

DESARROLLO DEL CONCEPTO OPERACIONAL PARA LA INTEGRACIÓN DE RPAS EN EL ESPACIO AÉREO DE LOS TMA

CÁTEDRA ISDEFE



Autor:

Carlos Aparisi Moscardó

Tutor:

Jorge Bueno Gómez

Universidad Politécnica de Madrid - ETSIAE

Dpto. Sistemas Aeroespaciales, Transporte Aéreo y Aeropuertos

Coordinador: Fernando Gómez Comendador

Marzo de 2020

Página intencionadamente en blanco

Índice

Índice de figuras	III
Índice de tablas	IV
Nomenclatura	V
1. Introducción	1
1.1. Planteamiento del problema	1
1.2. Objetivos	2
2. Documentación/Normativa de referencia	4
2.1. Resumen normativa	5
3. Sistemas y operaciones existentes	10
3.1. Ayudas a la navegación aérea	10
3.1.1. GNSS: Global Navigation Satellite System	10
3.2. Técnicas de navegación aérea	13
4. Sistema propuesto - Operaciones en TMA	17
4.1. Hipótesis de trabajo	17
4.2. Misiones	18
4.3. Contexto operacional	20
4.4. Entorno operativo	21
4.5. Esquema operativo	25
4.6. Operaciones y procedimientos	25
4.6.1. Integración RPAS-ATC y provisión de separación	25
4.6.1.1. Pasillos de bajo nivel para RPAS de categoría específica	28
4.6.2. Gestión de planes de vuelo / Afección controladores	29
4.6.3. Sistemas / Equipos	31
4.6.3.1. Radares	32
4.6.4. Casos ejemplo	32
4.7. Planes de contingencia	37
4.7.1. Vulnerabilidad señal GNSS	37
4.7.2. Vulnerabilidad enlace de comunicaciones	41
4.8. Resumen de la propuesta	42
5. Conclusiones	44
Anexos	58
i. Necesidades y requisitos de usuario (Jorge Bueno ISDEFE)	58
ii. Factores generales a tener en cuenta para la integración de los RPAS	59

III. Conocimientos previos	60
III.I. Sobre RPAS	60
III.II. Sobre TMA	61
III.III. Sobre U-Space	74
IV. Antecedentes	80
IV.I. Categoría Abierta	81
IV.II. Categoría Específica	82
IV.III. Categoría Certificada	82
V. Sistemas y operaciones existentes	88
V.I. Reglas Generales	88
V.II. VFR/IFR y VMC/IMC	88
V.III. Salidas y llegadas	91
V.IV. Ayudas para la navegación aérea	92
V.V. Aproximaciones instrumentales basadas en GNSS	100
V.VI. Técnicas de navegación aérea	101
VI. Otros sistemas / Equipos	102
VII. Personal	104
Bibliografía	106

Índice de figuras

1.	Sistemas de aumentación basados en satélite [15]	12
2.	Clasificación de las especificaciones PBN (OACI Doc. 9613)	15
3.	Fuentes de posicionamiento según especificación R=Required O=Optional [18]	16
4.	Esquema PBN (fuente: elaboración propia en base al Doc. 9613 de la OACI)	16
5.	Aerosonde MK 4.7 [22]	20
6.	TMA Galicia (fuente: izq. Google Earth, dcha. Insignia)	21
7.	Izq: Zonas prohibidas, restringidas y peligrosas TMA de Galicia, dcha: Procedimientos SID y STAR TMA Galicia (fuente: Enaire Insignia)	22
8.	RWY 17-35 Aeropuerto de Santiago	23
9.	Aeropuerto Santiago (LEST), fuente: Google Earth	23
10.	Interacción de los diferentes sistemas [23]	25
11.	Procedimientos PBN para distintas fases de vuelo (II) [24]	27
12.	Ejemplo de pasillo de bajo nivel [25]	28
13.	(fuente: Network Strategic modelling Tool (NEST) EUROCONTROL)	30
14.	Número de aeronaves (Fig.13) vs Número de RPAS potenciales	31
15.	SID LEST FORNO2A	33
16.	STAR LEST FORNO1F	34
17.	APCH RWY 35 IAF NOLMU	34
18.	Perfil de elevación entre LECO (izq.) y LEST (dcha.) (fuente: Google Earth)	36
19.	Perfil de elevación entre Aeródromo de Rozas (izq.) y Aeródromo Monforte (dcha.) (fuente: Google Earth)	36
20.	Resiliencia PBN adquirida a través de GNSS-Ground Nav aids [29]	38
21.	Esquema conceptual sobre componentes RPAS (elaboración propia)	60
22.	Componentes RPAS (elaboración propia)	61
23.	Espacio aéreo TMA [35]	62
24.	TMA's y CTA's de España [37]	63
25.	Clasificación espacio aéreo [33]	65
26.	Espacio aéreo clase A	66
27.	Espacio aéreo clase G	67
28.	Posibles configuraciones del espacio aéreo terminal en función de la densidad de tráfico [40]	68
29.	Condicionantes a la hora de sectorizar el TMA [40]	68
30.	Fases del U-space	76
31.	Implementación del U-space en Europa	78
32.	Diferentes tipos de drones [50]	80
33.	Categorías según el riesgo de las operaciones [51]	81
34.	Categoría abierta [53]	84
35.	European Network for U-space demonstrators (fuente: [46], a agosto de 2018)	85
36.	Demostraciones proyectos U-space período 2019	86
37.	Divisiones del espacio aéreo en VLL [54]	87
38.	ILS Localizer antenna array, Runway 27R, EDDV Hanover/Langenhagen International Airport [56]	94
39.	Glideslope antenna array, Runway 09R, EDDV Hanover/Langenhagen International Airport. DME antenna for HDB DME above building [57]	95

40.	Torre de antena NDB en Ochsenbach, Leimen, Alemania [58]	97
41.	Estación de VOR-DME en Pekín [59]	100
42.	Ejemplos de CGS	103
43.	Piloto remoto	104
44.	Controladores de torre	104
45.	Personal militar realizando labores de mantenimiento a un RQ-4 Global Hawk [63]	105

Índice de tablas

1.	Misiones RPAS en TMA con operativas novedosas	18
2.	Misiones RPAS en TMA con operativas asemejable a aeronaves convencionales	19
3.	TMA Galicia límites verticales y clasificación del espacio aéreo	21
4.	Radioayudas para la navegación y el aterrizaje, Aeropuerto Santiago (LEST)	24
5.	Contingencias provocadas por fallo GNSS	40
6.	Necesidades del sistema	58
7.	Requisitos del sistema	58
8.	Factores a abordar para la integración de los RPAS	59
9.	Clasificación TMA's de España [37] y [38] (elaboración propia)	64
10.	Factores a abordar para la integración de los RPAS	74
11.	Servicios propuestos por el U-space	77
12.	Aspectos legales actuales respecto a los drones en España	78
13.	Proyectos con participación importante española en el desarrollo del U-space	79

Nomenclatura

AAC [Aeronautical Administrative Communication]
ABAS [Airborne Based Augmentation System]
ACARE [Advisory Council for Aviation Research and Innovation in Europe]
ACARS [Aircraft Communications And Reporting System]
ADF [Automatic Direction Finder]
ADS [Automatic Dependent Surveillance]
ADS-B [Automatic Dependent Surveillance - Broadcast]
AFTN [Aeronautical Fixed Telecommunication Network]
AGL [Above Ground Level]
AIAA [American Institute of Aeronautics and Astronautics]
AIDC [ATS Inter-facility Data Communications]
AMC [Acceptable Means Of Compliance]
AMHS [ATS Message Handling System]
AMSL [Above Mean Sea Level]
AMSS [Aeronautical Mobile Satellite Service]
AOC [Aeronautical Operational Control]
APC [Aeronautical Passenger Communication]
APV [Approach with Vertical Guidance]
ATC [Air Traffic Control]
ATFCM [Air Traffic Flow and Capacity Management]
ATIS [Automatic Terminal Information System]
ATS [Air Traffic Service]
ATSC [Air Traffic Services Communication]
ATZ [Aerodrome Traffic Zone]
B-RNAV [Basic Area Navigation]
BRLOS [Beyond Radio Line Of Sight]
BVLOS [Beyond Visual Line of Sight]

C2 [Command and Control]
CGS [Control Ground Station]
CIDIN [Common ICAO Data Interchange Network]
CNS [Communication, Navigation and Surveillance]
CORUS [Concept of Operations for European UTM Systems]
CPDLC [Controller Pilot Data Link Communications]
CTA [Control Area]
DAA [Detect And Avoid]
DH [Decision Height]
DME [Distance Measuring Equipment]
DoS [Denial of Service]
DVOR [Doppler Very High Frequency Omnidirectional Range]
EC [European Commission]
EGNOS [European Geostationary Navigation Overlay Service]
EGPWS [Enhanced Ground Proximity Warning System]
EOBT [Estimated Off-Blocks Time]
ER [Exploratory Research]
EUROCAE [European Organisation for Civil Aviation Equipment]
EUROCONTROL [European Organisation for the Safety of Air Navigation]
EVLOS [Extended Visual Line Of Sight]
FAA [Federal Aviation Administration]
FAF [Final Approach Fix]
FIS [Flight Information Service]
FL [Flight Level]
FMS [Flight Management System]
FPL [Filed Flight Plan]
FRA [Free Route Airspace]
FRT [Fixed Radius Transition]

GAT [General Air Traffic]
GBAS [Ground Based Augmentation System]
GLS [GBAS Landing System]
GNSS [Global Navigation Satellite System]
GP [Glide Path]
GPS [Global Positioning System]
HF DL [HF Data Link]
HSI [Horizontal Situation Indicator]
IAF [Initial Approach Fix]
ICAO [International Civil Aviation Organization]
IFR [Instrumental Flight Rules]
ILS [Instrumental Landing System]
IMC [Instrumental Meteorological Conditions]
INS [Inertial Navigation System]
IR [Industrial Research]
IRS [Inertial Reference System]
JARUS [Joint Authorities for Rulemaking on Unmanned Systems]
LAN [Local Area Network]
LNAV [Lateral Navigation]
MASPS [Minimum Aviation System Performance Standards]
MIDCAS [Mid Air Collision Avoidance System]
MMR [Multi-Mode Receiver]
MOPS [Minimum Operational Performance Standards]
MTOM [Maximum Takeoff Mass]
NASA [National Aeronautics and Space Administration]
NDB [Non-Directional Beacon]
NOTAM [Notice To Airmen]
NPA [Non-Precision Approach]

NVFR [Night VFR]
OAT [Operational Air Traffic]
OCD [Operational Concept Document]
OSED [Operational Services and Environment Definitions]
P-RNAV [Precision-Area Navigation]
PA [Precision Approach]
PALS [Precision Approach Lighting System]
PAR [Precision Approach Radar]
PBN [Performance-Based Navigation]
PODIUM [Proving Operations of Drones with Initial UAS traffic Management]
PSR [Primary Surveillance Radar]
R+D [Research and Development¹]
RAIM [Receiver Autonomous Integrity Monitoring]
RCA [Reglamento de Circulación Aérea]
RCAO [Reglamento de la Circulación Aérea Operativa]
RCP [Required Communications Performance]
RD [Radius to Fix]
RFI [Radio Frequency Interference]
RLOS [Radio Line Of Sight]
RNP [Required Navigation Performance]
RP [Remote Pilot]
RPA [Remotely Piloted Aircraft]
RPAS [Remotely Piloted Aircraft Systems]
RPL [Repetitive Flight Plan]
RTF [Radiotelephony]
RVR [Runway Visual Range]
RVSM [Reduced Vertical Separation Minima]

¹Equivalente al término I+D (Investigación y Desarrollo) en España

RWC [Remain Well Clear]
RWY [Runway]
SAA [See And Avoid]
SAIL [Specific Assurance and Integrity Levels]
SALS [Simple Approach Lighting System]
SARPS [Standards And Recommended Practices]
SATCOM [Satellite Communication]
SBAS [Space Based Augmentation System])
SERA [Standardised European Rules of the Air]
SES [Single European Skies]
SESAR [Single European Sky ATM Research]
SESAR JU [SESAR Joint Undertaking]
SID [Standard Instrumental Departure]
SORA [Specific Operations Risk Assessment]
SSR [Secondary Surveillance Radar]
STAR [Standard Terminal Arrival Route]
STS [Standard Scenarios]
TAWS [Terrain awareness warning system]
TCAS [Traffic alert and Collision Avoidance System]
TMA [Terminal Maneuvering Area]
TSA [Temporary Segregated Area]
UA [Unmanned aircraft]
UAS [Unmanned aerial systems]
UASSG [Unmanned Aircraft Systems Study Group]
UAV [Unmanned aerial vehicle]
UCA [Unmanned Cargo Aircraft]
VASI [Visual Approach Slope Indicator]
VDL [VHF Data Link]

VFR [Visual Flight Rules]
VLD [Very Large-scale Demonstrations]
VLOS [Visual Line Of Sight]
VMC [Visual Meteorological Conditions]
VNAV [Vertical Navigation]
VOR [Very High Frequency Omnidirectional Range]
VOR MON [VOR Minimum Operational Network]
WAAS [Wide Area Augmentation System]
WAN [Wide Area Network]