la que deberá estacionar la aeronave.

Altitud:	1200FT	Se informa sobre la altitud a la que vuela la aeronave. Es la distancia vertical desde un nivel u objeto que es considerado como punto y el nivel medio del mar.
Velocidad:	250kt	Velocidad a la que se mueve la aeronave.
Informacion_trafico:	[COLAENENTRADA]	Se informará sobre el estado del tráfico.
Estrategia_desconflicto:	CAMBIANDO RUTA DIRIGIR HACIA ESTE 20°	Se informará sobre el rumbo que deberá de modificar para evitar cualquier emergencia o modificación de ruta necesaria.
Carga:	200 kg y 2 PAX	Se informará sobre el peso de más que lleva a parte del peso de la aeronave.
Hora respecto a la localización actual junto a la localización:	{12:24[23°43'3245''}], {12:35[23°43'3249'']} ...	Se irán mostrando las diferentes coordenadas y hora a medida que va avanzando de una manera automática e inmediata.
Equipos de emergencia	SDRWY	Se indicará el equipo de emergencia que dispone.

Tabla 10, Tabla de estructura de datos, elaboración propia.

CAPITULO 6: CONCLUSIÓN

A lo largo del trabajo se ha podido observar como los UAS han llegado a implementarse en aplicaciones civiles gracias a los avances tecnológicos y sistemáticos que existen hoy en día. Pero las técnicas automatizadas para el uso de UAS dentro de un espacio urbano, como uno de los objetivos que quiere llevar a cabo U-Space, es necesario un marco legal que permita compartir el espacio aéreo con otras aeronaves. Por lo que U-Space y otras entidades deberán de reforzar este marco legislativo para poder llevar a cabo las misiones civiles planteadas.

Por encima de todo, en toda operación es de mayor importancia garantizar la seguridad operativa, tanto para los que realizan la operación como para los que comparten el espacio aéreo y el segmento tierra. Es por ello por lo que a lo largo de este trabajo se ha expuesto:

- Los requisitos necesarios para la caracterización de las misiones UAS, como los requerimientos de los operadores como los de los servidores de UTM.
- Los procedimientos necesarios para prevenir situaciones de riesgo, como las pérdidas de separación y colisiones potenciales, y asegurar a todas las entidades presentes.
- El análisis de los elementos que ayudan a llevar a cabo las misiones UAS y sus características. De manera que se ha estudiado a sus actores principales y sus funciones dentro del sistema UTM relacionado con U-Space.

Con estos objetivos, este trabajo propone el conjunto de información mínima para poder llevar a cabo las misiones de los usuarios del espacio aéreo UTM. Este conjunto de información contribuirá a la seguridad en las misiones UAS y será de utilidad para todos los actores que quieran llevar a cabo las operaciones propuestas. Por otra parte, se han realizado posibles formatos para soportar el intercambio de datos contenidos en el modelo propuesto para estructurar la información entre los diferentes sistemas y actores. Se propone JSON a causa de su simplicidad, seguridad y aceptación de la interacción de todos los servidores, debido a que permite diversos lenguajes.

Por lo que en el trabajo no se ha podido estandarizar unas normas legales hacia todas las misiones UAS ya que este objetivo está fuera del alcance del proyecto, debido a que la legislación actual todavía tiene vacíos que son difíciles de analizar. Pero si se ha conseguido analizar y proponer unos procedimientos y protocolos hacia la planificación y ejecución de las misiones UAS cumpliendo de esta manera los requerimientos de safety contemplados en el modelo de datos.

En el hipotético caso que se consiga un marco legal, consiguiendo compartir aire con otros vehículos y garantizando la seguridad hacia todos los actores, será posible contemplar los UAS dentro del espacio urbano.

CAPITULO 7: WEB GRAFÍA:

[1] (2020). Retrieved 5 November 2020, from https://www.icao.int/Meetings/UAS/Documents/Circular%20328_es.pdf

[2] EL ORIGEN Y LA HISTORIA DE LOS DRONES - Hemav. (2020). Retrieved 7 November 2020, from <https://hemav.com/el-origen-y-la-historia-de-los-drones/>

[3] EL ORIGEN Y LA HISTORIA DE LOS DRONES - Hemav. Retrieved 7 November 2020, from <https://hemav.com/el-origen-y-la-historia-de-los-drones/>

[4] Historia de los drones - El Drone. Retrieved 7 November 2020, from <http://eldrone.es/historia-de-los-drones/>

[5] (2020). Retrieved 23 November 2020, from <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019R0947&from=EN>

[6] asociados, a. Escenario de vuelos drones. Retrieved 23 November 2020, from <https://www.droneuropa.com/escenarios-drones/>

[7] ONEAIR. Retrieved 7 January 2021, from <https://www.oneair.es/nuevo-reglamento-europeo-drones/#abierta>

[8] ONEAIR. Retrieved 7 January 2021, from <https://www.oneair.es/nuevo-reglamento-europeo-drones/#abierta>

[9] Ocón, R. (2021). Tipos de Drones y Clases CE en la Normativa Europea. Retrieved 11 January 2021, from <https://www.droneguru.es/tipos-de-drones-y-clases-ce-en-la-normativa-europea/>

[10] Partes de un sistema aéreo no tripulado (UAS) » HispaDrones. (2019). Retrieved 7 November 2020, from <https://www.hispadrones.com/principiantes/aprendizaje-consejos/partes-sistema-aereo-no-tripulado-uas/>

[11] Partes de un sistema aéreo no tripulado (UAS) » HispaDrones. Retrieved 7 November 2020, from <https://www.hispadrones.com/principiantes/aprendizaje-consejos/partes-sistema-aereo-no-tripulado-uas/>

[12] Retrieved 5 November 2020, from https://www.icao.int/Meetings/UAS/Documents/Circular%20328_es.pdf

[13] Retrieved 5 November 2020, from https://www.icao.int/Meetings/UAS/Documents/Circular%20328_es.pdf

[14] Retrieved 5 November 2020, from https://www.icao.int/Meetings/UAS/Documents/Circular%20328_es.pdf

[15] CORUS. Joint Undertaking, S., 2019. *U-Space Concept of Operations*. 1st ed. EUROCONTROL.

[16] CORUS. Joint Undertaking, S., 2019. *U-Space Concept of Operations*. 1st ed. EUROCONTROL.

[17] ENAIRE. Retrieved 7 November 2020, from https://www.enaire.es/servicios/atm/servicios_de_transito_aereo_atc/control_de_trafico_aereo_atc

[18] Sistemas UTM, Gestión del espacio aéreo con drones. Retrieved 20 November 2020, from <https://www.embention.com/es/news/sistemas-utm-gestion-espacio-aereo/>

[19] 2019. U-Space. [online] Available at: <https://www.sesarju.eu/node/3402> [Accessed 19 November 2020].

[20] 2019. CORUS. *Initial view on Principles for the U-space architecture*.

[21] ¿Qué quiere decir "VLOS"? | Ritrac Training. Retrieved 21 November 2020, from <https://ritrac.eu/que-quiere-decir-vlos/>

[22] Hatelý, A., 2019. *U-space Concept of Operations an Overview*.

[23] Hatelý, A., 2019. *U-space Concept of Operations an Overview*.

[24] Hatelý, A., 2019. *U-space Concept of Operations an Overview*.

[25] Retrieved 25 November 2020, from <https://www.anac.gov.ar/anac/web/uploads/normativa/anexos-oaci/anexo-8.pdf>

[26] Retrieved 25 November 2020, from <https://www.anac.gov.ar/anac/web/uploads/normativa/anexos-oaci/anexo-8.pdf>

[27] BOE.es - Documento BOE-A-2017-15721. Retrieved 5 December 2020, from <https://www.boe.es/eli/es/rd/2017/12/15/1036>

[28] BOE.es - Documento BOE-A-2017-15721. Retrieved 5 December 2020, from <https://www.boe.es/eli/es/rd/2017/12/15/1036>

[29] Retrieved 2 December 2020, from <https://www.indracompany.com/es/indra-air-drones>

[30] (2021). Retrieved 8 January 2021, from <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019R0947&from=EN>

[31] Seguridadaerea.gob.es. 2021. [online] Available at: https://www.seguridadaerea.gob.es/sites/default/files/guia_proced_habilitac_aut_oriz_oper_rpas.pdf [Accessed 9 January 2021].

[32] Seguridadaerea.gob.es. 2021. [online] Available at: https://www.seguridadaerea.gob.es/sites/default/files/guia_proced_habilitac_aut_oriz_oper_rpas.pdf [Accessed 9 January 2021].

[33] Seguridadaerea.gob.es. 2021. [online] Available at: https://www.seguridadaerea.gob.es/sites/default/files/guia_proced_habilitac_aut_oriz_oper_rpas.pdf [Accessed 9 January 2021].

[34] Anac.gov.ar. 2011. [online] Available at: <https://www.anac.gov.ar/anac/web/uploads/normativa/anexos-oaci/anexo-18.pdf> [Accessed 8 January 2021].

[35] Anac.gov.ar. 2011. [online] Available at: <https://www.anac.gov.ar/anac/web/uploads/normativa/anexos-oaci/anexo-18.pdf> [Accessed 8 January 2021].

[36] Anac.gov.ar. 2021. [online] Available at: <https://www.anac.gov.ar/anac/web/uploads/normativa/anexos-oaci/anexo-14-vol-i.pdf> [Accessed 11 January 2021].

[37] 2019. CORUS. *U-space ConOps Annex B: Requirements*.

[38] Ventura, V., Ventura, V. and Ventura, V., 2021. *El formato de datos JSON basado en JavaScript*. [online] polaridad.es. Available at: <http://polaridad.es/formato-json/> [Accessed 20 January 2021].

[39] Mikoluk, K., 2021. JSON vs XML: Cómo JSON es Superior a XML. [online] Juliocesarpena.com. Available at: <https://www.juliocesarpena.com/tutoriales-web/79-web/167-json-vs-xml-como-json-es-superior-a-xml/> [Accessed 2 February 2021].

Figura 1: clasificación de UAS, según la OTAN, 4 NOV 2020. 17:46h
https://www.google.com/search?q=clasificacion+UAS&client=safari&rls=en&sxsrf=ALeKk00rFbMVfdBC8dJVpVAku1EDpp2ITA:1604506564668&tbm=isch&source=iu&ictx=1&fir=NQgCs41qDgK10M%252Cm0kxmdd3xy67iM%252C_&vet=1&usg=AI4_-kR-

[eA3QtFjeXKyc_s_WDKmeN1AUSQ&sa=X&ved=2ahUKEwizos7epOnsAhUvyoUKHX1eB_4Q9QF6BAgKEAg&biw=1440&bih=837#imgrc=nvEA7oMki36LRM](https://www.google.com/search?q=Misiones+UAS&tbm=isch&ved=2ahUKEwizos7epOnsAhUvyoUKHX1eB_4Q9QF6BAgKEAg&biw=1440&bih=837#imgrc=nvEA7oMki36LRM)

Ilustración 1: vuelo de un vehículo aéreo no tripulado . (2021). [Imagen]. Obtenido de https://www.google.com/search?q=Misiones+UAS&tbm=isch&ved=2ahUKEwiyiPS2t4ztAhULbhQKHef9ABEQ2-cCegQIABAA&og=Misiones+UAS&gs_lcp=CgNpbWcQAzIECCMQJzoECAAQZoHCCMQ6gIQJzoCCAA6BQgAELEDOgQIABADOggIABCxAXCDAToGCAAQChAYOgQIABAYUI8QWLYiYNgmaAFwAHqAgAF3iAG4CZIBAazuNZgBAKABAAoBC2d3cy13aXotaW1nsAEKwAEB&sclient=img&ei=EC1X7KaH4vcUef7q4gB&bih=837&biw=1440&client=safari#imgrc=2q09QsdzW4d6GM,

Ilustración 2: aqm-34 ryan firebee . (2021). [Imagen]. Obtenido de: https://www.google.com/search?q=aqm-34+ryan+firebee&client=safari&rls=en&sxsrf=ALeKk03KNWapS-Y7ISqRgDF3xhS3Ajb5g:1605718759532&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEwjJ5XCylztAhVnAGMBHaE-AIIQ_AUoAXoECA4QAw&biw=1260&bih=1469#imgrc=f9GlnHpTFkyaUM_&imgdii=h1wrq7bfqnCxWM

Ilustración 3: Pedrator . [Imagen]. Obtenido de https://www.google.com/search?q=pedrator+uas&tbm=isch&ved=2ahUKEwjo7YjZ1lztAhUYwoUKHYkNDsIQ2-cCegQIABAA&og=pedrator+uas&gs_lcp=CgNpbWcQAzoGCAAQBRAeOgYIABAKEBhQzQdY5gpgzwtoAHAAeACAAVmIAf0BkgEBM5gBAKABAaoBC2d3cy13aXotaW1nwAEB&sclient=img&ei=rF-1X-jnL5iElwSJM7iQDA&bih=1469&biw=1260&client=safari#imgrc=gV-vSQuNRYdivM

Ilustración 4: REQUERIMIENTO OPERACIONAL . [Imagen]. Obtenido de https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.hispadrones.com%2Fprincipiantes%2Faprendizaje-consejos%2Fpartes-sistema-aereo-no-tripulado-uas%2F&psig=AOvVaw39EIG3Oombvodvu2v7RYDZ_&ust=1605809251623000_&source=images_&cd=vfe_&ved=0CAIQjRxqFwoTCPDJluPXjO0CFQAAAAAdAAAAABAD

Ilustración 5: clases de vehículos no tripulados de categoría abierta, [Imagen] . Obtenido de <https://aerocamaras.es/clases-de-drones-segun-la-nueva-normativa-europea/#drones-clase-c0>

Ilustración 6: Clase dron C5, [Imagen] Obtenida de https://www.google.com/search?q=clase+C5+I+C6+drones&tbm=isch&ved=2ahUKEwiY2MHAj9_uAhUUbRoKHXbyCigQ2-cCegQIABAA&og=clase+C5+I+C6+drones&gs_lcp=CgNpbWcQA1DyhAJYxYwCYNaPAmgAcAB4AIABVYgBpgGSAQEymAEAoAEBqgELZ3dzLXdpei1pbWfAAQE&sclient=img&ei=ELcjYJiQApTaaafbkq8AC&bih=984&biw=1694&client=safari#imgrc=FD4GN2kUp8Dd3M

Ilustración 7: Clase dron C6, [Imagen] Obtenida de https://www.google.com/search?q=clase+C5+I+C6+drones&tbm=isch&ved=2ahUKEwiY2MHAj9_uAhUUbRoKHXbyCigQ2-cCegQIABAA&oq=clase+C5+I+C6+drones&gs_lcp=CgNpbWcQA1DyhAJYxYwCYNaPAmgAcAB4AIABVYgBpgGSAQEymAEAoAEBqgELZ3dzLXdpei1pbWfAAQE&sclient=img&ei=ELcjYJiQApTaaafbkq8AC&bih=984&biw=1694&client=safari#imgrc=6feVJRgdXRc42M

Ilustración 8: componentes UAS, [Imagen] Obtenida de https://www.google.com/search?q=componentes+de+UAS&client=safari&rls=en&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEwjir9P_9JvuAhWEi1wKHezvDyQQ_AUoAXoECAYQAw&biw=1694&bih=984#imgrc=noQkKbAiNfg-dM

Ilustración 9: software para UAS, [Imagen] Obtenida de https://www.google.com/search?q=software+uas&client=safari&rls=en&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEwi0muy59ZvuAhViQkEAHXHtDgQQ_AUoAXoECAYQAw&biw=1694&bih=984

Ilustración 10: dron en uso civil, [imagen] obtenida de https://www.google.com/search?q=aplicaciones+civiles+drones&tbm=isch&client=safari&hl=ca&sa=X&ved=2ahUKEwimlIOikt_uAhVM2xoKHZmwDWIQBXoECAEQLO&biw=1676&bih=984#imgrc=MobG6j6gpsZtAM&imgdii=ewbPZAa_1lxlgM

Ilustración 11: clases de zonas aire, [Imagen] Obtenida de https://www.google.com/search?q=clases+aire+aviacion&tbm=isch&ved=2ahUKEwjulpKD9pvuAhUa8xoKHZiiBE8Q2-cCegQIABAA&oq=clases+aire+aviacion&gs_lcp=CgNpbWcQAzoICAAQCBAAeEBM6BggAEAgQHjoECAAQGFCVCVj3F2CrGWgAcAB4AIABY4gB9gWSAQE5mAEAoAEBqgELZ3dzLXdpei1pbWfAAQE&sclient=img&ei=wXsAYK6yO5rma5jFkvgE&bih=984&biw=1694&client=safari#imgrc=ra-E-PniCvTbQM

Ilustración 12: fases u-space, [Imagen] Obtenida de https://www.google.com/search?q=fases+U-space&tbm=isch&ved=2ahUKEwjWpufP9pvuAhUQwIUKHWmPDZEQ2-cCegQIABAA&oq=fases+U-space&gs_lcp=CgNpbWcQAzoECAAQEzoECAAQHICeY1iycGDIcWgAcAB4AIABbIlgBxgSSAQM2LjGYAQCgAQGgAQtn3Mtd2I6LWltZ8ABAQ&sclient=img&ei=YnwAYNbtLZCAIwTpnraICQ&bih=984&biw=1694&client=safari

Ilustración 13: establecimiento UTM, [imagen] obtenida de https://www.google.com/search?q=estructura+espacio+UTM+dron&tbm=isch&ved=2ahUKEwiz-8utlN_uAhWF0YUKHZEnBSIQ2-cCegQIABAA&oq=estructura+espacio+UTM+dron&gs_lcp=CgNpbWcQA1DwLij_OGDsOmgBcAB4AIABYlgBhwSSAQE2mAEAoAEBqgELZ3dzLXdpei1pbWfAAQE&sclient=img&ei=JrwjYLPQIIWjlwSRz5SQAq&bih=984&biw=1676&client=safari&hl=ca#imgrc=Ox-SfGbZmjtUgM

Ilustración 14: Arquitectura UTM, [Imagen] Obtenida de https://www.google.com/search?q=arquitectura+UTM+faa&tbm=isch&ved=2ahUKEwi93eSd95vuAhWpgM4BHWN1Cc4Q2-cCegQIABAA&oq=arquitectura+UTM+faa&gs_lcp=CgNpbWcQA1DSKFjMLGD_LWgAcAB4AIABVogBxQKSAQE0mAEAoAEBqgELZ3dzLXdpei1pbWfAAQE&sclient=img&ei=Bn0AYL3CEamBur4P4-ql8Aw&bih=984&biw=1694&client=safari

Ilustración 15: aerotaxi Airbus, [Imagen] Obtenida de https://www.google.com/search?q=Ilustraci%C3%B3n+11+aerotaxi+airbus.&tbm=isch&ved=2ahUKEwiDgomh95vuAhU0gHMKHcx4D_oQ2-cCegQIABAA&oq=Ilustraci%C3%B3n+11+aerotaxi+airbus.&gs_lcp=CgNpbWcQA1DEwgxYxMIMYLEDGgAcAB4AIABWogBWpIBATGYAQCgAQQgAQtnD3Mtd2l6LWltZ8ABAQ&sclient=img&ei=DX0AYMPHCrSAzgPM8b3QDw&bih=984&biw=1694&client=safari

Ilustración 16: certificado de aeronavegabilidad, [Imagen] Obtenida de https://www.google.com/search?q=Ilustraci%C3%B3n+12+certificado+de+aeronavegabilidad&tbm=isch&ved=2ahUKEwir48CD-JvuAhWUAhoKHWc9BNYQ2-cCegQIABAA&oq=Ilustraci%C3%B3n+12+certificado+de+aeronavegabilidad&gs_lcp=CgNpbWcQAzoFCAAQsQM6CAgAELEDEIMBOgIIADoECAAQQzoHCAAQsQMQQ1CWqwZY-MQGYLXGBmgFcAB4AIABYogB6wSSAQE3mAEAoAEBqgELZ3dzLXdpei1pbWewAQDAAQE&sclient=img&ei=230AYOuJJZSFaOD6krAN&bih=984&biw=1694&client=safari#imgrc=3_EBQ9ZbELcZXM

Ilustración 17: waypoints, [imagen] obtenida de https://www.google.com/search?q=waypoints+dron&tbm=isch&ved=2ahukewibgkcvl9_uahvcyrokhu6rcnoq2-cceqgiabaa&oq=waypoints+dron&gs_lcp=cgnpbwgcqaziecaaqezoicaaqbraeebm6cagaeagqhatun4mwmorypmtaabwahgagahyaygb5wwsaquwljmmzgbakabaaobc2d3cy13axotaw1nwaeb&sclient=img&ei=gl8jyjuummksa87wotan&bih=984&biw=1676&client=safari&hl=ca#imgrc=qreokqhckis5rm

Ilustración 18: UTM HUB, UTM CONNECT, [Imagen] Obtenida de <https://www.indracompany.com/es/utm-connect>