



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



GRADO EN INGENIERÍA AEROESPACIAL

TRABAJO DE FIN DE GRADO

INTEGRACIÓN DE LOS SISTEMAS DE GESTIÓN DE LA  
INFORMACIÓN GEOGRÁFICA PARA EL DESARROLLO  
DE APLICACIONES EN NAVEGACIÓN AÉREA,  
AEROPUERTOS Y SECTOR AEROESPACIAL

Alumno: Ignacio José Díaz Ríos

Tutor: Áurea Gallego Salguero

Cotutor: Israel Quintanilla García



## Contenido

Figuras y tablas.....	4
Glosario .....	7
La publicación de Información Geográfica.....	12
Introducción. ....	12
El Sistema Normalizado de Navegación Aérea. ....	13
Definiciones.....	15
2. La información aeronáutica. ....	16
3. Presentación del problema .....	19
3.1 Situación actual de los servicios AIS.....	19
3.2 Requisitos .....	19
4. La transición hacia la gestión de la información aeronáutica (AIM).....	22
4.1 La hoja de ruta.....	22
4.2 Claves de la transición.....	30
4.3 SmartAIM, en búsqueda de la gestión de la información aeronáutica.....	32
4.4 SWIM (System Wide Information Management): Proyecto en búsqueda de la mejora de la ATM (Gestión del Tráfico Aéreo).....	33
5. Difusión de la Información Aeronáutica en red. ....	36
5.1 La publicación de Información Aeronáutica Electrónica (eAIP).....	36
5.1.1 Historia de las cartas aeronáuticas .....	37
6. Aplicación práctica. Carta de Aproximación LPV del Aeropuerto de Manises-Valencia.....	47
6.1 GNSS. Sistemas de Navegación Global por Satélite. ....	47
6.2 EGNOS, el sistema de Aumentación basado en satélites (SBAS) europeo. ....	57
6.2.1 Aspectos generales.....	57
6.2.2 Estudio de los requisitos de integridad, disponibilidad, continuidad y precisión.....	60
6.2.3. EGNOS en la actualidad.....	67
6.3 Proceso de procedimientos de vuelo instrumental. ....	69
6.4 Datos del aeródromo. ....	75
6.4.1 Definición de las Áreas de IAF-IF-FAF.....	79
6.4.2 Definición de los virajes.....	82
6.4.3 Definición de la OAS SBAS Categoría I.....	95
6.4.4 Definición de los circuitos de espera.....	104
6.4.5 Realización de la carta de aproximación LPV-200 pista 30 LEVC. ....	113
6.4.6 Rentabilidad EGNOS.....	116



---

7. Presupuesto del proyecto.....	120
7.1 Horas invertidas .....	120
7.2 Coste del equipo y de software.....	120
7.3 Costes indirectos .....	121
7.4 Coste total del proyecto.....	121
8. Conclusiones.....	122
Bibliografía .....	124
Anexos.....	126
I. Metadatos y Catalogación de la información aeronáutica. ....	126
I.1 El perfil de metadatos de Aena-UPM.....	126
I.2. Catalogación de metadatos del AIS de Aena. ....	126
II. Nociones básicas sobre el sistema ArcGIS. ....	127
III. Obtención de la cartografía necesaria. ....	128



## Figuras y tablas

Figura 1: Evolución de los pasajeros total desde 1970 hasta la actualidad. ....	13
Figura 2: Evolución del número de millones de toneladas transportadas en aviación desde 1970 hasta la actualidad. ....	14
Figura 3: Sectores en los que se divide el espacio aéreo. ....	14
Figura 4: Sistemas de Navegación Global por Satélite existentes en el mundo. ....	21
Figura 5: Desarrollo de la última fase de la transición AIS- AIM. ....	24
Figura 6: Pasos de la hoja de ruta para la transición AIS-AIM.....	26
Figura 7: Publicaciones de la AIP de España registradas en EUROCONTROL.....	31
Figura 8: Límites establecidos por la OACI para vuelo visual (VMC).....	38
Figura 9: Display en cabina del PFD. ....	40
Figura 10: Display en cabina del EHSI.....	40
Figura 11: eAIP ofrecido por los Servicios de Información Aeronáutica Portugueses.....	45
Figura 12: Mejoras en la precisión de GPS a GPS+EGNOS. ....	58
Figura 13: Situación actual de las estaciones EGNOS. ....	59
Figura 14: Requisitos SIS según la OACI. ....	60
Figura 15: Rendimiento mínimo SoL. ....	61
Figura 16: Situaciones que pueden ocurrir durante el uso de EGNOS.....	62
Figura 17: Disponibilidad EGNOS para NPA. ....	64
Figura 18: Disponibilidad EGNOS para APV-I. ....	64
Figura 19: Disponibilidad EGNOS para LPV200. ....	65
Figura 20: Continuidad EGNOS para NPA.....	65
Figura 21: Continuidad EGNOS para APV-I.....	66
Figura 22: Continuidad EGNOS para LPV-200. ....	66
Figura 23: Aeropuertos en los que se ha integrado EGNOS y aeropuertos en los que se planea su integración.....	68
Figura 24: Situación actual de la integración EGNOS en los aeropuertos de España. ....	68
Figura 25: Diagrama de proceso de un IFP.....	70
Figura 26: Situación del FPAP (existiendo ILS para aproximación y LOC dentro de los 305m desde el extremo de pista).....	79
Figura 27: XTT, ATT y semianchura del área para RNP APCH en todas las fases de aproximación. ....	79
Figura 28: Áreas RNP APCH. ....	80
Figura 29: Áreas RNP APCH frustrada. ....	81
Figura 30: Viraje en un punto de recorrido de paso. ....	84
Figura 31: Distancia mínima de estabilización para un punto de recorrido de paso.....	86
Figura 32: Distancia mínima de estabilización entre puntos de recorrido de paso (15º de ángulo de inclinación lateral).....	87
Figura 33: Distancia mínima de estabilización entre puntos de recorrido de paso (20º de ángulo de inclinación lateral).....	88
Figura 34: Distancia mínima de estabilización entre puntos de recorrido de paso (25º de ángulo de inclinación lateral).....	88
Figura 35: Longitud mínima de un tramo RNAV limitado por, un punto de recorrido que no es punto de recorrido de viraje. ....	89
Figura 36: Diseño de viraje menor de 90º con espirales de viento. ....	90



Figura 37: Diseño de viraje menor de 90º con espirales de viento. ....	92
Figura 38: Representación del diseño de vuelo en ArcMap. ....	93
Figura 39: Representación 3D (I) en ArcScene de la ruta con el MDT de Valencia y alrededores. ....	94
Figura 40: Representación 3D (II) en ArcScene de la ruta con el MDT de Valencia y alrededores. ....	94
Figura 41: Representación 3D (III) en ArcScene de la ruta con el MDT de Valencia y alrededores. ....	95
Figura 42: Superficies de evaluación de obstáculos en SBAS Categoría I. ....	96
Figura 43: Sistema de coordenadas. ....	97
Figura 44: Velocidades (IAS) para el cálculo de procedimientos en nudos (kt). ....	98
Figura 45: Soporte lógico del software PANS-OPS para categorías A/B. ....	98
Figura 46: Soporte lógico del software PANS-OPS para categorías C y D. ....	99
Figura 47: Representación del MDT y obstáculos en ARCGIS. ....	101
Figura 48: Representación del MDT de la zona de obstáculos y obstáculos en ArcGIS. ....	101
Figura 49: Representación en ArcScene de todos los obstáculos comparado con la OAS. ....	102
Figura 50: Representación en ArcScene de los obstáculos problemáticos desde el nivel. ....	103
Figura 51: Margen de pérdida de altura/error de altímetro. ....	104
Figura 52: Procedimiento de Hipódromo. ....	105
Figura 53: Ejemplo del método del rectángulo, en este caso para un viraje. ....	105
Figura 54: Ecuaciones del rectángulo. ....	106
Figura 55: Velocidades Aerodinámicas para la construcción del área de espera. ....	107
Figura 56: Margen mínimo de franqueamiento de obstáculos en el área tope por encima de terreno bajo y llano. ....	108
Figura 57: Representación en ArcMap de los rectángulos descritos. ....	108
Figura 58: Representación del rectángulo correspondiente al circuito de espera de Mulat y sus cotas significativas. ....	109
Figura 59: Cotas significativas dentro del área tope del área de espera de Mulat. ....	109
Figura 60: Representación del rectángulo correspondiente al circuito de espera de Pinedo y sus cotas significativas. ....	110
Figura 61: Cotas significativas dentro del área de espera de Pinedo. ....	110
Figura 62: Cotas significativas dentro del área de espera y tope de Pinedo. ....	111
Figura 63: Representación del rectángulo correspondiente al circuito de espera de Sagunto y sus cotas significativas. ....	112
Figura 64: Cotas significativas dentro del área de espera y tope de Sagunto. ....	112
Figura 65: Cotas significativas dentro del área de espera de Sagunto. ....	113
Figura 66: Visualización de las capas necesarias para la realización de la carta en ArcMap. ....	114
Figura 67: Carta LPV-200 Aeropuerto LEVC en PDF. ....	114
Figura 68: Gráfico operaciones Aeropuerto Valencia (Información sacada de la base de datos de AENA). ....	117
Figura 69: Centro de Descargas del Instituto Geográfico Nacional. ....	128
Figura 70: Mapa de España separada en áreas de escala 1:50.000. ....	129



---

Tabla 1: Ventajas de la transición AIS-AIM para el usuario y el Estado. ....	36
Tabla 2: Ventajas e inconvenientes de las cartas aeronáuticas en formato papel. ....	43
Tabla 3: Ventajas e inconvenientes de los displays en cabina que tiene el piloto. ....	44
Tabla 4: Ventajas e inconvenientes de las cartas aeronáuticas en formato digital. ....	44
Tabla 5: Constelaciones GNSS existentes en la actualidad. ....	49
Tabla 6: Valoración de los sistemas de aumentación para cada una de las fases de vuelo. ....	50
Tabla 7: Datos del Aeropuerto de Valencia. ....	75
Tabla 8: Radioayudas existentes en la actualidad en el aeropuerto de Valencia. ....	76
Tabla 9: Zonas protegidas zona próxima al aeropuerto de Valencia. ....	77
Tabla 10: Datos a introducir en la carta SBAS LEVC. ....	78
Tabla 11: Waypoints que se utilizarán en la aproximación. ....	81
Tabla 12: Determinación del primer y del último punto de viraje. ....	83
Tabla 13: Régimen de viraje y radio de viraje con un ángulo de inclinación lateral y TAS específicos. ....	87
Tabla 14: Distancia mínima de estabilización WP2-SGO. ....	91
Tabla 15: Medidas del rectángulo a realizar. ....	107
Tabla 16: Costes de implementación de un LPV en un aeropuerto. ....	118
Tabla 17: Costes estimados de la implantación y mantenimiento de una radioayuda. ....	119
Tabla 18: Estimación de los beneficios de la implementación del sistema EGNOS en el aeropuerto de Valencia. ....	119
Tabla 19: Coste por horas invertidas de alumno y tutor. ....	120
Tabla 20: Coste del Software necesario para la realización del proyecto. ....	120
Tabla 21: Coste del equipo utilizado durante la realización del proyecto. ....	121
Tabla 22: Costes indirectos. ....	121
Tabla 23: Coste total del proyecto. ....	121



## Glosario

AAIM	Aircraf Autonomous Integrity Monitoring
ABAS	Aircraft Based Augmentation System
ADF	Automatic Direction Finder
ADM	Automatic Dynamic Models
AENA	Aeropuertos Españoles y Navegación Aérea
AIC	Aeronautical Information Circular
AIM	Aeronautical Information Management
AIP	Aeronautical Information Publication
AIRAC	Aeronautical Information Regulation And Control
AIRM	ATM Information Reference Model
AIS	Aeronautical Information Services
AIXM	Aeronautical Information Exchange Model
AMDT	AMenDmenTs
AMXS	Airport Mapping eXchange Schema
ANP	Air Navigation Plans
APV-1	Non-precision Approach with Vertical Guidance
ATM	Air Traffic Management
ATT	Tolerancia paralela a la derrota
ATS	Air Traffic Services
ATZ	Aerodrome Traffic Zone
AWY	AirWaY
CE	Comisión Europea
CTA	Controlled Traffic Area
CTR	Controlled Traffic Region
DME	Distance Measurement Equipment
EAD	European AIS Database
EADI	Electronic Attitud Direction Indicator



---

eAIP	electronic Aeronautical Information Publication
EFIS	Electronic Flight Instrument System
EGNOS	European Geostationary Ground System
EHSI	Electronic Horizontal Situation Indicator
ESSP	European Satellite Services Provider
ETSID	Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño
FAA	Federation Aviation Administration
FAF	Punto de referencia de aproximación final
FAP	Final Approach Point
FDE	Fault Detection and Exclusion
FIR	Flight Information Region
FTP	Punto de umbral ficticio
GAGAN	GPS and GEO Augmented Navigation
GARP	Punto de referencia en azimut GBAS
GBAS	Ground-Based Augmentation System
GEMINI	Geospatial Core Metadata Profile
GIVE	Grid Ionospheric Vertical Error
GNSS	Global Navigation Satellite System
GP	Glide Path
GPS	Global Positioning System
GRAS	Ground Regional Augmentation System
HAL	Horizontal Alert Limit
HPE	Horizontal Position Error
HPL	Horizontal Protection Level
IAF	Punto de referencia de aproximación inicial
ICAO	International Civil Aviation Organization
IF	Punto de referencia de aproximación intermedia





---

IFP	Instrumental Flight Procedures
IFR	Instrumental Flight Rules
ILS	Instrumental Landing System
INS	Inertial Navigation System
IR	Integrity Risk
ISRM	Information Service Reference Model
LTP	Punto del umbral de aterrizaje
LPV	Localizer Performance with Vertical Guidance
MOC	Margen Mínimo de Franqueamiento de Obstáculos
MSAS	Multi-Functional Satellite Augmentation System
NAS	National Aviation Services
NBD	Non Directional Beacon
NLES	Navigation Land Earth Stations
NOTAM	NOtice To AirMen
NPA	Non Precision Approach
NSG	National System for Geospatial Intelligence
NZGLS	New Zealand Governement Locator Service
OACI	Organización de Aviación Civil Internacional
OAS	Obstacle Assessment Surface
PBN	Performance Based Navigation
PENS	Pan-European Network Services
PIB	Pre-Flight Information Briefing
PFD	Primary Flight Display
RAIM	Receiver Autonomous Integrity Monitoring
SARPs	Standards And Reccomended Practices
SBAS	Satellite Based Augmentation System
SDCM	System of Differential Corrections and Monitoring



---

SDO	Static Data Operations
SESAR	Single European Sky ATM Research
SID	Standard Instrumental Departures
SIG	Sistemas de Información Geográfica
SOA	Service Oriented Architecture
SoL	Safety of Live
STAR	Standard Instrumental Arrivals
SUP	Suplemento
SWIM	System Wide Information Management
TFG	Trabajo de Fin de Grado
TFT	Thin-Film Transistor
TMA	Terminal Manouvering Area
TP	Punto de Viraje
TTA	Time To Alert
UDRE	User Differential Ranger Error
UIRE	User Ionospheric Range Error
UK AGMAP	UK Academic Geospatail Metadata Application Profile
UPV	Universidad Politécnica de Valencia
VAL	Vertical Alert Limit
VFR	Visual Flight Rules
VLC	Valencia
VPL	Vertical Protection Level
VPE	Vertical Position Error
VOR	Very high frecuency Omnidirectional Range
WAS	Wide Area Differential
WAAS	Wide Area Augmentation System
WGS84	World Geodetic System 1984 (Sistema Geodésico Mundial Actual)
XML	eXtensible Markup Language
XTT	Tolerancia Perpendicular a la derrota



Ignacio José Díaz Ríos  
Trabajo de fin de grado





---

## La publicación de Información Geográfica.

### Introducción.

Es de vital importancia poseer una información aeronáutica que permita un sistema de Gestión de Tráfico Aéreo integrado e interfuncional, que permita a los proveedores de sistemas de navegación aérea el poder trabajar con situaciones de tráfico muy grandes, estableciendo siempre toda la seguridad necesaria y en el menor tiempo posible. Para ello, a día de hoy, han surgido organizaciones tales como el SESAR, que propone lo que denominamos “Cielo Único Europeo”, cuyos objetivos son la mejora del nivel de seguridad, reduciendo el impacto medioambiental y la disminución de los costes de gestión del tráfico aéreo.

Para ello es necesario un organismo que sea el encargado de ofrecer todo tipo de información aeronáutica necesaria, y dicho organismo se denomina AIS (Aeronautical Information Services). Su objetivo principal es garantizar el flujo de información aeronáutica necesaria para la seguridad operacional, regularidad y eficacia de la navegación aérea internacional. Con el fin de cumplir los requisitos del concepto de “ATM Mundial”, los AIS deben integrarse en un concepto más amplio, denominado Gestión de la Información Aeronáutica (AIM), el cual usa un método diferente para la gestión dada su naturaleza centrada en los datos (El AIS ha utilizado el papel para las cartas aeronáuticas, por ejemplo).

Para conseguir un sistema interfuncional, se está trabajando un plan consistente en establecer una transición AIS-AIM lo más rápidamente posible, ya que muchas veces su forma de enfocar la generación, transformación y difusión de la información se basa en componentes que no están estandarizados y bases que no tienen conexión entre ellas. La OACI lidera este proyecto, con el fin de coordinar todos los estados y así evitar posibles discordancias futuras.

Por otro lado, algunos organismos de carácter nacional están empezando a acomodar en sus respectivas Infraestructuras de Datos Espaciales (IDE) la capa de información aeronáutica correspondiente a su área de influencia, como, por ejemplo, el “Layer Aeronáutico” del “Visualizador de Informação Geográfica” del “Instituto Geográfico do Exército Português”. Las infraestructuras de datos espaciales son sistemas de información integrado por un conjunto de recursos dedicados únicamente a la gestión de la Información Geográfica (mapas, ortofotos, imágenes de satélite...) disponibles en internet, que cumplen una serie de condiciones de interoperabilidad y permiten que un usuario pueda utilizarlos y combinarlos según sus necesidades.

A su vez, para garantizar toda la seguridad necesaria, con fin de obtener también la mayor eficiencia posible en el sector, se están desarrollando a día de hoy nuevas tecnologías, basadas en los sistemas de navegación global por satélite (GNSS). A las ya conocidas GPS estadounidense y GLONASS rusa, están apareciendo en la actualidad nuevas constelaciones de satélites, algunas con fin estrictamente civil (tal y como pretende ser Galileo) o también siguiendo el aspecto militar, tal y como está desarrollando la República China con BeiDou COMPASS. Todos estos sistemas de navegación, acompañados de pequeñas constelaciones de satélites regionales, serán de gran utilidad para las fases de vuelo de una aeronave.

Estas pequeñas constelaciones de satélites regionales buscan la aumentación y mejora de las prestaciones ya ofrecidas por los GNSS. En Europa se está desarrollando EGNOS, sistema de aumentación que permitirá mejorar los criterios de disponibilidad y continuidad en aquellos aeropuertos en los que se utilice, a su vez reduciendo costes de fabricación y mantenimiento como ocurre con el resto de radioayudas terrestres que conocemos (ILS, VOR/DME, NDB...).

Para la implantación final de los sistemas de aumentación en los aeropuertos, es necesario desarrollar entre otras cosas, una cartografía adecuada a las prestaciones ofrecidas por el sistema en cuestión. Una cartografía que también está evolucionando hoy en día con la búsqueda de la transición AIS-AIM. Y es aquí donde los Sistemas de Información Geográfica aparecen, un papel fundamental en el desarrollo final de todos estos sistemas, siendo capaces de manejar toda esta información recogida con los sistemas de posicionamiento global por satélite, procesarla y enviarla para sus distintas finalidades a los sectores correspondientes.

### El Sistema Normalizado de Navegación Aérea.

Para garantizar la seguridad de cualquier aeronave en vuelo, el uso del espacio aéreo está estrictamente normalizado a nivel internacional. No se puede realizar ningún trayecto sin antes avisar de nuestro plan de vuelo a todas las autoridades competentes, por lo que en todo momento del trayecto estaremos controlados y vigilados para que todo funcione con normalidad.

El espacio aéreo no tiene límites tangibles, pero sí presenta unos límites inmateriales del mismo modo en que la actividad humana dispone de una infinidad de fronteras administrativas de todo tipo, de forma que deben considerarse todos los vuelos efectuados. Antiguamente, dado el poco tráfico existente en el espacio aéreo, los recursos destinados a la seguridad del espacio aéreo y al muestreo constante de todo él no eran muy elevados. Echemos un vistazo al siguiente gráfico, en el cual veremos la evolución del tráfico aéreo mundial en los últimos 40 años:

Respecto al número de pasajeros:

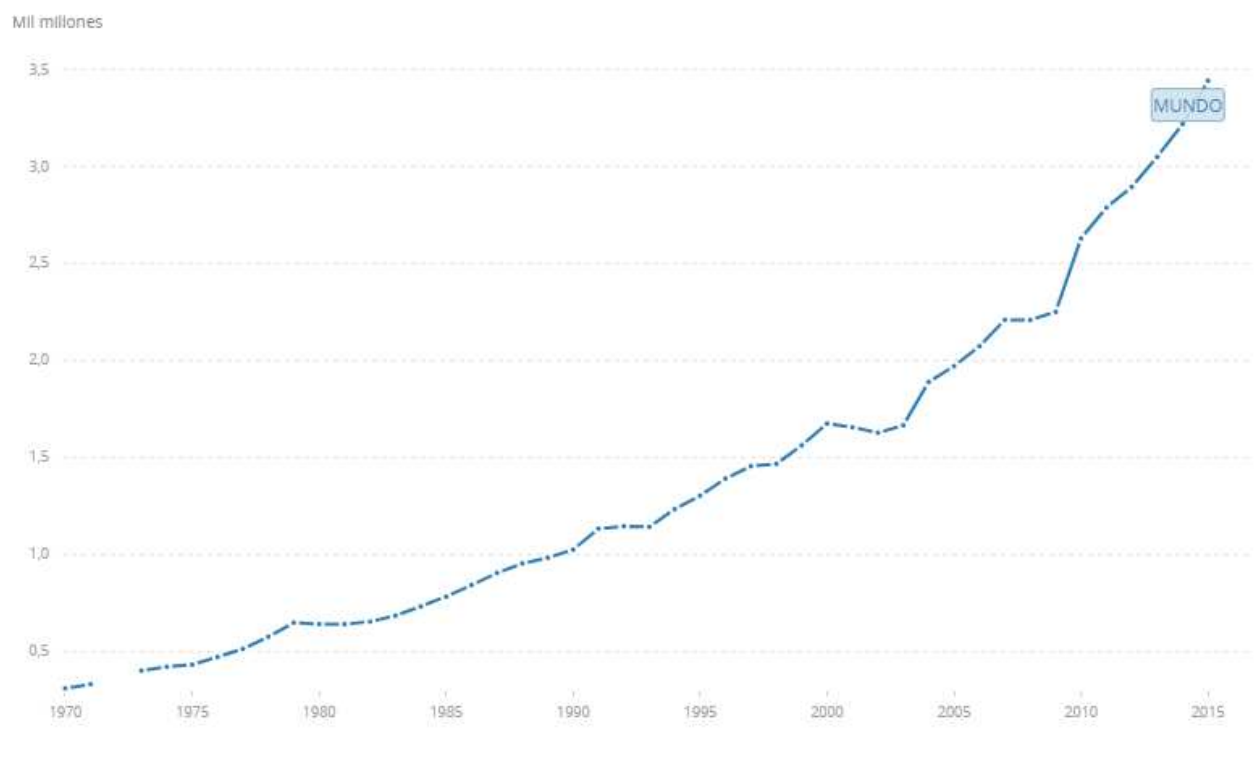


Figura 1: Evolución de los pasajeros total desde 1970 hasta la actualidad.

Igualmente lo veremos respecto a los millones de toneladas que se han transportado en el mismo intervalo de tiempo:

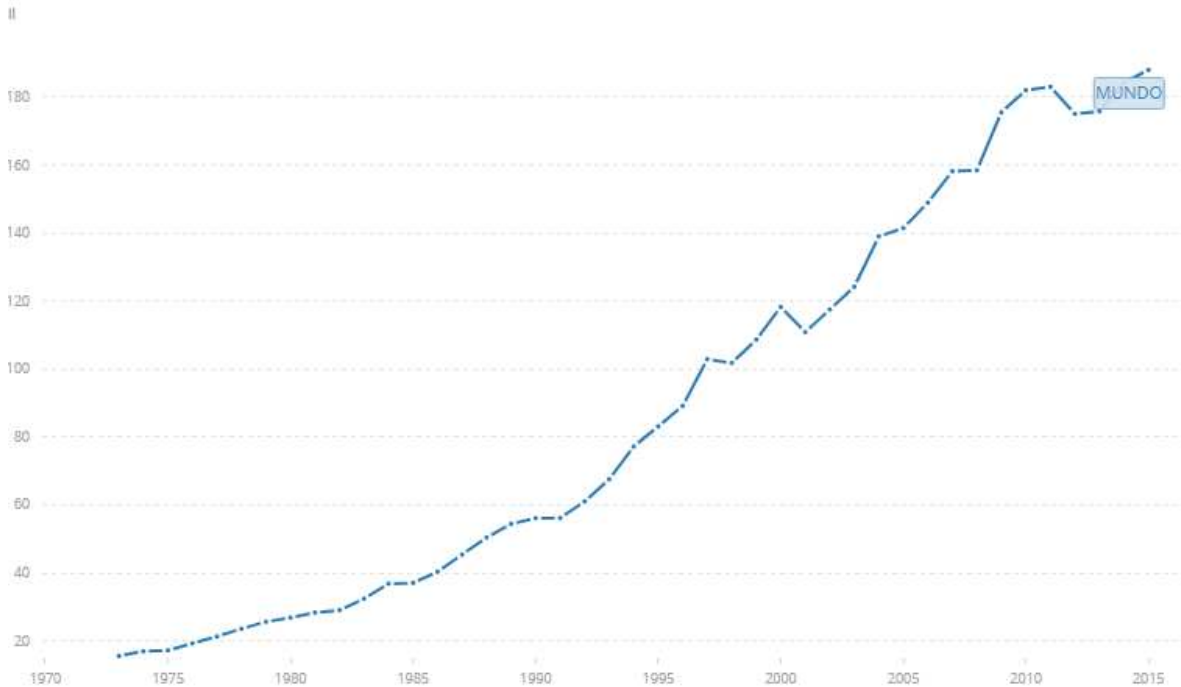


Figura 2: Evolución del número de millones de toneladas transportadas en aviación desde 1970 hasta la actualidad.

El crecimiento masivo tanto de pasajeros como de mercancía ha creado un crecimiento masivo por tanto de la densidad de tráfico aéreo, realizándose miles de operaciones diarias ininterrumpidamente.

La creciente densidad del tráfico aéreo ha obligado a la sectorización del espacio de forma compleja, atendiendo en lo posible como a las fases de vuelo habituales como al volumen de operaciones que soportan aeropuertos y rutas aéreas. Para ello, la OACI ha definido distintos tipos de espacios aéreos controlados, tal y como se representa en la siguiente fotografía, y cada una de ellas vigilada por el sector correspondiente

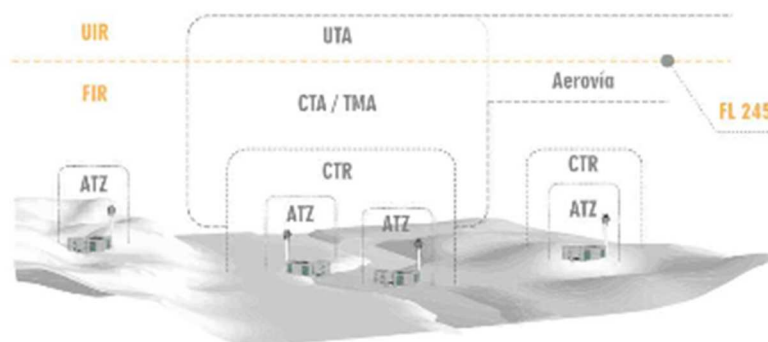


Figura 3: Sectores en los que se divide el espacio aéreo.



Todos estos sectores han de cumplimentar una serie de requisitos imprescindibles expuestos todos ellos en el Reglamento de Circulación Aérea, reglamento que han de cumplir las aeronaves españolas independientemente del espacio aéreo en el que se encuentren. Se ha de cumplir toda la normativa del estado que lo regule. Se le proporciona así al piloto diferentes Servicios de Información Aeronáutica que le permitan garantizar una navegación eficiente y segura.

## Definiciones.

Antes de entrar en materia, es importante la descripción de algunos de la terminología que empezaremos a utilizar de ahora en adelante, como modo introductorio.

**Datos aeronáuticos:** Representación de hechos, conceptos o instrucciones aeronáuticas de manera formalizada que permita que se comuniquen, interpreten, o procesen. El resultado sintetizado de la agrupación, análisis y formateo de datos aeronáuticos necesarios para la navegación aérea es lo que se considera **Información Aeronáutica**.

**Servicios de Información Aeronáutica:** Encargados de recopilar, verificar y difundir la información aeronáutica mediante los medios adecuados. Esta información es imprescindible para que las operaciones aéreas se desarrollen con seguridad operacional, regularidad, economía y eficiencia.

**Sistemas de Información Geográfica:** Un sistema de información geográfica es un conjunto de herramientas que integra y relaciona diversos componentes (usuarios, hardware, software, procesos) que permiten la organización, almacenamiento, manipulación, análisis y modelización de grandes cantidades de datos procedentes del mundo real que están vinculados a una referencia espacial, facilitando la incorporación de aspectos sociales-culturales, económicos y ambientales que conducen a la toma de decisiones de una manera más eficaz. Dicho con otras palabras, es cualquier sistema de información capaz de integrar, almacenar, editar, analizar, compartir y mostrar la información geográficamente referenciada. En un sentido más genérico, los SIG son herramientas que permiten a los usuarios crear consultas interactivas, analizar la información espacial, editar datos, mapas y presentar los resultados de todas estas operaciones.

La tecnología de los SIG puede ser utilizada para investigaciones científicas, la gestión de los recursos, la gestión de activos, la arqueología, la evaluación del impacto ambiental, la planificación urbana, la cartografía, la sociología, la geografía histórica, el marketing, la logística...

Funciona como una base de datos con información geográfica (datos alfanuméricos) que se encuentra asociada por un identificador común a los objetos gráficos de los mapas digitales. De esta forma, señalando un objeto se conocen sus atributos, y, preguntando por un registro de la base de datos se puede saber su localización en la cartografía.

La razón fundamental para utilizar un SIG es la gestión de información espacial. El sistema permite separar la información en diferentes capas temáticas y las almacena independientemente, permitiendo trabajar con ellas de manera rápida y sencilla, facilitando al usuario la posibilidad de relacionar la información existente a través de la topología geoespacial de los objetos, con el fin de generar otra nueva que no podríamos obtener de otra forma.



## 2. La información aeronáutica.

Definido por la OACI, son la representación de hecho, conceptos o instrucciones aeronáuticas de manera formalizada que permita que se comuniquen, interpreten o procesen. El resultado sintetizado de la agrupación, análisis y formateo de datos necesarios para la navegación aérea es a lo que ha de denominarse Información Aeronáutica. Los AIS son los encargados de recopilar, verificar y difundir esta información asegurando el flujo de información necesaria para la seguridad, regularidad y eficiencia de la navegación aérea.

Los máximos encargados de suministrar la información aeronáutica será el Estado de cada país en cuestión. Dicho Estado tendrá diversas posibilidades a la hora de escoger un encargado que realice la labor de suministrar dicha información aeronáutica:

- El propio Estado puede suministrar la información aeronáutica
- Puede alcanzarse un acuerdo con otros Estados contratantes, con el fin de realizar un suministro conjunto de los servicios
- También se puede delegar la autoridad de suministrar los servicios a una entidad extragubernamental, siempre que se satisfagan adecuadamente las normas y métodos recomendados del Anexo 15 de la OACI.

Toda información aeronáutica publicada de un Estado será responsabilidad completa de dicho Estado, clarificando en el documento/documentos correspondientes el origen de la información

Toda información aeronáutica válida ha de cumplir todos los requisitos y medidas de calidad indicadas en el Anexo 15 de la OACI.

En España la encargada de prestar el servicio de Información Aeronáutica es la división de Información Aeronáutica de Aeropuertos Españoles y Navegación Aérea (AENA), siendo ésta la encargada todas las condiciones expuestas previamente para el espacio aéreo español.

### 2.2 La Publicación de Información Aeronáutica (AIP)

La publicación de Información Aeronáutica es el manual básico de información aeronáutica. Contiene la información de carácter permanente y cambios temporales de larga duración, y su utilización es imprescindible para la navegación aérea y las operaciones aeroportuarias.

Toda la información suministrada por la AIP se mantiene actualizada de manera constante gracias a:

- Enmiendas regulares (AMDT)  
Éstas contienen pequeños cambios y correcciones editoriales, así como información de carácter permanente que ha sido previamente distribuida en NOTAM o suplemento y requiera su inserción en el AIP. Se publican mensualmente, haciendo coincidir su publicación con la fecha de entrada en vigor de un ciclo AIRAC.  
El AIP se actualiza en la web el mismo día de su publicación, de acuerdo con el contenido de la enmienda emitida en dicha fecha. Los cambios se indican mediante la inserción de una flecha en el margen izquierdo de la página en el lugar donde se realiza la modificación dentro de la misma.





➤ Enmiendas AIRAC:

Las enmiendas AIRAC contienen información predecible de carácter permanente y de importancia para la navegación aérea y/o las operaciones aeroportuarias. Las modificaciones entran en vigor en fecha posterior a la de su publicación.

Se editan de acuerdo con el sistema reglamentado de publicación AIRAC, basado en la distribución de la información de acuerdo con un calendario de “fechas de efectividad” a intervalos de 28 días, predeterminadas y acordadas a nivel internacional.

Las AMDT AIRAC constan de una portada de color verde y de las páginas que deben ser incorporadas al AIP en la fecha de su entrada en vigor, apareciendo en su portada lo siguiente:

- El número de la AMDT AIRAC
- Fecha de publicación
- Fecha de efectividad de dicha información
- Breve descripción de los cambios que la enmienda incorpora, con una lista que indica las páginas que deben insertarse y/o reemplazarse en el AIP en la fecha de efectividad
- Una relación de NOTAM, SUP o AIC que deban cancelarse con la incorporación de la enmienda.

Las AMDT AIRAC publicadas pueden visualizarse con antelación a su fecha de efectividad, lo que permite realizar una planificación previa de su contenido.

➤ Suplementos (SUP): Los suplementos complementan o varían la información contenida en el AIP y contienen información de carácter temporal que requiere textos extensos y/o gráficos explicativos. Existen dos tipos de suplementos:

- Suplemento regular (REGULAR SUP):  
Se publica a intervalos regulares siempre que haya información disponible y contiene información que entra en vigor para fechas específicas claramente indicadas en cada SUP. Se editan en su totalidad en páginas de color amarillo, y en ellas encontramos la siguiente información:
  - Número del SUP regular
  - Fecha de publicación
  - Fecha de efectividad de la información
  - Parte del AIP afectada por la incidencia
  - Período de validez
  - Descripción detallada de la incidencia
  - Una relación de NOTAM, SUP y/o AIC que deban cancelarse con la incorporación del SUP

- Suplemento AIRAC (AIRAC SUP)  
Además de las características principales de cualquier SUP, un AIRAC SUP contiene información predecible de carácter temporal y de importancia para la navegación aérea y/o las operaciones aeroportuarias, apropiada para su publicación mediante el sistema AIRAC. Éste en concreto se edita en su totalidad en páginas de color rosa y consta de:



- 
- Número del AIRAC SUP
  - Fecha de publicación
  - Fecha de entrada en vigor AIRAC de la información
  - Parte del AIP afectada por la incidencia
  - Período de validez
  - Descripción detallada de la incidencia
  - Una relación de NOTAM, SUP y/o AIC que deban cancelarse con la incorporación del SUP.
- Circulares (AIC):  
Contienen principalmente información de índole administrativa, explicativa o de asesoramiento que pueda afectar a largo plazo a las operaciones. Por lo general, suelen adelantar información sobre cambios en la legislación o reglamentos, implantación de nuevas instalaciones, cambios en procedimientos de publicación...
- Tipos de circulares:
- Nacional (En español)
  - Internacional

La mayoría de cartas aeronáuticas que publican las diferentes AIS están estructuradas e integradas como parte de la AIP, manual básico de la información aeronáutica de cada país. Esta publicación normalizada, que es normalmente de acceso libre en internet, consta de las siguientes partes:

- Generalidades (GEN): Consta de cinco secciones con información de carácter administrativo y explicativo
- En ruta (ENR): Consta de siete secciones que contienen información relativa al espacio aéreo y su utilización, procedimientos y normas ATS, descripción del espacio aéreo, cartas aeronáuticas, etc.
- Aeródromos: Consta de cuatro secciones con la información de los aeropuertos de cada estado y su utilización: Datos geográficos y administrativos, características físicas, y finalmente cartografía asociada como planos de aeródromos, planos de obstáculos, cartas SID/STAR normalizadas por instrumentos...

Toda esta información se actualiza regularmente con enmiendas regulares, enmiendas de Reglamentación y Control de la Información Aeronáutica (AIRAC), suplementos e información de última hora para aviadores (NOTAM)



## 3. Presentación del problema

### 3.1 Situación actual de los servicios AIS.

El problema fundamental de los servicios de Información Aeronáutica reside fundamentalmente en la “necesidad” de efectuar los procesos de referencia en papel. Esto implica para cada organización nacional un escenario de procesos semiautomáticos y con abundantes intervenciones manuales, datos que finalmente serán almacenados y transmitidos electrónicamente. Esto implica los siguientes problemas:

- Imposibilidad de transmisión inmediata de información gráfica: La información de última hora de la AIP se notifica a los usuarios mediante los mencionados anteriormente NOTAM, notas que no soportan la transmisión de información extensa digital o gráfica. Esto implica que los usuarios tengan que perder un tiempo valioso en el intervalo de tiempo en el que esta información de última hora no aparece reflejada en el AIP.
- Incompatibilidad de las bases de datos: La falta de armonización y de normalización de la información, las soluciones tecnológicas locales y la incompatibilidad de las distintas definiciones de los datos entre las distintas dependencias constituyen un serio problema para un buen funcionamiento del ATM.

### 3.2 Requisitos

Se está trabajando actualmente en una mejora tecnológica y a su vez, en lograr una coordinación mundial en todas las regiones de la OACI. Los requisitos que se establecen son los siguientes:

- Información exacta, completa, actualizada y en el momento preciso con respecto a todos los componentes del sistema de navegación aérea y su estado operacional, y disponibilidad de esa información en formatos normalizados que permitan el tratamiento, almacenamiento y extracción de datos.
- Información meteorológica y de navegación actualizada previa al vuelo y durante las operaciones del mismo.
- Difusión de la información relevante previa al vuelo en formatos estándar fácilmente comprensibles y procesables, de forma inmediata.

A su vez, se está buscando alcanzar la máxima precisión posible en la fase de aproximación de cada aeropuerto en cuestión. Las infraestructuras que hasta el día de hoy estaban encargadas de dicha misión eran los procedimientos de precisión con ILS, VOR-DME, MLS... Las cuales, en el caso de ILS, pueden llegar a garantizarte una Categoría IIIc de precisión en ocasiones, y hasta el día de hoy han sido las más comunes en los aeropuertos dado su menor coste (respecto a VOR, NDB-ADF...) y la mayor precisión que éstos podían dar. La categoría IIIc implica no tener ningún límite en lo que respecta al techo de nubes o visibilidad necesaria para ejecutar la maniobra correspondiente. Sin embargo, en los últimos años se ha avanzado mucho en Europa una infraestructura de satélites con el fin de obtener una gran precisión del posicionamiento y localización en cualquier parte del globo terrestre. Este es el fin que persigue el Sistema de Aumentación Basado en Satélites desarrollado por la Agencia Espacial Europea (ESA), la Comisión Europea (institución de la UE) y EUROCONTROL, también denominado EGNOS. Esta red de satélites geostacionarios pretende ser un complemento de las redes GPS y



---

GLONASS, con el fin de proporcionar una mayor precisión y seguridad en las señales, permitiendo una precisión inferior a 2 metros.

EGNOS es la red de satélites europea que tiene este fin, pero otras regiones han desarrollado otros sistemas de aumentación basado en satélites. Son los siguientes:

- W.A.A.S. (Sistema de Aumentación de Área Amplia). Gestionado por el departamento de defensa de los Estados Unidos, contando este sistema de 59 estaciones de vigilancia, denominadas Estaciones de Referencia de Área Amplia o WRS(Wide-area Reference Stations), 2 estaciones maestras o WMS (Wide-area Master Stations), 6 antenas para la retransmisión de datos GES (Ground Earth Stations) y 3 satélites geoestacionarios.
- WAGE (Wide Area GPS Enhancement). Gestionado también por el departamento de Defensa de los Estados Unidos, sólo utilizado para uso militar y personal autorizado
- M.S.A.S. (Sistema de Aumentación Basado en el Satélite Multifuncional MTSAT). Japón ha desarrollado este sistema basado en un satélite geoestacionario de transporte multifuncional (MTSAT), el cual tiene también una función meteorológica. Este sistema contará con 2 centros de satélites aeronáuticos encargados del control de los MTSAT. Las estaciones de control principales (MCS) del MSAS se han instalado en dos centros de satélites aeronáuticos, también se instalaron 2 estaciones de vigilancia y cronometría en Hawaii y Cambera.
- QZSS (Quasi-Zenith Satellite System). Este es un sistema de corrección de señales de navegación global por satélite o SBAS, propuesto para uso complementario del GPS en Japón, consistente en 3 satélites situados en una órbita muy elíptica, prevista que sea compatible con GPS y Galileo (De la que hablaremos posteriormente)
- GAGAN (GPS Aided Geo Augmented Navigation). Este es un sistema de Aumentación Basado en Satélites desarrollado por la agencia India de Investigación Espacial (ISRO) y está ideado como un complemento para la red GPS, con el fin de proporcionar una mayor precisión y seguridad en las señales de posicionamiento y navegación por satélite. Se ha desarrollado con el fin de satisfacer los requisitos de precisión y seguridad en la navegación por satélite de las compañías aéreas y los proveedores de servicios del tráfico aéreo en el espacio aéreo de la India.
- SDCM (System for Differential Corrections and Monitoring). Este es un Sistema de Aumentación Basado en Satélites desarrollado por la Federación Rusa como componente de GLONASS. La diferencia principal existente entre SDCM respecto a otro sistema SBAS reside en que éste actuaría cumpliendo los requisitos buscados de integridad y precisión tanto de satélites GPS y GLONASS, al contrario de otros sistemas que sólo podrían actuar con la base GPS (Excluyendo aquellos que también podrían hacerlo con Galileo).

A continuación, con esta ilustración veremos las zonas que cubren cada uno de los Sistemas de Aumentación Basado en Satélites previamente mencionados:

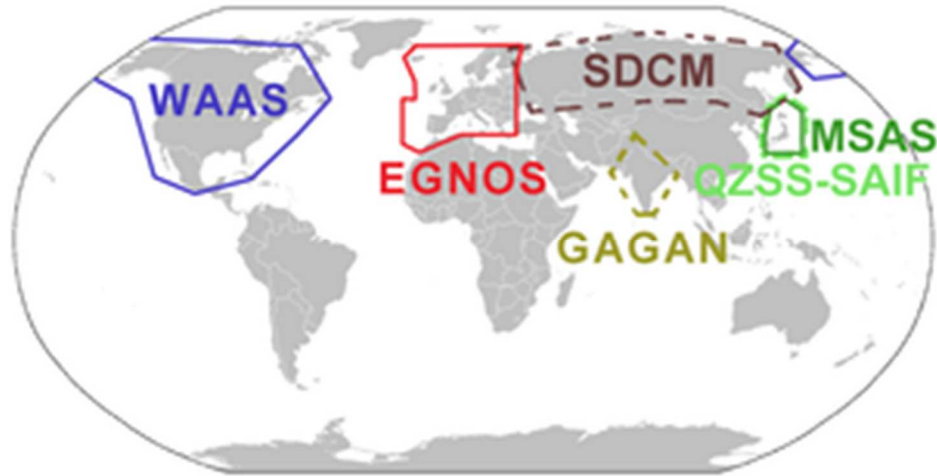


Figura 4: Sistemas de Navegación Global por Satélite existentes en el mundo.

Con este Sistema de Aumentación (EGNOS) implantado en los aeropuertos, se podrá guiar a las aeronaves con información de posición, tanto horizontal como vertical, con las señales de los satélites de navegación. EGNOS proporciona los medios para un guiado vertical preciso y seguro en las aproximaciones a pequeños aeropuertos, en los que los sistemas convencionales de aterrizaje de precisión no son económicamente viables, reduciéndose así retrasos, cancelaciones y desvíos de los vuelos que operen en estos aeropuertos, lo que implica una mejor en la seguridad existente en la actualidad.

## 4. La transición hacia la gestión de la información aeronáutica (AIM)

### 4.1 La hoja de ruta

En el congreso Mundial de AIS celebrado en Madrid en el año 2006, se comenzó a definir un panorama general con la forma, naturaleza y contenido de una hoja de ruta en vistas a transitar de unos AIS centrados en el producto (En papel, por ejemplo) a una gestión de la información aeronáutica centrada en los datos, de mayor alcance y eficiencia. El objetivo principal es conseguir una estructura de la gestión de la información uniforme y eficaz. Además, se acordó que la OACI fuese la organización encargada de ejercer este paso, el paso de AIS a AIM.

Como consecuencia de esto, surge un grupo de trabajo de OACI llamado AIS-AIM Study Group, designado para estudiar la evolución de este paso.

Este proceso se ha dividido en 3 fases:

1. Fase de consolidación, se busca lograr la calidad y a su vez una distribución eficiente de datos digitales referentes a obstáculos y terreno. Será necesario para ello reforzar la normativa actual (Ligeramente modificada ya en 2015), viéndose afectados principalmente los ámbitos relativos a:
  - a. Los requisitos en materia de calidad.
  - b. El cumplimiento de las normas AIRAC.
  - c. La puesta en práctica del sistema de referencia normalizado adoptado para coordenadas (Sistema geodésico mundial-WGS84).
  - d. Provisión de datos sobre el terreno y los obstáculos.

Todos los proyectos desarrollados en esta fase irán dirigidos a detectar posibles lagunas y poder centrarse en actividades del programa a corto plazo.

Para la fase de consolidación, será necesario que todos los Estados pongan de su parte y deben trabajar en la estructuración de su información aeronáutica. Por tanto, han de hacer todo lo posible para adaptarse a la estructura comentada en el Anexo 15 de la OACI.

En esta fase también se tratará la evolución del sistema NOTice to AirMen (NOTAM). Dado que normalmente la información NOTAM se ha estado distribuyendo en papel hasta el día de hoy, lo que se pretende encontrar, es un NOTAM digital acorde a lo que se espera en la transición AIS-AIM.

Este NOTAM digital pretende realizar la misma labor que el NOTAM actual, con la diferencia de que éste enviará la información como un set estructurado de datos a través de servicios de datos digitales. El modelo AIXM 5.1 está listo para manejar la información digital del NOTAM. Esto puede ser usado, por ejemplo, para presentar un diagrama de aeropuertos actualizado, tanto para el piloto como controlador aéreo, conteniendo representaciones gráficas del avance del trabajo en ciertas áreas, pistas o aerovías cerradas, obstáculos temporales, etcétera. Este NOTAM digital le permitirá al piloto disponer de instrucciones previas al vuelo en un caso normal, lo cual mejorará significativamente su legibilidad y disminuirá por tanto las distracciones visuales. El procesamiento del NOTAM digital podría desencadenar también algunas acciones automatizadas, tales como determinar procedimientos no disponibles debido al fallo de alguna radioayuda.



Por otro lado, muchos tipos de cartas de la OACI forman parte integral de la AIP. Se prevé también modificar especificaciones relativas a la visualización de cartas electrónicas, pero la mayor parte de las SARPS del Anexo 4 seguirán aplicándose una vez finalizada la transición hacia la AIM.

Para facilitar el intercambio de datos entre los distintos sistemas y estados es imprescindible la aparición de un sistema común de referencias horizontales, verticales y temporales. Para ello, se ha estimado como sistema común el WGS-84, obligando a los Estados encargados diseñar todas las cartas y coordenadas de la AIP en este sistema.

La provisión de datos sobre el terreno y obstáculos también es importante en esta fase, delegando esta función a los Estados. La información que comuniquen los estados sobre sus experiencias de puesta en práctica puede venir acompañada de la adaptación de los SARPS correspondientes en aquellos casos en los que sea necesario.

Pero lo más importante de toda esta fase es dejar constancia de la necesidad de que los Estados han de observar el proceso de reglamentación y control de la información aeronáutica (AIRAC). La calidad de los servicios de información aeronáutica proporcionados dependerá en gran parte de la eficacia de los mecanismos de distribución y sincronización de dicha información. Esta eficacia y sincronización será clave en la reducción del tiempo de respuesta, lo cual se logrará si puede cumplirse, como mínimo, los requisitos actuales en vigor

2. Paso al entorno digital, desarrollo y búsqueda de implicación en todos los países del uso de datos estructuradas y de Sistemas de Información Geográfica (SIG) para el tratamiento de la información. Se ha previsto que a finales de noviembre de 2016 sea la fecha en el que esta fase haya sido finalizada. El objetivo fundamental de esta fase es mejorar la calidad y disponibilidad de los productos existentes en las actividades del programa de trabajo a plazo medio.

En esta parte se centrarán los esfuerzos en la determinación de procesos, centrados de datos, para la consecución de los productos actuales de todos los Estados. Se incentivará el paso al entorno digital a aquellos estados que aún no hayan dado el paso, fomentando el recurso a la tecnología o comunicaciones digitales e introduciendo en sus procesos de producción datos digitales estructurados procedentes de bases de datos. No obstante, no se hará énfasis en la introducción de nuevos productos y servicios, sino en la introducción de bases de datos altamente estructuradas, así como de instrumentos tales como los de sistemas de información geográfica.

Se les mostrará a los Estados las directrices a tomar para la puesta en práctica de dichas bases de datos digitales. También se les ofrecerá todo tipo de asesoramiento para la finalización de la base de datos.

Hoy en día, muchos estados ya ofrecen la eAIP bien en CD o a través de Internet. Esta eAIP puede ser consultada online o consultadas con la ayuda de un navegador web. Los Estados recibirán material orientativo que se basará en las mejores prácticas existentes.

3. Gestión de la información, desarrollando así nuevos productos y servicios. Será necesario que todos los productos (tanto actuales como los futuros productos) pasen por los controles de calidad oportunos, de manera que satisfagan las necesidades de los futuros integrantes del sistema ATM (provisión de nuevos datos imprescindibles para el correcto funcionamiento y una nueva función de los proveedores de servicios de navegación aérea).

En esta fase se tomarán medidas, de forma que se colocarán las futuras funciones de AIM de los Estados en condiciones de abordar los nuevos requisitos que serán necesarios para poner en práctica el futuro operacional de gestión del tránsito aéreo mundial en un entorno de información basado en las conexiones de red.

Se necesitará un único modelo de intercambio de datos aeronáuticos que garantice no únicamente el interfuncionamiento de todos los sistemas en el intercambio de conjuntos completos de datos aeronáuticos, sino también en cambios de corto plazo.

Los sistemas ATM necesitarán un modelo de referencia común en materia de información y procedimientos de calidad para la gestión de flujo homogéneo, no sólo el interfuncionamiento entre los estados, sino también entre los diferentes sistemas dentro de cada Estado. En base a todos estos diferentes sistemas, se especificarán nuevos productos y servicios de datos digitales en función de los requisitos de interfuncionamiento previamente mencionados.

La aparición de nuevos productos y servicios de AIM se fundamentará en los requisitos establecidos para cada componente de la ATM. Se hará una profunda reflexión de todos los requisitos que necesitará la AIM, con el fin de garantizar que toda norma recomendada para la AIM se derive de modelos acordados para el intercambio de información. Estos modelos especificarán la información mínima necesaria para apoyar los servicios definidos en el marco de aquellas funciones de ATM responsables de lograr la máxima eficiencia posible. El siguiente diagrama explica paso por paso cómo será la evolución de esta última fase

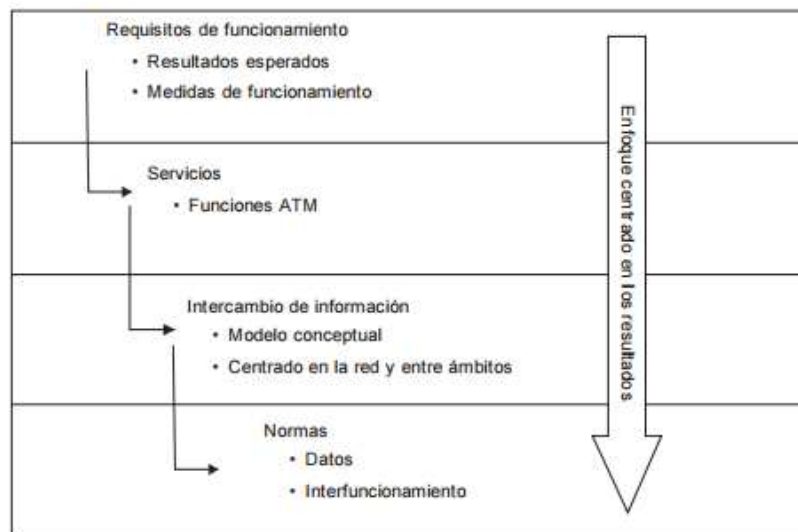


Figura 5: Desarrollo de la última fase de la transición AIS- AIM.





La OACI a su vez, también tiene establecidos ocho principios orientativos e imprescindibles que ha de seguir la transición AIS-AIM:

1. Se habrá de cumplir con el proceso para la introducción de enmiendas en los Anexos al Convenio de Chicago
2. Se apoyará/facilitará la generación y difusión de información aeronáutica que sirva para mejorar la accesibilidad, segura y económica, de los servicios de tránsito aéreo en el mundo.
3. Se proporcionará una base para medir la actuación y resultados relativos a la difusión de información aeronáutica de calidad garantizada; para una mejor comprensión de los diversos actuadores de la ATM.
4. Se necesitará colaborar activamente con los Estados, reguladores cada uno de los AIS específicos de dicho país, para que puedan tomar decisiones acertadas en relación con dichos Servicios de Información Aeronáutica y el futuro de la AIM.
5. Se avanzará en función de la evolución que se produzca en los estados, las organizaciones internacionales y la industria; de forma que la transición a la AIM es una evolución, no una revolución
6. Se proporcionarán normas generales y maduras, aplicables a un amplio abanico de productos, servicios y tecnologías de información aeronáutica.
7. Se han de seguir en todo momento las directrices del “Plan mundial de navegación aérea (Doc 9750)” y garantizar que todo cambio se encamine al objetivo final: Alcanzar el sistema AIM previsto en el Doc 9854 “Concepto Operacional de gestión de tránsito aéreo mundial”
8. Asegurar, en medida de lo posible, que las soluciones se armonicen e integren a nivel internacional

Durante todo el período de transición previamente explicado, los órganos encargados de la reglamentación, los fabricantes, los proveedores de servicios y otras organizaciones habrán de trabajar conjuntamente para alcanzar el mejor resultado.

- Por un lado, en Europa tenemos las iniciativas del Plan Maestro SESAR (Cielo Único Europeo), las cuales han reunido a multitud de socios para definir un programa de modernización que reduzca significativamente los costes e incremente a su vez las capacidades del servicio.
- En Estados Unidos, el programa NextGen también se está desarrollando para modernizar el sistema nacional de transporte aéreo, aumentando consigo la capacidad y fiabilidad sin poner en riesgo la reconocida protección y seguridad que ya tiene la aviación. Estos objetivos se han de buscar maximizando la eficiencia y minimizando el impacto ambiental.

Estos son algunos de los ejemplos de programas de modernización que se están desarrollando en diferentes regiones del mundo. El objetivo ya mencionado previamente, es lograr un intercambio de información más eficaz y fiable entre los varios integrantes del futuro sistema ATM y hacen referencia a nuevos conceptos tales como la gestión de la información a escala del sistema, la creciente automatización del proceso de toma de decisiones en colaboración, la mejor integración de sistemas y la trayectoria 4D.

Los pasos de la hoja de ruta para la transición AIS-AIM, más detalladamente explicados, se encuentran en el siguiente esquema (Pudiendo ser éste modificado parcialmente, realizado un paso que estaba previsto previamente más tarde y viceversa):

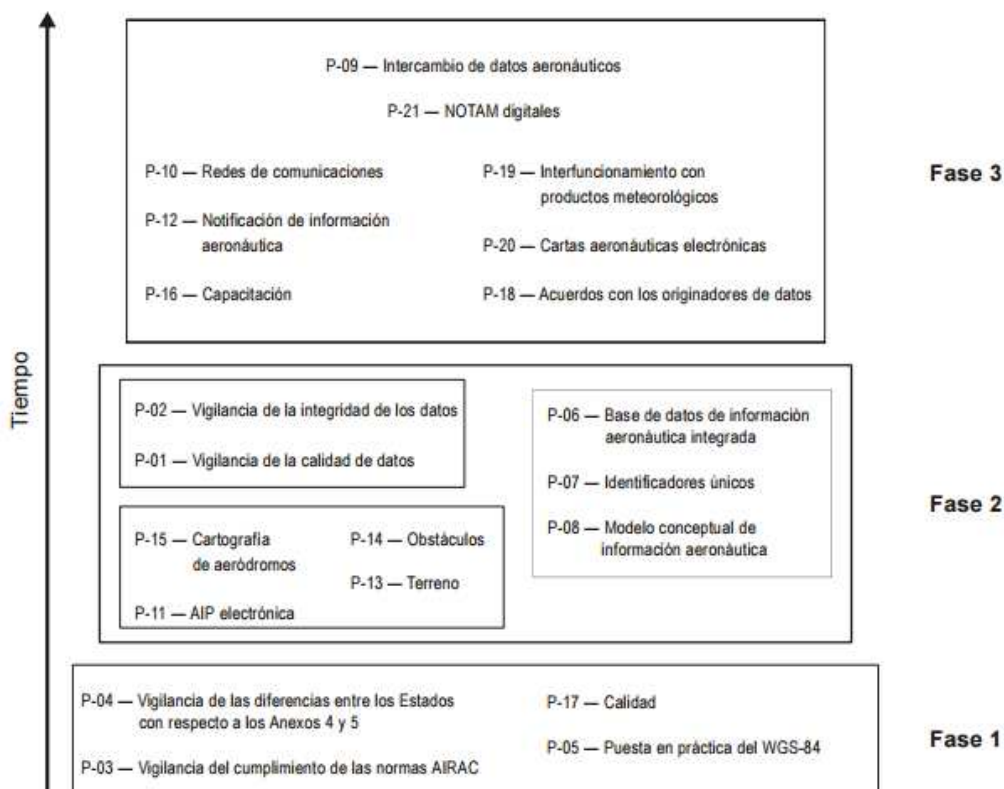


Figura 6: Pasos de la hoja de ruta para la transición AIS-AIM.

- P-01. Vigilancia de la calidad de los datos  
Un reto continuo para las organizaciones que generan información es tener la certeza de que la calidad de la misma sea adecuada para el fin correspondiente.
- P-02. Vigilancia de la integridad de los datos:  
Los requisitos en materia de integridad de los datos que imponen los objetivos de seguridad operacional han de ser medibles para su posterior utilización
- P-03. Vigilancia del cumplimiento de las normas AIRAC  
Los mecanismos normalizados de reglamentación y control de la distribución de información aeronáutica son muy importantes ya que garantizan que todos los participantes utilicen la misma información a la hora de tomar las decisiones correctas.
- P-04. Vigilancia de las diferencias entre los Estados con respecto a los Anexos 4 y 15:  
Esta transición ha permitido el poder concentrarse más en la puesta en práctica y en la revisión de diferencias entre los Estados a la hora de aplicar la normativa.



- 
- P-05. Puesta en práctica del WGS-84  
Se ha de expresar toda información basándose en el modelo WGS-84, siendo este uno de los pasos más importantes en la transición hacia la AIM. Todo usuario ha de poder gestionar sin problema la información independientemente del Estado de procedencia.
  
  - P-06. Base de datos de información aeronáutica integrada:  
La creación y mantenimiento de una base de datos en la que los datos aeronáuticos digitales de un Estado se integren y utilicen para generar futuros productos y servicios de AIM es el paso principal de la segunda fase de transición hacia la AIM. Una base de datos puede ser manejada por Estados o iniciativas regionales a las que los Estados les hayan otorgado dicha tarea. El diseño de la base de datos no será idéntico en todos los Estados o regiones debido a los requisitos locales técnicos, los cuales pueden influir en algunos aspectos concretos.
  
  - P-07. Identificadores únicos:  
Es imprescindible mejorar los sistemas actuales para la identificación única de ciertas características aeronáuticas para mejorar la eficacia del intercambio de información.
  
  - P-08. Modelo conceptual de información aeronáutica:  
Será imprescindible concretar la semántica de la información aeronáutica que se tendrá que gestionar, en términos de estructuras digitales de datos. Para la creación de textos de orientación se utilizará la documentación ya existente, tanto de Estados como de Organizaciones Internacionales, no sin antes una revisión previa en la que se establezca como válida o no en la actualidad.  
Se analizarán los nuevos requisitos en materia de información que emanen del Concepto operacional de ATM mundial y se adaptarán en caso de ser necesario.
  
  - P-09. Intercambio de datos aeronáuticos:  
Se ha de definir la sintaxis de los datos aeronáuticos que se intercambiarán en el futuro en términos de nombres y tipos de campo, para poder introducir de una forma correcta el interfuncionamiento de todos los Estados.  
La definición de un modelo de intercambio será necesario para cumplir este paso para el intercambio de datos y mecanismos para intercambiar o acceder a los nuevos productos. El contenido del modelo estará determinado por el modelo conceptual de información aeronáutica y los requisitos impuestos por las opciones técnicas, mientras que su evolución tendrá que estar equilibrada entre la necesidad de innovación con la necesidad de proteger las inversiones. La creación de un perfil único, completo y normalizado de metadatos aeronáutica es imprescindible para evitar posibles problemas de logística. En España se inició la creación de un perfil de metadatos gracias al convenio Aena-UPM. Para más información al respecto, en el Anexo I se describe brevemente esto.

- 
- P-10. Redes de comunicaciones  
El intercambio de datos por redes terrestres será más intenso y la transmisión de datos actuales necesitará de un mayor ancho de banda. Para poder hacer frente a las necesidades futuras se prevé que la red pase a basarse en el protocolo de Internet (IP), y para que la transición a la AIM sea efectiva, las necesidades de la futura AIM tendrán que expresarse en términos útiles para la especificación de redes (Red de datos que se utilizará para la difusión de nuevos productos/servicios de datos, medio y cantidad por la que se emitirá más o menos información (Internet a nivel usuario, red privada y protegida para la aviación))
  
  - P-11. Publicación de información aeronáutica electrónica (eAIP) II-2 Hoja de ruta para la transición de AIS a AIM:  
La documentación integrada de información aeronáutica no irá desapareciendo progresivamente ya que el acceso a toda esta información es imprescindible en nuestro día a día. Esto significa que esta documentación se irá adaptando a medida que aparecen los nuevos productos de datos necesarios para la transición a la AIM. La versión electrónica de la AIP tendrá 2 formatos: Un documento que podrá imprimirse y otra que será accesible a través de buscadores en línea.  
Será necesario proporcionar a los Estados textos de orientación que les ayuden a poner en práctica el formato de la eAIP accesible por buscadores en línea, a fin de evitar la proliferación de diferentes presentaciones de la información contenida en el AIP en línea
  
  - P-12. Notificación de información aeronáutica:  
Es preciso perfeccionar el actual formato NOTAM introduciendo nuevos criterios de selección que incrementen las posibilidades de personalizar la información que los pilotos podrán ver en el boletín de información previa al vuelo.  
La combinación de información gráfica y textual en un entorno digital centrado en la red se utilizará para responder mejor a los requisitos de los usuarios del espacio aéreo en materia de información aeronáutica en todas las fases de vuelo cuando los nuevos productos de datos digitales se especifiquen y estén disponibles.
  
  - P-13. Terreno:  
La recogida y difusión de conjuntos de datos relativos al terreno es parte integrante de la transición a la AIM
  
  - P-14. Obstáculos:  
La recopilación y difusión de conjuntos de datos relativos a obstáculos forma parte también de la integración de la transición a la AIM.
  
  - P-15. Cartografía de aeródromos  
Un nuevo requisito proveniente de la industria pide que las cartas de aeródromo se complementen con datos cartográficos de aeródromo estructurados que puedan importarse electrónicamente para su presentación en pantalla

- 
- P-16. Capacitación:  
La formación del personal deberá adaptarse a los nuevos requisitos que introduce la transición a la AIM en competencias y habilidades, siendo necesaria la elaboración de un nuevo manual de capacitación donde aparezcan las nuevas competencias adquiridas
  
  - P-17. Calidad:  
Las medidas relativas a la gestión de la calidad se verán reforzadas para garantizar el nivel adecuado de calidad de la información aeronáutica. Para ayudar a los Estados en la puesta en práctica de un sistema eficaz de gestión de la calidad se realizarán textos de orientación para la elaboración de un manual de calidad.
  
  - P-18. Acuerdos con los originadores de datos:  
Es necesario mantener los datos en buena calidad. Por ello, la fuente de la que provengan ha de ser también de buena calidad. Se pedirá a los Estados que mejoren su control de las relaciones a lo largo de toda la cadena por la que circulan los datos, desde el punto de origen al punto de difusión. Esto podría realizarse mediante acuerdos modelo de nivel de servicio con los originadores de datos.
  
  - P-19. Interfuncionamiento con productos meteorológicos:  
Los productos de datos meteorológicos del futuro se combinarán con los productos de datos de la AIM para crear las futuras sesiones informativas sobre el vuelo y los nuevos servicios que se ofrecerán a todos los integrantes de la ATM.  
Para ello, los datos meteorológicos habrán de estar disponibles en un formato similar al resto de datos aeronáuticos (últimamente se usan estándares más abiertos (XML, GML...)) para la posterior ejecución de validaciones de datos en forma tabular dentro del mecanismo de intercambio de datos, mientras que los productos de datos meteorológicos actuales para la aviación están basados en códigos alfanuméricos.  
Gracias a los avances en el ámbito de las telecomunicaciones, las restricciones cada día son menores, y es por ello que hoy en día está viéndose más factible la posibilidad de dar el paso a una gestión centrada en la red y a escala del sistema. De esta forma será posible la difusión a gran escala de datos sobre previsiones meteorológicas a partir de los centros mundiales de pronósticos de área en un formato que no exigirá grandes esfuerzos para el aprendizaje y configuración de un programa descodificador, lo cual garantizará un verdadero interfuncionamiento.  
  
La información meteorológica es imprescindible para la compilación de notificaciones al piloto. La transición a la AIM incluirá actividades de normalización y puesta en práctica, con el fin de encontrar nuevos productos de datos de la AIM.
  
  - P-20. Cartas aeronáuticas electrónicas:  
Fundamentándose en el uso de bases de datos digitales y de Sistemas de Información Geográfica (SIG), se diseñarán nuevas cartas aeronáuticas electrónicas, que complementarían algunas cartas impresas y reemplazarán otras que se han quedado obsoletas. Se explorará la posibilidad de generalizar el uso de estos productos y acceder a ellos a través de Internet.



- P-21. NOTAM digitales:  
Uno de los productos de datos más innovadores que se apoyarán en la nueva normativa a un modelo de intercambio de datos aeronáuticos será el NOTAM digital, que ofrecerá información aeronáutica dinámica a todos los actores mediante una representación común precisa y actualizada del entorno aeronáutico en el que se operan los vuelos.

#### 4.2 Claves de la transición

El proceso de transición afecta a todos los ámbitos de la información aeronáutica, y todas las tecnologías que son aplicadas a cada uno de ellos están siendo también replanteadas. Se destaca el acuerdo sobre la estandarización de los modelos de datos aeronáuticos como la base de todo el proceso. En este caso no se pretende partir de 0, se están considerando varios estándares en uso que definen modelos de datos de intercambio para la información aeronáutica, tales como el Aeronautical Information eXchange Model (AIXM), el Airport Mapping eXchange Schema (AMXS) o el DigitalNotam. Una vez revisados todos estos modelos de datos, se establecerán una serie de especificaciones que den como resultado un conjunto estructurado y coordinado de estándares interoperables, al que se sumarán las correspondientes directrices de la OACI para garantizar la armonización de la producción de datos digitales.

La migración a estos modelos de datos puede resultar realmente costosa y difícil para algunas organizaciones. Gracias a proyectos como el desarrollado por EUROCONTROL (EAD-European AIS Database), que desde un principio han seguido esta línea de trabajo, pueden ayudar al resto de organizaciones a acabar con esta fase. EAD ofrece una base de datos aeronáutica siguiendo estándares AIXM y un soporte para la carga y mantenimiento de dicha información.

EUROCONTROL tiene entre uno de sus muchos portales este portal previamente mencionado, el proyecto EAD; ofreciendo una base de datos de referencia de calidad asegurada de información aeronáutica para todo aquél que esté interesado. Tiene un acceso público gratuito, EAD Basic, el cual ofrece una información rápida a un conjunto limitado de funcionalidades de la base de datos de EUROCONTROL:

- Pre-Flight Briefing: Instrucciones previas al vuelo, proporcionando la información deseada en función de la opción escogida.
  - Aerodrome PIB: Da instrucciones incluyendo el NOTAM del aeródromo seleccionado para el intervalo de tiempo escogido.
  - Area PIB: Da instrucciones incluyendo el NOTAM del aeródromo y del FIR seleccionados para el intervalo de tiempo escogido.
  - Route PIB: Da instrucciones, incluyendo el NOTAM para el FIR y aeropuertos seleccionados en el tiempo escogido. El sistema estima todos los FIR por los que se pasa. El usuario si quiere puede añadir más FIR o aeródromos.
- AIP Library: Desde esta sección se pueden acceder a todas las publicaciones de información aeronáutica en función del país escogido. Ejemplo:



Authority (Code)	Authority Type	Language	AIP Type	AIP Part
Spain (LE)	Civil	EN	AIP	ENR

Advanced Search

Number of search results: 39

Effective Date	Document Name	eAIP	AIRAC	Document Heading
2016-07-21	LE_ENR_0_6_en.pdf			ENR 0.6 TABLE OF CONTENTS TO PART II
2017-03-30	LE_ENR_1_10_en.pdf			ENR 1.10 FLIGHT PLANNING
2016-05-26	LE_ENR_1_11_en.pdf			ENR 1.11 ADDRESSING OF FLIGHT PLAN MESSAGES
2016-06-23	LE_ENR_1_12_en.pdf			ENR 1.12 INTERCEPTION OF CIVIL AIRCRAFT
2016-06-23	LE_ENR_1_13_en.pdf			ENR 1.13 UNLAWFUL INTERFERENCE
2016-07-21	LE_ENR_1_14_en.pdf			ENR 1.14 AIR TRAFFIC INCIDENTS
2016-07-21	LE_ENR_1_15_en.pdf			ENR 1.15 SAFETY OCCURRENCE REPORTING SYSTEM
2016-04-28	LE_ENR_1_1_en.pdf			ENR 1.1 GENERAL RULES
2016-04-28	LE_ENR_1_2_en.pdf			ENR 1.2 VISUAL FLIGHT RULES
2016-04-28	LE_ENR_1_3_en.pdf			ENR 1.3 INSTRUMENT FLIGHT RULES
2016-06-23	LE_ENR_1_4_en.pdf			ENR 1.4 ATS AIRSPACE CLASSIFICATION AND DESCRIPTION
2016-06-23	LE_ENR_1_5_en.pdf			ENR 1.5 HOLDING, APPROACH AND DEPARTURE PROCEDURES
2017-01-05	LE_ENR_1_6_en.pdf			ENR 1.6 ATS SURVEILLANCE SERVICES AND PROCEDURES
2016-04-28	LE_ENR_1_7_en.pdf			ENR 1.7 ALTIMETER SETTING PROCEDURES
2017-01-05	LE_ENR_1_8_en.pdf			ENR 1.8 REGIONAL SUPPLEMENTARY PROCEDURES

1 2 3

Figura 7: Publicaciones de la AIP de España registradas en EUROCONTROL.

- SDO reporting: En esta sección tenemos toda la base de datos de EUROCONTROL, en la cual se puede ver por ejemplo el FIR en el que nos encontraremos cuando abandonemos nuestro aeropuerto origen. Está basado en el AIXM (Aeronautical Information eXchange Model). En total, el SDO cubre:
  - La totalidad de la información aeronáutica publicada en el AIP dentro de Europa, incluyendo:
    - Información del Aeródromo, incluyendo Procedimientos y Obstáculos.
    - Información de la fase en Ruta, tal como espacios aéreos, rutas, Radioayudas y Waypoints.
    - Información general (Organizaciones que proporcionan la información, autoridades y Unidades)
  - Un mínimo de información requerida para la validación del notam y del Pre-Flight Briefing del mundo entero, incluyendo:
    - Aeródromos, identificación con las pistas correspondientes asociadas.
    - Todas las separaciones del espacio aéreo (FIR, UIR, TMA, P-D-R)
    - Rutas, radioayudas y waypoints.
- Prepare my Flight: Recoge toda la información de la base de datos de EAD para proporcionarte un plan de vuelo en el que se incluyen aerovías, NOTAM de ambos aeropuertos, FIR a atravesar...

Culminado el proceso de transición aeronáutica, incluida la que contienen las distintas AIP, se almacenará en forma de conjunto de datos normalizados e interoperables que podrá consultarse desde diversas aplicaciones de usuario. Por lo tanto, las aplicaciones del usuario final ya no dependerán únicamente de la estructura de datos ya que podrán tener la capacidad de acceder a varias y transformarlas al gusto del usuario.

### 4.3 SmartAIM, en búsqueda de la gestión de la información aeronáutica

Una de las tecnologías que está desarrollándose en Europa en estos tiempos es la denominada smartAIM (Gestión de la Información Aeronáutica Inteligente), por parte de la empresa grupo Frequentis. SmartAIM es una solución integrada, de redes y compatible totalmente con la SWIM, diseñado para la automatización de la gestión de la información Aeronáutica. Esta solución es la base para la base de datos de los Sistemas de Información Aeronáutica en Europa (EAD) y actualmente instalado en 700 puestos AIS/AIM (Tanto dentro de la EAD como fuera de ésta) para conocer las necesidades del consumidor en el mundo entero. smartAIM es una plataforma que integra el almacén de datos de AIXM con varias funciones, incluyendo la gestión del NOTAM digital, la gestión previa al plan de vuelo y la gestión de la meteorología (smartINMO), cartas digitales (smartCharting), autorizaciones digitales de la AIP (SmartAIP) y el estado del sistema de manejo de mensajes del ATS (Air Traffic Services). Se caracteriza por lo siguiente:

- **Arquitectura Flexible:** A través de su servicio expresamente orientado a la arquitectura, smartAIM ofrece varias aproximaciones a desplegar, partiendo desde soluciones a problemas de servidor a soluciones de recuperación ante problemas independientes a gran escala de distinta índole.
- **Transición flexible:** smartAIM resuelve las cuestiones técnicas enfrenadas en la transición AIS-AIM, reduciendo las dificultades operaciones asociadas con la transición. La transición AIS-AIM se realiza fácilmente con ayuda experta del smartAIM cambiando datos a información. Permite que ambos mundos coexistan el tiempo que sea necesario, sin que esto implique necesariamente un aumento del trabajo. Esta posibilidad se aplica a la transición de la especificación AIXM 4.5 a la AIXM 5.1, actualmente ya está disponible.
- **Soporte interno y externo:** smartAIM está preparado para poder resolver todo tipo de duda en cualquier situación. Los clientes pueden elegir entre proveer servicios entre sus organizaciones para las labores de gestión de la información aeronáutica correspondientes o puede usar servicios ofrecidos por otros.
- **Unificación de los estándares:** smartAIM ofrece una arquitectura de datos compatible con todos los Servicios Web del Consorcio Geoespacial Abierto (OGC). Como miembro de la OGC, Frequentis ayuda activamente al desarrollo de los estándares previamente mencionados. smartAIM cumple con todos los estándares y prácticas recomendadas por la OACI y todos los documentos relacionados con los Servicios de Información Aeronáutica.
- **La seguridad es lo primero – Búsqueda de la eficacia a la vez.**
- **Compatibilidad completa con la base de datos europea de información Aeronáutica:** Desde que están basado en productos de caja (Es comercial y se vende en grandes cantidades en el mercado comercial, pero a su vez puede ser adquirido y utilizado bajo contrato gubernamental de la misma forma exacta a como está en público), la compatibilidad entre la base de datos de información aeronáutica europea y cualquier otra base de datos es instantánea.





#### 4.4 SWIM (System Wide Information Management): Proyecto en búsqueda de la mejora de la ATM (Gestión del Tráfico Aéreo).

SWIM (System Wide Information Management, o en español, Sistema de Gestión de la Información), Es un programa tecnológico avanzado desarrollado por la Federal Aviation Administration de los Estados Unidos (FAA), diseñado para hacer más sencillo la compartición de la información del sistema de Gestión del Tráfico Aéreo, tal como estado operacional del aeropuerto en cuestión, información sobre la meteorología, datos de vuelo, estado del espacio aéreo y restricciones del Sistema Nacional del Espacio Aéreo (NAS). SWIM apoyará a los programas del Sistema Nacional del Espacio Aéreo actuales y del futuro proporcionando una arquitectura de le gestión de la información flexible y segura. SWIM usará hardware y software fuera de plataforma para ayudar al Servicio Orientado de Arquitectura (SOA), de forma que facilitará la adición de nuevos sistemas de datos y reemplazamiento rápido de éstos, e incrementando la concienciación situacional común.

EUROCONTROL presentó primero la idea de SWIM en 1997, donde había estado bajo desarrollo hasta entonces. En 2005, la IACO Global ATM Operational Concept adoptó la idea de SWIM para promocional de información basada en la integración de la Gestión del Tráfico Aéreo. Hoy en día, SWIM forma parte del desarrollo de proyectos tanto en Estados Unidos (NextGen) como de la Unión Europea (SESAR, Single European Sky ATM Research)

Para EUROCONTROL, la idea de SWIM cubre un cambio completo en el paradigma de cómo la información se gestiona a lo largo de su ciclo y cómo unir al sistema entero de Gestión del Tráfico Europeo entero.

La implementación de la idea de SWIM dará beneficios directos a la gestión del tráfico Aéreo de forma directa, asegurándose la provisión de información de calidad, entendible y contrastada a los usuarios que la necesiten en el momento adecuado.

Basándose en las mejores bases de datos de diferentes Estados, el objetivo principal de SWIM es proporcionar información relevante y contrastable a los usuarios. Esta información ha de garantizar los estándares de calidad, proporcionándose en el momento correcto y enviándose al lugar indicado, con el fin de poder cumplir los requisitos que establece el concepto de sistema ATM céntrico.

EUROCONTROL ha establecido los siguientes principios para cumplir de manera eficiente los objetivos que trae la idea de SWIM:

- Separación entre disposición de la información y utilización de ésta: En el sistema ATM, prácticamente todos los usuarios de dicha red participan activamente en la creación de la base de datos y consumiéndola simultáneamente. Por tanto, en este caso concreto no es lo más idóneo decidir en un futuro quién necesitará qué información, obtenida por quién y cuándo. La cuestión a tratar es separar a productores y consumidores de información de forma que el número natural de consumidores pueda evolucionar a lo largo del tiempo.
- Separar sistema y aplicaciones, donde cada uno de sus componentes tiene o hace uso de parte o ningún conocimiento de las definiciones realizadas por otros componentes separados. Haciendo esto las barreras entre sistemas y aplicaciones serán cambiadas, haciendo compatibles las interfaces.



- Estándares libres: Un estándar de uso libre es aquel que está disponible para el público y tiene varios acuerdos de uso asociados con éste. Puede tener también varias propiedades sobre cómo fue diseñado (Ejemplo: Procesos abiertos). Los conceptos “Libre” y “Estándar” abarcan un amplio rango de significados asociados con su manejo.
- Service Oriented Architecture: Dirigida por el análisis de los procesos de negocio, necesita que sus servicios sean desarrollados, empaquetados e implementados como un conjunto de servicios interoperables que pueden usarse de forma flexible dentro de un sistema múltiple separados desde varios dominios de negocio

Ahora bien, basándose en estos principios, la implementación del concepto SWIM acarreará los siguientes elementos:

- Modelo de Referencia de la información ATM (ATM Information Reference Model (AIRM)): La implementación de todos estos principios traerá consigo un Modelo de referencia de toda la información ATM de la que se disponga. Este modelo proporcionará una implementación neutral y clara de toda la información ATM
- Modelo de Referencia de los Servicios de Información (Information Service Reference Model (ISRM)): Proporciona el desglose de todos los servicios de información requeridos y sus patrones de comportamiento. Trabajando en la implementación de estas especificaciones de servicio, se incluirán los detalles de la carga útil de los servicios, el patrón de cambio, la calidad del servicio, y la unión entre la infraestructura de intercambio de datos sistema a sistema, también conocido como infraestructura SWIM.
- Funciones de gestión de la información (Incluyendo el gobierno de éstas): Aquí encontramos definidos ciertos parámetros con el fin de ayudar a la compartición de datos entre los diversos sistemas, tales como: la gestión de identificación del usuario, descubrimiento de recursos, ciertos aspectos de seguridad como la autenticación, encriptación y autorización de datos, servicios de notificación y el registro. El gobierno del SWIM afecta a casi todos los roles e interacciones dentro del sistema de gestión de tráfico aéreo. Además, la gestión de la información requiere que las políticas relacionadas con el acceso y uso de la información sean desarrolladas. Las reglas, los roles y responsabilidades están definidas por los accionistas, teniendo en cuenta la criticidad funcional de la información de la que disponen. La propiedad de los datos, la provisión de datos y el uso de las reglas de datos están redefinidas y, si es posible, armonizadas. Cuestiones como la responsabilidad, la carta y los principios de copyright deben ser gestionados proactivamente. En todas las circunstancias está incrementándose los requisitos para la definición y aplicación de los Acuerdos de Nivel de Servicio entre las diferentes partes.
- Infraestructura SWIM: Ésta será la infraestructura interoperable técnica sobre la cual los datos serán distribuidos. Su implementación podría diferir de un accionista a otro en función de las necesidades específicas de cada una, ambas en término del ámbito y la forma de implementarlo. Ofrecerá servicios técnicos de SWIM basados en la corriente principal de las tecnologías de la información siempre que sea posible. Está mayormente basado también en la venta comercial externa de productos y servicios. El Sistema Europeo de redes de trabajo (PENS, siendo ésta una infraestructura



---

internacional de comunicación tierra/tierra implementada por EUROCONTROL, la cual proporciona una robusta infraestructura con el fin de reunir los requisitos necesarios del ATM actual y del futuro) e Internet proporcionarán la conectividad básica requerida.

- Aplicaciones habilitadas de SWIM: La implementación del SWIM en el Sistema ATM permitirá que el negocio ATM genere beneficios asegurándose la provisión de información contrastadas y de calidad a la gente adecuada y en el momento adecuado.



## 5. Difusión de la Información Aeronáutica en red.

### 5.1 La publicación de Información Aeronáutica Electrónica (eAIP)

Aun cuando el proceso de transición de AIS a AIM sigue avanzando, la distribución práctica de información AIS a los usuarios finales se sigue haciendo mayoritariamente en formato papel o en su equivalente digital PDF. En 2001 EUROCONTROL elaboró una especificación para la publicación y el intercambio de la AIP en formato electrónico. La especificación eAIP consiste en dotar a la AIP tradicional de un enfoque digital estandarizado basado en el lenguaje XML (disponibles en formatos HTML o PDF), los cuales permiten la producción de una copia impresa de la AIP y/o la visualización de la AIP en una pantalla, usando la tecnología web. Su objetivo es la aseguración de armonización de todas las eAIPs de los distintos países. Dichas eAIPs permiten la publicación del contenido de una AIP en un formato electrónico estructurado, incluyendo:

- AMDTs
- SUPs(Suplementos): complementan la información contenida en el AIP, contienen información de carácter temporal que requiere textos extensos y/o gráficos explicativos
- AICs (Circular de Información Aeronáutica): contiene principalmente información de índole administrativa, explicativa o de asesoramiento que pueda afectar a largo plazo a las operaciones, adelantando información sobre cambios en la legislación o reglamentos, implantación de nuevas instalaciones, cambios en procedimientos de publicación...

Hoy en día se han introducido numerosos métodos nuevos para poder visualizar correctamente el eAIP. De los tradicionales ordenadores (portátiles o de escritorio), hoy podemos añadir numerosos dispositivos con conexión a internet, tales como libros electrónicos, tablets, móviles, Personals Digital Assistants (PDA)... Se están convirtiendo en opciones muy populares para una visión previa de la información y realizar comprobaciones antes de tomar dicho vuelo. Sin embargo, la necesidad de añadir a la web unos estándares es increíblemente importante para asegurarnos de que la eAIP va a funcionar correctamente en todos los dispositivos.

La especificación de la eAIP de EUROCONTROL cumple todos los requisitos del Anexo 15 de la OACI, en lo referente a los contenidos y estructura de la AIP. Ofrece también unos beneficios significativos tanto para el Estado(País) que produce el eAIP como para el usuario final:

Ventajas para el usuario	Ventajas para el Estado
<p>Aumenta la usabilidad, haciéndolo más fácil de acceder, todo ello gracias al lenguaje HTML. Los esfuerzos de mantenimiento son mínimos Facilidad para visualizar cambios, tanto en textos como en gráficas Se puede probar la autenticidad del documento No sufren retrasos si está hecho para que pase a través de una comunicación electrónica rápida que satisfaga los requisitos de seguridad y fiabilidad para la distribución de AIS, tal como regula la OACI y la Comisión de Regulación No 73/2010 [RD 1]). Puede ser fácilmente archivado</p>	<p>Mejora el producto AIP, con la posibilidad de producir productos derivados tales como guías para vuelos VFR, manuales... HTML y PDF se producen de la misma fuente, aumentando su consistencia Puede ser fácilmente archivado y retenido para cada AIRAC usando medios electrónicos. Es casi innecesario el coste de papel. Se reduce la necesidad de copias internas. En muchos estados, el recuento de las copias de la AIP que se distribuyen internamente en la administración nacional es de casi la mitad de todas las producidas y distribuidas Crear AIP regionales e integrados es sencillo.</p>

Tabla 1: Ventajas de la transición AIS-AIM para el usuario y el Estado.



### 5.1.1 Historia de las cartas aeronáuticas

Una vez analizado esto, se mostrarán los distintos formatos con los que cuentan los pilotos de hoy en día para obtener la información cartográfica necesaria, haciendo un pequeño repaso a todos los medios que se han tenido desde el inicio de los Servicios de Información Aeronáutica hasta el día de hoy.

➤ Cartas tradicionales en papel:

Este medio cumplirá en breve tiempo el siglo desde su aparición. Como el formato es en papel, éstas cumplen perfectamente las necesidades de medio manejable, condensado y coordinado. Sus dimensiones van desde las grandes cartas plegadas para vuelos visuales y escala reducida, hasta un amplio conjunto de fichas de tamaño reducido, típico de procedimientos de aproximación, rutas, aeródromos...

La responsabilidad de su realización corresponde a las distintas entidades gubernamentales designadas por cada estado contratante del Convenio sobre Aviación Civil Internacional, aunque también pueden realizarlas algunas empresas privadas cuyos productos finales han de cumplir la normativa propuesta por las autoridades reguladoras correspondientes.

Lo primero que debemos distinguir claramente es, en función de las funciones operacionales a las que puede ir destinada cada carta, podemos encontrarnos con 2 tipos de cartas aeronáuticas:

➤ Cartas de vuelo visual(VFR):

La cartografía utilizada para representar este tipo de navegación debe mostrar las características del área circundante que puedan reconocerse fácilmente desde el aire, además de la posición precisa de obstáculos, elevaciones de terreno y zonas restringidas del espacio aéreo.

En éstas se usan muy frecuentemente los símbolos descriptivos (fáciles de recordar y entendibles a nivel universal). Se utilizan en las ocasiones en las que se necesita una lectura rápida y directa en pleno vuelo. Ejemplos de ello son las representaciones de antenas, depósitos, parques eólicos...

Si un vuelo es operado bajo VFR es necesario que las condiciones meteorológicas bajo las que opera el vuelo sean condiciones meteorológicas visuales (VMC). Por tanto, solamente se podrá operar en VFR cuando se cumplan las condiciones correspondientes a la siguiente tabla encontrada en el Reglamento del Aire, Anexo 2 de la OACI



Tabla 3-1\*  
(véase 4.1)

Banda de altitud	Clase de espacio aéreo	Visibilidad de vuelo	Distancia de las nubes
A 3 050 m (10 000 ft) AMSL o por encima	A*** B C D E F G	8 km	1 500 m horizontalmente 300 m (1 000 ft) verticalmente
Por debajo de 3 050 m (10 000 ft) AMSL y por encima de 900 m (3 000 ft) AMSL, o por encima de 300 m (1 000 ft) sobre el terreno, de ambos valores el mayor	A*** B C D E F G	5 km	1 500 m horizontalmente 300 m (1 000 ft) verticalmente
A 900 m (3 000 ft) AMSL o por debajo, o a 300 m (1 000 ft) sobre el terreno, de ambos valores el mayor	A*** B C D E	5 km	1 500 m horizontalmente 300 m (1 000 ft) verticalmente
	F G	5 km**	Libre de nubes y con la superficie a la vista

\* Cuando la altitud de transición sea inferior a 3 050 m (10 000 ft) AMSL, debería utilizarse el FL 100 en vez de 10000 ft.

\*\* Cuando así lo prescriba la autoridad ATS competente:

- a) pueden permitirse visibilidades de vuelo reducidas a no menos de 1 500 m, para los vuelos que se realicen:
  - 1) a velocidades que en las condiciones de visibilidad predominantes den oportunidad adecuada para observar el tránsito, o cualquier obstáculo, con tiempo suficiente para evitar una colisión; o
  - 2) en circunstancias en que haya normalmente pocas probabilidades de encontrarse con tránsito, por ejemplo, en áreas de escaso volumen de tránsito y para efectuar trabajos aéreos a poca altura.
- b) Los HELICÓPTEROS pueden estar autorizados a volar con una visibilidad de vuelo inferior a 1500 m si maniobran a una velocidad que dé oportunidad adecuada para observar el tránsito, o cualquier obstáculo, con tiempo suficiente para evitar una colisión.

\*\*\* Las mínimas VMC en el espacio aéreo de Clase A se incluyen a modo de orientación para los pilotos y no suponen la aceptación de vuelos VFR en el espacio aéreo de Clase A.

Figura 8: Límites establecidos por la OACI para vuelo visual (VMC).

### ➤ Cartas de vuelo instrumental:

La cartografía utilizada para representar este tipo de navegación pierde la representación detallada de elementos geográficos visibles en favor de aspectos no tangibles; relacionados con la estructura del espacio aéreo y de los procedimientos de navegación normalizados (aerovías, rumbos, distancias, límites de altitud, frecuencias...). Hoy en día existen numerosos tipos de procedimientos instrumentales para todas las fases de vuelo. En relación con los procedimientos de área terminal se pueden encontrar: Standart Instrument Departures (SID), Standart Instrument Arrival (STAR) e Instrument Approach Procedures (IAP).

Estos procedimientos pueden operarse de dos formas diferentes dependiendo de las ayudas terrestres NAVAID que sea capaz de utilizar la aeronave:

- Procedimientos convencionales.
- Procedimientos RNAV y basados en satélite.

Ahora pasaremos a hablar de los otros 2 tipos de cartas que nos podemos encontrar hoy en día en función de su disposición:



➤ Cartas digitales:

El ámbito de la visualización electrónica de información geográfica tiene su origen en la introducción en cabina de las pantallas de Tubos de Rayos Catódicos. Sin embargo, hasta la llegada de la generación de pantallas tipo Thin-Film Transistor (TFT) no llega con fuerza el uso del formato digital para la visualización de la cartografía aeronáutica, gracias principalmente a las propiedades de luminosidad, definición, ligereza y eficiencia energética que ofrecen estas pantallas.

La funcionalidad de la presentación de cartas aeronáuticas electrónicas plenamente desarrollada puede abarcar mucho más que las cartas impresas. Además de poder visualizar la carta en su totalidad de forma equivalente al formato en papel, es posible gestionar la información de interés a través de la activación y desactivación de capas, modificación dinámica de la escala con gran rapidez. Además, los avances en las Tecnologías de la Información y Comunicación han permitido que en la misma aeronave se pueda visualizar con alta precisión la posición de la aeronave en los dispositivos portátiles independientes que dispongan de un receptor GPS, e incluso modificar la presentación de los objetos gráficos según las especificaciones necesarias para la fase de vuelo.

La OACI recoge una serie de reglamentación que intentan que el uso de las cartas electrónicas no esté reñido con la seguridad del vuelo. Las recomendaciones que la OACI dispone pretenden indicar fundamentalmente características particulares sobre el soporte físico (Tamaño, capacidad, luminosidad).

➤ Display de navegación:

Forman parte de los sistemas electrónicos de instrumentos de vuelo de las aeronaves modernas, los cuales sustituyen progresivamente a los instrumentos tradicionales. El conjunto coordinado de estos sistemas instrumentales se denomina “Electronic Flight Instrument System” (EFIS).

El EFIS es un sistema de vuelo cubierto en monitor en el cual la tecnología utilizada es electrónica. Está basada en la tecnología de los rayos catódicos. Más tarde, los monitores fueron presentados en un monitor de cristal líquido multicolor, que reemplaza alguno de los instrumentos de vuelo convencional para ambos pilotos.

Un sistema típico EFIS está compuesto de:

- Primary Flight Display (PFD): Instrumento que integra y representa en un monitor toda la información que fue históricamente presentada en un número concreto de instrumentos electromecánicos. Dicho PFD ha evolucionado de un simple indicador de altitud y dirección, presentado en CRT, a un Electronic Attitude Director Indicator (EADI) el cual, dependiendo del fabricante, añade información adicional como puede ser el rumbo, altitud y velocidad. El monitor PFD actual dispone de toda la información que el piloto necesita para determinar parámetros básicos de vuelo, incluyendo el sistema de autopiloto y de autoaceleración, los modos del director de vuelo y el estado de aproximación. Dependiendo de la fase de vuelo y las selecciones realizadas por el piloto, el director de vuelo añadirá el guiado lateral adecuado para mantener la trayectoria, el rumbo o aproximación y trayectoria de aproximación frustrada, y guiado vertical para ascender o descender, tanto en aproximación como en aproximación frustrada. Esto reduce enormemente la carga del piloto; facilitando la monitorización del vuelo con el autopiloto

encendido ya que toda la información necesaria se muestra en pantalla en un solo instrumento.



Figura 9: Display en cabina del PFD.

➤ Electronic Horizontal Situation Indicator (EHSI)

Es más conocido como el monitor de navegación, reemplaza un número de instrumentos diferentes encontrado en el panel instrumental de una aeronave convencional, con él obtenemos una posición más o menos real de la aeronave respecto a la ruta definida en el Sistema de Control de Vuelo. Representa gran parte o toda la información que se añade a continuación:

- Rumbo del vuelo actual
- Rumbo seleccionado
- Dirección de o desde una radioayuda (VOR, DME)
- Desviación lateral respecto a una trayectoria seleccionada
- Velocidad, distancia y tiempo para alcanzar el destino
- Mapa aeronáutico
- Información meteorológica



Figura 10: Display en cabina del EHSI.





Dada las grandes evoluciones que ha sufrido este sector en los últimos años, la OACI se ha visto obligada a realizar profundas modificaciones en el Anexo 15 (Aeronautical Information Services), cuya última actualización data de Julio del año 2016.

Una encuesta realizada en el año 2015 consultó a unos 100 pilotos de vuelos tanto en visual como en instrumental y con ello examinar y valorar con mayor profundidad las ventajas e inconvenientes que pueden ofrecer las cartas en cada uno de sus formatos (Papel o electrónico).

Cartas aeronáuticas en formato clásico:

- Algo más de 1 de cada 2 pilotos indica que presentan problemas derivados del espacio necesario para el manejo de cartas de papel en cabina. Sin embargo, tenemos hasta un 77% de pilotos de vuelo visual que presentan estos problemas (y un 25% de ellos afirma que tienen muchos problemas), en cambio, para los pilotos de vuelo instrumental este porcentaje se reduce a un 44% (Y sólo un 8% afirma que estos problemas son notorios).
- Por otro lado, en la velocidad de búsqueda de información de la cartografía necesaria, hay un consenso prácticamente entre el número de pilotos que mantiene que la adecuación del volumen y densidad gráfica de la información mostrada es correcta (56%) y los que creen que es inadecuada (44%).
- En cuanto a la adecuada representación de los límites de velocidad, altitud y sectorización, menos de un 40% opina que no son adecuadas, siendo únicamente un 3% los que opinan muy negativamente.
- Por otro lado, más de un 40% opina que la representación de la orografía y los obstáculos del terreno no es adecuada, siendo los pilotos de vuelo visual los que valoran más negativamente este aspecto.
- También hay una cierta equivalencia entre el número de pilotos que mantiene que señalan bastantes o muchas dificultades para interpretar zonas de la carta con gran densidad de datos y simbología con respecto a los que no las tienen. Enfrentando perfil, un 60% de los pilotos de vuelo visual tienen bastantes dificultades (un 8% muchas), frente a un casi 50% de pilotos de vuelo instrumental (Siendo un 5% los que tienen muchos problemas).
- Respecto a la eficacia que poseen las cartas VFR en formato papel, hay una igualdad más o menos clara entre pilotos que las valoran positivamente y los que no, quitando a un 5% aproximadamente que las ve nada eficaces.
- Para finalizar, menos de 1 de cada 10 pilotos de vuelo visual indican haber experimentado muchas incidencias debidas a problemas de uso y/o lectura e interpretación cartográfica, porcentaje menor en el caso de pilotos instrumentales realizando vuelos VFR apoyándose en dichas cartas de papel.

Con respecto al formato de Displays de Navegación.

- Poco más de 1 de cada 5 pilotos considera que los displays de navegación poseen una incorrecta adecuación de la luminosidad y visibilidad de la pantalla con respecto a las posibles condiciones de luz ambiental en vuelo.



- Para un 90% de los pilotos, la adecuación del volumen y densidad de la información mostrada en los displays es bastante o totalmente conveniente.
- Casi un 95% de los pilotos consultados interpreta como bastante o totalmente apropiada la adecuación de los modos de visualización del selector de la unidad de control del display para sus necesidades de navegación.
- Sobre un 90% del total de los pilotos consultados valora como adecuados los valores de alcance del selector de escala del display de navegación, siendo para un 25% la adecuación total.
- Un 75% de los encuestados creen posible ejecutar rutas con seguridad guiándose exclusivamente a través del display de navegación. Dentro de los pilotos que no están conformes con ello sí diferenciaremos al piloto de vuelo visual, en el cual sólo un 11% no se muestra de acuerdo con tal afirmación, respecto al piloto de vuelo instrumental, el cual hasta un 23% no está de acuerdo con esta afirmación.
- Respecto al acomodamiento y claridad con la que este tipo de dispositivos ofrece la representación de la orografía del terreno, cerca del 60% lo valora negativamente, siendo especialmente crítico el perfil instrumental, donde un 17% le da una valoración muy negativa.
- En cuanto a la revisión de incidencias en vuelo que puedan haber comprometido a la seguridad, más de un 40% asegura no haber sufrido una incidencia por problemas en la interpretación de la información dada, y un 25% ha sufrido alguna incidencia por problemas técnicos. Menos de un 5% del total declara haber sufrido incidentes por dificultades en la interpretación de la información gráfica.

Con respecto a las cartas aeronáuticas en formato digital:

- Existe una equivalencia entre los pilotos que mantienen una valoración positiva de la adecuación de la visibilidad de las cartas digitales para cualquier condición de luz ambiental en cabina, respecto a los que no la tienen. En este sector, el perfil de pilotos de vuelo visual es más crítico al respecto.
- Un 75% de los pilotos creen que las cartas digitales son más eficientes que sus equivalentes en formato papel (Un 85% de los pilotos de vuelo visual, 67% de pilotos de vuelo instrumental).
- Un 70% de los pilotos considera adecuada la ergonomía de los dispositivos portables de cartografía digital en orden a manejar el dispositivo sin dificultad y con seguridad para el control de vuelo. En este apartado, el perfil instrumental es más crítico, un 27% de los pilotos de vuelo visual tienen una valoración negativa contra el 38% de los pilotos de vuelo instrumental.
- Por otro lado, en torno a un 60% de los pilotos considera adecuada la usabilidad y funcionalidad de las interfaces de usuario diseñadas para la cartografía.



- Hay una equivalencia clara (48% favorable frente al 52% desfavorable) con respecto a la afirmación de que los programas soporte de cartas digitales con gran cantidad de opciones son más eficaces con respecto a los equivalentes más sencillos y con pocas opciones de interacción. Aquí si tenemos que diferenciar a los pilotos de vuelo visual (Los cuales ven mejor las interfaces sencillas, con hasta un 67% del total de los encuestados que las valoran positivamente, un 23% negativamente y un 10% muy negativamente) y a los de vuelo instrumental (Un 57% prefieren una interfaz más compleja y con más opciones y posibilidades de personalización).
- Algo más del 70% de los pilotos considera que la cartografía digital es una alternativa válida en vuelo para paliar o minimizar las carencias detectadas en los mapas de papel y displays de navegación.
- En cuanto a incidencias de vuelo que pueden haber comprometido la seguridad, establecemos varios porcentajes en función del motivo de la incidencia:
  - Un 8% ha tenido dificultades de interpretación.
  - Un 19% ha tenido dificultades de manejo.
  - Un 15% ha sufrido anomalías técnicas
  - Un 16% ha tenido problemas en la cobertura GPS.

Finalmente, definiremos las ventajas e inconvenientes que presenta cada formato utilizado hoy en día.

### Formato en Papel:

Ventajas	Inconvenientes
<ul style="list-style-type: none"><li>• Fiabilidad, seguridad e independencia ya que no dependen de ningún sistema eléctrico (no están expuestas a fallos electrónicos)</li><li>• Las distintas ediciones de cartas en papel se muestran muy completas, poseen todos los datos necesarios para el desempeño con el que fueron creadas.</li><li>• Posibilidad de extraer información de una forma rápida e intuitiva.</li><li>• Sobre ellas se puede realizar cualquier tipo de anotación rápida.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Archivo y almacenaje: El tiempo dedicado a encontrar la carta correcta, en las colecciones que deben de llevarse a bordo a veces es excesivo.</li><li>• En algunas series concretas, existe una excesiva densidad de datos y simbología que dificulta mucho su lectura rápida, añadiendo que en ocasiones no aparecen los resultados verdaderamente importantes y básicos de navegación</li><li>• Las turbulencias y vibraciones existentes en los ultraligeros imposibilitan en ocasiones la lectura de la carta.</li><li>• Fácil deterioro y degradación.</li></ul>

Tabla 2: Ventajas e inconvenientes de las cartas aeronáuticas en formato papel.

## Displays de Navegación:

Ventajas	Inconvenientes
<ul style="list-style-type: none"><li>• Eficaces para dotar al piloto de conciencia situacional, respecto al territorio, plan de vuelo programado, ayudas a la navegación y a los puntos de paso de los procedimientos instrumentales.</li><li>• Grafismo sencillo y claro, interpretable con un solo golpe de vista. Si bien no aporta la misma cantidad de información que las cartas de papel, la información que presenta es verdaderamente importante.</li><li>• Integración total con el control automático de vuelo, lo que simplifica enormemente las tareas de navegación</li><li>• Da orden en la cabina, ofreciendo al usuario diversas interfaces y un buen filtrado de la información</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• La luz solar directa provoca reflejos que dificultan la lectura de información, sobre todo en las antiguas pantallas CRT</li><li>• Problemas de visualización para grandes alcances, en los cuales la cantidad de símbolos y objetos gráficos que aparecen en pantalla puede ser tal que hace ilegible la información presentada</li><li>• Deficiente representación orográfica. Mínima resolución y limitado uso de la variable "color" para representar la altimetría del terreno.</li><li>• Al trasladar la responsabilidad de la interpretación de los datos geográficos y la propia navegación al control automático de vuelo del avión, el piloto pasa a ser un observador pasivo y puede provocar en él una actitud de relajación que puede acarrear problemas en caso de algún fallo electrónico.</li></ul>

Tabla 3: Ventajas e inconvenientes de los displays en cabina que tiene el piloto.

## Cartas aeronáuticas en formato digital:

Ventajas	Inconvenientes
<ul style="list-style-type: none"><li>• Integración y rango de datos diversos. Gestión de la información de interés a través de la activación/desactivación de capas, variación manual de la zona de la carta visualizada, modificando la dinámica de la escala.</li><li>• Portabilidad: Se puede trabajar con ellos dentro y fuera del avión</li><li>• Seguridad: Añadiendo un receptor de señal GPS, es posible lograr el desplazamiento automático del mapa acorde con la posición real de la aeronave, igual que sucede en los displays de navegación instrumental.</li><li>• Los programas soporte, además de permitir el seguimiento visual del vuelo sobre la carta, pueden disponer de varias funciones aeronáuticas de calidad: Generación de un plan de vuelo, cálculo de rumbos, velocidades, tiempos estimados, combustible, etc.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Los problemas de reflejos solares se acrecientan y es un tema importante a tratar en el presente.</li><li>• El manejo de los menús y opciones de los programas de navegación es en ocasiones difícil y poco intuitivo, lo cual puede distraer al piloto de sus labores de manejo de la aeronave.</li><li>• Falta de fiabilidad y predisposición a fallos y cuelgues con mucha más frecuencia que en los displays de navegación</li><li>• Dependencia de alimentación eléctrica, algo realmente complejo dentro de una aeronave.</li></ul>

Tabla 4: Ventajas e inconvenientes de las cartas aeronáuticas en formato digital.

Tradicionalmente, la información aeronáutica necesaria para efectuar un vuelo internacional estaba disponible para los estados, mediante un documento denominado AIP. Sin embargo, la importancia de esta información es ahora reconocida como un complemento del núcleo de la futura gestión del tráfico aéreo (ATM) y de ahí la necesidad de la transición desde AIS hasta la Gestión de la Información Aeronáutica (AIM), de procesos manuales basados en el gasto de papel a servicios automatizados e información transmitida electrónicamente, con el fin de reducir tiempos y resolver problemas lo más eficientemente posible. Es por ello que a día de hoy un gran número de países están publicando el AIP de su nación de manera electrónica, viendo el receptor dicha información mediante pantallas de ordenador.

Esta transición e introducción de documentos electrónicos nos proporciona nuevas posibilidades, tales como búsqueda rápida, hipervínculos, presentación dinámica de los cambios en texto y gráficamente, etc... Esto soluciona también el problema típico de las limitaciones relacionadas con las presentaciones de la página y el formato del código. Sin embargo, los documentos en papel actuales deberán adaptarse a este nuevo entorno digital.

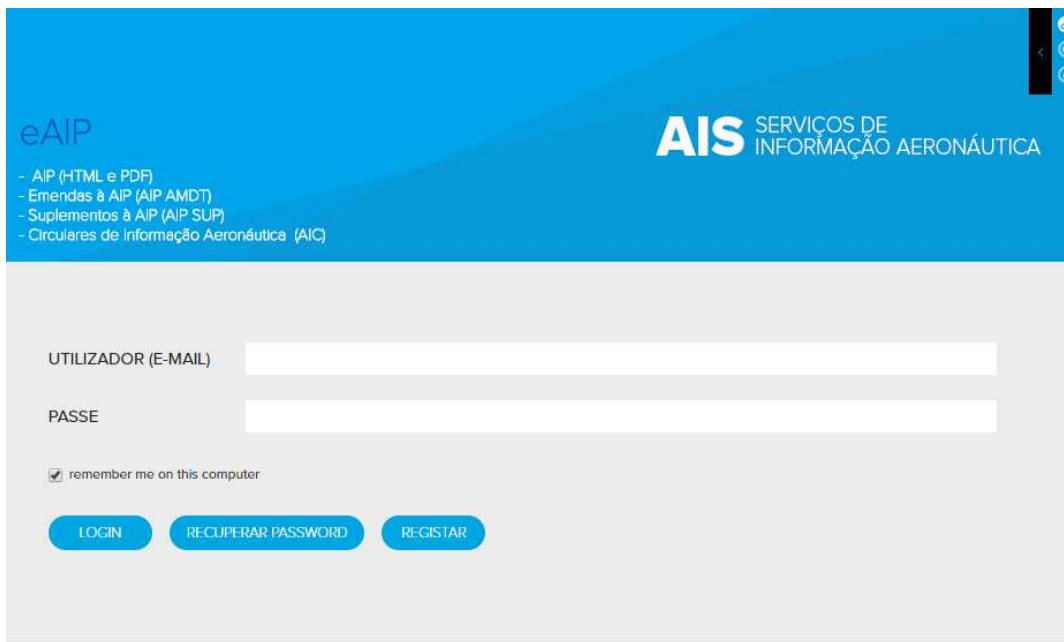


Figura 11: eAIP ofrecido por los Servicios de Información Aeronáutica Portugueses.

A día de hoy gran parte de los países han comenzado a difundir en formato electrónico sus publicaciones AIP a través de sus respectivos portales Web (Aquí arriba tenemos el ejemplo de la eAIP de Portugal, la cual ofrece todos los servicios tanto en HTML como PDF, aunque es necesario registrarse en dicha web para acceder a esta información). Sin embargo, la geoinformación aeronáutica que difunden por medio de la eAIP sigue siendo una información estática, ya que la parte geográfica de la información sigue confinada en formatos raster, PDF o HTML.

Por otro lado, no se espera que desaparezca progresivamente la tradicional AIP, adaptándose para dar cabida a los nuevos productos de datos necesarios en la transición a la AIM. Así, una versión revisada de la eAIP tendría 2 formas:



- 
1. Documento electrónico que podrá imprimirse
  2. Aplicación avanzada accesible a través de la web basada en multitud de servicios en línea que se combinarán entre sí para ofrecer al usuario un gran abanico de posibilidades.



## 6. Aplicación práctica. Carta de Aproximación LPV del Aeropuerto de Manises-Valencia.

Una vez comentadas todas las aplicaciones que tienen los sistemas de información geográfica en la aviación, incluyendo todo su desarrollo e hipótesis sobre el futuro, tanto en la propia aeronave incluyendo todas las posibilidades que le ofrece al piloto para obtener la información de los SIG hasta las infraestructuras externas que son las que nos proporcionarán toda la información geográfica que necesitaremos vamos a proceder a realizar una aplicación práctica, consistente en la elaboración de la cartografía de aproximación LPV-200 para el Aeropuerto de Valencia/Manises (LEVC). A continuación, se explicarán las características que reúne la aproximación LPV y los beneficios que ésta nos otorga respecto a la actual RNP ofrecida por el sistema instrumental ILS. La aproximación LPV-200 es una realidad posible gracias a la aparición de EGNOS, el GNSS europeo. Previamente hemos hecho una breve introducción del GNSS, aquí se tratará de explicar más ampliamente en qué consiste dicho sistema, las ventajas que nos ofrece.

Aunque para comprender mejor el funcionamiento de EGNOS, será necesario también hablar brevemente de los sistemas actuales de posicionamiento global existentes en el mundo. Todos ellos conforman lo que se llama Sistemas de navegación global por satélite (GNSS).

### 6.1 GNSS. Sistemas de Navegación Global por Satélite.

Un sistema de navegación global por satélite conforma una constelación de satélites que transmite rangos de señales utilizados para el posicionamiento y localización en cualquier parte del globo terrestre. Estos permiten determinar las coordenadas geográficas y la altitud de un punto dado como resultado de la recepción de señales provenientes de constelaciones de satélites artificiales de la Tierra para fines de navegación principalmente, aunque también se utilizan en el campo agrícola y geodésico entre otras muchas.

Estos sistemas son capaces de ofrecer a los usuarios de dicho sistema información bastante precisa sobre la posición y la hora (4 dimensiones) en cualquier parte del mundo, independientemente de la climatología y del horario.

Hoy en día, se encuentran operativas 2 constelaciones:

- NAVSTAR GPS, conocida mayormente como simplemente GPS (Global Positioning System): Pertenece al Departamento de Defensa de los Estados Unidos de América.
- GLONASS: Pertenece a la Federación Rusa

Además de estas 2, existen otras 2 constelaciones de satélites actualmente en desarrollo que estarán operativas en los próximos años:

- Galileo: Alternativa europea al NAVSTAR GPS, se espera que entre en funcionamiento en 2020.
- COMPASS Beidou: Propiedad de la República China. En diferencia de las otras 3 previamente mencionadas, esta constelación de satélites será algo diferente, utilizando satélites que se encuentran situados en órbita geostacionaria.



Todos los sistemas GNSS han de cumplir una serie de características en lo que a señales emitidas se refiere, SIS (Signal in Space), las cuales son:

➤ Precisión:

Es una característica física intrínseca al sistema de navegación, y es la primera que ha de ser evaluada para su certificación, siendo ésta la diferencia entre la posición estimada y la posición real, y se expresa como forma estadística como un determinado percentil en la distribución típica de errores.

Usando únicamente la señal GPS/CA (Código aproximativo de uso civil que ofrece la constelación GPS) el error de precisión es siempre mayor de tres metros y aproximadamente de unos 15 metros. Esta precisión NO es suficiente para algunos procedimientos, tales como los aterrizajes-fase de aproximación.

➤ Integridad:

Medida de la confianza puesta en la validez de la información, como puede ser la precisión de navegación, y está proporcionada por el sistema total.

La integridad incluye la capacidad para proporcionar a tiempo alertas que adviertan cuándo el sistema no debe ser utilizado para la operación deseada (como podría ser aquella precisión que excede un determinado nivel denominado Límite de Alarma). Para este caso, se trata como tiempo de alerta el máximo período de tiempo transcurrido entre la ocurrencia de un fallo y la notificación al usuario del fallo ocurrido.

Además, el sistema debe contemplar la posibilidad de que se generen falsas alarmas y que el sistema pueda estar operando fuera de los límites del usuario sin notificarlo al mismo.

➤ Continuidad:

Capacidad del sistema para realizar su función (como puede ser proporcionar la precisión demandada con la integridad necesaria), sin interrupciones no programadas.

En términos RNP, la continuidad no es más que un tiempo medio entre interrupciones no programadas de disponibilidad.

Se expresa en términos de disponibilidad.

➤ Disponibilidad

Probabilidad de que el sistema sea capaz de proporcionar la precisión requerida (con los correspondientes valores de integridad y continuidad) en la operación deseada. Suele expresarse como un porcentaje de tiempo, evaluado sobre largos períodos (1 año), en el que el servicio se encuentra disponible al tener en cuenta interrupciones planeadas y no planeadas.

Cumplir con las especificaciones de disponibilidad es el requisito que justifica la existencia de satélites redundantes en las constelaciones: Garantizar que el sistema funcione a pesar de que alguno de los satélites pueda fallar.

Por ejemplo, la disponibilidad de GPS es de 24 satélites el 70% del tiempo, y de 21 satélites el 98%, lo cual no es suficiente para establecerlo como medio primario de navegación.

Cuando un estado autoriza el uso de operaciones basadas en GNSS básico pasa a ser el responsable de determinar si el sistema satisface los requisitos de performance de la señal en el





espacio de acuerdo a lo establecido en el anexo 10 de la OACI. En caso de que el sistema no cubra los requisitos establecidos ha de ser el propio sistema el que advierta a los usuarios del mismo. Además, en la actualidad ningún sistema GNSS operativo puede utilizarse por sí solo como método único de navegación aérea ya que no se diseñaron para satisfacer los requisitos establecidos para la navegación IFR, además de su origen militar. Se prevé que Galileo pueda ser el primer sistema que pueda utilizarse como método único de navegación aérea dado su fin civil, al contrario de los otros 3.

A continuación, con esta tabla ilustraremos las diferencias que hay entre los 4 diferentes GNSS de cobertura global existentes a día de hoy.

	GPS	GLONASS	Galileo	COMPASS
Satélites actuales	31	24	17	23
Satélites finales	31	27	30	35
Estaciones en tierra	18	13	37	33
Nº de órbitas	6	3	3	6
Observable	Código/Fase	Código/Fase	Código/Fase	Código/Fase
Integridad	No	No	Si	Si

Tabla 5: Constelaciones GNSS existentes en la actualidad.

A pesar de la variedad de GNSS existentes en la actualidad, dada la baja precisión que nos otorgan en las fases de aproximación de vuelo, es necesario un sistema complementario para mejorar dicha precisión. Y así es como surgen los Sistemas de Aumentación de GNSS, habiendo 3 posibilidades abiertas:

1. ABAS (Aircraft Based Augmentation System): Es una solución de aviónica que procesa las señales GNSS para cumplir los requisitos de prestaciones en las fases de vuelo desde ruta a aproximación
2. SBAS (Satellite Based Augmentation System): Este es el servicio para aplicaciones críticas que hemos mencionado anteriormente. En Europa tenemos el sistema EGNOS que está operativo desde 2011 y es válido para aviación civil en todas las fases de vuelo. Esta pequeña constelación de satélites será compatible con la futura Galileo.
3. GBAS (Ground-Based Augmentation System): Se basa en la transmisión a la aeronave de información complementaria desde una estación en tierra (Normalmente emplazada a un aeródromo).
4. GRAS (Ground Regional Augmentation System): Mezcla entre GBAS y SBAS, opera a nivel regional y es el más preciso de los 4 mencionados, por lo tanto, cuenta con mejores características.

Cada sistema de aumentación está destinado para alguna fase de vuelo concreta u otra. En la siguiente tabla se valorarán los sistemas de aumentación más convenientes a cada fase de vuelo.



Sistema de Aumentación	Oceánico en ruta	Continental en ruta	Terminal	Aproximación y aterrizaje
<b>ABAS</b>	Válido para la navegación cuando el FDE está activo. Sería necesaria una predicción pre-vuelo de FDE	Válido para la navegación cuando la RAIM u otra fuente de navegación pueda utilizarse	Válido para la navegación cuando la RAIM u otra fuente de navegación pueda utilizarse	Válido para aproximaciones de no precisión (NPA) cuando la RAIM esté disponible y otra fuente de navegación pueda ser utilizada en un aeródromo alternativo
<b>SBAS</b>	Válido para navegación	Válido para navegación	Válido para navegación	Válido para NPA y APV, en función de las características de SBAS
<b>GBAS</b>	-----	Las salidas del servicio de posicionamiento GBAS pueden usarse como entradas en sistemas de navegación aprobados	Las salidas del servicio de posicionamiento GBAS pueden usarse como entradas en sistemas de navegación aprobados	Válido para NPA y PA categoría I (Potencial para Cat II y III)

Tabla 6: Valoración de los sistemas de aumentación para cada una de las fases de vuelo.

Ahora se procederá a comentar un poco más en profundidad cada uno de los sistemas de aumentación, incluyendo su evolución y desarrollo en estos últimos años.

➤ **ABAS:**

A principios de los años noventa, dada la disponibilidad y el precio de los receptores GPS (bastante reducido en comparación a los receptores ILS, VOR), muchos operadores de aviones quisieron adoptar rápidamente el GNSS en sus aviones. Estos receptores se utilizaban como ayudas o apoyos a la navegación convencional (Tanto VFR como IFR). En el momento en el que se vio la gran importancia de tener una capacidad de navegación global, se comenzó a demandar la aviónica necesaria para que pudiese utilizarse el GNSS en navegación IFR.

Sin embargo, las constelaciones de satélites existentes no se habían desarrollado para cumplir los requisitos de navegación IFR, y es por esto que la aviónica que se pretendía implementar en los aviones GNSS debía aumentar la señal GNSS para asegurar los requisitos establecidos por la navegación basada en prestaciones (entre ellas, la integridad). La función de ABAS es aumentar y/o integrar la información GNSS con otra información disponible a bordo de la aeronave para mejorar las características de la señal obtenida de las constelaciones de satélites.

La técnica más común para obtener ABAS se denomina RAIM (Receiver Autonomous Integrity Monitoring). La RAIM requiere medidas de rango de satélites redundantes para



detectar las señales defectuosas y alertar al piloto. Dado que requiere señales de satélites redundantes, puede implicar que en alguna ocasión no esté disponible, por tanto, puede NO cumplir el requisito de disponibilidad. Dicha disponibilidad depende fundamentalmente del tipo de operación, siendo menor cuanto mayor precisión requiera la operación. Para aclarar este término, lo llevaremos a la navegación aérea, donde la disponibilidad es menor en una aproximación de no precisión que en área terminal, y a su vez, en área terminal la disponibilidad es menor que en ruta. Por todo esto las aprobaciones de sistemas RAIM suelen tener restricciones operacionales.

Otra posibilidad para la obtención de ABAS implica la integración del GNSS con otros sensores a bordo de la aeronave como el sistema de navegación inercial (INS).

Muchos estados han estado aprovechando las ventajas del ABAS para mejorar el servicio sin incurrir en gastos de infraestructura, siendo el uso de éste el primer paso en la transición mundial a la navegación GNSS en todas las fases de vuelo. El uso de ABAS proporciona a su vez una mayor robustez al sistema de navegación ya que los sensores adicionales no sufren los mismos fallos que los de GPS.

Una de las ventajas del uso de ABAS es que al encontrarse todo el sistema dentro de la aeronave no es necesario ninguna relación con satélites o estaciones de tierra específicos. También desaparece la necesidad de un mantenimiento regular como el necesario cuando existen estaciones en tierra ya que pueden sufrir daños por rayos, terremotos, inundaciones... Pero la ventaja más significativa del ABAS es que no se encuentra limitado por latitudes extremas o por las dificultades de terrenos que muchas veces limitan la señal SBAS o la localización de las estaciones GBAS/GRAS.

Las aprobaciones iniciales de uso de GNSS cubren las fases de ruta, terminal y aproximaciones de no precisión. Muchos proveedores de servicios han diseñado aproximaciones de no precisión basadas en GPS que ofrecen ventajas significativas, ya que éstas se diseñan para ofrecer la mejor trayectoria para alcanzar la pista de aterrizaje, no requiere tramo de viento en cola y provee al piloto, con precisión, de la posición en la que se encuentra a lo largo de todo el procedimiento. Mucho de los procedimientos exclusivos para GPS ofrecen un guiado en línea recta, por lo que suelen ser en términos generales más seguros que los de circuito.

Algunos estados han aprobado el uso de GPS como único medio de navegación en rutas oceánicas. Para estos casos concretos, tal y como dice la definición (único medio) la aviónica no sólo debe detectar un fallo en un satélite, sino que el sistema ha de ser capaz de excluir este satélite de entre todos los que ofrecen guiado. Esta "capacidad" se denomina FDE (Fault Detection and Exclusion). Bajo la aprobación pertinente, estas aeronaves con sistemas duales deben efectuar comprobaciones previas al vuelo referentes a si el número de satélites en línea de visión durante toda la operación será el suficiente para soportar dicha operación.

En NINGÚN caso un sistema de aumentación ABAS mejora la precisión de la señal GNSS, ya que las mejoras se centran en su integridad y disponibilidad.

La aumentación puede obtenerse de tres formas distintas:

○ RAIM:

Nombrado previamente, es autónomo y está capacitado para detectar un fallo de una señal de un satélite comparando la información de posición y tiempo obtenida de diferentes combinaciones de cuatro satélites. Por tanto, son requeridos un mínimo de 5 satélites en línea de vista en una configuración espacial aceptable para llevar a cabo la detección de errores.

El sistema RAIM convencional sólo utilizaba FD (Fault Detection), por lo que era incapaz de eliminar la señal errónea detectada. No obstante, el piloto antiguamente era advertido de que el sistema no funciona correctamente.

Sin embargo, en sistemas RAIM más recientes se ha implementado la función FDE, siendo necesario al menos 6 satélites en línea de vista, con el fin de además de detectar la señal errónea, excluirlo y así la función no se vea interrumpida por dicho error.

Las entradas en los algoritmos tanto en RAIM como en el FDE son: La desviación estándar de la medida de ruido, la medida geométrica, así como el máximo número de probabilidades de falsa alarma y no detección permitidas.

La salida, por otro lado, será el nivel de protección horizontal (HPL), siendo éste el radio de un círculo en el plano horizontal, con su centro en la posición verdadera, el cual describe la región que está asegurada para contener la posición horizontal indicada.

Actualmente el uso de sistemas GNSS+RAIM está muy extendido. En aviación civil se permite el uso de este sistema como principal en rutas oceánicas o remotas con un sistema suplementario de navegación convencional para operaciones en ruta y de área terminal como las aproximaciones de no precisión (NPAs).

Se debe tener en cuenta que uno de los principales inconvenientes del sistema RAIM es su disponibilidad limitada dada la necesidad de tener en línea de vista 5-6 satélites como mínimo.

○ AAIM (Aircraft Autonomous Integrity Monitoring)

A diferencia del sistema RAIM, el AAIM integra además otros sensores que están dentro de la aeronave, tales como el sistema de navegación inercial (INS) que puedan dotar de integridad a los datos de GNSS cuando el sistema RAIM no está disponible.

El AAIM utiliza la redundancia de la posición estimada a través de múltiples sensores, incluyendo GNSS, para dotar al sistema de una integridad equivalente a la de un sistema RAIM.

El INS no es tan preciso como la navegación por satélite, aunque su posición pueda no ser exacta, sí que es cercana a la real.

Integrar GNSS con Sensores de Navegación Inercial es una técnica comúnmente usada. Los sensores inerciales consisten en acelerómetros y giróscopos. Estos elementos pueden ofrecer información sobre la posición, velocidad y actitud del avión mediante el procesado de medidas de aceleraciones y velocidades de giro angulares, con respecto a una de referencia.



En general, la solución GNSS por sí misma ofrece una precisión a corto plazo pobre, pero a largo plazo esta precisión mejora ostensiblemente debido a las actualizaciones continuas del sistema de información, mientras que el INS por sí mismo tiene una mala precisión a largo plazo ya que los errores del INS aumentan progresivamente hasta llegar al punto de que no pueden obtener por sí mismo la solución.

Los beneficios de usar el GNSS e INS simultáneamente son:

- Los sistemas integrados son más precisos.
- Información adicional provista por los sensores incrementan la confianza de soluciones debido a la redundancia
- Las salidas del sistema integrado pueden ser más rápidas que las del GNSS debido al mayor ratio de soluciones del INS
- El sistema resultante estará disponible incluso en zonas sin cobertura GNSS. El tiempo de disponibilidad dependerá de la calidad del INS.
- A veces, la solución de navegación es válida a pesar de haber sido elaborada con menos de cuatro satélites en línea de vista.

El inconveniente principal de este sistema es el elevado coste que éste presupone.

o Modelos Dinámicos (ADM)

Aparte del INS, el uso de modelos dinámico para la aeronave se ha considerado para su uso en los sistemas de navegación. Se ha investigado la viabilidad de usar modelos matemáticos sobre el comportamiento aerodinámico de la aeronave para apoyar los sistemas de posicionamiento basados en GNSS.

Una de las ventajas más notables de esta técnica es que está basada en un sistema de software donde los únicos componentes de hardware necesarios son sensores para medir las entradas de control en base a las cuales el sistema dinámico calculo posición, velocidad y actitud de la nave.

Además, esta técnica está basada en las propiedades aerodinámicas de la aeronave, conocidas y de una naturaleza diferente a la señal de posicionamiento, lo que crea un sistema de mayor confianza y aumenta su robustez, como ocurría en el sistema anteriormente descrito.

El ADM consiste en un par de ecuaciones diferenciales no lineales ordinarias a través de las cuales se puede realizar una estimación de las fuerzas y momentos aerodinámicos. Estas ecuaciones son función de coeficientes aerodinámicos adimensionales, las deflexiones de la superficie de control y el estado de la aeronave.

Las dos causas principales de un error de navegación en ADM son la suposición de que no hay viento y por tanto obviar el valor del mismo y los errores existentes en los coeficientes del ADM. Si se integrase, el INS podría estimar una constante de velocidad de viento y los errores de los coeficientes del ADM, al igual que el ADM puede estimar los errores del INS, como la deriva del giróscopo o el margen de error del acelerómetro. Otra desventaja del ADM son las incertidumbres y cómo medir las entradas de control del piloto. Y la última de las desventajas es que, al necesitar coeficientes aerodinámicos y las deflexiones de la superficie de control, el diseño del ADM será para un único modelo de avión en particular.

➤ SBAS:

El sistema de Aumentación Basado en Satélite es un sistema de amplia cobertura, pro el cual el usuario recibe información de aumentación transmitida desde un satélite. El SBAS complementa las constelaciones principales de satélites (GPS, GLONASS...) aumentando la exactitud, integridad, continuidad y disponibilidad para la navegación, suministradas dentro de un área de servicio que ordinariamente abarca múltiples aeródromos a través de los satélites geostacionarios.

Los sistemas SBAS fueron diseñados en un principio para dar una mayor precisión a la navegación aérea. Sin embargo, cada vez se está generalizando más su uso en otro tipo de actividades que requieren de un uso sensible de la señal GPS.

Los objetivos de los sistemas SBAS son:

- Incrementar la integridad del sistema para cumplir con los requisitos de un sistema de navegación único. Los estándares civiles necesitan el aviso de fallo del sistema en menos de 30 segundo cuando se está en ruta, menos de 10 segundos en una aproximación de no precisión y menos de 6 segundos en una aproximación de precisión. El GPS mientras tanto es incapaz de ofrecer a día de hoy estos tiempos, pudiendo tardar hasta 2 horas para notificar del error al usuario.
- Incrementar la exactitud del sistema GPS para cumplir con los requisitos de un medio único de navegación para aproximaciones de precisión. Sin aumentación, los sistemas GPS-GLONASS solo servirían para aproximaciones de no-precisión.
- Incrementar la disponibilidad del sistema para cumplir con los requisitos de un medio de navegación único. Actualmente la disponibilidad del GPS varía entre el 95% y el 98%. Como consecuencia, se requiere la confirmación de la disponibilidad de los satélites a lo largo de la ruta del GPS previa a cada vuelo en el que se desee utilizar GPS como medio de navegación primario. Esto es debido a que, previamente al SBAS, era necesario dedicar un satélite en línea de visión para la única función de supervisión de la integridad.

Por otro lado, las funciones del SBAS son las siguientes:

- Telemetría: Ofrece una señal adicional de pseudodistancia con indicador de exactitud a partir de un satélite SBAS.
- Estado de los satélites GNSS: En todo momento se ha de determinar y transmitir el estado de funcionalidad de los satélites GNSS.
- Correcciones diferenciales básicas: Correcciones de efemérides y de reloj de los satélites.
- Correcciones diferencias precisas: Basadas para determinar y transmitir correcciones ionosféricas.

Las ventajas del SBAS son las siguientes:

- Provee una guía tridimensional para aproximaciones de precisión a las aeronaves dentro del área de servicio. Este método de operación del SBAS mejora sustancialmente los instrumentos bidimensionales de navegación existentes.



- Proporciona una precisión mucho mayor a la ofrecida por el sistema GPS únicamente (5m verticalmente, 2m horizontalmente) y disponibilidad para aproximaciones de Categoría I, además de integridad suficiente para la seguridad del sistema GPS.
- Reduce el número de piezas de equipos a bordo de la aeronave, siendo necesario únicamente un pequeño receptor montado en cabina y una antena
- Elimina los costes asociados en el mantenimiento de los instrumentos de navegación más antiguos con base terrestre (NDB-ADF, VOR, DME...)
- Permite reducir los estándares que gobiernan la separación entre aeronaves en vuelo, permitiendo alojar un mayor número de ellas en un espacio dado, sin aumentar por ello el riesgo.
- Reduce las posibilidades de accidentes contra tierra en aproximaciones.
- Conclusión de todo esto, al poder efectuar vuelos más directos, se ahorra combustible y a su vez se realizan aproximaciones más seguras.

Combinado con las operaciones terminales RNAV, el SBAS puede soportar las operaciones en ruta, permitiendo a los estados reorganizar su espacio aéreo de forma más eficiente en caso de que sea necesaria una mayor disponibilidad del mismo en una zona concreta. Sin embargo, como se ha mencionado anteriormente, la responsabilidad de la organización del espacio aéreo recae en el Estado, por lo que éste es quien debe tomar la decisión final.

Los sistemas SBAS más conocidos y ya nombrados previamente son WAAS, EGNOS y MSAS (Actualmente operativos) y en desarrollo se encontrarían GAGAN, SNAS y el proyecto latinoamericano SACCSA.

#### ➤ GBAS

En este sistema la información en cuanto a aumentación recibida por el usuario proviene directamente de un transmisor terrestre.

El GBAS complementa las constelaciones principales de satélites, mejorando así los requisitos de precisión, integridad, continuidad y disponibilidad para la navegación, suministradas dentro de un área de servicio local.

Las funciones de GBAS son las siguientes:

- Proporcionar correcciones locales de pseudodistancia
- Proporciona datos relativos al GBAS
- Proporciona datos del tramo de la aproximación final
- Proporciona vigilancia de la integridad de las fuentes telemétricas GNSS.
- Proporciona datos pronosticados de disponibilidad de fuente telemétrica.

El sistema de aumentación basado en Tierra es un sistema previsto para ofrecer un sistema de aproximación de precisión y un servicio de posicionamiento. GBAS apoyará operaciones de Categoría I aunque el sistema puede soportar operaciones de aproximaciones de Categoría II y III. Una estación terrestre en un aeropuerto emite correcciones locales relevantes, parámetros de integridad y datos para la aproximación del avión en área terminal.

Una única instalación del GBAS usualmente ofrece correcciones válidas para múltiples pistas en un único aeropuerto, teniendo en ocasiones un alcance que permite a aeropuertos y helipuertos cercanos hacer uso de esta información también.



La infraestructura de GBAS incluye equipamiento electrónico, que puede instalarse en cualquier edificio disponible del aeropuerto, y antenas para emitir los datos y recibir la señal del satélite. La posición de la antena es independiente de la configuración de la pista, no obstante, será necesario mostrar especial cuidado de las emisiones de la zona y de las fuentes de emisiones para así evitar cualquier tipo de interferencia, bloqueo de la señal o efecto multicamino.

La complejidad y redundancia de la estación terrestre de GBAS depende del servicio que ofrezca. Hay 3 configuraciones posibles:

- Una configuración que apoya a operaciones de Categoría I.
- Una configuración que apoya operaciones de aproximación de Categoría I y también emite los parámetros adicionales de error de las efemérides
- Una configuración que soporta tanto las aproximaciones de precisión de Categoría I como el servicio de posicionamiento GBAS, también emitiendo los parámetros adicionales de error de las efemérides.

La primera característica distintiva entre las diferentes configuraciones del sistema terrestre de GBAS es si se emiten o no los errores de posición de las efemérides. Esta característica es necesario en caso de que vaya a ser utilizado como sistema de posicionamiento, pero solamente es recomendable en caso de utilizarse como servicio de aproximación de precisión de Categoría I. Si estos parámetros no son emitidos, el subsistema terrestre tiene la responsabilidad de asegurar la integridad de las efemérides independientemente de los cálculos de la aeronave y sin utilizar los parámetros de error de posicionamiento de las efemérides. Ofrecer dichos parámetros permite aumentar la flexibilidad en la localización y arquitectura del sistema terrestre.

El coste y la flexibilidad de GBAS serán de gran interés para los aeropuertos ya que así les permitirá integrar un equipo electrónico certificado de guiado para aproximaciones de precisión, resultando en unos beneficios económicos y de seguridad importantes.

El principio de funcionamiento del sistema GBAS está fundamentado en la facilidad de éste para monitorizar las señales GPS y/o GLONASS de un aeródromo. En dicho aeropuerto se encuentra posicionado una estación que emite localmente correcciones, parámetros de integridad y datos de aproximación a las aeronaves en el área terminal. Si hay un servicio SBAS disponibles, GBAS puede ofrecer también correcciones a la señal SBAS.

El rango de la instalación es de 37 kilómetros en el área de aproximación cuando se está dando soporte a operaciones de categoría I.

Los receptores GBAS se han desarrollado como copia del ILS, en términos de la integración del sistema en la aeronave, con el objetivo de minimizar el impacto de la instalación de GBAS en la aviónica existente.

➤ GRAS:

GRAS es una mezcla entre los conceptos de SBAS y GBAS con la intención de mejorar las capacidades de GNSS para dar soporte a las necesidades de navegación civiles. Fue conceptualmente desarrollado, pero nunca puesto en funcionamiento debido a su complejidad y a las ventajas de otros sistemas de aumentación.





El concepto se basaba en estaciones de referencia terrestres instaladas a lo largo de una gran área en posiciones conocidas con mucha precisión que transmitieran la señal recibida a una estación maestra capaz de procesar toda la información y generar las correcciones para los errores de cada información de pseudodistancia recibida desde los satélites.

La estación central sería la encargada de enviar las correcciones a estaciones VHF localizadas a lo ancho del área de interés que emitirían las correcciones de acuerdo con los satélites en línea de vista en el área de cobertura de cada estación VHF.

Las aproximaciones guiadas con GRAS podrían ser beneficiosas cuando algún satélite GEO no se encuentre disponible o cuando sea demasiado caro emitir los datos SBAS.

## 6.2 EGNOS, el sistema de Aumentación basado en satélites (SBAS) europeo.

Una vez introducidos todos los sistemas de aumentación existentes a día de hoy y su importancia en el sector, se valorará cada una de las alternativas para lograr mejoras en los requisitos estimados por el PBN. Por tanto, la mejor solución nos la va a dar el sistema SBAS para el aeropuerto de Valencia, ya que, por su localización, tiene la posibilidad de contar con el sistema EGNOS desarrollado en Europa.

### 6.2.1 Aspectos generales.

EGNOS, el Servicio de Aumentación Geostacionario Europeo para la Navegación (European Geostationary Navigation Overlay Service) es la primera empresa de Europa en la navegación por satélite. Fue desarrollado por la Agencia Espacial Europea (ESA) en virtud de un acuerdo entre Comisión Europea (CE) y la Organización Europea para la Seguridad de la Navegación Aérea (EUROCONTROL). Es el precursor de Galileo, el sistema mundial de navegación por satélite desarrollado por la Unión Europea.

Varios proveedores de servicios de tránsito están apoyando el programa de desarrollo con sus propias inversiones. En abril de 2009, la propiedad de los activos de EGNOS se ha transferido de la Agencia Espacial Europea a la Comisión Europea que en la actualidad gestiona y financia la entrada de EGNOS en la fase de Prestación de Servicios.

EGNOS es el satélite europeo SBAS que complementa al GPS. Se difunden, en la frecuencia GPS L1, las señales de integridad en tiempo real, proporcionando información sobre la salud de la constelación GPS. Además, los datos de corrección mejoran la precisión de los actuales servicios de GPS de aproximadamente 10m hasta unos 2 metros. Las mejoras en la precisión las encontramos fundamentalmente en el retardo debido a la propagación en la ionosfera (Que pasa de 2 metros a 0.3 metros de precisión) y la precisión de los satélites (Tanto de reloj como de variaciones de órbita, que pasa de 1 metro a 0.5 metros).



	GPS	GPS + SBAS
- Ionospheric propagation delay (IPD)	2 m	0,3 m
- Dilution of position (horizontal)	1,1 m	1,1 m
- Satellite clock errors	1 m	0,5 m
- Satellite orbital variations		
- Multipath	0,2 m	0,2 m
- Tropospheric propagation delay	0,25 m	0,25 m
- Receiver noise	0,5 m	0,5 m

Figura 12: Mejoras en la precisión de GPS a GPS+EGNOS.

El área de servicio de EGNOS cubre todos los espacios europeos e incluso puede extenderse a algunos países vecinos de la UE y África del Norte. El área de cobertura es mucho mayor, incluyendo los países de Europa del Este, Rusia y gran parte de Brasil. EGNOS es el primer elemento de la UE de navegación por satélite, siendo el primer peldaño que espera completarse con Galileo, el propio sistema global europeo de navegación por satélite en el futuro.

La constelación de EGNOS consta de 3 satélites geostacionarios que se utilizan para transmitir la señal EGNOS. EGNOS mejora la precisión de GPS, proporcionando una precisión de posicionamiento inferior a 3 metros, 5 veces menor a la ofrecida por GPS sin EGNOS. Al estar basado en GPS, la señal de EGNOS no requiere grandes cambios en los receptores.

EGNOS también proporciona la verificación de la integridad del sistema, que se refiere a la confianza que se puede colocar en la exactitud de la información de ubicación proporcionada por el sistema de navegación. Además, proporciona alertas oportunas cuando el sistema o sus datos no deben ser utilizados por la navegación. La integridad es una función que satisface las demandas de aplicaciones de seguridad crítica en sectores como el aéreo y marítimo, donde la vida podría estar en peligro si las señales de localización no son correctas.

El sistema comenzó a operar (initial operation phase) en julio de 2005 mostrando unas prestaciones excelentes en términos de precisión de disponibilidad. El inicio oficial de operaciones fue anunciado por la CE para el 1 de octubre de 2009. El sistema fue cualificado para su uso en aplicaciones de seguridad (Safety of Live (SoL) en el año 2011 por la Agencia de supervisión GNSS.

El sistema EGNOS está compuesto por 36 estaciones de referencia y de supervisión de integridad (RIMS) desplegadas para supervisar los satélites de las constelaciones GNSS en 19 países y una específica para el tiempo UTC. Cada satélite ha de ser supervisado por varias estaciones RIMS antes de que se generen las correcciones y los mensajes de integridad.

Existen cuatro Centros de Control de Misión (MCC), que procesan los datos de las RIMS para generar las correcciones WAS (Wide Area Differential) y mensajes de integridad para cada satélite. De los 4 MCC, sólo uno de ellos está operativo, el resto se pondrían en funcionamiento en caso de problemas en el primero.

Las estaciones terrestres de navegación (Navigation Land Earth Stations, NLES) proporcionan los mensajes de corrección e integridad desde el MCC a los satélites geoestacionarios, encargados de radiar finalmente la señal SBAS a los usuarios finales. El sistema desplegará dos NLES (una principal y una de reserva), y una tercera NLES con fines de pruebas y validación. Existen 6 NLES en la actualidad.

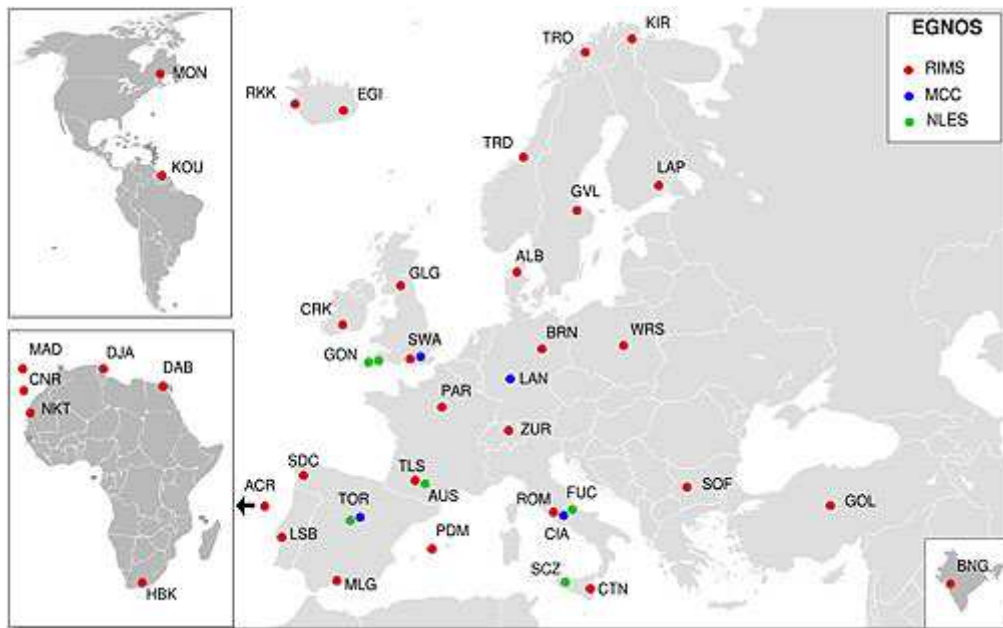


Figura 13: Situación actual de las estaciones EGNOS.

Actualmente EGNOS dispone de 3 servicios diferenciados:

➤ Open Service

Este servicio se proporciona libre de cargo sin ningún tipo de garantía o responsabilidad resultante, abierto para su uso a cualquier persona que disponga de un receptor EGNOS habilitado para la navegación por satélite. Fue lanzado el 1 de octubre de 2009.

El objetivo principal del Servicio Abierto de EGNOS es mejorar la exactitud de posicionamiento alcanzable gracias a la corrección de varias de las fuentes que afectan a las señales GPS.

El rendimiento mínimo se alcanza con un equipo receptor compatible con las especificaciones de RTCA MOPS DO229 clase 3. También en un entorno de cielo despejado sin obstáculos de enmascaramiento y la visibilidad de los satélites superior a 5° por encima del plano horizontal local.

La precisión que otorga este servicio es cercana a 1 metro.

➤ SoL (Safety of Live):

Este servicio permite el uso de EGNOS para el guiado de aeronaves durante la fase crítica de aproximación a tierra, de acuerdo con el reglamento CE del cielo único Europeo.

El objetivo principal del servicio SoL de EGNOS es apoyar las operaciones de la aviación civil hasta los mínimos de LPV (Localizer Performance with Vertical Guidance). Este servicio es compatible con los requisitos de la aviación NPA (Non Precision Approach) APV-I (Approach with Vertical Guidance) y LPV-200.

EGNOS proporciona un valioso mensaje de integridad en el que se advierte al usuario de cualquier mal funcionamiento de la señal del GPS dentro de los seis segundos establecidos. Este mensaje de integridad es esencial cuando la navegación por satélite se utiliza para aplicaciones en las que hay vidas en juego.

Este servicio comenzó a funcionar en Marzo del 2011.

### 6.2.2 Estudio de los requisitos de integridad, disponibilidad, continuidad y precisión.

Dado que es este servicio es el que ofrecerá la posibilidad de navegación hasta los mínimos de LPV en fase de aproximación, dicho servicio ha de cumplir todos los requisitos especificados en el Anexo 10 de la OACI referente a los requisitos de la señal en el espacio.

Operaciones ordinarias	Exactitud horizontal 95% (Notas 1 y 3)	Exactitud horizontal 95% (Notas 1 y 3)	Integridad (Nota 2)	Tiempo hasta alerta (Nota 3)	Continuidad (Nota 4)	Disponibilidad (Nota 5)
En ruta	3,7 km (2,0 NM) (Nota 6)	N/A	$1 - 1 \times 10^{-7}/h$	5 min	$1 - 1 \times 10^{-4}/h$ a $1 - 1 \times 10^{-5}/h$	0,99 a 0,99999
En ruta, terminal	0,74 km (0,4 NM)	N/A	$1 - 1 \times 10^{-7}/h$	15 s	$1 - 1 \times 10^{-4}/h$ a $1 - 1 \times 10^{-5}/h$	0,99 a 0,99999
Aproximación inicial, aproximación intermedia, aproximación que no es de precisión (NPA), salida	220 m (720 ft)	N/A	$1 - 1 \times 10^{-7}/h$	10 s	$1 - 1 \times 10^{-4}/h$ a $1 - 1 \times 10^{-5}/h$	0,99 a 0,99999
Aproximación que no es de precisión con guía vertical (APV-I)	16,0 m (52 ft)	20 m (66 ft)	$1 - 2 \times 10^{-7}$ por aproximación	10 s	$1 - 8 \times 10^{-6}$ en 15 s	0,99 a 0,99999
Aproximación que no es de precisión con guía vertical (APV-II)	16,0 m (52 ft)	8,0 m (26 ft)	$1 - 2 \times 10^{-7}$ por aproximación	6 s	$1 - 8 \times 10^{-6}$ en 15 s	0,99 a 0,99999
Aproximación de precisión de Categoría I (Nota 8)	16,0 m (52 ft)	6,0 m a 4,0 m (20 ft a 13 ft) (Nota 7)	$1 - 2 \times 10^{-7}$ por aproximación	6 s	$1 - 8 \times 10^{-6}$ en 15 s	0,99 a 0,99999

Figura 14: Requisitos SIS según la OACI.

Ahora, vemos las prestaciones que nos da el servicio SoL de EGNOS.

**Table 6-2 EGNOS SoL Service performance values**

	Accuracy		Integrity		Continuity	Availability
	Horizontal Accuracy 95%	Vertical Accuracy 95%	Integrity	Time-To-Alert (TTA)		
<b>Performance</b>	3 m	4 m	For NPA service level: $1 - 1 \times 10^{-7}/h$ For APV-I and LPV-200 service levels: $1 - 2 \times 10^{-7}/$ approach	Less than 6 seconds	For NPA service level: $<1 - 1 \times 10^{-3}$ per hour in most of ECAC $<1 - 2.5 \times 10^{-3}$ per hour in other areas of ECAC  For APV-I and LPV-200 service levels: $<1 - 1 \times 10^{-3}$ per 15 seconds in the core ECAC $1 - 5 \times 10^{-4}$ per 15 seconds in most ECAC $1 - 1 \times 10^{-3}$ per 15 seconds in other areas of ECAC	0.999 for NPA service level in all the ECAC 0.99 for APV-I and LPV-200 service levels in most ECAC

Figura 15: Rendimiento mínimo SoL.

Si comparamos los valores de ambas tablas podemos comprobar que el servicio SoL de EGNOS cumple los requisitos necesarios establecidos para la aviación y, con ello, EGNOS es capaz de soportar todo tipo de operaciones de aviación hasta las APV-I.

La integridad es una medida de confianza que puede ser definida como la exactitud de la información suministrada por un sistema determinado. La integridad incluye la capacidad de un sistema para proporcionar advertencias oportunas y válidas para el usuario (alertas) cuando el sistema no deba utilizarse para la operación.

El servicio de integridad de EGNOS debe proteger al usuario de:

- Fallos de los satélites GPS (deriva o pseudodistancias sesgadas) mediante la detección y excluyendo los satélites defectuosos a través de la medición de señales GPS con la red de estaciones de referencia terrestre.
- Transmisión de correcciones diferenciales erróneas. Estas correcciones erróneas pueden ser producto de:
  - Fallos no detectados en el segmento terrestre
  - Procesamiento de datos de referencia dañados por el ruido inducido, por la medición y el proceso algorítmico.

El concepto de integridad SBAS está basado en las siguientes definiciones:

- Riesgo de integridad (Integrity Risk): Probabilidad de que el error de posición sea superior al límite de alerta definido para la operación y el usuario no advierta que está fuera de ésta (Time to Alert)
- Límite de Alerta (Alert Limit): El error de tolerancia no puede exceder sin emitir una alerta. Existe un Límite de Alerta Horizontal (HAL) y un límite de Alerta Vertical (VAL) para cada operación. Estas dos especifican la condición la cual si se sobrepasa se puede dar un fallo de integridad.
- Niveles de protección:
  - El Nivel de Protección Horizontal (HPL) es el radio de un círculo en el plano horizontal, con su centro en la posición verdadera, el cual describe la región que está asegurada para contener la posición horizontal

- indicada. Ésta limita el error de posición horizontal que se deriva del requisito de riesgo de integridad
- El Nivel de Protección Vertical (VPL) es la mitad de la longitud de un segmento en el eje vertical con su centro en la posición verdadera, que describe la región que está asegurada para contener la posición vertical indicada. Esta hace lo propio con el Error de Posición Vertical.
  - Tiempo de Alerta (Time To Alert (TTA)): El tiempo de alerta es el máximo tiempo permitido desde el comienzo en el que el sistema de navegación está fuera de tolerancia hasta que los equipos de los usuarios anuncian la alerta. Es el tiempo máximo asignado para advertir al usuario de un evento que derive en un fallo de integridad.
  - Fuera de tolerancia (Out of tolerance): La salida de la condición de tolerancia se define como un error horizontal que supere el HPL o error vertical exceda el VPL.
    - El error horizontal es denominado HPE (Horizontal Position Error)
    - El error vertical es denominado VPE (Vertical Position Error). Por lo tanto, cuando se está fuera de tolerancia se producen una o ambas de las siguientes circunstancias.  
 $HPE > HPL$ .  
 $VPE > VPL$ .

El concepto de integridad de EGNOS puede resumirse de la siguiente manera:

- El usuario calcula la solución de navegación y sus niveles de protección asociados.
- Los niveles de protección deben ser entendidos como una estimación conservadora del error de posición del usuario. Como no se ha podido medir el error de posición real del usuario, el usuario se basará en esta estimación conservadora del error real para determinar la integridad del sistema.
- A continuación, los niveles de protección calculados se comparan a los límites de alertas definidos para la operación, y si los niveles de protección son más grandes que los límites de alertas correspondientes, el sistema deja de estar disponible. Por el contrario, si los niveles de protección calculados son más pequeños que los límites alerta definidos para la operación, el sistema es declarado disponible estando garantizada la seguridad de la operación.

La siguiente ilustración pretenderá explicar estos conceptos de una forma más clara:

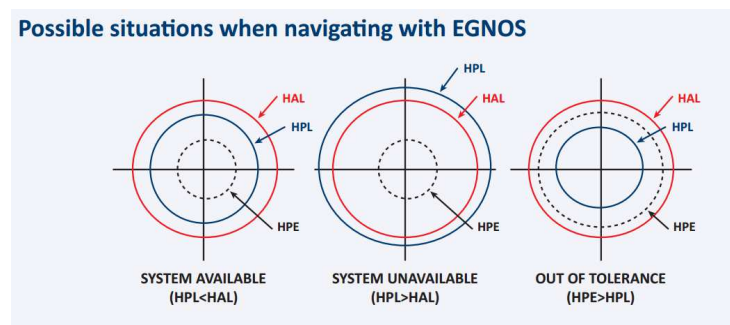


Figura 16: Situaciones que pueden ocurrir durante el uso de EGNOS.

En la primera situación (derecha, donde  $HAL > HPL > HPE$ ) el sistema está funcionando correctamente, EGNOS proporciona un enlazado correcto al error de posición y está garantizada la seguridad del usuario. El segundo caso, nos da una situación de alerta, en la cual EGNOS nos alertará de que el sistema no está disponible debido a que  $HPL > HAL$ . Por último, en el tercer caso, el error no está correctamente enlazado por EGNOS ( $HPE > HPL$ ) y las cuestiones de seguridad podrían verse no cubiertas si el error es mayor que los límites de alerta prefijada para dicha operación. La probabilidad de que esta situación suceda es mínima por diseño, permitiendo a EGNOS satisfacer los requisitos de integridad APV-I y las operaciones de ANP.

La información de integridad es proporcionada por EGNOS cuando se emiten los siguientes indicadores.

- La varianza ( $\sigma_{UDRE}$ ) describe el User Differential Range Error para cada distancia medida después de la aplicación de las correcciones rápida y lentas y excluyendo los errores de los efectos atmosféricos y del receptor.
- La varianza ( $\sigma_{UIRE}$ ) describe el User Ionospheric Range Error para cada medición de distancia después de aplicar las correcciones ionosféricas. Esta varianza es determinada de la varianza ( $\sigma_{GIVE}$ ) de un modelo ionosférico basado en la emisión de GIVE (Grid Ionospheric Vertical Error)

De acuerdo con los valores de los requisitos y lo de funcionamiento de EGNOS, en todas las zonas en las que EGNOS se encuentre disponible cumplirá con la precisión e integridad definidas por la OACI.

En términos de disponibilidad, las siguientes ilustraciones muestran la mínima disponibilidad que se puede esperar del servicio SoL de EGNOS para NPAs y APV-I respectivamente.

La disponibilidad NPA de EGNOS se define como el porcentaje de muestras en las que el Nivel de Protección Horizontal (HPL) está por debajo del límite de alerta NPA (HPL por debajo de 556 metros) durante todo el período. (Imagen 17).

La disponibilidad APV-I de EGNOS se define como el porcentaje de muestras en las que el Nivel de Protección está por debajo del Límite de Alerta para el servicio APV-I en todo el período, estableciendo como parámetros de  $HPL < 40m$  y  $VPL < 50m$ . (Imagen 18).

La disponibilidad LPV-200 de EGNOS se define como el porcentaje de muestras en las que el Nivel de Protección está por debajo del Límite de Alerta para el servicio LPV-200 en todo el período, estableciendo como parámetros de  $HPL < 40 m$  y de  $VPL$  variable, estando este valor siempre por debajo de entre 35 m a 10 m (Dependiendo del aeropuerto). (Imagen 19).

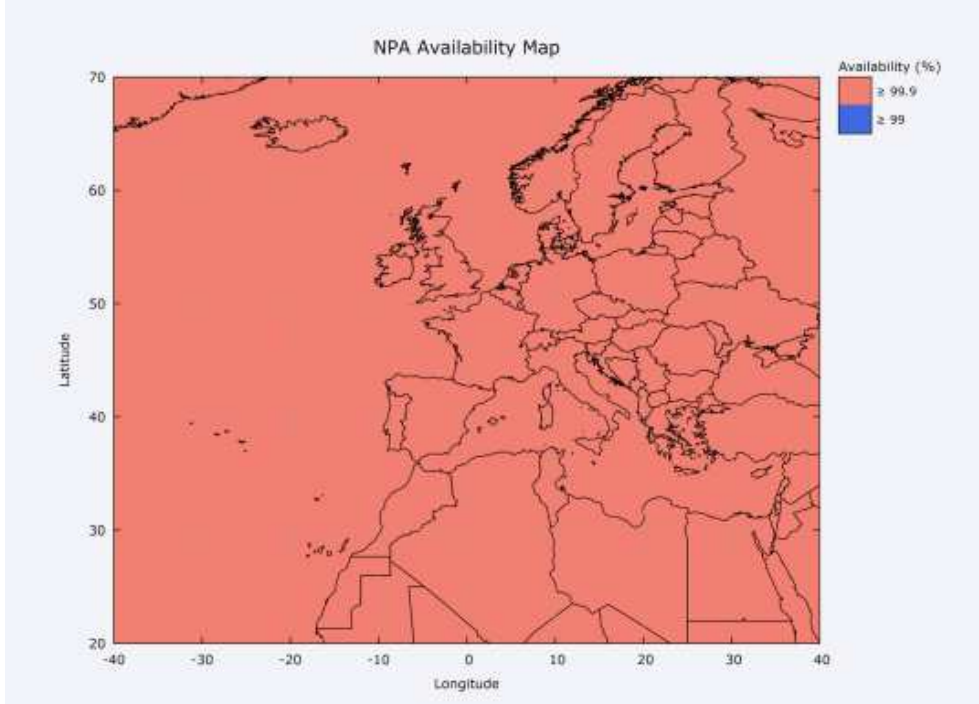


Figura 17: Disponibilidad EGNOS para NPA.

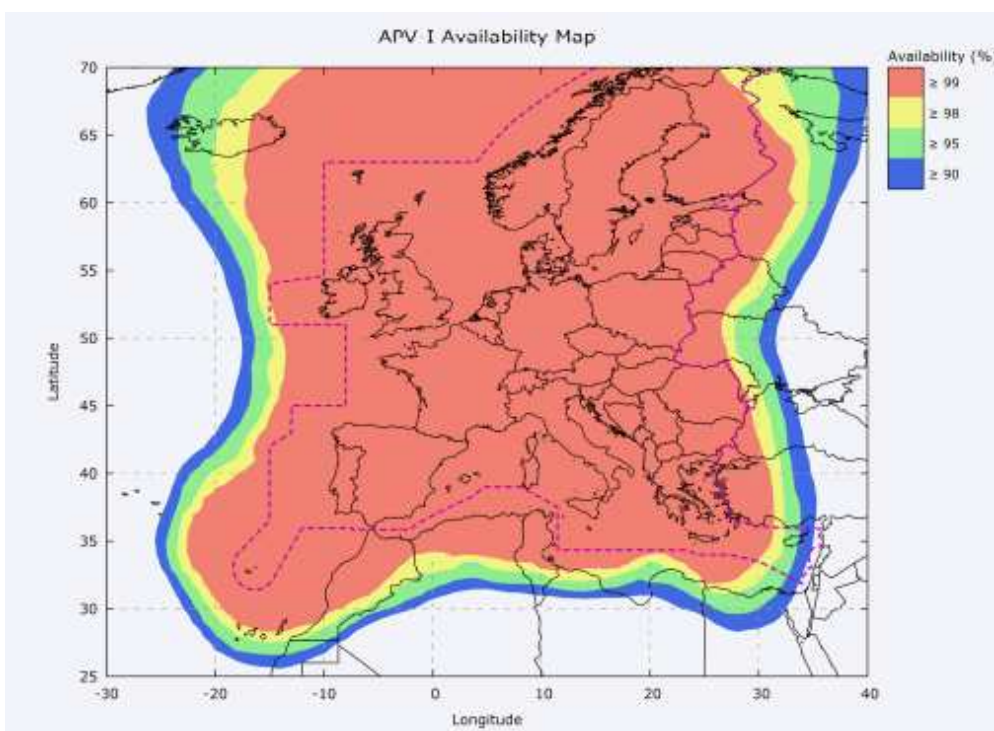


Figura 18: Disponibilidad EGNOS para APV-I.



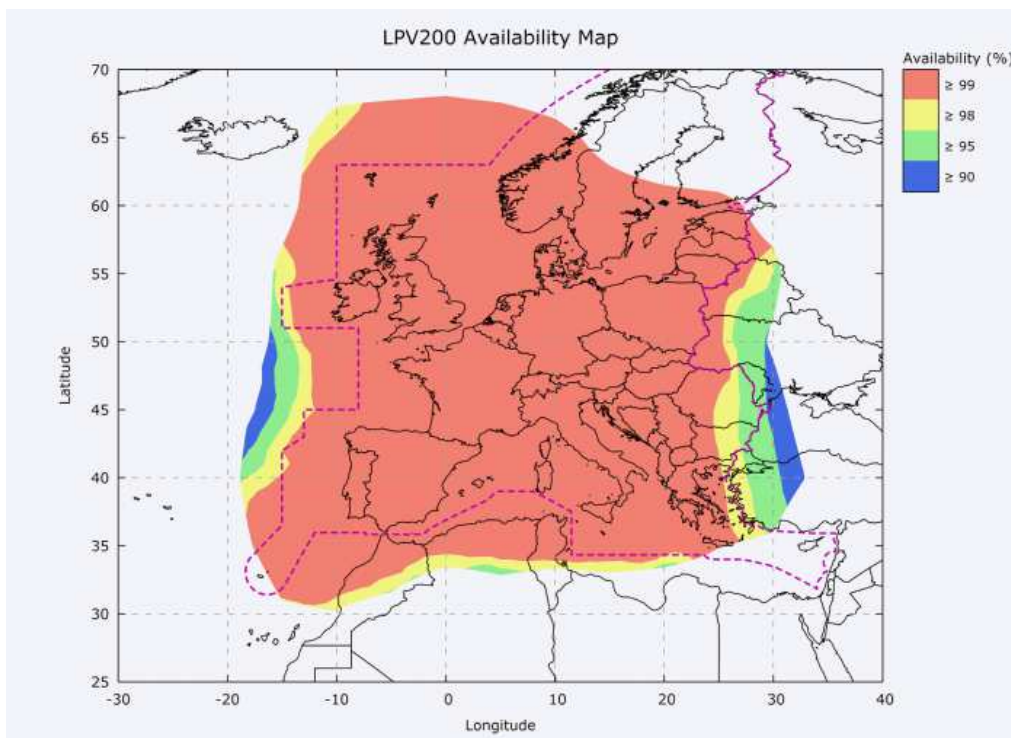


Figura 19: Disponibilidad EGNOS para LPV200.

Ahora, comprobaremos la misma situación hablando en términos de continuidad, tanto para NPA como para APV-I y LPV-200. (Imágenes 20, 21 y 22)

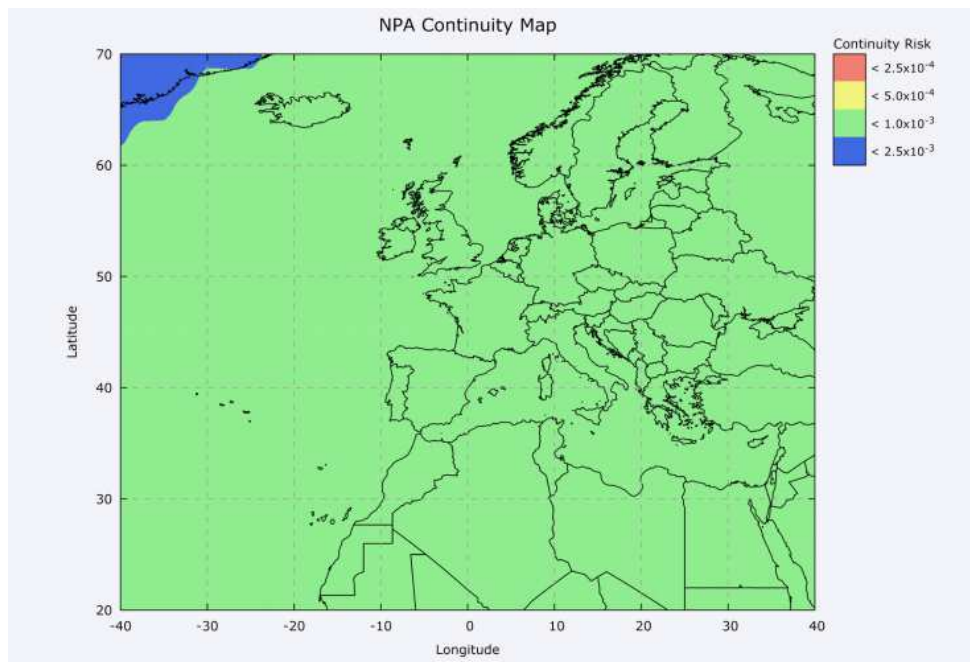


Figura 20: Continuidad EGNOS para NPA.

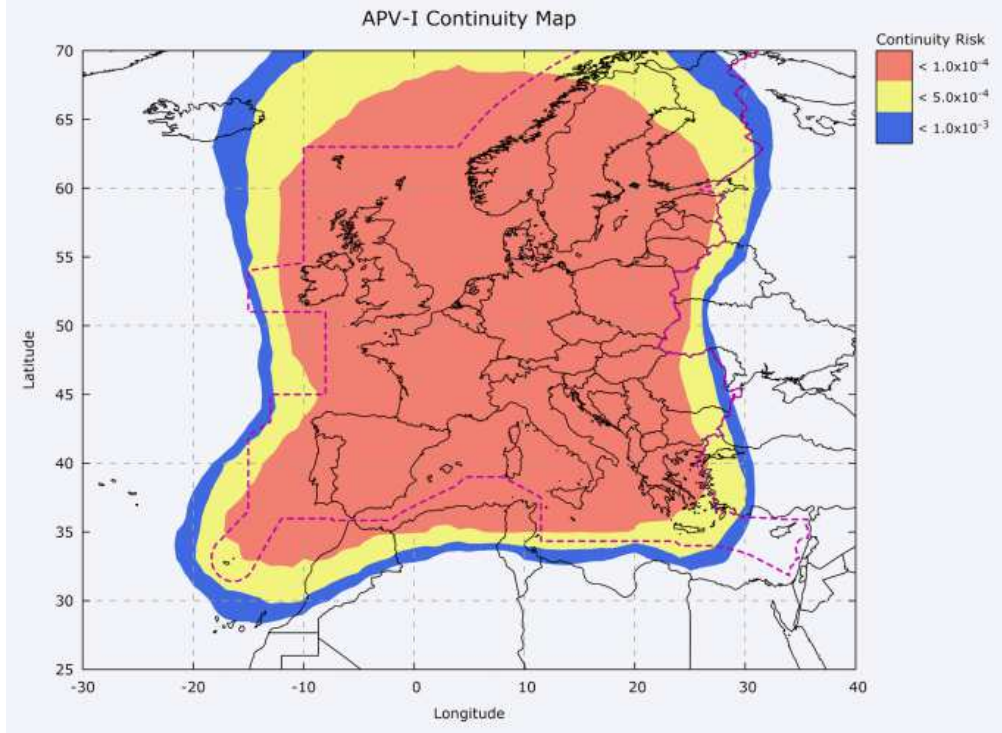


Figura 21: Continuidad EGNOS para APV-I.

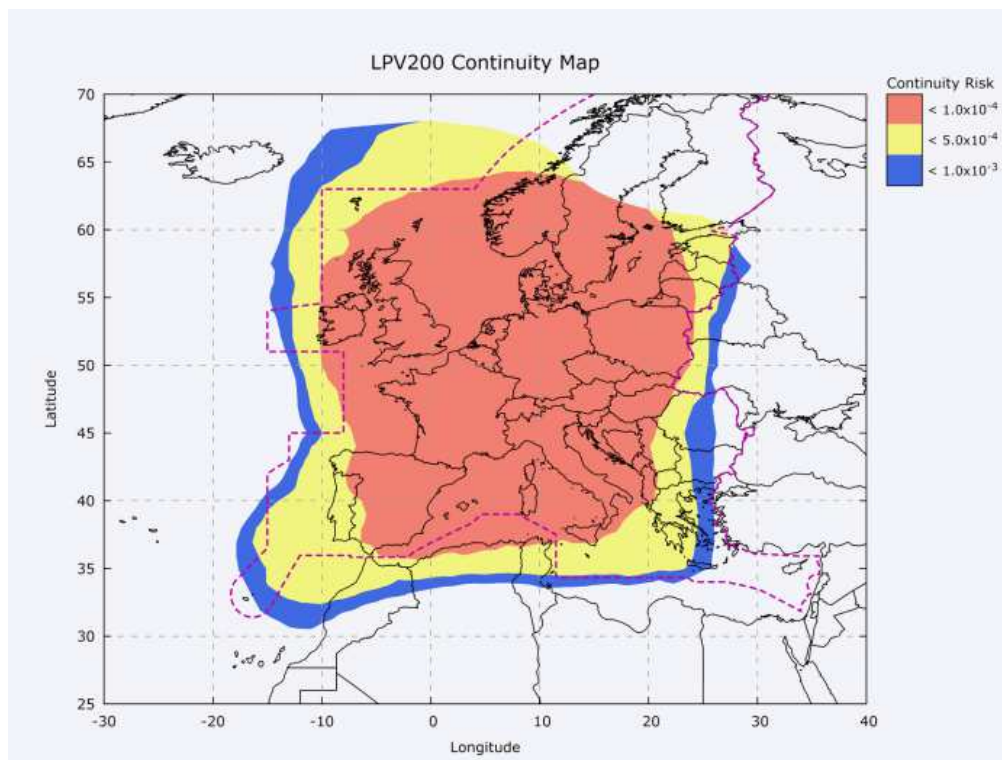


Figura 22: Continuidad EGNOS para LPV-200.

Tal y como se puede apreciar, la continuidad se cumple en prácticamente toda Europa para tanto NPA como APV-I ( $1 \times 10^{-4}$ /h). Sin embargo, en el caso de la LPV-200, hay zonas que asumen un riesgo superior a  $1 \times 10^{-3}$  para 15 segundos. Ya que el mínimo establecido por la OACI para la fase de aproximación de Categoría 1 es de  $8 \times 10^{-6}$  por 15 segundos, no cumple con estos requisitos. Sin embargo, estos valores se han considerado válidos para poder así comenzar a usar EGNOS en aviación civil. Sin duda, las SARP de la OACI incluyen material interpretativo indicando que cuando la condición de continuidad no es alcanzada por un sistema dado, es todavía posible permitir aproximaciones basadas en el propio sistema utilizado. En este caso, las autoridades de navegación local definirán, si fuese necesario, medidas para mitigar los riesgos de carácter operacional.

➤ CDDS (Commercial Data Distribution Service):

EGNOS ofrece también un servicio terrestre de datos comerciales denominado Servicio de acceso de datos EGNOS (EDAS). EDAS difunde datos de EGNOS en tiempo real y es el único punto de acceso de los datos recogidos y generados por la infraestructura de EGNOS.

El sistema proporciona los siguientes servicios:

- Transmisión de los mensajes EGNOS a través de RDS (Radio Data System) y DAB (Digital Audio Broadcast).
- Transmisión de datos EGNOS utilizando el estándar RTCM SC 104 (directamente utilizable por los receptores DGPS marítimos).
- Transmisión en tiempo real de información del rendimiento del sistema EGNOS.
- Acceso a los datos sin procesar de la red de receptores RIMS.

Servicio experimental desde el 2008, y disponible desde 2012. Precisión inferior a 1 metro.

### 6.2.3. EGNOS en la actualidad

Las ventajas que ofrece EGNOS en lo referente a los requisitos de continuidad, disponibilidad y precisión, además de su bajo coste de mantenimiento son factores fundamentales por las que cada vez más y más aeropuertos estén interesados en contar con un sistema capaz de desarrollar esta potente tecnología. Un gran número de aeropuertos del centro de Europa cuentan ya con este sistema implantado y aprovechándose de todos los beneficios que ofrece.

Actualmente, España cuenta ya con 2 aeropuertos que han integrado satisfactoriamente este sistema en sus aeropuertos: Santander y Almería (este último comenzó a operar para la pista 25 en Febrero de 2017, y para la pista 07 el 25 de Mayo de 2017). Está prevista la integración del sistema EGNOS en el aeropuerto de Valencia para finales del año 2017, y para la mayor parte de los aeropuertos del territorio nacional se espera dicha integración para los próximos 3-4 años (2017-2020). Este proceso ha sido algo más lento en España debido a que, en un principio, EGNOS pretendía cubrir el centro de Europa para luego extenderse por toda ella, y así como se puede observar en los gráficos anteriores en lo que concierne a requisitos de continuidad y disponibilidad, España no llegaba a cumplirlos en todas sus regiones tal y como estipula la OACI debido a su emplazamiento geográfico.

Tras el desarrollo de EGNOS, a día de hoy sí se cubren para España dichos requisitos a los que anteriormente no se alcanzaban, y es uno de los motivos por los que actualmente hay un gran interés por parte de todos los aeropuertos de contar con la integración de EGNOS.

En la siguiente figura se visualizan los aeropuertos a nivel internacional que, a día de hoy, cuentan con este servicio, representados en verde. En amarillo aparecerán los aeropuertos en los que está prevista su integración.



Figura 23: Aeropuertos en los que se ha integrado EGNOS y aeropuertos en los que se planea su integración.

Y ahora, haremos zoom en España. Los aeropuertos que integrarán EGNOS en 2017 serán el aeropuerto de Valencia y el aeropuerto de Vigo, que lo harán a finales del mismo.



Figura 24: Situación actual de la integración EGNOS en los aeropuertos de España.



### 6.3 Proceso de procedimientos de vuelo instrumental.

Un procedimiento de vuelo instrumental (IFR) es un componente fundamental del sistema de aviación. Estos procedimientos deben asegurar un alto nivel de calidad y seguridad para sus usuarios, los profesionales de la aviación y las operaciones. Cada día miles de procedimientos de vuelo son operados.

Debido al alto número de operaciones IFR publicadas y operativas en cada país es imprescindible un sistema de calidad encargado de mantener el alto nivel de calidad y confianza que poseen.

La seguridad operacional no sólo se logra mediante la aplicación de los criterios técnicos de los PANS-OPS y las disposiciones conexas de la OACI, sino que también necesita medidas que controlen la calidad del proceso hecho para su posterior aplicación, incluyendo reglamentación, supervisión del tránsito aéreo y validación en tierra y vuelo. Estas medidas asegurarán la calidad y seguridad operacional del producto del procedimiento de diseño mediante un examen, verificación, coordinación y validación en los puntos apropiados del proceso, de modo que durante el proceso puedan realizarse correcciones desde el primer momento.

El proceso de los procedimientos de vuelo por instrumentos (IFP) comprende la adquisición de los datos y el diseño y promulgación de los procedimientos. Este proceso comienza con la compilación y verificación de mucha información y termina con la validación en tierra o en vuelo del producto terminado y la documentación para la publicación

La validación es el paso final de garantía de calidad necesario en el IFP, antes de la publicación. Su finalidad es la verificación de todos los datos sobre obstáculos y navegación, y la evaluación de la posibilidad de aplicar en la práctica el procedimiento de vuelo. La validación consiste normalmente en la validación en tierra (se realiza SIEMPRE) y la validación en vuelo. Esta última sólo será prescindible cuando todos los datos sobre los obstáculos y la navegación considerados en el diseño de procedimientos son precisos y completos, y obviamente, todos los factores considerados en la validación de vuelo también lo son.

La OACI produce varias herramientas para automatizar porciones básicas de los criterios de diseño de procedimientos en que las consecuencias del error son particularmente importantes para la seguridad operacional.

Cada autoridad estatal correspondiente a los asuntos de aviación civil es la responsable final de todos los procedimientos instrumentales IFR publicados en su territorio. Se deberán tomar medidas así mismo para asegurar la calidad y fiabilidad de dichos procedimientos, pudiendo éstos delegarse a terceras partes o realizarse por la autoridad correspondiente. En España el diseño de procedimientos debe ser aprobado por el comité de CIDEFO que incluye al ministerio de fomento y defensa. El inconveniente para el desarrollo de procedimientos innovadores viene determinado por la imposición de que únicamente pueden presentar propuestas ante dicho comité los militares y los proveedores civiles de servicios de navegación aérea certificados (ANSP), siendo en España ENAIRE la única proveedora de servicios.

El Doc 9906 de la OACI “Manual de garantía de calidad para el diseño de procedimientos de vuelo” muestra el proceso de desarrollo de un IFP, paso por paso desde la recogida de información hasta la validación final. En este diagrama se puede ver mejor paso por paso todos los subprocesos de los que se compone:

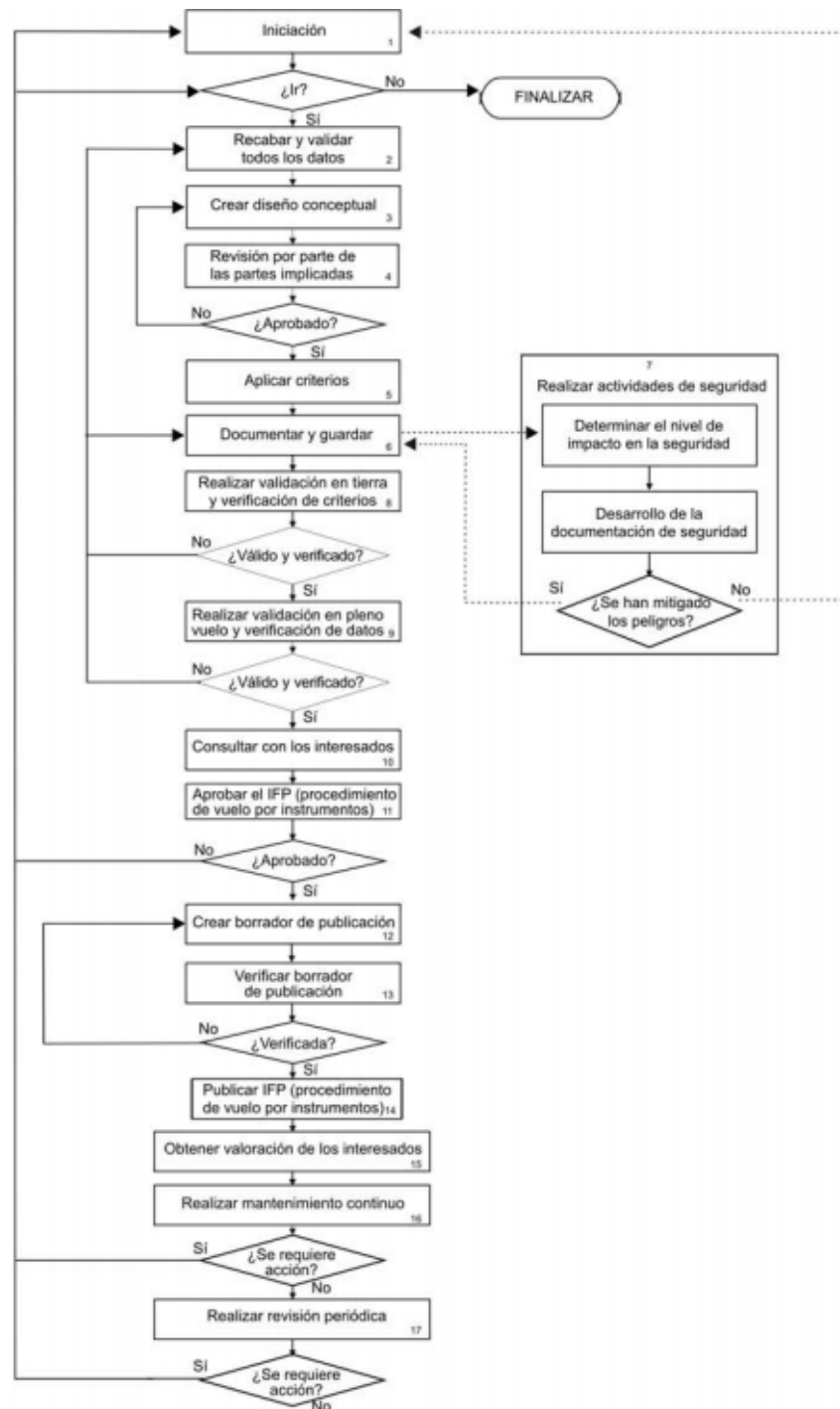


Figura 25: Diagrama de proceso de un IFP.



---

### **Paso 1. Iniciación:**

Se pueden dar diversas causas que provoquen la iniciación de un diseño de procedimiento de vuelo:

- La solicitud por parte de un cliente de un nuevo procedimiento o de una modificación de alguno ya existente.
- La revisión de un procedimiento existente.
- Feedback a un proceso existente.

Si el proceso de IFP se inicia por la petición de un cliente, las razones principales para dicha petición deben ser claramente identificadas. Algunos ejemplos pueden ser la mejora de la seguridad producida por un IFP, el aumento de eficacia de la operación, consideraciones ambientales, etc.

### **Paso 2. Recabar y validar todos los datos:**

Una vez el proceso de diseño de un IFP ha sido iniciado y validado, el siguiente paso consiste en obtener la información necesaria para la fase de diseño del IFP.

El diseñador del procedimiento debe asegurarse que los requisitos ATS relacionados con el procedimiento sean dados como dato.

El diseñador debe recoger también dicho datos de fuentes de confianza y validar su precisión, resolución e integridad entre otros aspectos. La calidad de los datos debe ajustarse a lo establecido en los anexos 11 “Servicios del Tránsito Aéreo”, 14 “Aeródromos” y 15 “Servicios de Información Aeronáutica” de la OACI. Los datos y sus parámetros de calidad deben ser incorporados en la documentación del diseño del procedimiento.

Es necesario evaluar como información para el proceso de diseño de procedimientos los siguientes aspectos:

- a) Datos de aeropuerto, ayudas a la navegación, obstáculos y coordenadas y elevación del terreno, basados en estudios verificados y que cumplen los requisitos de calidad de datos de los Anexos 11, 14 y 15 de la OACI.
- b) Datos aeronáuticos: Clasificaciones, Clase A, B, C, D, E, F, G, nombre de la agencia del control, líneas aéreas/rutas aéreas, altitudes de transición de altímetro/niveles de vuelo
- c) Requisitos del usuario: Necesidades del proveedor de servicios de tránsito aéreo y los explotadores que utilizarán el procedimiento.
- d) Infraestructura aeroportuaria, tales como clasificación de pista, iluminación, comunicaciones, señales de pista y disponibilidad de reglaje local del altímetro.
- e) Consideraciones ambientales y todo otro problema potencia relacionado con el procedimiento.



---

### **Paso 3. Creación de un diseño conceptual:**

Una vez se recogen los datos necesarios para el procedimiento se inicia el diseño del mismo.

El diseño conceptual es un trabajo preliminar en el que se traza la estrategia general a seguir a lo largo de todo el proceso. Lo común es que este trabajo lo lleve el diseñador del procedimiento, el cual estará al cargo a lo largo del desarrollo del IFP.

Para esta tarea se deben aplicar los criterios de diseño de procedimientos establecidos en el Doc 8168 de los PANS-OPS de la OACI.

### **Paso 4. Revisión del diseño por parte del cliente:**

En este paso, el diseño conceptual es revisado por el cliente. Debe de llegarse a un acuerdo entre el cliente y el diseñador, en caso contrario el diseñador debe hacer otro modelo conceptual o el cliente reconsiderar sus objetivos.

### **Paso 5. Aplicación de los criterios de diseño:**

Cuando el borrador de diseño es aprobado por las partes implicadas, las actividades de diseño pueden comenzar siempre cumpliendo los criterios de diseño preestablecidos. Se recomienda tener una comunicación fluida entre las partes implicadas para facilitar y acelerar todo el proceso.

Un aspecto que se suele olvidar en este proceso es aplicar los criterios de diseño actualizados. El diseñador debe garantizar que los criterios que están siendo aplicados son los disponibles en la última actualización de la normativa correspondiente publicada, incluyendo las enmiendas y correcciones.

Para los diseños de procedimientos civiles generalmente se utilizan los criterios del Doc 8168 de los PANS-OPS de la OACI, volúmenes I y II.

Existen multitud de métodos de diseño en la actualidad que pueden emplearse a la hora de diseñar un procedimiento. A pesar de que en el pasado únicamente existía el método manual, hoy en día albergan múltiples herramientas electrónicas que pueden facilitar el diseño. Existen tantas herramientas comerciales, las cuales aseguran la validez de los datos, o el usuario puede fabricarse sus propias herramientas electrónicas. En el caso de que sean de fabricación propia, debe llevarse a cabo una tarea de validación previa a su uso. Las instrucciones para dicha tarea se encuentran en el manual correspondiente de la OACI.

### **Paso 6. Documentación:**

La trazabilidad es clave en el diseño de un nuevo IFP. Todas las suposiciones hechas y métodos efectuados en la implementación del IFP quedarán registrados y documentados de manera uniforme y estar disponibles mínimo el tiempo que el IFP esté en uso.

La documentación debe incluir un informe final del diseño del IFP y toda la documentación de soporte generada como por ejemplo las hojas de cálculo, los archivos de dibujos y otros documentos relevantes. Esta documentación debe de estar disponible para las autoridades responsable con el objetivo de poder repetir el procedimiento por sí mismo, bien para validarlo o para posteriores revisiones.





---

### **Paso 7. Actividades seguras:**

En este paso se define el término de “seguridad” como “libre de riesgos inaceptables”. Obviamente, como este es un de los motivos más importantes a la hora de implantar un IFP, el procedimiento resultante debe ser considerado seguro previamente a su uso operacional, una vez los riesgos han sido identificados, evaluados y fijados.

Para la evaluación de la seguridad de un IFP, por la cual una organización debe asegurar que los riesgos asociados con el IFP competo han sido identificados y mitigados con anterioridad a la operación, debe llevarse a cabo un estudio de seguridad. Este estudio de seguridad es el documento que asegura que se ha logrado y se mantiene el nivel de seguridad durante la operación completa. El estudio de seguridad deberá ser aprobado por las correspondientes autoridades.

El estudio de seguridad debería es realizado por un equipo que incluye los principales clientes o usuarios del IFP y no por el diseñador del procedimiento (el cual casi siempre es un participante activo en la creación del documento), pero no suele ser así.

### **Paso 8. Validación en tierra:**

La validación en tierra es un examen de todo el procedimiento de vuelo por instrumentos por una o varias personas capacitadas en diseño de procedimientos y que tienen un conocimiento apropiado de los problemas de validación en vuelo. Debe ser llevada a cabo por un diseñador de procedimientos que no haya participado en el diseño evaluado.

Esta validación tiene como fin la búsqueda de posibles errores en los criterios y la documentación y evaluar en tierra, en la medida posible, aquellos elementos que se evaluarán en una validación en vuelo. Los problemas encontrados en la evaluación en tierra deberían resolverse antes de toda validación en vuelo. La validación en tierra determinará también si es necesaria la validación en vuelo para las modificaciones y enmiendas de los procedimientos publicados previamente.

### **Paso 9. Validación en vuelo:**

La validación en vuelo de los procedimientos de vuelo por instrumentos debería llevarse a cabo como parte de la certificación inicial y debería incluirse también en el programa periódico de garantía de calidad establecido por cada uno de los Estados para garantizar que el proceso de diseño de procedimientos y sus resultados, incluyendo la calidad de los datos aeronáuticos, cumplen los requisitos del Anexo 15. Esta validación la llevará a cabo un piloto de validación en vuelo cualificado y con experiencia, certificado o autorizado por el Estado.

Los objetivos de la validación en vuelo de los procedimientos de vuelo por instrumentos son:

- a) Ofrecer la seguridad de que se ha proporcionado un franqueamiento de obstáculos adecuado.
- b) Verificar que los datos de navegación que se publiquen, así como los empleados en el diseño del procedimiento, son los correctos.
- c) Verificar que todos los elementos de la infraestructura requerida (Señales de pista, iluminación, fuentes de comunicación y navegación...) están instalados y en funcionamiento.
- d) Evaluar las cartas, la infraestructura requerida, la visibilidad y otros factores operacionales a tener en cuenta.



---

### **Paso 10. Consultar con el cliente:**

En el caso de que todas las tareas anteriores se hayan realizado de manera satisfactoria, la validación del IFP y toda la documentación generada debe ser sometida a revisión por las partes interesadas.

### **Paso 11. Aprobar el IFP:**

El IFP debe ser aprobado por la autoridad correspondiente para su posterior publicación. Este proceso de aprobación asegura que todos los pasos en el diseño y creación del IFP han sido llevados a cabo de forma adecuada, documentados y firmados por la autoridad competente.

### **Paso 12. Crear un borrador de publicación:**

En este paso se ha de entregar toda la documentación del FPD, incluyendo la representación gráfica del mismo a las autoridades aeronáuticas correspondientes al AIS para iniciar el proceso de creación de un borrador de publicación del procedimiento.

### **Paso 13. Verificar el borrador de publicación:**

El borrador deberá ser entregado a las partes interesadas para su revisión, más específicamente al diseñador del procedimiento y al propietario, pudiendo así verificar que todos los datos reflejados en la carta son correctos y reflejan lo establecido en el diseño del procedimiento.

### **Paso 14. Publicación del IFP:**

La publicación del procedimiento en el AIP correspondiente recae sobre el estado o la autoridad competente (En España esta responsabilidad recaería en CIDEFO). La entidad responsable de la publicación del procedimiento recibirá toda la información y documentación necesarias para la publicación.

### **Paso 15. Feedback del cliente:**

Obtener un feedback del cliente en el que se asegure estar de acuerdo con la publicación realizada es bastante recomendable. El feedback puede obtenerse mediante varias reuniones entre pilotos del ATC o por cuestionarios.

Del feedback obtenido se pueden extraer elementos positivos que pueden ser considerados en procedimientos futuros, así como aspectos negativos a evaluar y reconsiderarse en el futuro. Cualquier problema encontrado a lo largo del desarrollo del IFP y concretamente expuesto en la fase final debe ser evaluado de forma correcta para aplicar las acciones correctivas apropiadas.

Las acciones correctivas pueden abarcar desde acciones menores hasta la revisión completa del documento.

### **Paso 16. Tareas de mantenimiento:**

Es necesario asegurar que:

- Los cambios significativos en los obstáculos, la configuración del aeródromo y en los datos aeronáuticos (incluyendo las NAVAIDs) son evaluados.



- Los cambios significativos en las especificaciones de los criterios de diseño que afecten al diseño del procedimiento son correctamente evaluados con el fin de determinar si es necesaria alguna acción previamente a la revisión periódica del procedimiento.

Si por cualquier motivo es necesario tomar alguna acción, se debe volver al paso 1 del proceso de IFP.

#### **Paso 17. Revisiones periódicas:**

Los procedimientos publicados estarán sujetos a un examen periódico incluyendo validación para asegurarse de que continúan cumpliendo con los criterios que cambian, confirmar que el franqueamiento de obstáculos sigue siendo adecuado y satisfacer los requisitos de los usuarios.

Los Estados determinarán los intervalos para el examen periódico de los procedimientos de vuelo por instrumentos de conformidad con sus respectivas necesidades. El intervalo máximo para este examen es de cinco años.

#### 6.4 Datos del aeródromo.

Para la realización del diseño de procedimientos, tal y como se ha especificado previamente necesitaremos una serie de documentación inicial necesario para poder continuar. Para la obtención de la información inicial, se investigará la AIP de ENAIRE.

Datos del Aeropuerto, NAVAIDs, obstáculos y coordenadas de cada uno.

Nombre del Aeropuerto	Aeropuerto de Valencia/Manises (LEVC)
Provincia	Valencia
Coordenadas WGS84 en el ARP	39°29'22" N 000°28'54" W
Elevación ARP	73m / 240 ft
Orientación de la pista	Pista 12: 116.16° GEO o 116° MAG Pista 30: 296.18° GEO o 296° MAG
Tipo de Operación	Vuelos IFR y VFR
Horario de Operación	H24
Observaciones	Debido a razones de seguridad del tránsito aéreo, los vuelos locales VFR podrán estar sujetos a autorización ATC, a excepción de los vuelos hospital, SAR, emergencia y estado. Tráfico de Aviación General y Negocios (IFR/VFR) podrá estar condicionado a la capacidad declarada. No están permitidos los vuelos IFR de escuela y entrenamiento. Puntualmente se podrán producir restricciones las cuales se reflejarán en el NOTAM.

Tabla 7: Datos del Aeropuerto de Valencia.



Instalación	ID	FREQ	HR	Coordenadas		Elevación
DVOR	VLC	116.1 MHz	H24	39°29'08.3"N	000°28'59.0"W	
DME	VLC	CH 108X	H24	39°29'08.0"N	000°28'59.5"W	60 m
DVOR (0°)	CLS	117.550 MHz	H24	39°42'25.8"N	000°59'10.8"W	
DME	CLS	CH 122Y	H24	39°42'25.9"N	000°59'11.4"W	570 m
NDB (0°)	SGO	356.000 kHz	H24	39°40'27.1"N	000°12'28.1"W	
NDB (0°)	PND	340.000 kHz	H24	39°26'14.7"N	000°20'47.3"W	
LOC 12(0°)	VLN	111.500 MHz	H24	39°28'55.3"N	000°27'45.0"W	
ILS CAT I GP 12		332.900 MHz		39°29'05.5"N	000°28'23.5"W	
ILS/DME12	VLN	CH 52X	H24	39°29'38.1"N	000°29'48.7"W	75 m
LOC 30(0°)	IVC	110.100 MHz	H24	39°29'54.5"N	000°30'20.4"W	
ILS CAT I GP 30		334.400 MHz	H24	39°29'05.5"N	000°28'23.5"W	
ILS/DME30	IVC	CH 38X	H24	39°29'05.5"N	000°28'23.5"W	57 m
NDB (0°)	B	400.000kHz	H24	39°28'46.8"N	000°27'22.2"W	

Tabla 8: Radioayudas existentes en la actualidad en el aeropuerto de Valencia.

Para examinar todas las zonas protegidas, reservadas o peligrosas (además de reservas naturales), se escogerán todas aquellas que pertenezcan a la provincia de Valencia, alteren o no el resultado final.



Zonas del espacio aéreo protegidas.	Motivo	Área de protección	Altura de protección
<b>LEP138 COFRENTES</b>	Prohibido el sobrevuelo	Radio: 5NM Centro: 39°12'40"N 001°03'10"W	$\frac{12500 \text{ ft ALT}}{\text{SFC}}$
<b>LED65 MARINES (Sagunto)</b>	Ejercicios de tiro terrestre. Actividad anunciada por Valencia APP	Cuadrado formado por: 39°47'00"N 0°36'00"W 39°47'00"N 0°31'00"W 39°41'00"N 0°31'00"W 39°41'00"N 0°36'00"W	$\frac{5000 \text{ ft ALT}}{\text{SFC}}$
<b>Parque Natural de la Albufera (Valencia)</b>			
<b>Sector A</b>	Espacio natural protegido (De Febrero a Septiembre)	Área formada por: 39°15'28"N 0°19'26"W 39°15'27"N 0°18'45"W 39°14'22"N 0°18'47"W 39°14'23"N 0°19'29"W	
<b>Sector B</b>	Espacio natural protegido (De Febrero a Septiembre)	Área formada por: 39°21'59"N 0°21'17"W Siguiendo la línea de costa hasta 39°18'07"N 0°17'15"W 39°18'15"N 0°22'49"W 39°19'21"N 0°24'10"W 39°20'59"N 0°24'06"W	$\frac{1000 \text{ ft ALT}}{\text{SFC}}$
<b>Sector C</b>	Espacio natural protegido (De Octubre a Enero)	Área formada por: 39°17'05"N 0°19'22"W 39°17'01"N 0°16'36"W 39°11'33"N 0°14'02"W 39°11'01"N 0°14'03"W 39°11'06"N 0°17'31"W 39°14'23"N 0°19'29"W	
<b>Sector D</b>	Espacio natural protegido (De Octubre a Enero)	Área formada por: 39°23'08"N 0°24'01"W 39°23'04"N 0°21'14"W 39°21'59"N 0°21'17"W 39°21'56"N 0°18'58"W Siguiendo la línea de costa hasta 39°18'07"N 0°17'15"W 39°18'15"N 0°22'49"W 39°19'21"N 0°24'10"W 39°20'59"N 0°24'06"W	

Tabla 9: Zonas protegidas zona próxima al aeropuerto de Valencia.



Para la realización de la aproximación LPV gracias SBAS, será necesario añadir la siguiente información en la carta:

Valencia/Manises-Valencia AD		
APROXIMACIÓN / APPROACH: RNAV (GNSS) Z LEVC RWY 30		
FAS DATA BLOCK		
1	Tipo de Operación	00
2	Identificador de proveedor SBAS	01
3	Identificador de aeropuerto	LEVC
4	Pista	30
5	Letra de pista	-
6	Designador de actuación de aproximación	0
7	Indicador de ruta	Z
8	Selector de datos de trayectoria de referencia	0
9	Identificador de trayectoria de referencia	E30A***
10	Latitud LTP / FTP (Landing Threshold Point)	39°29'5,2" N
11	Longitud LTP / FTP (Landing Threshold Point)	0°28'10,86" W
12	Altura elipsoidal LTP / FTP (Landing Threshold Point)	49 m
13	Latitud FPAP (Flight Path Alignment Point)	39°29'50.33" N
14	Longitud FPAP (Flight Path Alignment Point)	0°30'9.46" W
15	Altura de franqueamiento del umbral (TCH) en aproximación	15 m
16	Selector de unidades de la TCH en aproximación	1
17	Ángulo de trayectoria de planeo (GPA)	03.00
18	Anchura de curso en el umbral	105.00
19	Desplazamiento de longitud	0000
20	Límite de alerta horizontal (HAL)	40.0
21	Límite de alerta vertical (VAL)	50.0

Tabla 10: Datos a introducir en la carta SBAS LEVC.

El FTP es un punto sobre el cual pasa la trayectoria del tramo final de aproximación final a una altura relativa especificada mediante la altura del punto de referencia. Se define mediante la latitud, longitud, elevación del MLS y altura del geoide en unidades WGS-84. El FTP sustituye al LTP cuando el rumbo de aproximación final no está alineado con la prolongación del eje de la pista o cuando el umbral está desplazado del umbral real de la pista. Para aproximaciones no alineadas, el FTP está situado en la intersección de la perpendicular desde el FAS al umbral de la pista. La elevación del FTP es la misma que la elevación real del umbral de la pista

Por otro lado, el LTP, o punto del umbral de aterrizaje, es un punto sobre el cual pasa la trayectoria de planeo a una altura relativa especificada por la altura del punto de referencia. Se define mediante la latitud, longitud, elevación del MLS y altura del geoide en unidades WGS-84. El LTP está normalmente situado en la intersección del eje de la pista y el umbral.

El GARP es el punto de referencia en azimut GBAS, el cual se encuentra más allá del FPAP a lo largo del eje de procedimiento con un desplazamiento fijo de 305 m (1000 ft). Se utiliza para establecer los límites de visualización de la desviación lateral.



Para la estimación del FPAP y GARP hemos de tener en cuenta que existe un ILS para la aproximación. Por tanto, el GARP estará situado en la posición del Localizador, determinada por los servicios WGS-84. Dado que el FPAP no estará situado antes del extremo de parada de la pista, es necesario determinar primero la distancia entre el localizador y el extremo de la pista para calcular la distancia geodésica desde el localizador hasta el extremo de la pista.

Como esta distancia es menor a 305 metros (Aproximadamente 290), el FPAP se establece en el extremo de la pista, el desplazamiento de longitud  $\Delta$  es igual a 0 y el GRAP no puede coincidir con el localizador. El GARP se calcula como la intersección entre una línea geodésica definida (por FPAP, LTP/FTP) y una distancia de 305 m desde el FPAP.

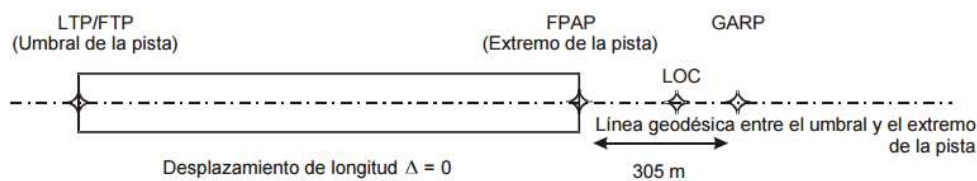


Figura 26: Situación del FPAP (existiendo ILS para aproximación y LOC dentro de los 305m desde el extremo de pista).

La altura de franqueamiento del umbral para una pista estándar es de 15 m (50ft).

#### 6.4.1 Definición de las Áreas de IAF-IF-FAF

**Tabla III-1-2-13. XTT, ATT y semianchura del área para RNP APCH (aviones) en las fases de vuelo de aproximación inicial/intermedia/final y de aproximación frustrada (m)**

IF/LAF/aproximación frustrada (<56 km del ARP)			FAF			MAPt/aproximación frustrada inicial en línea recta (LP/LPV solamente)			Aproximación frustrada (<28 km del ARP)		
XTT	ATT	½ A/W	XTT	ATT	½ A/W	XTT	ATT	½ A/W	XTT	ATT	½ A/W
1 852	1 482	4 630	556	444	2 685	556	444	1 759	1 852	1 482	3 704

Figura 27: XTT, ATT y semianchura del área para RNP APCH en todas las fases de aproximación.

Dado que estamos utilizando un sistema LPV-200 para realizar la aproximación de nuestro aeropuerto, la especificación de navegación correspondiente se trata del RNP APCH.

Para RNP APCH. El TSE lateral y el error a lo largo de la derrota no excederá de  $\pm 1,9$  km (1NM) para el 95% del tiempo total de vuelo durante los tramos inicial e intermedio de la aproximación y durante la aproximación frustrada, cuando ésta se derive de un requisito RNAV. El TSE lateral y el error a lo largo de la derrota no excederá de  $\pm 0,56$  km (0,3NM) para el 95% del tiempo total de vuelo durante la aproximación final.

Por otro lado, el TSE se usa para definir los valores de XTT y ATT como sigue:

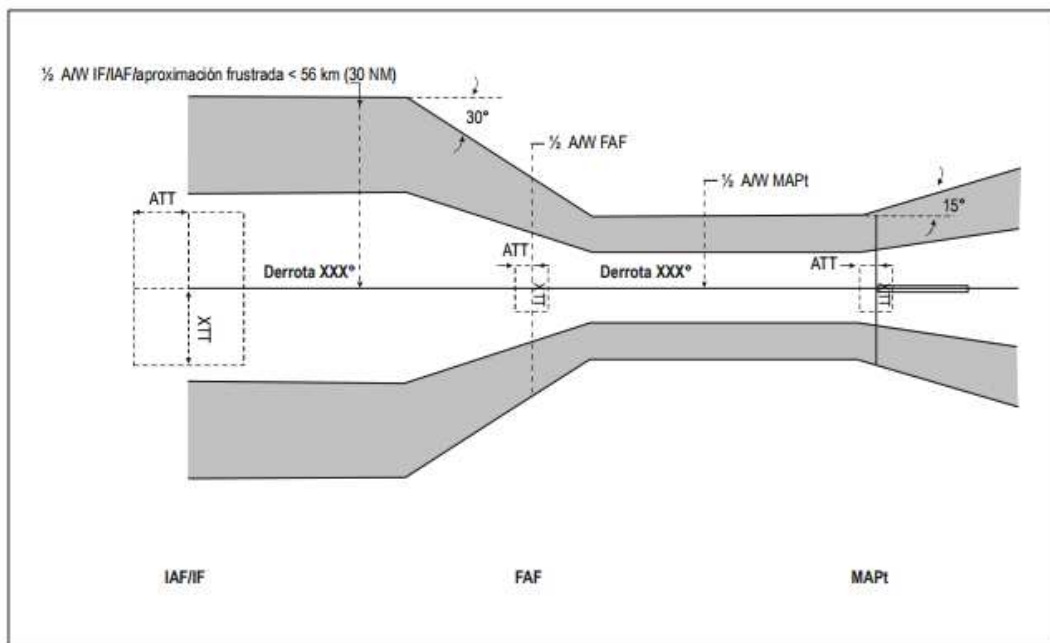
$$XTT = TSE$$

$$ATT = 0,8 * TSE$$

Los criterios RNP APCH se aplicarán sólo dentro de 56 km (30 NM) del ARP de destino. Fuera de esta distancia, deberían aplicarse los criterios RNAV 1 o RNP 1.

La derrota de la aproximación final debería alinearse con el eje de pista, tal y como ocurre en este caso ya que en el IAF de Mulat se realiza el viraje necesario para adoptar la misma dirección que la orientación de la pista.

Las diferentes áreas a cubrir, tanto primaria como secundaria (de protección serán las siguientes, tanto para el IAF-IF-FAF así como para la frustrada.



**Figura III-3-3-2. Áreas RNP APCH**

*Figura 28: Áreas RNP APCH.*



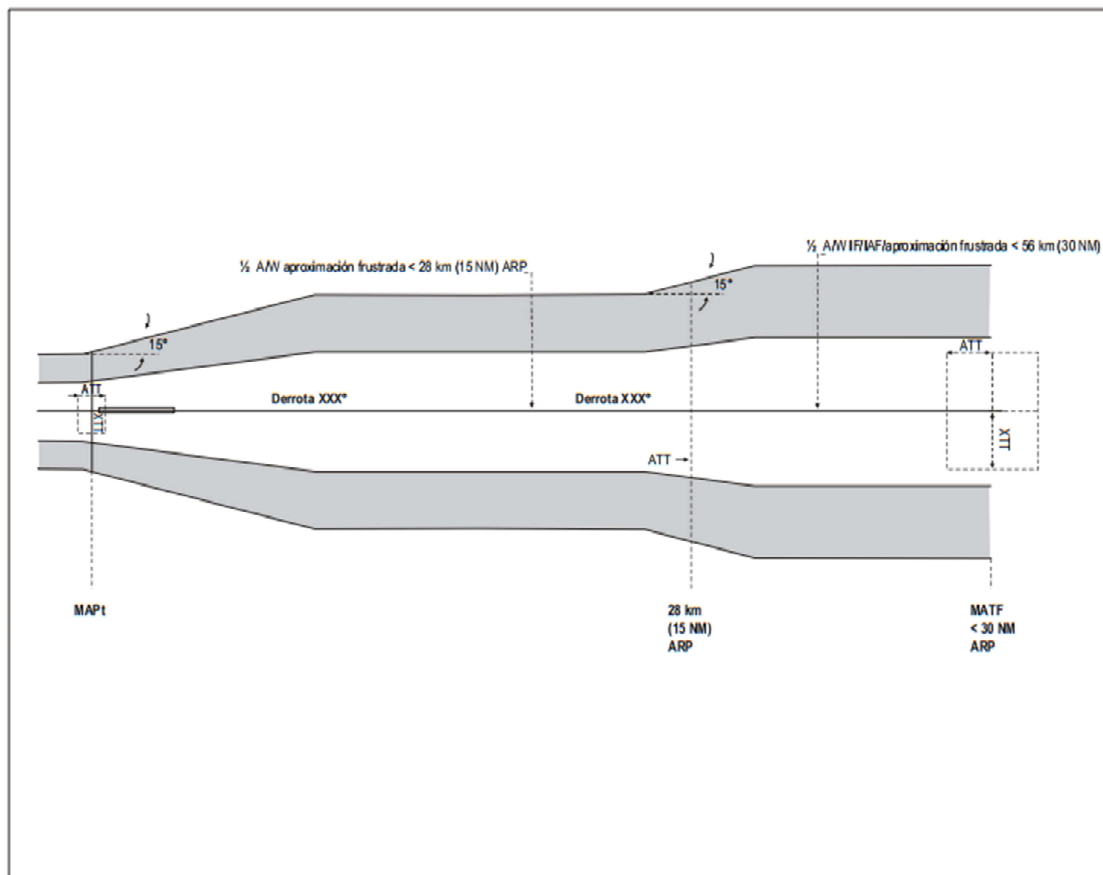


Figura 29: Áreas RNP APCH frustrada.

Al ser un LPV-200, la Categoría a la que pertenecerá el aeropuerto es al típico ILS de Cat I, con las ventajas que obtiene en los requisitos de continuidad y disponibilidad. Se tiene que calcular a su vez la declinación magnética, imprescindible para la carta de aproximación.

Para la realización de este apartado, se tendrá en cuenta que ArcGIS utilizará coordenadas proyectadas UTM ETRS89 30N para su trabajo. Se procederá al cálculo de dichas coordenadas utilizando la calculadora geodésica del IGN.

Punto	Coordenadas ETRS89		Coordenadas UTM ETRS 89 (m)		Declinación Magnética ° ' ''
	Latitud	Longitud	X	Y	
IAF Mulat	39°24'00"N	0°10'48"W	742.827,14	4.364.961,24	+0°14'
VLC1	39°23'01"N	0°13'15.8"W	739.347,274	4.363.032,318	+0°13'
IF	39°24'28"N	0°16'05"W	735.217,47	4.365.591,2	+0°12'
IAF Pinedo	39°26'15"N	0°20'47"W	728375	4.368.689,04	+0°11'
FAP	39°26'24"N	0°21'08"W	727.864,75	4.368.591,78	+0°11'
DVOR/DME	39°29'08"N	0°29'00"W	716.438,76	4.373.685,17	+0°8'
VLC2(MATF)	39°33'19,7"N	0°38'40,6"W	702.363,544	4.381.069,687	+0°6'
VLC6	39°31'18,03"N	0°34'2,79"W	709.096,120	4.377.495,687	+0°7'
NDB SGO	39°40'27"N	0°12'28"W	739.489,95	4.395.321,11	+0°13'
ARP	39°27'5,2"N	0°28'10,86"W	717.615,26	4.373.631,73	+0°8'
MAPt	39°27'28,1"N	0°24'13,3"W	723.377,27	4.370.798,55	+0°10'

Tabla 11: Waypoints que se utilizarán en la aproximación.



Por otro lado, el tramo de aproximación frustrada comienza con un punto de recorrido de sobrevuelo (MAPt) y finaliza en el punto de referencia de espera en aproximación frustrada (MAHF). Para el caso de aproximaciones frustradas con viraje, también puede establecerse un punto de referencia para viraje en aproximación frustrada (MATF) para definir el punto de viraje.

El MAPt (Punto de aproximación frustrada) es un procedimiento de aproximación por instrumentos, siendo éste el punto en el cual, o antes del cual, se ha de iniciar la aproximación frustrada, con el fin de respetar el margen mínimo de franqueamiento de obstáculos. La longitud óptima entre el FAF y el MAPt será de 5NM concretamente.

Para aproximaciones alineadas con la pista, como es este caso, el punto de aproximación frustrada deberá encontrarse antes del umbral o en el propio umbral. Cuando el tramo final no esté alineado con el eje de la pista, la ubicación óptima será la intersección de la derrota de aproximación final y la prolongación del eje de la pista. Cuando sea necesario, se puede alejar el MAPt del umbral hacia el FAF, siempre que la OCA/H no sea inferior a la altitud/altura en el MAPt en una pendiente de descenso nominal del 5,2%(3°) o a la pendiente de descenso promulgada si fuera más pronunciada.

#### 6.4.2 Definición de los virajes.

En el desarrollo de la carta de aproximación SBAS Cat I se efectuarán un total de dos virajes realizar: Un viraje de 55° para pasar del IAF al IF, y otro en la aproximación frustrada, de 133°, dejando la pista de lado para alcanzar el circuito de espera situado en Sagunto.

##### 6.4.2.1 Viraje 55° entre IAF Mulat e IF.

Uno de ellos se encuentra entre el IAF de Mulat y el IF. Para este caso concreto, al ser necesario un ángulo de viraje de 55° (Cambiando el rumbo de 241° a 296°), se empleará el método de espiral de viento/círculos limitadores.

Para ello, se han de reorganizar los límites tanto exterior como interior del viraje:

- Protección del límite exterior del viraje.
  - o Área primaria. El límite de la espiral de viento más desfavorable se empleará para la protección exterior. Esto puede suponer el empleo de hasta tres espirales de viento. Hay dos casos para conectar el área primaria que resulta de la espiral de viento con el área primaria del tramo siguiente:
    - Si el área primaria que resulta de la espiral de viento queda comprendida dentro del área primaria del tramo siguiente, estas áreas quedarán unidas por una línea a 15° de la derrota nominal del tramo siguiente tangente a la espiral de viento
    - Si el área primaria resultante queda fuera del área primaria del tramo siguiente, estas áreas quedarán unidas por una línea a 30° de la derrota nominal del tramo siguiente tangente a la espiral de viento.
  - o Además, para los virajes de paso, a fin de proteger la aeronave dentro del margen de velocidad requerido, el límite exterior del área primaria se extiende por una paralela a la derrota de acercamiento y una paralela al tramo subsiguiente tangente a la espiral de viento determinada por la velocidad máxima.



- Área secundaria. El área secundaria se aplicará a todos los virajes, con la condición que el área secundaria exista en el punto de viraje. El área secundaria tiene una anchura constante durante el viraje que es igual a la anchura de área del área secundaria en el punto de viraje posterior. Si el límite del área secundaria asociado con el viraje queda dentro del área de protección correspondiente asociada con el segmento subsiguiente, el límite se ensancha a un ángulo de 15° desde la derrota nominal después del viraje.
- Área de protección convergente. Si el área de protección converge hacia un punto de recorrido y el punto de viraje posterior está situado después del punto de recorrido, el área de protección mantendrá el valor de la anchura de área en el punto de recorrido hasta el punto de viraje posterior.
- Protección del límite interior del viraje:  
A la protección del lado interior del viraje se le aplican las siguientes reglas:
  - si el borde del área primaria/secundaria del tramo anterior (en el punto de viraje anterior) está situado dentro del área primaria/secundaria del tramo siguiente, el borde primario/secundario se ensanchará a 15° hasta la derrota nominal del tramo siguiente desde el punto de viraje anterior más limitativo. Véanse las Figuras III-2-2-3, III-2-2-6, III-2-2-7, III-2-2-9, III-2-2-10, III-2-2-11 y III-2-2-12; y
- Determinación de los puntos de viraje anterior y posterior:  
La configuración de los puntos de viraje anterior y posterior se determinará en función del tipo de recorrido/aplicación de viraje que figura en la Tabla 11:

<i>Tipo de punto de recorrido</i>	<i>Criterios para los puntos de viraje anterior y posterior</i>
De sobrevuelo (Figuras III-2-2-3, III-2-2-6 y III-2-2-7)	Anterior: ATT antes del punto de recorrido. Posterior: ATT + tiempo de reacción del piloto + retardo de ángulo de inclinación lateral
De paso (Figuras III-2-2-2, III-2-2-4 y III-2-2-5)	Anterior: ATT+ distancia de inicio del viraje antes del punto de recorrido Posterior: Distancia de inicio de viraje – ATT – tiempo de reacción del piloto. (Si el valor es negativo, el punto está más allá del punto de recorrido).
Salida TA/H seguida de un tramo CF (Figura III-2-2-8)	Anterior: 600 m desde el extremo de comienzo de la pista. (El comienzo de la pista disponible para despegue/TORA). Posterior: El punto en que la superficie, que comienza a 5 m por encima del DER, alcanza la altitud requerida, en la PDG prescrita + tiempo de reacción del piloto + retardo de ángulo de inclinación lateral.
Salida TA/H seguida de un tramo DF (Figura III-2-2-9)	Anterior: 600 m desde el extremo de comienzo de la pista. (El comienzo de la pista disponible para despegue/TORA). Posterior: El punto en que la superficie, que comienza a 5 m por encima del DER, alcanza la altitud requerida, en la PDG prescrita + tiempo de reacción del piloto + retardo de ángulo de inclinación lateral.
TA/H aproximación frustrada (Figura III-2-2-10)	Anterior: ATT antes del MAPt. (Lo normal es que la aeronave no vire antes del MAPt aun cuando se encuentre bien por encima de la altitud requerida. Es necesaria una nota al respecto en la IAC). Posterior: El punto en que la superficie, comenzando en el SOC, alcanza la altitud requerida, a una gradiente de ascenso de 2,5% a menos que diga otra cosa + tiempo de reacción del piloto + retardo de ángulo de inclinación lateral.
Viraje en el MAPt (Figuras III-2-2-11 y III-2-2-12)	Anterior: ATT antes del MAPt. Posterior: SOC + tiempo de reacción del piloto + retardo de ángulo de inclinación lateral.

Tabla 12: Determinación del primer y del último punto de viraje.

Parámetros de viraje. Los parámetros de viraje para determinar el punto de viraje anterior y el posterior pueden encontrarse en los criterios generales, excepto para la distancia de inicio del viraje, que es específica para el viraje de paso RNAV. Este parámetro se determina del siguiente modo:

- Para determinar el punto de viraje anterior: Distancia de inicio del viraje:  
$$r * \tan\left(\frac{A}{2}\right)$$
- Para determinar el punto de viraje posterior: Distancia de inicio del viraje:  
$$\text{Min}\left[r * \tan\left(\frac{A}{2}\right), r\right]$$
- Donde A es el cambio de ángulo de derrota y r es el radio de viraje.

Para la elaboración de este viraje, se ha implementado en la ruta de aproximación LPV-200 un Waypoint intermedio entre el IAF y el IF, denominado WP1. Este waypoint intermedio será considerado un punto de recorrido de paso, el cual será de utilidad en el giro necesario para pasar del IAF al IF. No obstante, para determinar la posición exacta de los puntos de viraje anterior y posterior es imprescindible conocer el radio de viraje. Este dato dependerá de la velocidad que lleve la aeronave. La representación gráfica del viraje que se llevará a cabo en WP1 será el siguiente:

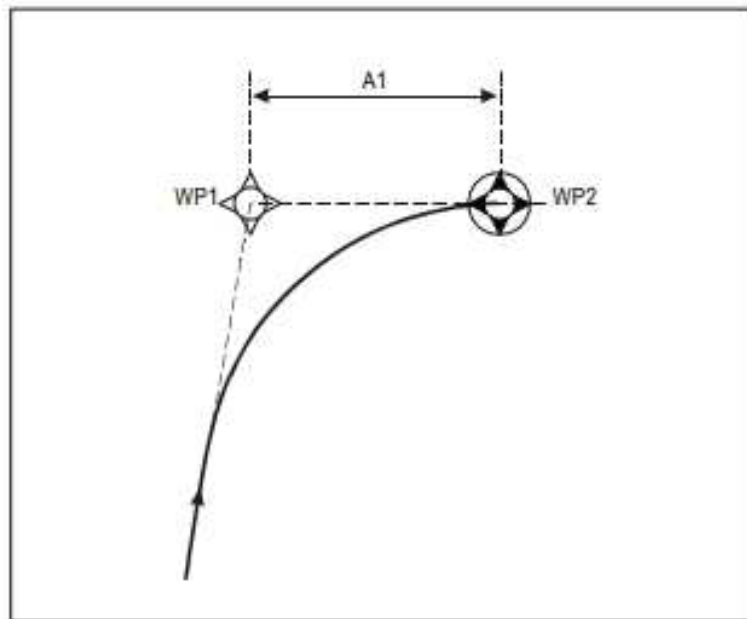


Figura 30: Viraje en un punto de recorrido de paso.

Para cada punto de recorrido se determina una distancia mínima de estabilización. Se trata de la distancia entre el punto de recorrido y el punto en que la trayectoria se une tangencialmente a la derrota nominal. Para puntos de recorrido sucesivos, la distancia mínima entre ellos es la suma de ambas distancias mínimas de estabilización. En las tablas de este capítulo figuran distancias mínimas de estabilización para diversos valores de velocidad verdadera y de cambio de rumbo.

El cambio de rumbo entre VLC1 e IF es de 55°, y según establece el Documento 8168 de la OACI, para las fases de aproximación, el ángulo de inclinación lateral es de 25° (o 3°/s), salvo en el caso de la fase de aproximación frustrada, en el cual se supone un ángulo de inclinación lateral de 15°.



Por tanto, se ha de comprobar que la distancia entre VLC1 y el IF es suficiente para efectuar el viraje sin mayores complicaciones.

- Distancia total entre ambos puntos (en línea recta): 5178.5922 m
- Cambio de curso: 55°
- Ángulo de inclinación Lateral: 25° (Máximo permitido en tramo IAF-IF)

En este caso, para el primer punto de recorrido (IAF Mulat) se localizará la distancia mínima de estabilización según el ángulo de inclinación lateral y la velocidad verdadera. Para el segundo punto de recorrido (WP1), se localizará la distancia mínima de estabilización según el ángulo de inclinación lateral y la velocidad verdadera. La distancia mínima entre IAF Mulat y VLC1 será la suma de ambas.

Para calcular la distancia mínima de estabilización para el punto de recorrido de paso, se tiene un modelo compuesto por un viraje horizontal de radio constante  $r$ . La longitud total del tramo es la suma de  $L1$  y  $L2$ , donde:

- $L1$  es la distancia entre el punto de recorrido y el comienzo del viraje
- $L2$  es un retardo de 5 segundos que se considera como tiempo necesario para establecer la inclinación lateral. El tiempo de demora es menor que en el caso del punto de recorrido de sobrevuelo porque no es necesario realizar tantos pasos.

- Operaciones:

$$L1 = r * \tan \frac{\theta}{2}$$
$$L2 = C * \frac{V}{3600}$$

Donde:

- $C$ =tiempo de 5 segundos para el establecimiento de la inclinación lateral.
- $r$ = Radio de viraje
- $\theta$ = Ángulo de viraje

La construcción del viraje, conocido el radio y el ángulo de viraje, será de la siguiente forma. Con ellos se calcularán  $L1$  y  $L2$ .

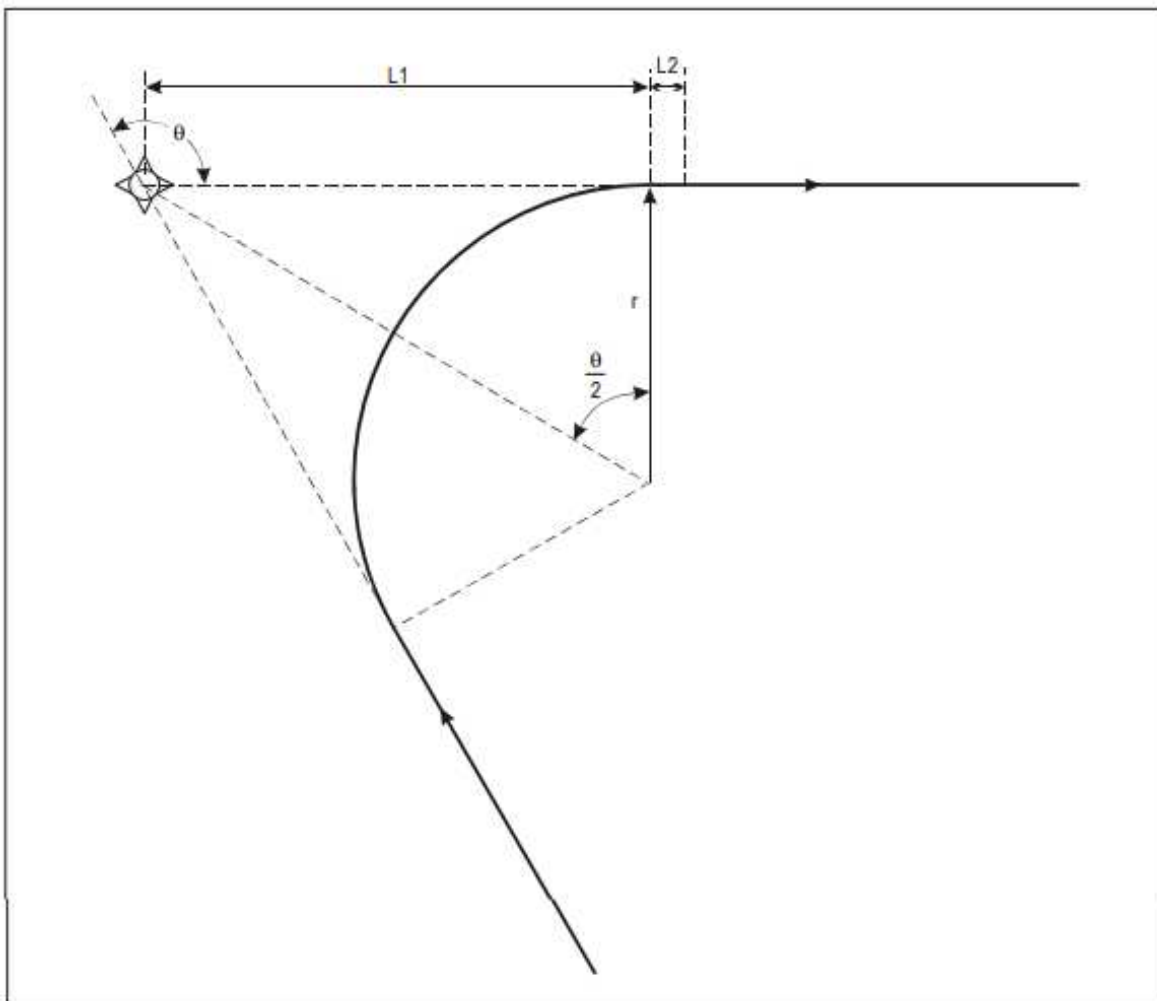


Figura 31: Distancia mínima de estabilización para un punto de recorrido de paso.

Se desconoce el radio de viraje que se ha de aplicar en este caso. Se ha de calcular previamente el régimen de viraje. Trabajando en km/h, el régimen de viraje se calcula con la siguiente fórmula:

$$R = \frac{6355 * \tan \alpha}{\pi * V}$$

Donde  $\alpha$  es el ángulo de inclinación lateral, y  $V$  la velocidad verdadera en km/h (TAS). La magnitud de  $R$  es la velocidad angular de viraje en grados por segundo, siendo el máximo establecido de  $3^\circ/s$  para un ángulo de inclinación lateral de  $25^\circ$ .

Una vez calculados todos los regímenes de viraje correspondientes a cada velocidad, se procede a calcular el radio de viraje con esta simple fórmula:

$$r = \frac{0,18V}{\pi R}$$

El valor de la velocidad verdadera ha de estar en metros por segundo, y se obtiene el radio de viraje en km. Se obtienen los siguientes resultados (Se ha tenido en cuenta los valores que sobrepasaban el límite de  $3^\circ/s$  para el régimen de viraje, reduciendo el ángulo de inclinación lateral para estos aviones).



TAS(km/h)	Ángulo de inclinación lateral(º)	Régimen de viraje (º/s)	Radio de viraje (km)	L1 (km)	L2 (km)	Total (km)
240	15	2.25843	1.69132	2.4154	0.3333	2.7488
260	20	2.83177	1.46129	2.0869	0.3611	2.4480
280	20	2.62950	1.69475	2.4203	0.3889	2.8092
300	20	2.45420	1.94550	2.7785	0.4167	3.1951
320	25	2.94773	1.72775	2.4675	0.4444	2.9119
340	25	2.77434	1.95047	2.7856	0.4722	3.2578
360	25	2.62021	2.18669	3.1229	0.5000	3.6229
380	25	2.48230	2.43640	3.4795	0.5278	4.0073
400	25	2.35819	2.69962	3.8554	0.5556	4.4110
440	25	2.14381	3.26654	4.6651	0.6111	5.2762
480	25	1.96516	3.88745	5.5518	0.6667	6.2185
520	25	1.81399	4.56235	6.5157	0.7222	7.2379
560	25	1.68442	5.29125	7.5567	0.7778	8.3345
600	25	1.57212	6.07414	8.6748	0.8333	9.5081
640	25	1.47387	6.91102	9.8700	0.8889	10.7588

Tabla 13: Régimen de viraje y radio de viraje con un ángulo de inclinación lateral y TAS específicos.

Y ahora se muestran las distintas distancias de estabilización (en km) en función de la TAS (en km/h) y del cambio de curso (en º):

Cambio de curso* (grados)	Velocidad verdadera (km/h)														
	< o = 240	260	280	300	320	340	360	380	400	440	480	520	560	600	640
50	1,1	1,3	1,5	1,6	1,8	2,1	2,3	2,5	2,7	3,3	3,8	4,4	5,1	5,8	6,5
55	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,5	2,7	3,0	3,6	4,2	4,9	5,6	6,3	7,2
60	1,3	1,5	1,7	1,9	2,2	2,4	2,7	3,0	3,3	3,9	4,6	5,3	6,1	6,9	7,8
65	1,4	1,6	1,9	2,1	2,4	2,6	2,9	3,2	3,5	4,2	5,0	5,8	6,6	7,6	8,6
70	1,5	1,8	2,0	2,3	2,5	2,8	3,2	3,5	3,8	4,6	5,4	6,3	7,2	8,2	9,3
75	1,6	1,9	2,2	2,4	2,8	3,1	3,4	3,8	4,2	5,0	5,9	6,8	7,8	8,9	10,1
80	1,8	2,0	2,3	2,6	3,0	3,3	3,7	4,1	4,5	5,4	6,3	7,4	8,5	9,7	11,0
85	1,9	2,2	2,5	2,8	3,2	3,6	4,0	4,4	4,9	5,8	6,9	8,0	9,2	10,5	11,9
90	2,0	2,3	2,7	3,1	3,5	3,9	4,3	4,8	5,3	6,3	7,4	8,7	10,0	11,4	12,9
95	2,2	2,5	2,9	3,3	3,7	4,2	4,7	5,2	5,7	6,8	8,1	9,4	10,8	12,4	14,0
100	2,3	2,7	3,1	3,6	4,0	4,5	5,0	5,6	6,2	7,4	8,7	10,2	11,8	13,4	15,2
105	2,5	2,9	3,4	3,9	4,4	4,9	5,5	6,1	6,7	8,0	9,5	11,1	12,8	14,6	16,6
110	2,7	3,2	3,7	4,2	4,7	5,3	5,9	6,6	7,3	8,7	10,3	12,1	13,9	15,9	18,1
115	3,0	3,5	4,0	4,6	5,2	5,8	6,5	7,2	7,9	9,5	11,3	13,2	15,2	17,4	19,8
120	3,3	3,8	4,4	5,0	5,7	6,4	7,1	7,9	8,7	10,5	12,4	14,5	16,7	19,1	21,7

Figura 32: Distancia mínima de estabilización entre puntos de recorrido de paso (15º de ángulo de inclinación lateral).



Cambio de curso** (grados)	Velocidad verdadera (km/h)														
	< $\sigma$ =	240	260	280	300	320	340	360	380	400	440	480	520	560	600
50	0,9	1,0	1,2	1,3	1,5	1,6	1,8	2,0	2,2	2,6	3,0	3,4	3,9	4,5	5,0
55	1,0	1,1	1,3	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,8	3,3	3,8	4,3	4,9	5,5
60	1,1	1,2	1,4	1,5	1,7	1,9	2,1	2,3	2,6	3,0	3,5	4,1	4,7	5,3	6,0
65	1,1	1,3	1,5	1,7	1,9	2,1	2,3	2,5	2,8	3,3	3,8	4,4	5,1	5,8	6,5
70	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,5	2,7	3,0	3,5	4,2	4,8	5,5	6,3	7,1
75	1,3	1,5	1,7	1,9	2,1	2,4	2,6	2,9	3,2	3,8	4,5	5,2	6,0	6,8	7,7
80	1,4	1,6	1,8	2,0	2,3	2,6	2,9	3,1	3,5	4,1	4,8	5,6	6,5	7,4	8,3
85	1,5	1,7	1,9	2,2	2,5	2,8	3,1	3,4	3,7	4,4	5,2	6,1	7,0	8,0	9,0
90	1,6	1,8	2,1	2,4	2,7	3,0	3,3	3,6	4,0	4,8	5,6	6,6	7,6	8,6	9,7
95	1,7	2,0	2,2	2,5	2,9	3,2	3,6	3,9	4,3	5,2	6,1	7,1	8,2	9,3	10,6
100	1,9	2,1	2,4	2,7	3,1	3,5	3,8	4,2	4,7	5,6	6,6	7,7	8,9	10,1	11,4
105	2,0	2,3	2,6	3,0	3,3	3,7	4,2	4,6	5,1	6,1	7,2	8,3	9,6	11,0	12,4
110	2,2	2,4	2,8	3,2	3,6	4,0	4,5	5,0	5,5	6,6	7,8	9,1	10,5	11,9	13,5
115	2,3	2,7	3,0	3,5	3,9	4,4	4,9	5,4	6,0	7,2	8,5	9,9	11,4	13,0	14,8
120	2,5	2,9	3,3	3,8	4,3	4,8	5,4	5,9	6,5	7,9	9,3	10,8	12,5	14,3	16,2

Figura 33: Distancia mínima de estabilización entre puntos de recorrido de paso (20° de ángulo de inclinación lateral).

Cambio de curso** (grados)	Velocidad verdadera (km/h)														
	< $\sigma$ =	240	260	280	300	320	340	360	380	400	440	480	520	560	600
50	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,7	1,8	2,1	2,5	2,8	3,2	3,7	4,1
55	1,0	1,1	1,2	1,2	1,3	1,5	1,6	1,8	2,0	2,3	2,7	3,1	3,5	4,0	4,5
60	1,1	1,2	1,2	1,3	1,4	1,6	1,8	1,9	2,1	2,5	2,9	3,4	3,8	4,3	4,9
65	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,7	1,9	2,1	2,3	2,7	3,1	3,6	4,1	4,7	5,3
70	1,2	1,3	1,4	1,5	1,7	1,8	2,0	2,2	2,4	2,9	3,4	3,9	4,5	5,1	5,7
75	1,3	1,4	1,5	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	3,1	3,6	4,2	4,8	5,5	6,2
80	1,4	1,5	1,6	1,8	1,9	2,1	2,3	2,6	2,8	3,4	3,9	4,6	5,2	5,9	6,7
85	1,5	1,6	1,8	1,9	2,0	2,3	2,5	2,8	3,0	3,6	4,2	4,9	5,6	6,4	7,2
90	1,6	1,7	1,9	2,0	2,2	2,4	2,7	3,0	3,3	3,9	4,6	5,3	6,1	6,9	7,8
95	1,7	1,9	2,0	2,2	2,3	2,6	2,9	3,2	3,5	4,2	4,9	5,7	6,6	7,5	8,4
100	1,9	2,0	2,2	2,3	2,5	2,8	3,1	3,4	3,8	4,5	5,3	6,2	7,1	8,1	9,1
105	2,0	2,2	2,3	2,5	2,7	3,0	3,3	3,7	4,1	4,9	5,7	6,7	7,7	8,7	9,9
110	2,2	2,3	2,5	2,7	2,9	3,3	3,6	4,0	4,4	5,3	6,2	7,2	8,3	9,5	10,8
115	2,3	2,5	2,7	2,9	3,2	3,5	3,9	4,4	4,8	5,7	6,8	7,9	9,1	10,4	11,7
120	2,5	2,7	3,0	3,2	3,4	3,9	4,3	4,7	5,2	6,3	7,4	8,6	9,9	11,4	12,9

Figura 34: Distancia mínima de estabilización entre puntos de recorrido de paso (25° de ángulo de inclinación lateral).

Por otro lado, la OACI establece la longitud mínima de un tramo RNAV limitado, por, como mínimo, un punto de recorrido que no es punto de recorrido de viraje. En la Imagen 32 aparecen todas las distancias mínimas en función de la fase de vuelo:





<i>Fase de vuelo</i>	<i>D: distancia mínima al punto de recorrido*</i>
En ruta	
Más de 56 km (30 NM) respecto del ARP de salida o destino	9,3 km (5,0 NM)
STAR, inicial dentro de una distancia de 56 km (30 NM) respecto del ARP	5,6 km (3,0 NM)
SID dentro de una distancia de 28 km (15 NM) respecto del DER, la aproximación intermedia y la aproximación final	2,8 km (1,5 NM)
Aproximaciones frustradas y SID dentro de una distancia de 56 km (30 NM) respecto del ARP	5,6 km (3,0 NM)
* Cuando la distancia de estabilización sea mayor que D, D será igual a la distancia de estabilización.	

Figura 35: Longitud mínima de un tramo RNAV limitado por, un punto de recorrido que no es punto de recorrido de viraje.

Vistos los distintos parámetros obtenidos, y dado que la distancia entre el VLC1 y el IF es de **5178.922m**, dada la distancia de estabilización entre los 2 puntos, se habrá de imponer un límite de velocidad de aproximadamente **420 km/h** para cumplir con el máximo permitido que nos lo marca la distancia entre ambos WP.

Para la realización del boceto en AutoCAD se ha estimado una velocidad de 380 km/h para los cálculos, lo que supone un radio de 2.4364 y una distancia mínima de estabilización de 1,8 km (y la calculada según la información obtenida de unos 4km), cumpliendo todos los requisitos necesarios.

Una vez realizados estos cálculos, se procede a determinar la posición exacta de los puntos de viraje anterior y posterior, los cuales serán, dado que es un punto de recorrido de paso:

Anterior:  $ATT + \text{distancia de inicio del viraje antes del punto de recorrido}$ .

Posterior:  $\text{Distancia de inicio del viraje} - ATT - \text{tiempo de reacción del piloto}$ .

Ya conocidos los radios, se puede también determinar dicha distancia de inicio del viraje:

$$\text{Distancia de inicio del viraje} = r * \tan 27,5^\circ = 1268,3m$$

Por lo tanto, la posición exacta del punto de viraje anterior es  $1268,3+1482=2750,3m$

Por otro lado, la posición exacta del punto de viraje posterior sería, según la velocidad escogida respecto al WP1:

$$1268,3 - 1482 - 6 * 116.67 = -913.7 m$$

En el documento aparecen numerosas ilustraciones que muestran el diseño de distintos virajes en función del tipo de aproximación por instrumentos que se utiliza y también en función de la fase de vuelo en la que se encuentra. La referente al caso descrito es la siguiente:

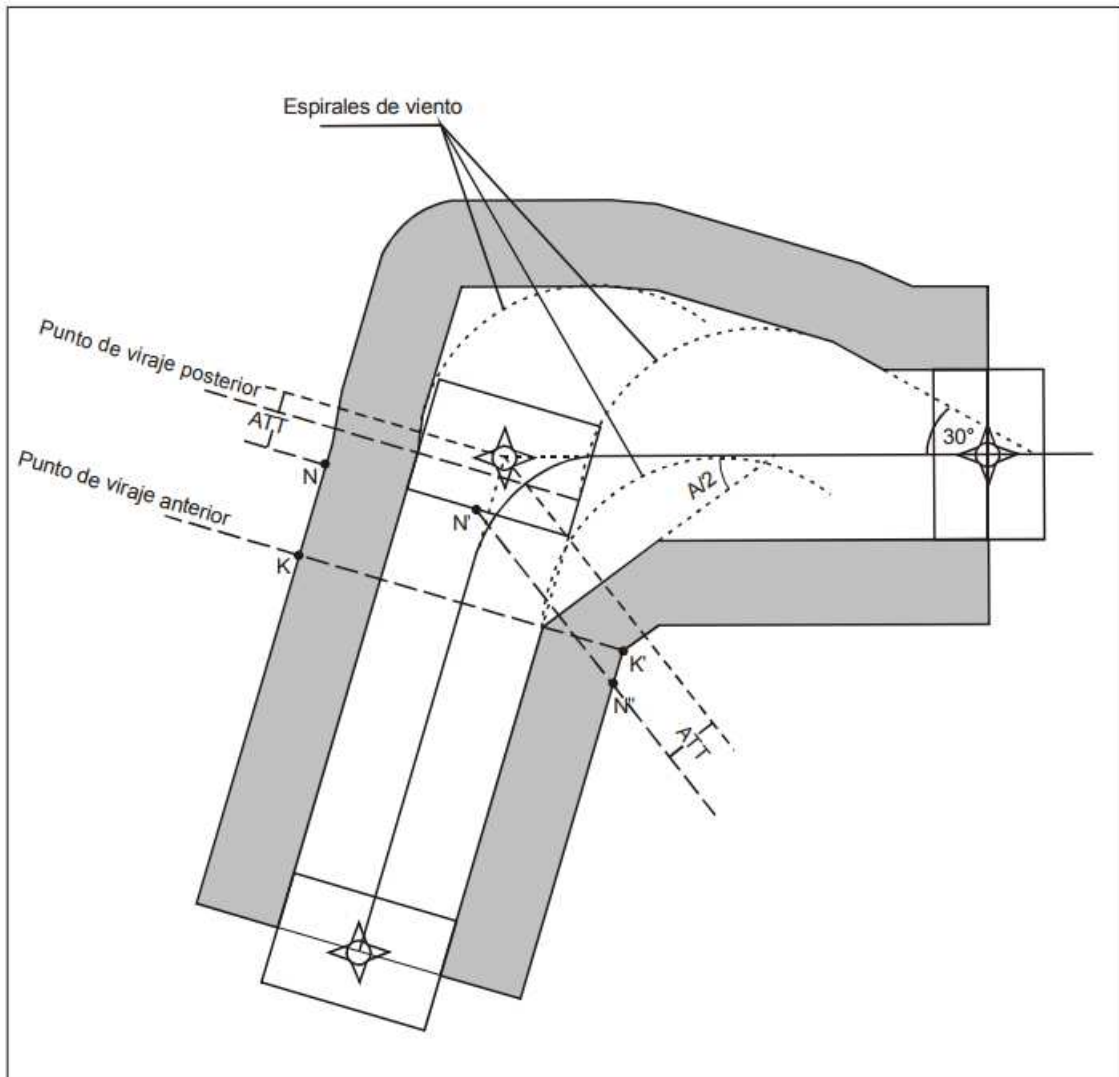


Figura 36: Diseño de viraje menor de 90° con espirales de viento.

#### 6.4.2.2 Viraje 133° aproximación frustrada.

Para los procedimientos APV SBAS, el viraje de aproximación frustrada se prescribirá en un TP designado. Los virajes a una altitud/altura designada o “lo antes posible” no pueden aplicarse debido a las capacidades actuales del receptor SBAS. Los criterios aplicados dependen del lugar del viraje con relación al umbral y a la terminación normal del tramo APV o de Categoría I, y, al ser dicho viraje después del tramo APV o de Categoría I, ocurre lo siguiente:

- a. Viraje después del tramo APV o de Categoría I. Si se prescribe un viraje después de la distancia de terminación normal del tramo APV o de categoría I, se aplica
  - 1) La OCA/H se reemplaza por (OCA/HAPV – HL)
  - 2) Debido a que el SOC está relacionado con OCA/H, no es posible obtener el franqueamiento de obstáculos por los medios indicados en los criterios generales de ajuste independiente de OCA/H o MAPt



Se partirá con los siguientes datos iniciales:

- Distancia total entre ambos puntos (en línea recta): 39766.694 m.
- Cambio de curso: 133°.
- Ángulo de inclinación Lateral: 15° (Máximo permitido en tramo de aproximación frustrada).

Para calcular la distancia mínima de estabilización para el punto de recorrido de paso, se tiene un modelo compuesto por un viraje horizontal de radio constante r. La longitud total del tramo es la suma de L1 y L2, donde:

- L1 es la distancia entre el punto de recorrido y el comienzo del viraje.
- L2 es un retardo de 5 segundos que se considera como tiempo necesario para establecer la inclinación lateral. El tiempo de demora es menor que en el caso del punto de recorrido de sobrevuelo porque no es necesario realizar tantos pasos.

- Operaciones:

$$L1 = r * \tan \frac{\theta}{2}$$

$$L2 = C * \frac{V}{3600}$$

Donde:

- C=tiempo de 5 segundos para el establecimiento de la inclinación lateral.
- r= Radio de viraje.
- $\theta$ = Ángulo de viraje.

TAS (km/h)	Ángulo de inclinación lateral (°)	Régimen de viraje (°/s)	Radio de viraje (km)	L1 (km)	L2 (km)	Total (km)
240	15	2.25843	1.69132	2.4154	0.3333	2.7488
260	15	2.08471	1.98495	2.8348	0.3611	3.1959
280	15	1.93580	2.30207	3.2877	0.3889	3.6766
300	15	1.80675	2.64268	3.7741	0.4167	4.1908
320	15	1.69382	3.00678	4.2941	0.4444	4.7386
340	15	1.59419	3.39438	4.8477	0.4722	5.3199
360	15	1.50562	3.80546	5.4348	0.5000	5.9348
380	15	1.42638	4.24003	6.0554	0.5278	6.5832
400	15	1.35506	4.69810	6.7096	0.5556	7.2651
440	15	1.23187	5.68470	8.1186	0.6111	8.7297

Tabla 14: Distancia mínima de estabilización WP2-SGO.

En este caso, dada la gran distancia que hay entre el VLC2 y el WP marcado en Sagunto, no hay problema en ningún caso independientemente de la velocidad alcanzada (Al menos en lo que respecta las velocidades analizadas). La velocidad máxima fijada en esta área ronda los 430 km/h (Debido a formar parte del área cercana al aeropuerto) y por ello se han analizado todas las velocidades menores a esta cifra. Se cogerá en este caso, 300 km/h como velocidad para efectuar el boceto en AutoCAD.

Una vez calculado el radio de viraje para este caso concreto, se determina la posición exacta de los puntos de viraje anterior y posterior para este caso, que es en aproximación frustrada:

Anterior:  $ATT + \text{distancia de inicio del viraje antes del punto de recorrido: } 11090,915 \text{ metros}$

Posterior:  $\text{Distancia de inicio del viraje} - ATT - \text{tiempo de reacción del piloto:}$

$$9638.1787 - 1452 - 83.3 * 3(\text{Tiempo de reacción en aproximación frustrada}) \\ = 7936.1787m$$

Para el diseño de este viraje se ha cogido como caso el método de espirales de viento al igual que en el caso anterior, con la diferencia de que éste, al ser un viraje mayor de  $90^\circ$ , tiene unas diferencias respecto al anterior, tal y como se muestran en la Imagen 35:

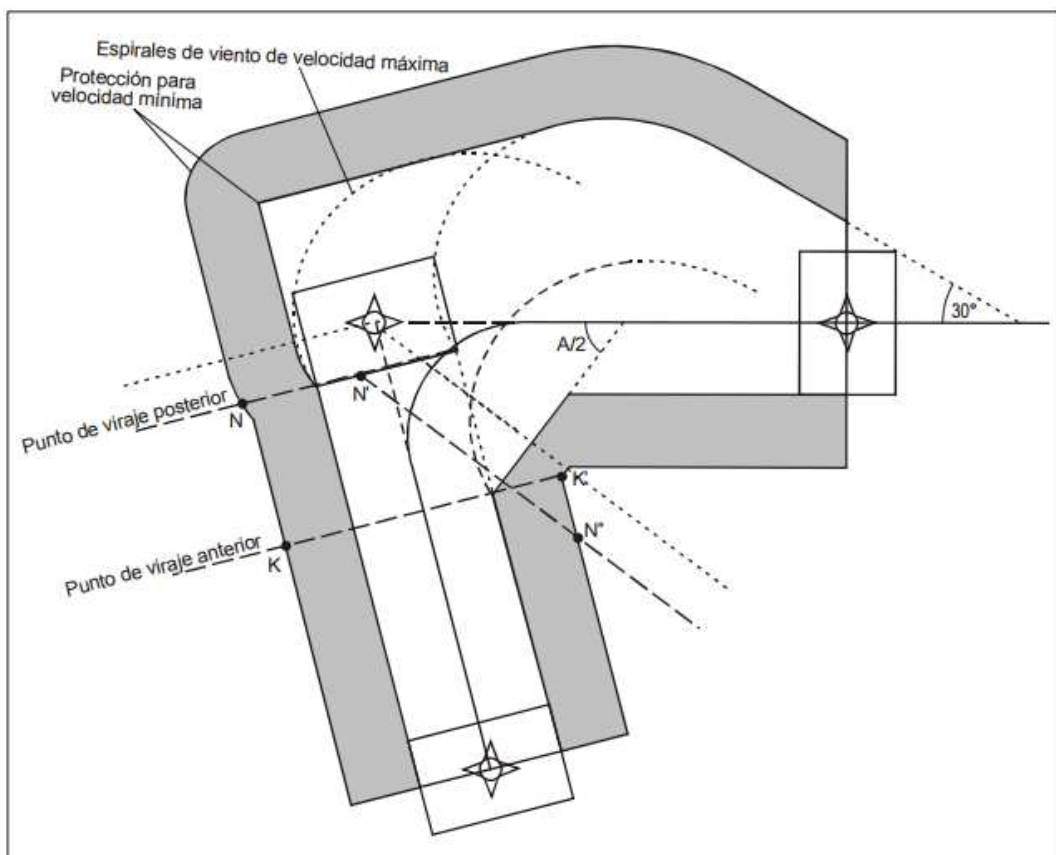


Figura 37: Diseño de viraje menor de  $90^\circ$  con espirales de viento.

Tras la realización de los cálculos para realizar los virajes, se comienza el diseño de la ruta de aproximación, incluyendo frustrada, desde el IAF de Mulat hasta la llegada al circuito de espera de aproximación frustrada, y se visualizará en ArcScene los resultados, añadiendo además las zonas de protección y considerando también los cálculos que necesitamos tener más adelante para su elaboración.

El diseño de la ruta se ha realizado en AutoCAD, con las cotas especificadas en los siguientes apartados y además realizando los virajes y las superficies de protección con lo especificado aquí.

El diseño en ArcMap, para 2D, quedaría así:

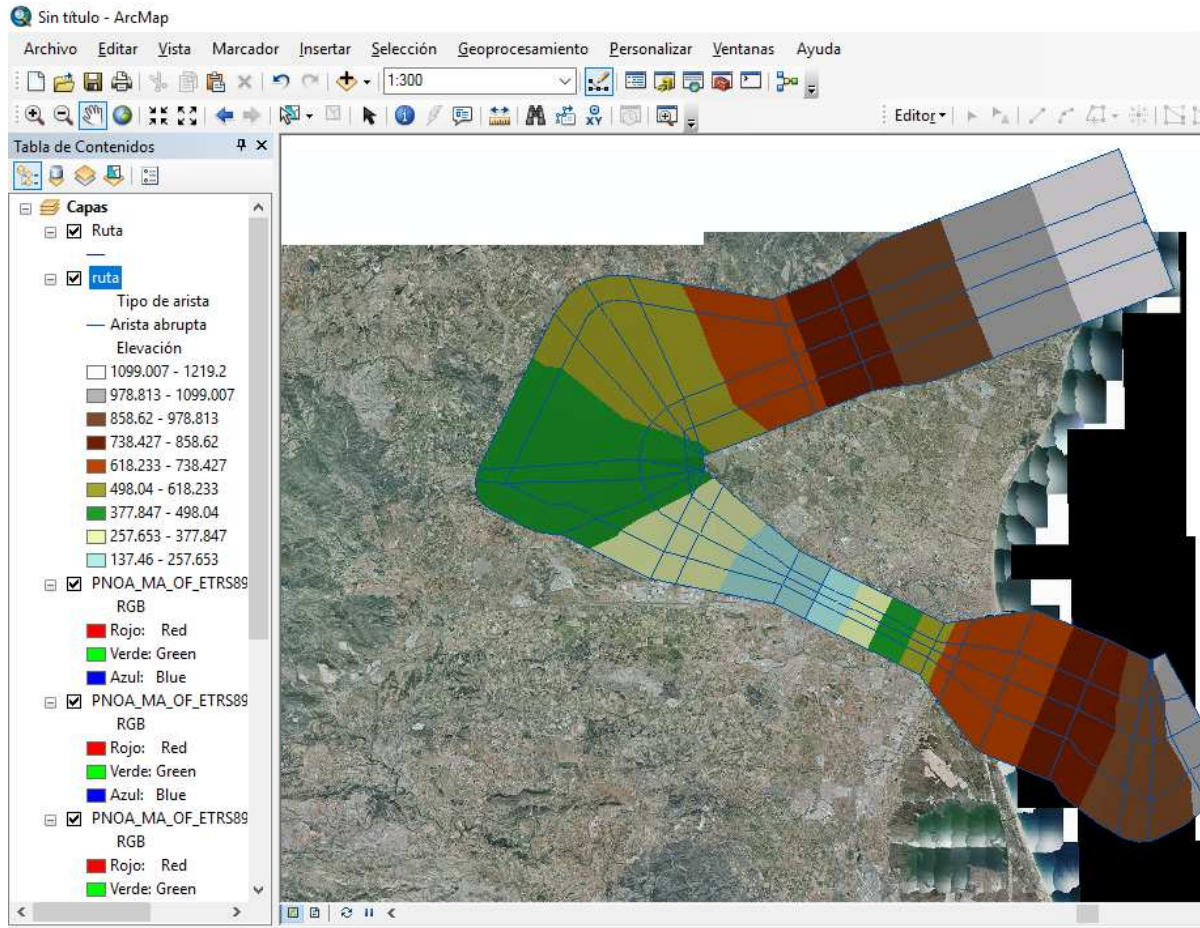


Figura 38: Representación del diseño de vuelo en ArcMap.

A continuación, gracias a ArcScene, se procede a la visualización en 3D de la ruta, incluyendo el modelo digital de elevaciones de la zona:

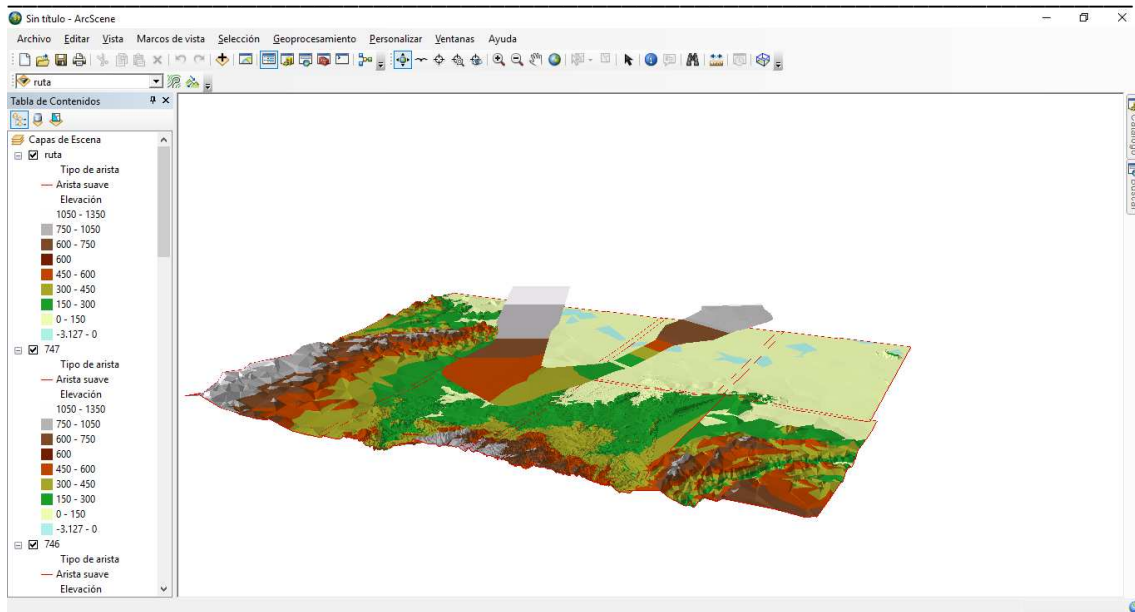


Figura 39: Representación 3D (I) en ArcScene de la ruta con el MDT de Valencia y alrededores.

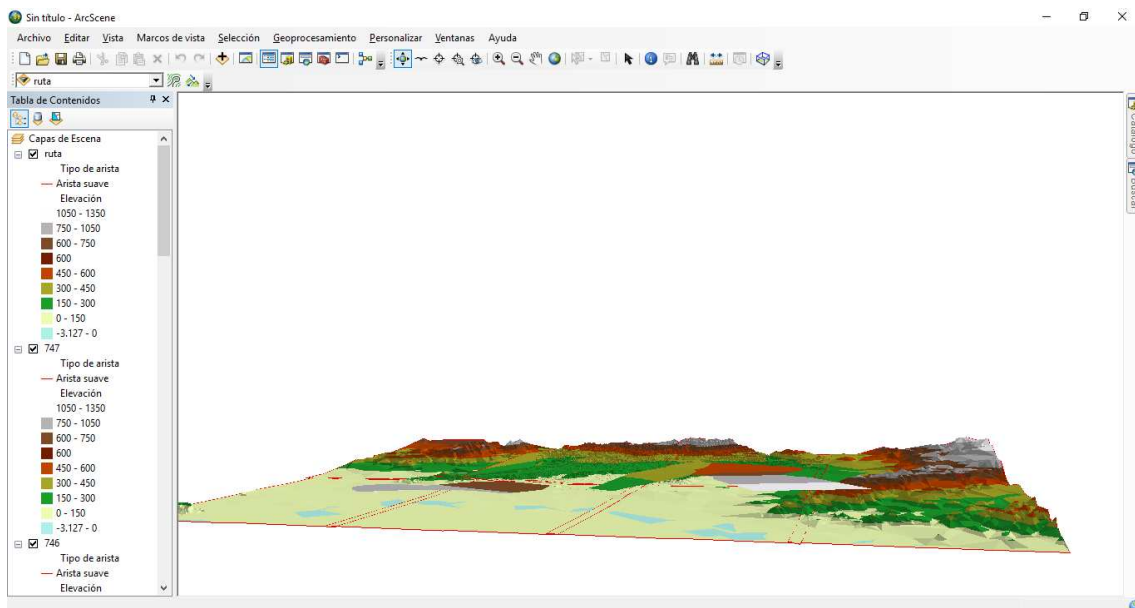


Figura 40: Representación 3D (II) en ArcScene de la ruta con el MDT de Valencia y alrededores.

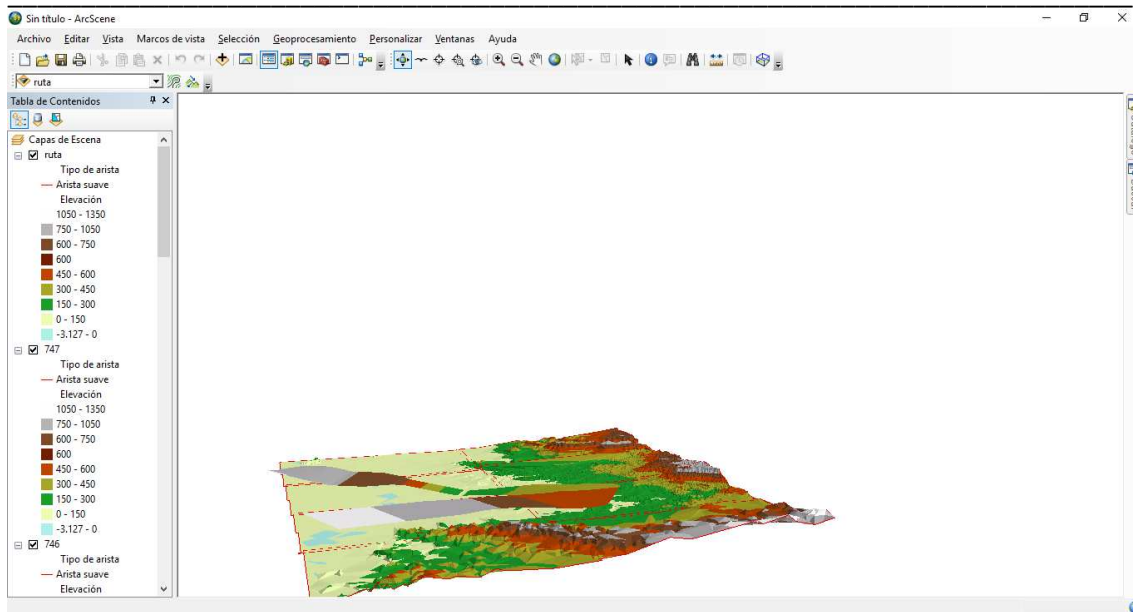


Figura 41: Representación 3D (III) en ArcScene de la ruta con el MDT de Valencia y alrededores.

#### 6.4.3 Definición de la OAS SBAS Categoría I

El tramo APV de un procedimiento de aproximación APV I, APV II o de Categoría I con SBAS se alinearán con el eje de la pista y contendrán los tramos de aproximación final, inicial e intermedio de aproximación frustrada.

El tramo APV o de Categoría I comienza en el punto de aproximación final FAF.

El tramo APV o de Categoría I termina en el punto en que comienza la fase final de aproximación frustrada o en que la superficie de ascenso Z de la aproximación frustrada alcanza una semianchura de 1,76 km (0,95NM), de ellas la que ocurra primero.

A todo el tramo de APV o de Categoría I se le aplicará el franqueamiento de obstáculos sumándole cierta cantidad (dependiendo del tramo y de la categoría de la aeronave) al obstáculo más elevado que penetra una superficie denominada superficie de evaluación de obstáculos (OAS SBAS de Cat I).

Si no se penetran las OAS SBAS, la OCA/H queda determinada por los márgenes de las categorías de las aeronaves. Sin embargo, si se penetran las OAS SBAS, el margen de la categoría de la aeronave debe sumarse al obstáculo de aproximación más elevado, o a la altura ajustada de la penetración más grande de la aproximación frustrada, tomándose de estos valores el que sea mayor. Este valor pasaría a ser la OCA/H.

Las superficies OAS SBAS se extienden en el tramo de aproximación intermedia pero no más allá de este tramo.

Las dimensiones de las OAS SBAS están relacionadas con la geometría de aproximación (distancia al umbral THR desde GARP, senda de planeo GP, altura del punto de referencia RDH) y la categoría de operación del SBAS (En este caso SBAS Categoría I). Los obstáculos que penetran en las OAS se dividen en dos clases y es importante diferenciarlas: Obstáculos de aproximación y obstáculos de aproximación frustrada. Es importante la diferenciación ya que a

la hora de calcular el más elevado a los obstáculos de aproximación frustrada se deberá sumar un margen de seguridad extra.

Las OAS SBAS de Categoría I están formadas por siete superficies planas en pendiente (indicadas por las letras W, X, Y y Z), que son iguales a las superficies OAS ILS de Categoría I. La siguiente ilustración muestra cómo serían estas superficies planas:

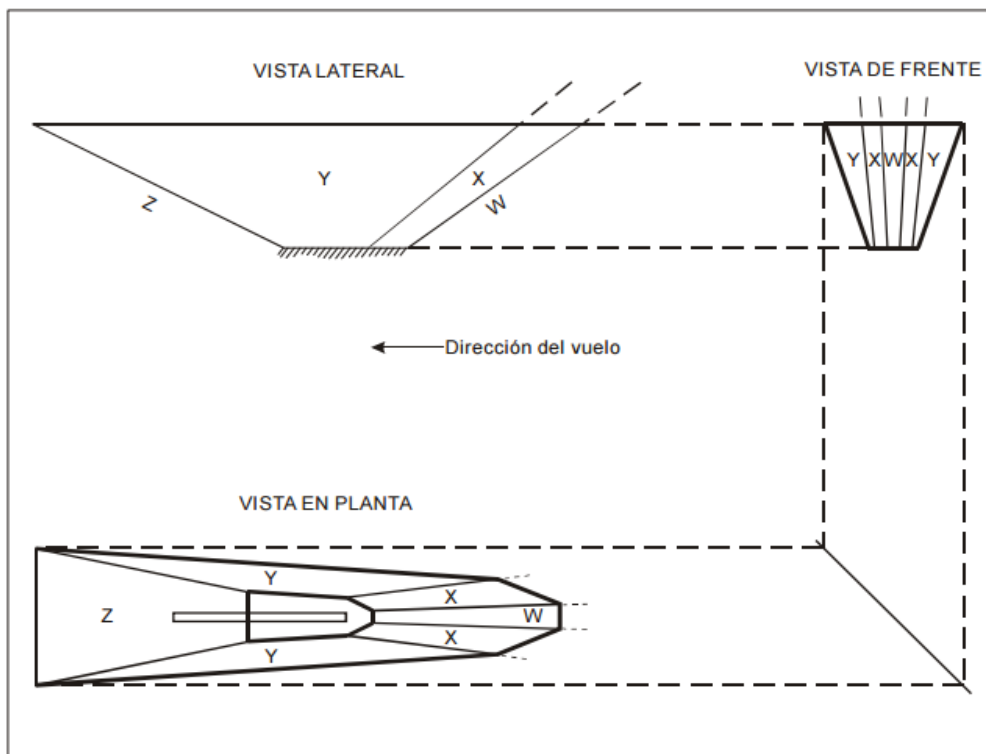


Figura 42: Superficies de evaluación de obstáculos en SBAS Categoría I.

La geometría de las superficies en pendiente está definida de forma precisa por cuatro ecuaciones lineales simples del tipo  $z = Ax + By + C$ . En estas ecuaciones,  $x$  e  $y$  son coordenadas de posición y  $z$  es la altura de la superficie en esa posición.

Para cada superficie, del soporte lógico de OAS de los PANS-OPS se obtienen las constantes A, B y C correspondiente a la gama operacional de distancias GARP / THR y GP. Para los casos APV I, APV II o Categoría I se proporcionan grupos separados de constantes.

Las constantes se pueden modificar en el programa para tener en cuenta los aspectos que no correspondan con las condiciones normalizadas. Consideraremos como pendiente ascensional de aproximación frustrada 2,5% y altura del punto de referencia 15 m

Las posiciones de los obstáculos están relacionadas con un sistema convencional de coordenadas  $x$ ,  $y$ ,  $z$ , que tienen su origen en el umbral. El eje  $x$  es paralelo a la derrota del tramo de precisión, los valores positivos de  $x$  están medidos antes del umbral y los valores negativos de  $x$  después del umbral. El eje  $y$  está en ángulo recto con el eje  $X$ . Aunque está en la siguiente imagen explicado, en todos los cálculos conexos con la geometría de las OAS APV SBAS, la coordenada  $z$  siempre se considera positiva.



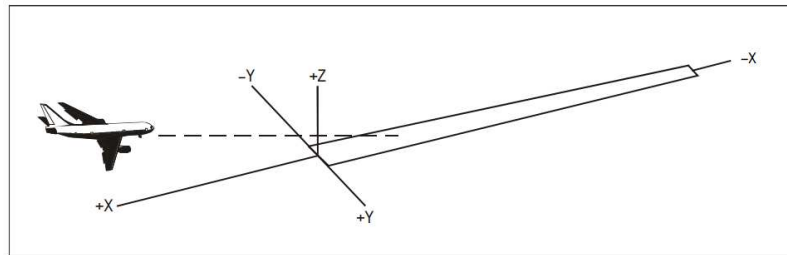


Figura 43: Sistema de coordenadas.

Todas las dimensiones relacionadas con las OAS APV SBAS se especifican en metros únicamente. El eje z es vertical y las alturas por encima del umbral positivas.

El sistema de coordenadas usado para expresar las superficies de protección se basará en el lugar del FTP.

Para los procedimientos SBAS, las constantes A, B y C para cada superficie en pendiente se obtienen del soporte lógico de OAS de los PANS-OPS. El soporte lógico de OAS de los PANS-OPS proporciona los coeficientes para ángulos de trayectoria de planeo entre 2,5 y 3,5° en incrementos de 0,1°, así como para cualquier distancia del punto de referencia en azimut del GARP al umbral de entre 2000 m y 4500 m.

Para calcular la altura z de cualquiera de las superficies en pendiente en un lugar x', y', deberían obtenerse en primer término las constantes apropiadas mediante el soporte lógico de las OAS de los PANS-OPS. Estos valores se sustituyen seguidamente en la ecuación  $z = Ax + By + C$ . Si no resulta evidente cuál es la OAS que queda por encima del lugar en que está situado el obstáculo, esta operación debería repetirse para las otras superficies en pendiente. La altura OAS SBAS Categoría I es la más elevada de las alturas de los planos (cero si todas las alturas de los planos son negativas).

El soporte lógico de los PANS-OPS contiene también una calculadora de OCH que indicará la altura de la superficie Z de OAS APV SBAS o de Categoría I por encima de cualquier lugar X, Y, e incluye los ajustes especificados para la geometría de aproximación APV o de Categoría I, las dimensiones de aeronaves, la pendiente de ascenso en aproximación frustrada y altura del punto de referencia.

En este caso concreto, el ángulo de GP será de 3°, la pendiente de ascenso de aproximación frustrada será también de 3°. En cuanto a los valores de la altura del punto de referencia (15 m), la distancia entre el localizador y el umbral GARP/FTP (3000 m) y la anchura del curso de FTP 210 m quedando éstos establecidos como criterios que no pueden ser modificados para el procedimiento designado según la norma PANS OPS.

Para la realización de las distintas OAS necesarias, en función de las velocidades alcanzadas en cada una de las fases de la aproximación, la OACI establece una clasificación de las aeronaves, debido a que las diferentes actuaciones de las aeronaves influyen directamente en la visibilidad y el espacio aéreo requiere la realización de maniobras tales como la aproximación en circuito, la aproximación frustrada con viraje, el descenso en la aproximación final y la manobra de aterrizaje (incluidos los virajes de base y reglamentario). La velocidad constituye el factor más importante en materia de performances.



Los criterios considerados para la clasificación de aeronaves por categorías son la velocidad indicada en el umbral, equivalente a la velocidad de entrada en pérdida multiplicada por 1,3 o la velocidad de pérdida multiplicada por 1,23 en la configuración de aterriaje con la máxima masa certificada. Si se dispone de ambas, se utilizará el máximo valor resultante.

Categoría de aeronaves	$V_{at}$	Gama de velocidades para aproximación inicial	Gama de velocidades para aproximación final	Velocidades máximas para maniobras visuales (en circuito)	Velocidades máximas para aproximación frustrada	
					Intermedia	Final
A	<91	90/150 (110*)	70/100	100	100	110
B	91/120	120/180 (140*)	85/130	135	130	150
C	121/140	160/240	115/160	180	160	240
D	141/165	185/250	130/185	205	185	265
E	166/210	185/250	155/230	240	230	275
H	N/A	70/120**	60/90***	N/A	90	90
Cat H (PinS)***	N/A	70/120	60/90	NA	70 ó 90	70 ó 90

Velocidad en umbral  $V_{at}$  basada en 1,3 veces la velocidad de pérdida  $V_{so}$  o en 1,23 veces la velocidad de pérdida  $V_{sig}$  en configuración de aterrizaje con masa máxima certificada. (No aplicable a helicópteros).

\* Velocidad máxima para procedimientos de inversión e hipódromo.

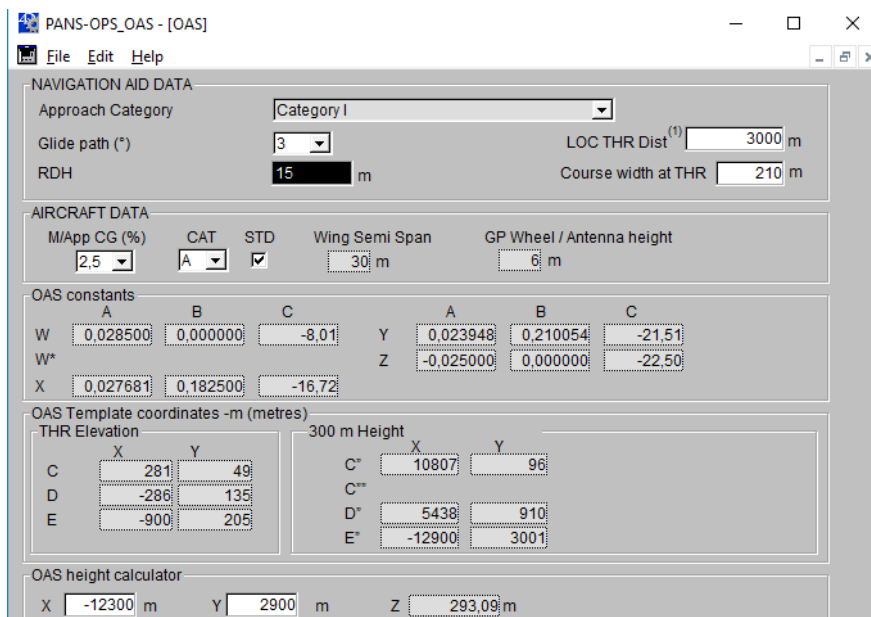
\*\* La velocidad máxima para procedimientos de inversión e hipódromo hasta 6 000 ft inclusive es de 100 kt, y de 110 kt por encima de 6 000 ft.

\*\*\* Los procedimientos de aproximación a un punto en el espacio para helicópteros basados en el GNSS básico se podrán diseñar con velocidades máximas de 120 KIAS para los tramos de aproximación inicial e intermedia, y de 90 KIAS para los tramos de aproximación final y frustrada dependiendo de las necesidades operacionales. Véase la Parte IV, Capítulo 2.

*Nota.— Las velocidades  $V_{at}$  de la columna 2 de la Tabla 1-4-1-1 son la conversión exacta de los valores de esta tabla, puesto que estos valores determinan la categoría de las aeronaves. Las velocidades de las columnas restantes se han convertido y redondeado al múltiplo de cinco más próximo por razones operacionales y, desde una óptica de seguridad operacional, se consideran equivalentes.*

Figura 44: Velocidades (IAS) para el cálculo de procedimientos en nudos (kt).

Para categorías A y B, obtenemos el siguiente resultado calculado con el software PANS-OPS:



The screenshot shows the PANS-OPS software interface with the following configuration:

- NAVIGATION AID DATA:** Approach Category: Category I, Glide path (°): 3, RDH: 15 m, LOC THR Dist<sup>(1)</sup>: 3000 m, Course width at THR: 210 m.
- AIRCRAFT DATA:** M/App CG (%): 2,5, CAT: A, STD: , Wing Semi Span: 30 m, GP Wheel / Antenna height: 6 m.
- OAS constants:**

W	A: 0,028500	B: 0,000000	C: -8,01	Y	A: 0,023948	B: 0,210054	C: -21,51
W*				Z	A: -0,025000	B: 0,000000	C: -22,50
X	A: 0,027681	B: 0,182500	C: -16,72				
- OAS Template coordinates -m (metres):**

THR Elevation		300 m Height	
C	X: 281, Y: 49	C*	X: 10807, Y: 96
D	X: -286, Y: 135	C**	
E	X: -900, Y: 205	D*	X: 5438, Y: 910
		E*	X: -12900, Y: 3001
- OAS height calculator:** X: -12300 m, Y: 2900 m, Z: 293,09 m.

Figura 45: Soporte lógico del software PANS-OPS para categorías A/B.

Las ecuaciones que definen cada una de las superficies serán:

$$\begin{aligned} \text{Superficie } W & z = 0.0285000 * x - 8.01 \text{ m} \\ \text{Superficie } X & z = 0.027681 * x + 0.182500 * y - 16.72 \text{ m} \\ \text{Superficie } Y & z = 0.023948 * x + 0.210054 * y - 21.51 \text{ m} \\ \text{Superficie } Z & z = -0.03000 * x - 22.50 \text{ m} \end{aligned}$$

Con el objetivo de visualizar dichas superficies, lo que puede facilitar la identificación de los obstáculos que se encuentren bajo ellas, el soporte lógico de los PANS-OPS incluye las coordenadas de los puntos de intersección de las superficies en pendiente al nivel del umbral y a 1,76km (0,95NM) lateralmente desde la derrota de aproximación final. Las coordenadas de intersección a nivel del umbral figuran como C, D y E.

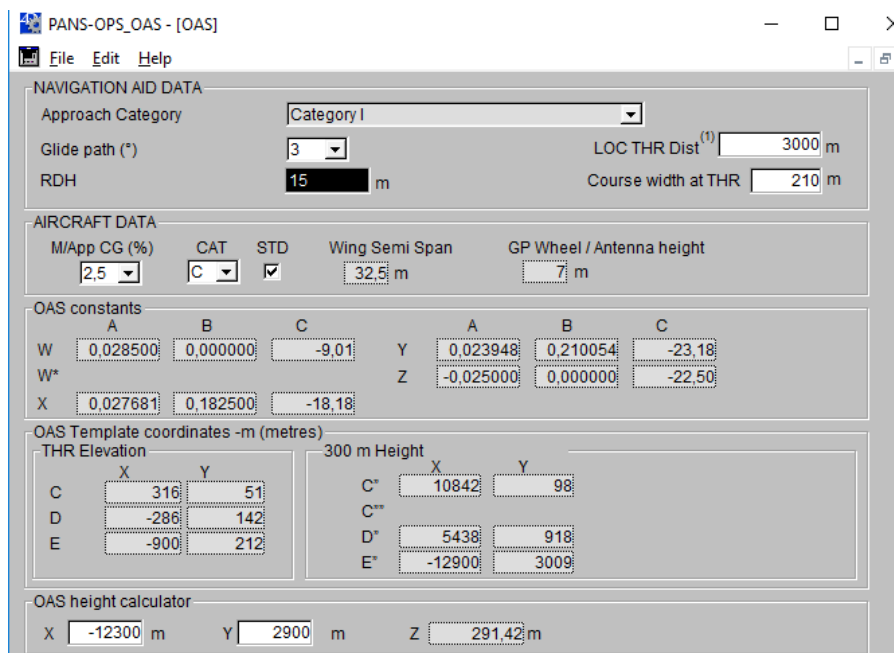
Las coordenadas de estos puntos a la elevación del umbral son:

$$\begin{aligned} C: (281,49,0) &= 39^{\circ}28'59.56''N \ 0^{\circ}28'1.38''W \text{ y } 39^{\circ}29'2.38''N \ 0^{\circ}27'59.48''W \\ D: (-286,135,0) &= 39^{\circ}29'5.61''N \ 0^{\circ}28'24.07''W \text{ y } 39^{\circ}29'13.37''N \ 0^{\circ}28'18.83''W \\ E: (-900,205,0) &= 39^{\circ}29'12.83''N \ 0^{\circ}28'48.19''W \text{ y } 39^{\circ}29'24.61''N \ 0^{\circ}28'40.24''W \end{aligned}$$

Y las coordenadas de dichos puntos en el espacio son:

$$\begin{aligned} C'': (10807,96,300) &= 39^{\circ}26'19.89''N \ 0^{\circ}21'32.33''W \text{ y } 39^{\circ}26'22.48''N \ 0^{\circ}21'28.71''W \\ D'': (5438,910,300) &= 39^{\circ}27'17.31''N \ 0^{\circ}25'6.97''W \text{ y } 39^{\circ}28'9.58''N \ 0^{\circ}24'31.66''W \\ E'': (-12900,3001,300) &= 39^{\circ}33'45.03''N \ 0^{\circ}35'11.37''W \text{ y } 39^{\circ}30'52.47''N \ 0^{\circ}37'7.53''W \end{aligned}$$

Por otro lado, para las Categorías C y D obtenemos el siguiente resultado de PANS-OPS:



The screenshot shows the PANS-OPS software interface with the following data:

- NAVIGATION AID DATA:** Approach Category: Category I, Glide path (°): 3, LOC THR Dist (m): 3000, RDH (m): 15, Course width at THR (m): 210.
- AIRCRAFT DATA:** M/App CG (%): 2.5, CAT: C, STD: checked, Wing Semi Span (m): 32.5, GP Wheel / Antenna height (m): 7.
- OAS constants:**

	A	B	C		A	B	C
W	0.028500	0.000000	-9.01	Y	0.023948	0.210054	-23.18
W*				Z	-0.025000	0.000000	-22.50
X	0.027681	0.182500	-18.18				
- OAS Template coordinates -m (metres):**

	THR Elevation		300 m Height	
	X	Y	X	Y
C	316	51	10842	98
D	-286	142		
E	-900	212	5438	918
			-12900	3009
- OAS height calculator:** X: -12300 m, Y: 2900 m, Z: 291.42 m

Figura 46: Soporte lógico del software PANS-OPS para categorías C y D.



Las ecuaciones que definen cada una de las superficies serán:

$$\begin{aligned} \text{Superficie } W & z = 0.0285000 * x - 9.01 \text{ m} \\ \text{Superficie } X & z = 0.027681 * x + 0.182500 * y - 18.18 \text{ m} \\ \text{Superficie } Y & z = 0.023948 * x + 0.210054 * y - 23.18 \text{ m} \\ \text{Superficie } Z & z = -0.02500 * x - 22.50 \text{ m} \end{aligned}$$

Con el objetivo de visualizar dichas superficies, lo que puede facilitar la identificación de los obstáculos que se encuentren bajo ellas, el soporte lógico de los PANS-OPS incluye las coordenadas de los puntos de intersección de las superficies en pendiente al nivel del umbral y a 1,76km (0,95NM) lateralmente desde la derrota de aproximación final. Las coordenadas de intersección a nivel del umbral figuran como C, D y E.

Las coordenadas de estos puntos a la elevación del umbral son:

$$\begin{aligned} C: (281,49,0) &= 39^{\circ}28'58.99''N \ 0^{\circ}28'0.13''W \text{ y } 39^{\circ}29'1.92''N \ 0^{\circ}27'58.15''W \\ D: (-286,135,0) &= 39^{\circ}29'5.42''N \ 0^{\circ}28'24.21''W \text{ y } 39^{\circ}29'13.57''N \ 0^{\circ}28'18.70''W \\ E: (-900,205,0) &= 39^{\circ}29'12.63''N \ 0^{\circ}28'48.34''W \text{ y } 39^{\circ}29'24.84''N \ 0^{\circ}28'41.49''W \end{aligned}$$

Y las coordenadas de dichos puntos en el espacio son:

$$\begin{aligned} C'': (10807,96,300) &= 39^{\circ}26'19.31''N \ 0^{\circ}21'31.08''W \text{ y } 39^{\circ}26'24.93''N \ 0^{\circ}21'27.28''W \\ D'': (5438,910,300) &= 39^{\circ}27'17.09''N \ 0^{\circ}25'7.13''W \text{ y } 39^{\circ}28'9.81''N \ 0^{\circ}24'31.51''W \\ E'': (-12900,3001,300) &= 39^{\circ}33'45.26''N \ 0^{\circ}35'11.23''W \text{ y } 39^{\circ}30'52.24''N \ 0^{\circ}37'7.69''W \end{aligned}$$

Por otro lado, se ha necesitado obtener las elevaciones de todos los obstáculos cercanos al aeropuerto de Valencia. Esta información se encuentra con facilidad en la página de ENAIRE, la cual ofrece la lista de obstáculos de todos los aeropuertos de España en formatos .csv y .xml. El documento descargado además de latitud, longitud, altura, elevación... Indica el tipo de obstáculo que es (Árbol, antena, señal, sistema de vigilancia...) y su identificador entre otra información. Una vez obtenidos todos los obstáculos, se introducen en el sistema ArcGIS, el cual en una fase inicial sólo situará los puntos en las coordenadas indicadas, más tarde se introducirá el parámetro de la altura.

Por otro lado, se procede a la descarga de todos los modelos digitales de elevaciones (MDT) de las zonas 695-696-721-722 (Consultar el Anexo para más información al respecto), zonas con las que se cubrirá el 100% de los obstáculos totales del aeropuerto de Valencia. A partir de aquí se trabajará en ArcGIS y AutoCAD. En ellos se trabajará en Sistema de Coordenadas Proyectadas UTM ETRS-89 Huso 30, para facilitar así la exportación de los diseños de AutoCAD en ArcGIS.

Una vez unidas todas estas áreas en un solo MDT, haciendo una clasificación concreta de las altitudes y añadidos los obstáculos, en ArcGIS se visualiza lo siguiente:

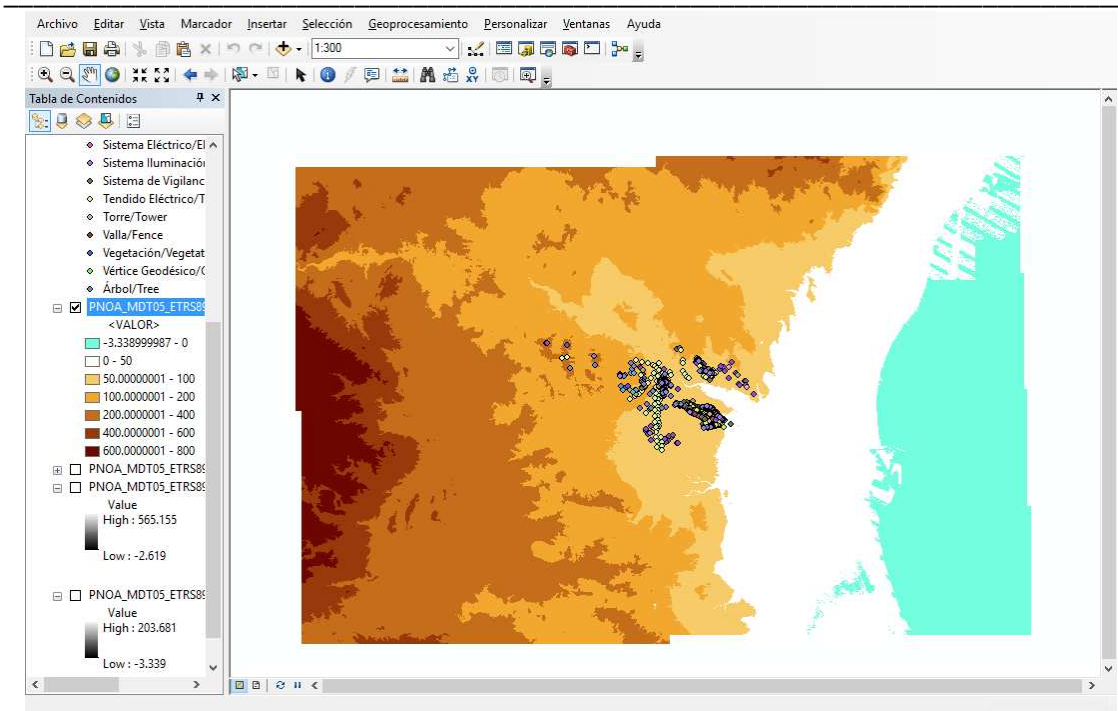


Figura 47: Representación del MDT y obstáculos en ARCGIS.

Siendo innecesario la carga de tantos elementos del MDT total, ahora se procede al recorte de la zona para trabajar a partir de ahora únicamente con la zona que nos interesa para el cálculo de las OAS. Por tanto, se extrae la zona de obstáculos, que es la zona que nos interesa para trabajar, eliminando así el resto del MDT, innecesario.

Tras el recorte realizado, se nos queda la siguiente zona, todavía en formato ráster.

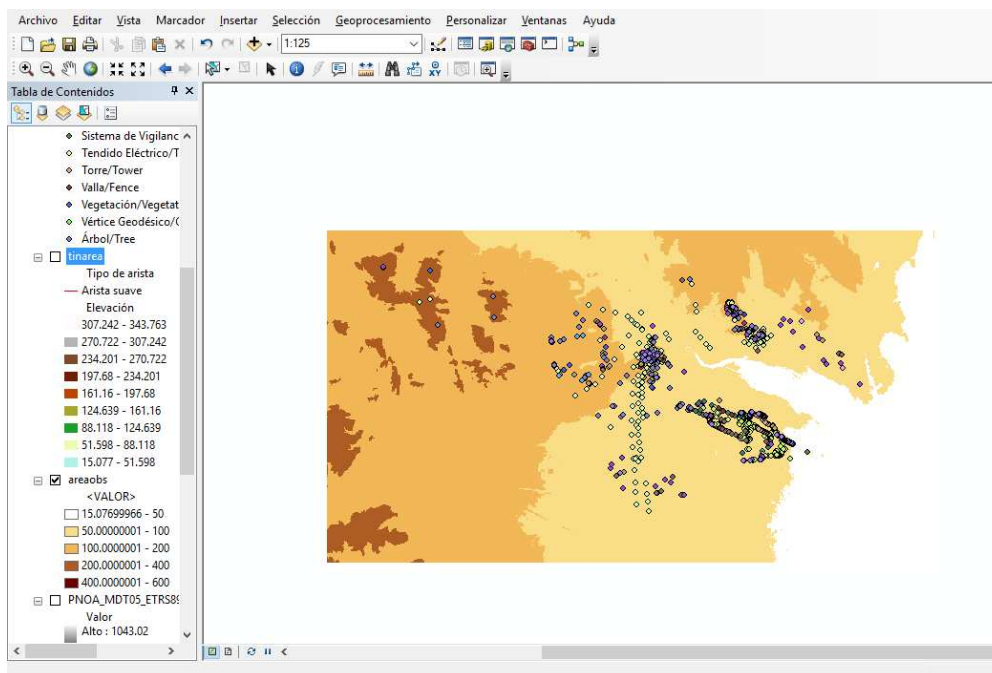


Figura 48: Representación del MDT de la zona de obstáculos y obstáculos en ArcGIS.

Una vez se tiene la zona concreta donde se encuentran todos los obstáculos en formato ráster, se continúa realizando una red irregular de triángulos de la zona, más conocido como TIN (Triangular Irregular Networks), con el fin de obtener una representación gráfica de qué obstáculos de la lista superan la franja marcada por las OAS. Para la realización de las formas de los obstáculos, se ha utilizado AutoCAD y se han generado buffers tanto para la elevación como para la altura de dicho obstáculo en cada punto concreto, con el fin de poder realizar unas curvas de nivel que permitiesen obtener un mejor resultado visual de los obstáculos que penetraran la zona.

A su vez, exportamos el fichero .dwg realizado en AutoCAD con las OAS, tanto para las categorías AB como la categoría CD. Se ha realizado el diseño de las OAS en 3D, y de AutoCAD lo exportamos a ArcGIS mediante ArcMap. En ArcMap tendremos polilíneas, las cuales se han de convertir en un polígono en formato shapefile con el fin de obtener diferencias de altitud para el posterior análisis. Una vez obtenido dicho shapefile, como previamente, con la opción “Crear TIN” se obtiene un fichero que se podrá comparar con los datos de los obstáculos anteriores de forma visual. Tras realizar un análisis de todos ellos en ArcScene, se aprecia que dadas las muy poco significativas diferencias entre una OAS y la otra, se obtendrá el mismo resultado final, por tanto, se mostrarán los resultados siendo equivalentes para ambos casos.

Para facilitarnos el trabajo y la visualización de los obstáculos realmente problemáticos, se ha realizado primero un TIN con todos los obstáculos, para examinar aquéllos que realmente supusieran un problema. Tras esto, se ha realizado un TIN tal y como se ha descrito previamente con mayor calidad para visualizar con mayor detalle el obstáculo, pudiendo diferenciar fácilmente entre elevación y altitud.

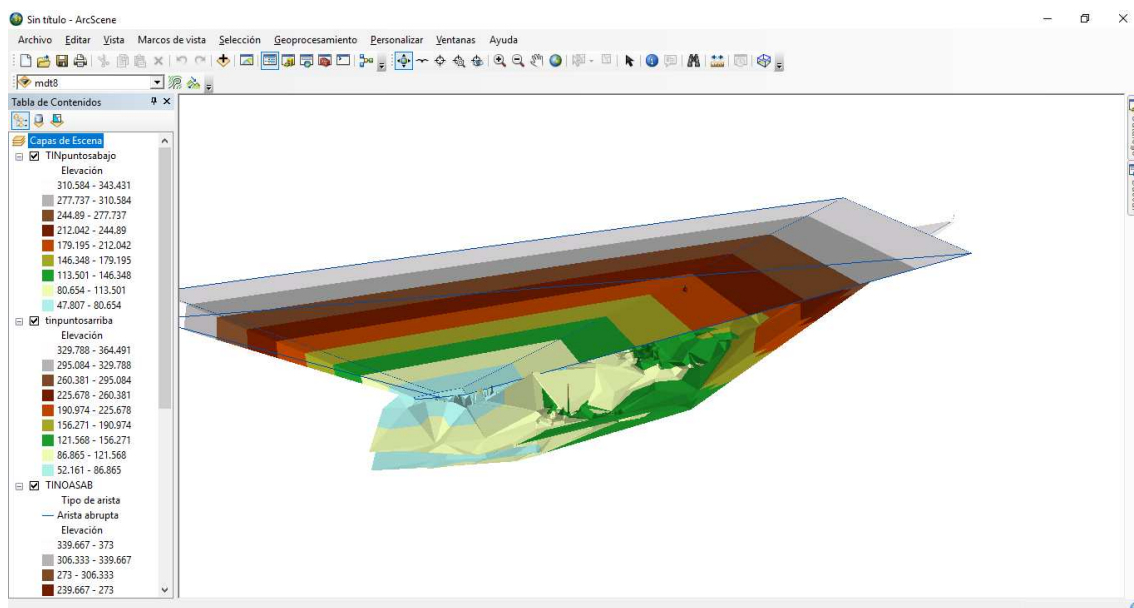


Figura 49: Representación en ArcScene de todos los obstáculos comparado con la OAS.

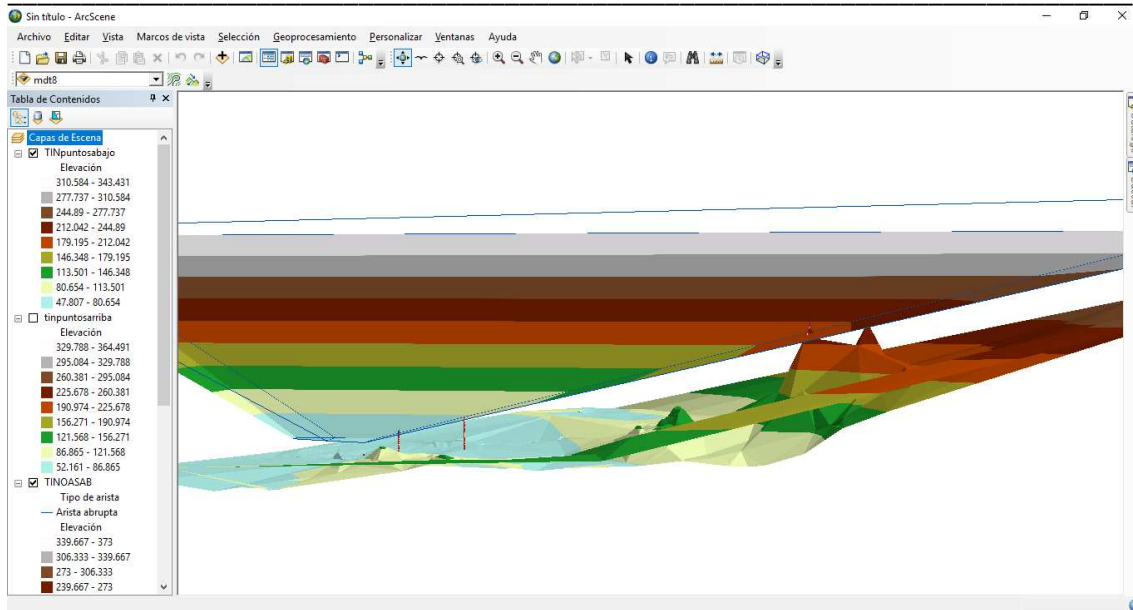


Figura 50: Representación en ArcScene de los obstáculos problemáticos desde el nivel

Una vez vistos los obstáculos problemáticos, los cuales están todos en la zona de aproximación frustrada, se visualizan sus altitudes y se escogerá el que esté más elevado. Se tendrá en cuenta que la altitud equivalente se deberá calcular al encontrarse en la frustrada:

$$h_a = \frac{h_{ma} * \cot Z + (x_z + x)}{\cot Z + \cot \theta}$$

Donde:

$h_{ma}$ : altura del obstáculo en la aproximación frustrada

$\theta$ : ángulo de la trayectoria de planeo (ángulo de elevación).

Z: ángulo de la superficie de aproximación frustrada

X: distancia del obstáculo relativa al umbral (negativa después del umbral)

Con un ángulo de planeo de  $3^\circ$ , una distancia de obstáculo relativa respecto al umbral de, y un ángulo de superficie de aproximación frustrada del  $3,2^\circ$ , y la distancia del obstáculo relativa al umbral

A partir de ese obstáculo, se ha de añadir el margen de pérdida de altura correspondiente, utilizando baroaltímetro, dependiendo de la categoría de la aeronave:



Categoría de aeronaves (Vat)	Margen utilizando radioaltímetro		Margen utilizando baroaltímetro	
	Metros	Pies	Metros	Pies
A — 169 km/h (90 kt)	13	42	40	130
B — 223 km/h (120 kt)	18	59	43	142
C — 260 km/h (140 kt)	22	71	46	150
D — 306 km/h (165 kt)	26	85	49	161

Figura 51: Margen de pérdida de altura/error de altímetro.

El obstáculo a destacar en frustrada es el obstáculo que se encuentra en las coordenadas 39°29'55,72"N y 0°29'33,9"W, que es de 116,157m, a una distancia de 2500m respecto el ARP, siendo éste un edificio. Aplicando la fórmula de arriba, se obtiene un valor total de **89.07m**, a los que añadiendo el margen quedaría:

Categoría	A	B	C	D
Altura obstáculo	89,07	89,07	89,07	89,07
OCA/H (m)	129,07	132,07	135,07	138,07
OCA/H (ft)	423,46	435,46	443,46	454,46

Tabla 15: OCA/H para categorías A,B,C,D.

#### 6.4.4 Definición de los circuitos de espera.

En esta sección se procederá a la elaboración de los circuitos de espera correspondientes al IAF y al tramo de aproximación frustrada. Las aeronaves equipadas con sistemas RNAV tienen la flexibilidad suficiente para mantenerse en espera sobre derrotas definidas por el equipo RNAV y para utilizar procedimientos menos rígidos que los propios de los circuitos de espera convencionales. Los beneficios de utilizar esta técnica incluyen la utilización óptima del espacio aéreo en relación a la ubicación y alineación de las áreas de espera, así como, en determinadas circunstancias, la reducción del espacio aéreo del área de espera. La única especificación de navegación que requiere un sistema de navegación de área con funcionalidad de espera es la RNP avanzada, como es nuestro caso.

Para evitar congestiones, sólo se debería establecer un circuito de espera para cada procedimiento. La ubicación normal debería coincidir con uno de los IAF, en el caso del aeropuerto de Valencia correspondería con el IAF de Mulat y el de Pinedo.

Bien como dice el Doc 8168 de la OACI, se puede prever un circuito de espera para cualquier IAF, que deberá estar alineado con la derrota del tramo inicial. El IAF de Mulat no está exactamente alineado con la derrota del aeropuerto, por ello se efectúa el primer viraje de 55° necesario para tomar la senda correcta y habilitar a su vez este circuito de espera. Por otro lado, en el IAF de Pinedo, el circuito de espera del mismo está exactamente en la misma derrota que la pista 30 del aeropuerto de Valencia, por lo tanto, ambos cumplen con el requisito inicial que ésta propone.

Por otro lado, al finalizar el tramo de aproximación frustrada, se alcanzará un nuevo circuito de espera, este concretamente colocado cerca del NDB de Sagunto.



Todos los circuitos de espera usarán el procedimiento de hipódromo con un intervalo de 1 minuto, a excepción del de Pinedo, el cual será de un intervalo de 2 minutos

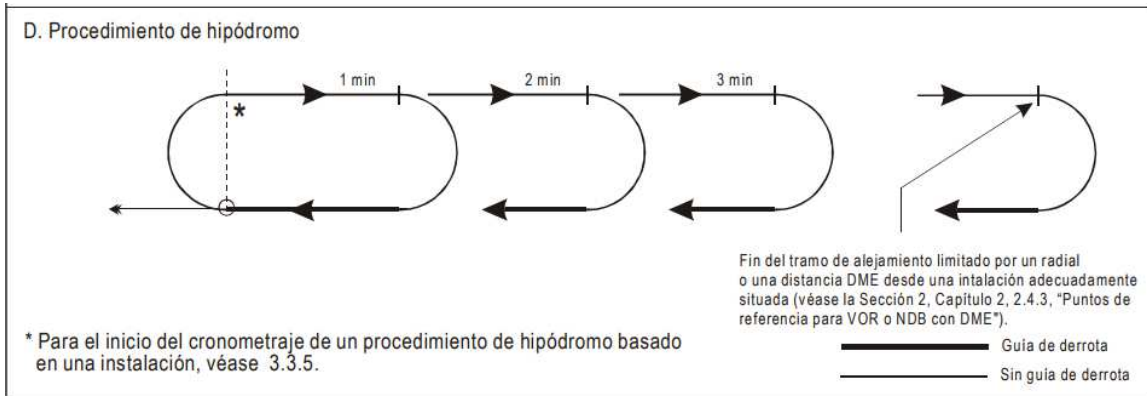


Figura 52: Procedimiento de Hipódromo.

Debemos conocer los distintos componentes que estructuran el área de espera:

- Área básica de espera, a un nivel determinado, es el espacio aéreo requerido a dicho nivel para abarcar un circuito de espera normalizado, teniendo en cuenta las tolerancias de velocidad de la aeronave, el efecto del viento, los errores de cronometraje, las características del punto de referencia, etc.
- Área de entrada, incluye el espacio aéreo necesario para permitir la realización de los procedimientos de entrada especificados.
- Área tope, aquélla que se extiende 9,3 km (5 NM) a una altura de 1830 m o por debajo de la misma más allá del límite del área de espera. En el área tope, la altura y naturaleza de los obstáculos se tendrán en cuenta al determinar el nivel mínimo de espera utilizable en el circuito de espera.

Para calcular los márgenes de franqueamiento de obstáculos se utilizará el método del rectángulo

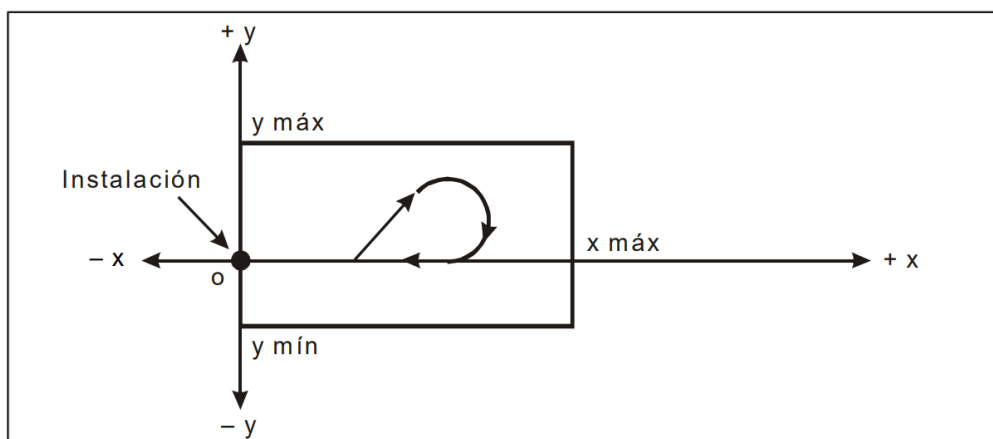


Figura 53: Ejemplo del método del rectángulo, en este caso para un viraje.



	<i>UNIDADES DEL SI</i> (distancias en km; velocidades en km/h; tiempo en minutos)	<i>UNIDADES AJENAS AL SI</i> (distancias en NM; velocidades en kt; tiempo en minutos)
<i>a) ecuaciones para viraje reglamentario 45/180</i>		
$x_{m\acute{a}x}$	$TAS(0,0165t + 0,0431) + W(0,0165t + 0,0278) + 3,4$	$TAS(0,0165t + 0,0431) + W(0,0165t + 0,0278) + 1,8$
$y_{m\acute{a}x}$	$TAS(0,002t + 0,022) + W(0,002t + 0,0333) - 0,74$	$TAS(0,002t + 0,022) + W(0,002t + 0,0333) - 0,4$
$y_{m\acute{i}n}$	$TAS(-0,002t - 0,0137) + W(0,002t - 0,0594) + 1,67$	$TAS(-0,002t - 0,0137) + W(-0,002t - 0,0594) + 0,9$
<i>b) ecuaciones para viraje reglamentario 80/260</i>		
$x_{m\acute{a}x}$	$TAS(0,0165t + 0,0421) + W(0,0165t + 0,0489) - 3,34$	$TAS(0,0165t + 0,0421) + W(0,0165t + 0,0489) - 1,8$
$y_{m\acute{a}x}$	$TAS(0,002t + 0,0263) + W(0,002t + 0,0322) - 1,85$	$TAS(0,002t + 0,0263) + W(0,002t + 0,0322) - 1,0$
$y_{m\acute{i}n}$	$TAS(-0,002t - 0,01) + W(0,002t - 0,0591) + 1,3$	$TAS(-0,002t - 0,01) + W(-0,002t - 0,0591) + 0,7$
<i>c) ecuaciones para viraje de base</i>		
$x_{m\acute{a}x}$	$TAS(0,0173t + 0,0181) + W(0,0166t + 0,0209) - 0,93$	$TAS(0,0173t + 0,0181) + W(0,0166t + 0,0209) - 0,5$
$y_{m\acute{a}x}$	$TAS(-0,0004t + 0,0373) + W(-0,0072t + 0,0404) + 0,164t - 3,15$	$TAS(-0,0004t + 0,0373) + W(-0,0072t + 0,0404) + 0,0887t - 1,7$
$y_{m\acute{i}n}$	$TAS(-0,0122) + W(0,0151t - 0,0639) - 0,1845t + 1,48$	$TAS(-0,0122) + W(0,0151t - 0,0639) - 0,0996t + 0,8$
<i>d) ecuaciones para hipódromo</i>		
$x_{m\acute{a}x}$	$TAS(0,0167t + 0,0297) + W(0,0167t + 0,0381) - 1,67$	$TAS(0,0167t + 0,0297) + W(0,0167t + 0,0381) - 0,9$
$x_{m\acute{i}n}$	$TAS(-0,0241) + W(-0,037) + 2,04$	$TAS(-0,0241) + W(-0,037) + 1,1$
$y_{m\acute{a}x}$	$TAS(0,0012t + 0,0266) + W(0,0158t + 0,0368) + 0,843t - 5,37$	$TAS(0,0012t + 0,0266) + W(0,0158t + 0,0368) + 0,455t - 2,9$
$y_{m\acute{i}n}$	$TAS(-0,0015t - 0,0202) + W(-0,0167t - 0,027) + 1,3$	$TAS(-0,0015t - 0,0202) + W(-0,0167t - 0,027) + 0,7$

Figura 54: Ecuaciones del rectángulo.

Para iniciar este procedimiento, se calculará previamente la velocidad verdadera en función de la velocidad indicada y la velocidad del viento, parámetros que nos solicita este método:

$$TAS = IAS * 171233 * \frac{((288 \pm Var) - 0.006496 * H)^{0.5}}{(288 - 0.006496 * H)^{2.628}}$$

$$W = (12 * H + 87) \text{ km/h}$$

Donde H es la altitud, y VAR es la diferencia de temperatura en relación con las de la ISA, para la cual se cogerá la ISA +15. Esto nos permitirá poder calcular de forma directa la TAS con un factor de conversión que considera la OACI en función de la temperatura y la altitud (De manera aproximada).

Se trabajarán como a lo largo de todo el proyecto, con unidades en el sistema internacional, y se obtienen los siguientes valores:

Para el IAF de Mulat, tendremos en cuenta que la altitud es 1066,8m:

$$TAS = IAS * 1.08094$$

$$W = 99.8016 \text{ km/h}$$

Para el IAF de Pinedo por otro lado, tendremos una altitud de 914.4m:

$$TAS = IAS * 1.07278$$

$$W = 97.968 \text{ km/h}$$

Finalmente, para el circuito de espera situado en NDB SGO, de altitud 1219,2m:

$$TAS = IAS * 1.08918$$

$$W = 101.63 \text{ km/h}$$

Se utilizará como velocidad base la máxima que hemos establecido previamente, que es de 420 km/h. Se establecen las siguientes velocidades en función de las condiciones de vuelo y altitud:

Niveles <sup>1</sup>	Condiciones normales	Condiciones de turbulencia
Helicópteros hasta 1 830 m (6 000 ft) inclusive	185 km/h (100 kt)	
Hasta 4 250 m (14 000 ft) inclusive	425 km/h (230 kt) <sup>2</sup> 315 km/h (170 kt) <sup>4</sup>	520 km/h (280 kt) <sup>3</sup> 315 km/h (170 kt) <sup>4</sup>
Más de 4 250 m (14 000 ft) hasta 6 100 m (20 000 ft) inclusive Más de 6 100 m (20 000 ft) hasta 10 350 m (34 000 ft) inclusive	445 km/h (240 kt) <sup>5</sup> 490 km/h (265 kt) <sup>5</sup>	520 km/h (280 kt) o 0,8 Mach, lo que sea menor <sup>3</sup>
Más de 10 350 m (34 000 ft)	0,83 Mach	0,83 Mach

1. Los niveles de esta tabla representan *altitudes* o los correspondientes *niveles de vuelo*, dependiendo del reglaje de altímetro utilizado.
2. Cuando al procedimiento de espera le sigue el tramo inicial de un procedimiento de aproximación por instrumentos promulgado para una velocidad superior a 425 km/h (230 kt), también deberá promulgarse la espera a esta velocidad superior, siempre que sea posible.
3. Véase 1.3.1.4, "Aeronaves en espera a 520 km/h (280 kt)/0,8 Mach".
4. Solamente para esperas de aeronaves Cat A y B, y Cat H por encima de 1 830 m (6 000 ft).
5. Siempre que sea posible, para procedimientos de espera asociados con estructuras de aerovías deberá utilizarse una velocidad de 520 km/h (280 kt).

Figura 55: Velocidades Aerodinámicas para la construcción del área de espera.

Obtenemos los siguientes resultados:

	MULAT	PINEDO	NDB SGO
<b>Ymax</b>	13.3436 km	15.6381 km	13.536 km
<b>Ymin</b>	-12.9089 km	-15.1458 km	-13.0639 km
<b>Ytotal</b>	26.2525 km	30.7839 km	26.6 km
<b>Xmax</b>	24.8645 km	33.9818 km	25.1253 km
<b>Xmin</b>	-12.5939 km	-12.5261 km	-12.745 km
<b>Xtotal</b>	37.4584 km	46.5079 km	37.8703 km

Tabla 16: Medidas del rectángulo a realizar.

Por otro lado, el nivel mínimo de espera permisible proporcionará un margen de franqueamiento de obstáculos de, al menos:

- a) 300 m por encima de los obstáculos en el área de espera
- b) Un valor adecuado, obtenido de la tabla siguiente, por encima de los obstáculos en el área tope. Este valor disminuye escalonadamente hacia el exterior.

<i>Distancia más allá del límite del área de espera</i>		<i>Margen mínimo de franqueamiento de obstáculos por encima de terreno bajo y llano</i>	
<i>Kilómetros</i>	<i>Millas marinas</i>	<i>Metros</i>	<i>Pies</i>
0 a 1,9	0 a 1,0	300	984
1,9 a 3,7	1,0 a 2,0	150	492
3,7 a 5,6	2,0 a 3,0	120	394
5,6 a 7,4	3,0 a 4,0	90	294
7,4 a 9,3	4,0 a 5,0	60	197
Categoría H			
0 a 3,7	0 a 2,0	lineal	lineal
		300 a 0	984 a 0

Figura 56: Margen mínimo de franqueamiento de obstáculos en el área tope por encima de terreno bajo y llano.

Ahora se procederá a la evaluación de cada una de las áreas de espera con ArcGIS. Se han diseñado los bocetos en AutoCAD y traspasado a ArcGIS, quedando lo siguiente:

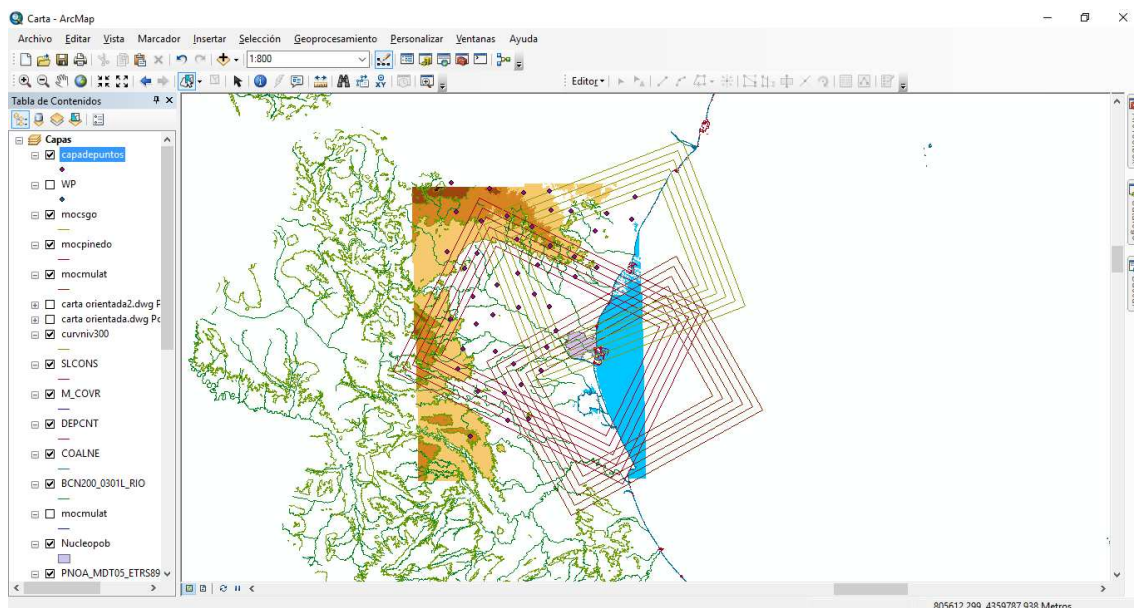


Figura 57: Representación en ArcMap de los rectángulos descritos.

En función de la distancia a la que se encuentre más allá del área de espera, también se considerará un margen de franqueamiento de obstáculos, y se habrá de escoger el más restrictivo de ambos.

Una vez realizados los diseños de cada uno de los rectángulos para cada área de espera correspondiente, lo analizaremos con ArcGIS.

Una vez vistos todos los gráficos y haciendo los cálculos pertinentes:

En el circuito correspondiente al IAF de **Mulat**, se encuentran las siguientes cotas significativas en ArcGIS:

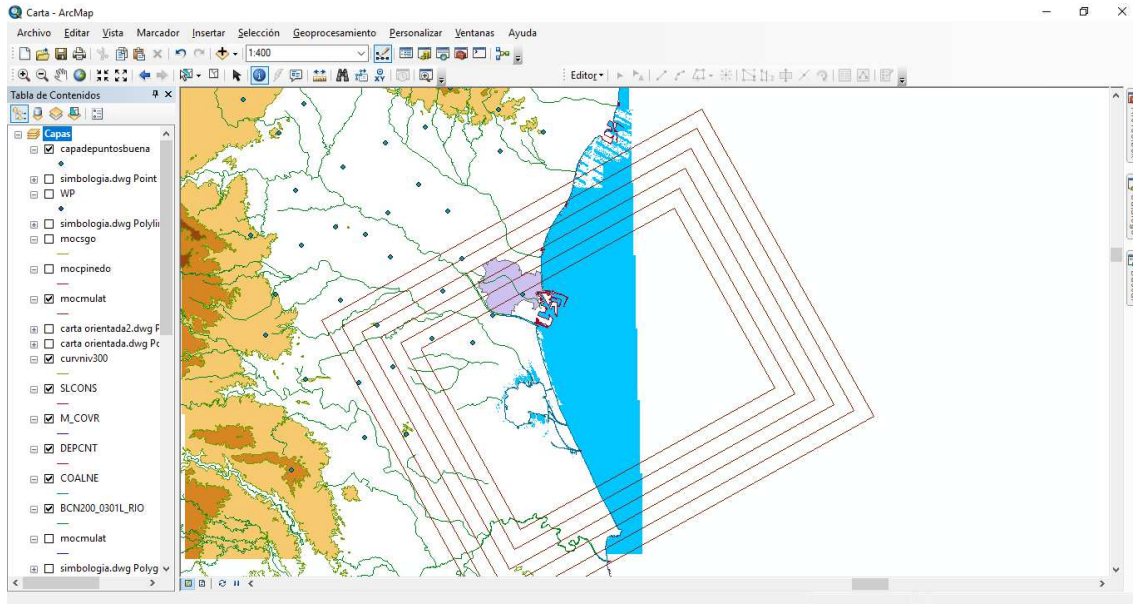


Figura 58: Representación del rectángulo correspondiente al circuito de espera de Mulat y sus cotas significativas.

Tal y como se puede apreciar, no aparece ninguna cota significativa dentro de la primera área, sin embargo, sí que aparecen varias cotas significativas.

Tabla											
capadepuntosbuena											
	FID	Shape *	FID	Entity	Layer	Color	Linetype	Elevation	LineWt	RefName	Angle
▶	30	Punto ZM	0	Point	Capa de Puntos	18	Continuous	279.502	25		0
	34	Punto ZM	0	Point	Capa de Puntos	18	Continuous	239.268	25		0
	35	Punto ZM	0	Point	Capa de Puntos	18	Continuous	142.342	25		0
	36	Punto ZM	0	Point	Capa de Puntos	18	Continuous	330.708	25		0
	38	Punto ZM	0	Point	Capa de Puntos	18	Continuous	86.868	25		0
	39	Punto ZM	0	Point	Capa de Puntos	18	Continuous	89.0016	25		0
	50	Punto ZM	0	Point	Capa de Puntos	18	Continuous	111.8616	25		0
	51	Punto ZM	0	Point	Capa de Puntos	18	Continuous	117.9576	25		0
	52	Punto ZM	0	Point	Capa de Puntos	18	Continuous	135.0264	25		0

Figura 59: Cotas significativas dentro del área tope del área de espera de Mulat.

Tenemos varios puntos problemáticos:

- Dentro del área de espera, nos encontramos una zona protegida (La Albufera de Valencia) la cual no puede ser sobrepasada por encima de los 1000 ft.  
 $304.8 + 300 + 300 = 904.8 \text{ m}$
- De 2 a 3 NM encontramos un obstáculo de 330.708m.  
 $330.708 + 120 = 450.708 \text{ m}$
- De 3 a 4 NM encontramos un obstáculo de 360.5784m.  
 $360.5784 + 90 = 450.5784 \text{ m}$

Con estos resultados se obtiene una altitud de 904.8m o 2968ft. Se aproximará a **3500ft** dada la lejanía de éste con la pista para una altitud tan baja, además de encontrarnos el siguiente circuito de espera como se verá a continuación a una altitud mayor.

A continuación, se continúa con el circuito de espera con IAF en Pinedo

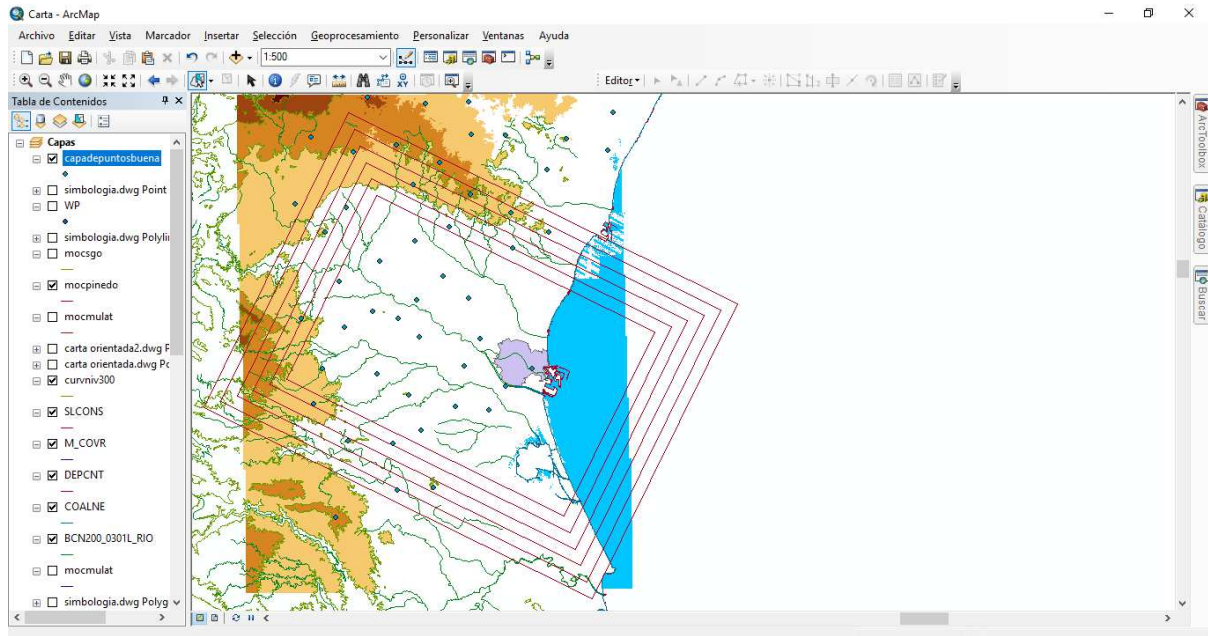


Figura 60: Representación del rectángulo correspondiente al circuito de espera de Pinedo y sus cotas significativas.

En este caso, aparecen varios puntos dentro del área de espera:

FID	Shape *	FID	Entity	Layer	Color	Linetype	Elevation	LineWt	RefName	Angle
27	Punto ZM	0	Point	Capa de Puntos	18	Continuous	367.284	25		0
26	Punto ZM	0	Point	Capa de Puntos	18	Continuous	345.6432	25		0
36	Punto ZM	0	Point	Capa de Puntos	18	Continuous	330.708	25		0
20	Punto ZM	0	Point	Capa de Puntos	18	Continuous	293.827	25		0
48	Punto ZM	0	Point	Capa de Puntos	18	Continuous	285.293	25		0
25	Punto ZM	0	Point	Capa de Puntos	18	Continuous	271.272	25		0
23	Punto ZM	0	Point	Capa de Puntos	18	Continuous	266.395	25		0
37	Punto ZM	0	Point	Capa de Puntos	18	Continuous	253.289	25		0
34	Punto ZM	0	Point	Capa de Puntos	18	Continuous	239.268	25		0
49	Punto ZM	0	Point	Capa de Puntos	18	Continuous	237.744	25		0
19	Punto ZM	0	Point	Capa de Puntos	18	Continuous	225.552	25		0
41	Punto ZM	0	Point	Capa de Puntos	18	Continuous	163.068	25		0
42	Punto ZM	0	Point	Capa de Puntos	18	Continuous	156.972	25		0
35	Punto ZM	0	Point	Capa de Puntos	18	Continuous	142.342	25		0
52	Punto ZM	0	Point	Capa de Puntos	18	Continuous	135.0264	25		0
40	Punto ZM	0	Point	Capa de Puntos	18	Continuous	131.064	25		0
51	Punto ZM	0	Point	Capa de Puntos	18	Continuous	117.9576	25		0
50	Punto ZM	0	Point	Capa de Puntos	18	Continuous	111.8616	25		0
39	Punto ZM	0	Point	Capa de Puntos	18	Continuous	89.0016	25		0
38	Punto ZM	0	Point	Capa de Puntos	18	Continuous	86.868	25		0

Figura 61: Cotas significativas dentro del área de espera de Pinedo.

El total de obstáculos incluyendo el área tope son las siguientes:

FID	Shape *	FID	Entity	Layer	Color	Linetype	Elevation	LineWt	RefName	Angle
12	Punto ZM	0	Point	Capa de Puntos	18	Continuous	613.8672	25		0
13	Punto ZM	0	Point	Capa de Puntos	18	Continuous	821.1312	25		0
14	Punto ZM	0	Point	Capa de Puntos	18	Continuous	571.1952	25		0
15	Punto ZM	0	Point	Capa de Puntos	18	Continuous	908.6088	25		0
16	Punto ZM	0	Point	Capa de Puntos	18	Continuous	801.0144	25		0
17	Punto ZM	0	Point	Capa de Puntos	18	Continuous	566.0136	25		0
18	Punto ZM	0	Point	Capa de Puntos	18	Continuous	262.128	25		0
19	Punto ZM	0	Point	Capa de Puntos	18	Continuous	225.552	25		0
20	Punto ZM	0	Point	Capa de Puntos	18	Continuous	293.827	25		0
21	Punto ZM	0	Point	Capa de Puntos	18	Continuous	0	25		0
22	Punto ZM	0	Point	Capa de Puntos	18	Continuous	363.6264	25		0
23	Punto ZM	0	Point	Capa de Puntos	18	Continuous	266.395	25		0
24	Punto ZM	0	Point	Capa de Puntos	18	Continuous	392.2776	25		0
25	Punto ZM	0	Point	Capa de Puntos	18	Continuous	271.272	25		0
26	Punto ZM	0	Point	Capa de Puntos	18	Continuous	345.6432	25		0
27	Punto ZM	0	Point	Capa de Puntos	18	Continuous	367.284	25		0
28	Punto ZM	0	Point	Capa de Puntos	18	Continuous	452.3232	25		0
29	Punto ZM	0	Point	Capa de Puntos	18	Continuous	378.8664	25		0
30	Punto ZM	0	Point	Capa de Puntos	18	Continuous	279.502	25		0
31	Punto ZM	0	Point	Capa de Puntos	18	Continuous	288.646	25		0
33	Punto ZM	0	Point	Capa de Puntos	18	Continuous	360.5784	25		0
34	Punto ZM	0	Point	Capa de Puntos	18	Continuous	239.268	25		0
35	Punto ZM	0	Point	Capa de Puntos	18	Continuous	142.342	25		0
36	Punto ZM	0	Point	Capa de Puntos	18	Continuous	330.708	25		0
37	Punto ZM	0	Point	Capa de Puntos	18	Continuous	253.289	25		0
38	Punto ZM	0	Point	Capa de Puntos	18	Continuous	86.868	25		0
39	Punto ZM	0	Point	Capa de Puntos	18	Continuous	89.0016	25		0
40	Punto ZM	0	Point	Capa de Puntos	18	Continuous	131.064	25		0
41	Punto ZM	0	Point	Capa de Puntos	18	Continuous	163.068	25		0
42	Punto ZM	0	Point	Capa de Puntos	18	Continuous	156.972	25		0
43	Punto ZM	0	Point	Capa de Puntos	18	Continuous	239.573	25		0
44	Punto ZM	0	Point	Capa de Puntos	18	Continuous	372.7704	25		0
45	Punto ZM	0	Point	Capa de Puntos	18	Continuous	304.495	25		0
48	Punto ZM	0	Point	Capa de Puntos	18	Continuous	285.293	25		0
49	Punto ZM	0	Point	Capa de Puntos	18	Continuous	237.744	25		0
50	Punto ZM	0	Point	Capa de Puntos	18	Continuous	111.8616	25		0
51	Punto ZM	0	Point	Capa de Puntos	18	Continuous	117.9576	25		0
52	Punto ZM	0	Point	Capa de Puntos	18	Continuous	135.0264	25		0

Figura 62: Cotas significativas dentro del área de espera y tope de Pinedo.

De todas las elevaciones en este sector, el obstáculo más elevado es de 345.6432 m.

$$367.284 + 300 = 667.284 \text{ m}$$

Respecto al resto de cotas que entran dentro del área tope:

- De 0 a 1 NM, el obstáculo más elevado es 452,3232m  
 $452,3232 + 300 = 752,3232 \text{ m}$
- De 2 a 3 NM, el obstáculo más elevado es 571,1952m  
 $571,1952 + 120 = 691,1952\text{m}$
- De 3 a 4 NM, el obstáculo más elevado es 801,0144m  
 $801,0144 + 90 = 901,0144\text{m}$
- De 4 a 5 NM, el obstáculo más elevado es 908,6088m  
 $908,6088 + 60 = 968,6088\text{m}$

En este caso, el valor más elevado es el correspondiente al área tope, entre 4 y 5 NM, de 968,6088m; equivalente a **3177ft** aproximadamente. Redondeando, se pone este circuito de espera a **3000 ft** para ello.

Para finalizar, se realizará el cálculo correspondiente al circuito de espera localizado en **Sagunto**. Para ello, como en los casos anteriores, veamos las zonas y las cotas significativas afectadas.

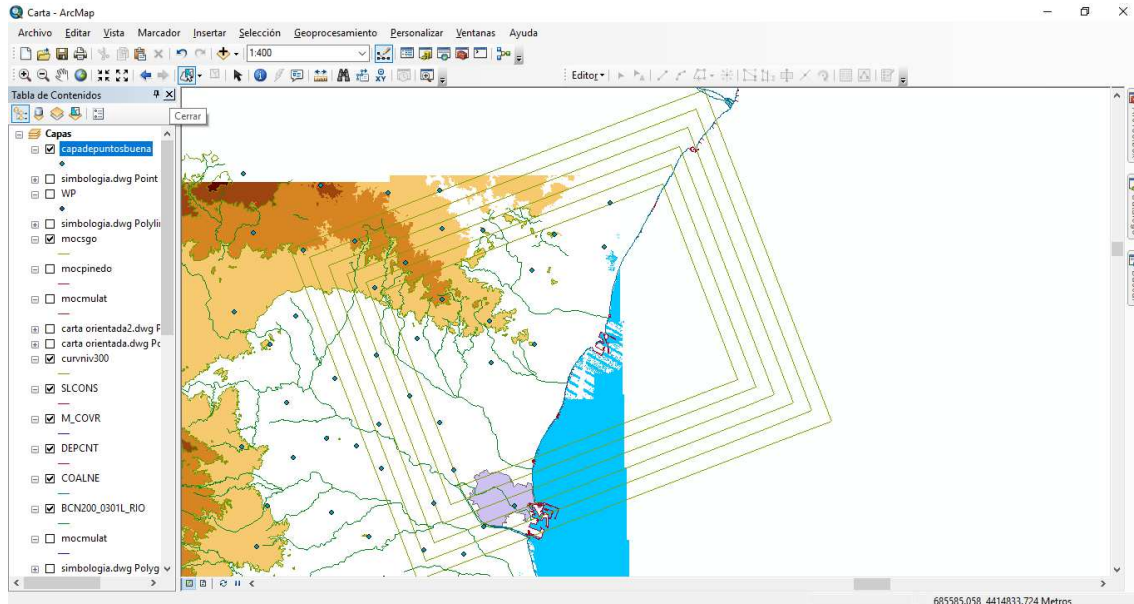


Figura 63: Representación del rectángulo correspondiente al circuito de espera de Sagunto y sus cotas significativas

Ahora valoremos las cotas significativas que hay en ella:

FID	Shape *	FID	Entity	Layer	Color	Linetype	Elevation	LineWt	RefName	Angle
15	Punto ZM	0	Point	Capa de Puntos	18	Continuous	908.6088	25		0
13	Punto ZM	0	Point	Capa de Puntos	18	Continuous	821.1312	25		0
16	Punto ZM	0	Point	Capa de Puntos	18	Continuous	801.0144	25		0
12	Punto ZM	0	Point	Capa de Puntos	18	Continuous	613.8672	25		0
14	Punto ZM	0	Point	Capa de Puntos	18	Continuous	571.1952	25		0
17	Punto ZM	0	Point	Capa de Puntos	18	Continuous	566.0136	25		0
6	Punto ZM	0	Point	Capa de Puntos	18	Continuous	462.0768	25		0
7	Punto ZM	0	Point	Capa de Puntos	18	Continuous	381	25		0
44	Punto ZM	0	Point	Capa de Puntos	18	Continuous	372.7704	25		0
5	Punto ZM	0	Point	Capa de Puntos	18	Continuous	372.4656	25		0
4	Punto ZM	0	Point	Capa de Puntos	18	Continuous	352.044	25		0
10	Punto ZM	0	Point	Capa de Puntos	18	Continuous	331.9272	25		0
47	Punto ZM	0	Point	Capa de Puntos	18	Continuous	331.9272	25		0
18	Punto ZM	0	Point	Capa de Puntos	18	Continuous	262.128	25		0
43	Punto ZM	0	Point	Capa de Puntos	18	Continuous	239.573	25		0
49	Punto ZM	0	Point	Capa de Puntos	18	Continuous	237.744	25		0
19	Punto ZM	0	Point	Capa de Puntos	18	Continuous	225.552	25		0
8	Punto ZM	0	Point	Capa de Puntos	18	Continuous	175.87	25		0
41	Punto ZM	0	Point	Capa de Puntos	18	Continuous	163.068	25		0
42	Punto ZM	0	Point	Capa de Puntos	18	Continuous	156.972	25		0
35	Punto ZM	0	Point	Capa de Puntos	18	Continuous	142.342	25		0
52	Punto ZM	0	Point	Capa de Puntos	18	Continuous	135.0264	25		0
40	Punto ZM	0	Point	Capa de Puntos	18	Continuous	131.064	25		0
51	Punto ZM	0	Point	Capa de Puntos	18	Continuous	117.9576	25		0
50	Punto ZM	0	Point	Capa de Puntos	18	Continuous	111.8616	25		0
9	Punto ZM	0	Point	Capa de Puntos	18	Continuous	110.033	25		0
39	Punto ZM	0	Point	Capa de Puntos	18	Continuous	89.0016	25		0
38	Punto ZM	0	Point	Capa de Puntos	18	Continuous	86.868	25		0

Figura 64: Cotas significativas dentro del área de espera y tope de Sagunto.

Ahora, se dejan únicamente las cotas dentro del área de espera:



FID	Shape *	FID	Entity	Layer	Color	Linetype	Elevation	LineWt	RefName	Angle
16	Punto ZM	0	Point	Capa de Puntos	18	Continuous	801.0144	25		0
17	Punto ZM	0	Point	Capa de Puntos	18	Continuous	566.0136	25		0
7	Punto ZM	0	Point	Capa de Puntos	18	Continuous	381	25		0
44	Punto ZM	0	Point	Capa de Puntos	18	Continuous	372.7704	25		0
10	Punto ZM	0	Point	Capa de Puntos	18	Continuous	331.9272	25		0
47	Punto ZM	0	Point	Capa de Puntos	18	Continuous	331.9272	25		0
18	Punto ZM	0	Point	Capa de Puntos	18	Continuous	262.128	25		0
43	Punto ZM	0	Point	Capa de Puntos	18	Continuous	239.573	25		0
8	Punto ZM	0	Point	Capa de Puntos	18	Continuous	175.87	25		0
41	Punto ZM	0	Point	Capa de Puntos	18	Continuous	163.068	25		0
9	Punto ZM	0	Point	Capa de Puntos	18	Continuous	110.033	25		0
39	Punto ZM	0	Point	Capa de Puntos	18	Continuous	89.0016	25		0

Figura 65: Cotas significativas dentro del área de espera de Sagunto.

Analizando este caso concreto, se aprecia que la cota más elevada alcanza los 801,0144 m. Viendo que las únicas cotas superiores a ésta no son mucho más elevadas, nos quedaremos con ella para el análisis:

$$801,0144 + 300 = 1101,0144m$$

Traducido en pies serían aproximadamente 3612 ft, que aproximando equivaldría a unos **4000ft.**

#### 6.4.5 Realización de la carta de aproximación LPV-200 pista 30 LEVC.

Para la realización de la carta aeronáutica de aproximación de la pista 30 en LPV 200, será necesaria la descarga de la base cartográfica nacional (BCN) a escala 1:200.000, que podemos encontrar en la página de la IGN, además del ya previamente descargado Modelo Digital de Elevaciones. Toda carta aeronáutica realizada en ENAIRE consta de los siguientes campos:

- Capa que conforman los ríos y en general la hidrografía de la zona.
- Capa de las cotas más importantes de la zona cercana al aeropuerto.
- Capa que conforme el núcleo urbano principal de la zona.
- En caso de ser necesario, capa que marque el límite con el mar.

Una vez realizada la descarga de todas las capas, se procede a la realización de la carta en ArcMap, más concretamente en el layout de éste, con el cual se puede elaborar todo tipo de cartografía, incluyendo la necesaria para las cartas aeronáuticas. Antes de todo se visualizarán todos los campos en ArcMap, y se obtendrán de todos los campos descargados los campos que nos interesan (núcleo urbano de Valencia, ríos principales, curvas de nivel de 300 a 300m y las cotas principales).

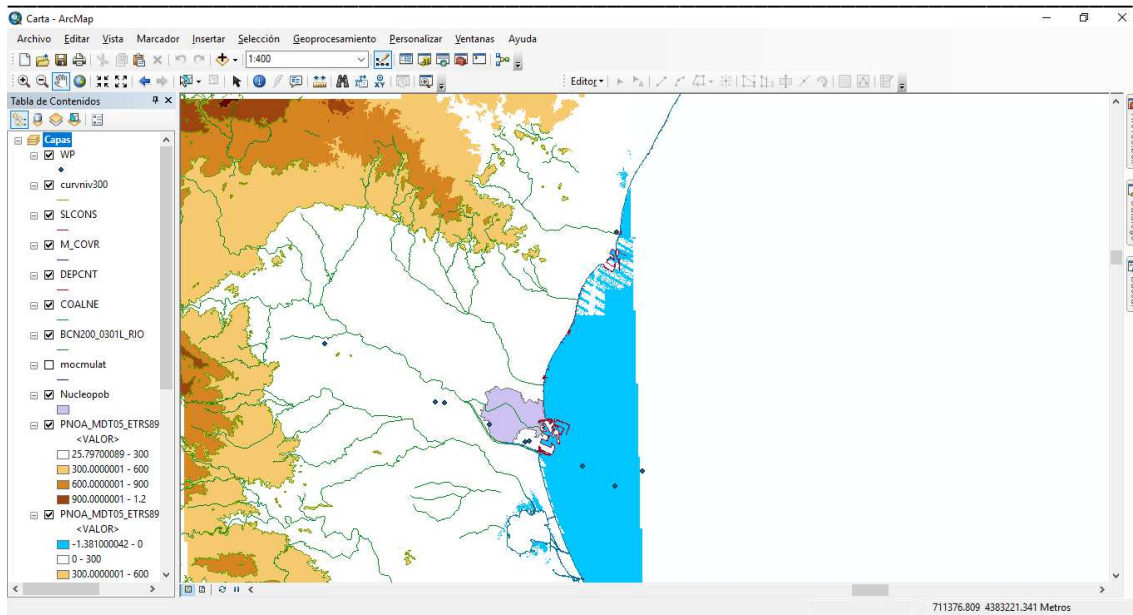


Figura 66: Visualización de las capas necesarias para la realización de la carta en ArcMap.

Tras realizar todo el diseño en el layout, el resultado obtenido es el siguiente (Resultados obtenidos en PDF):

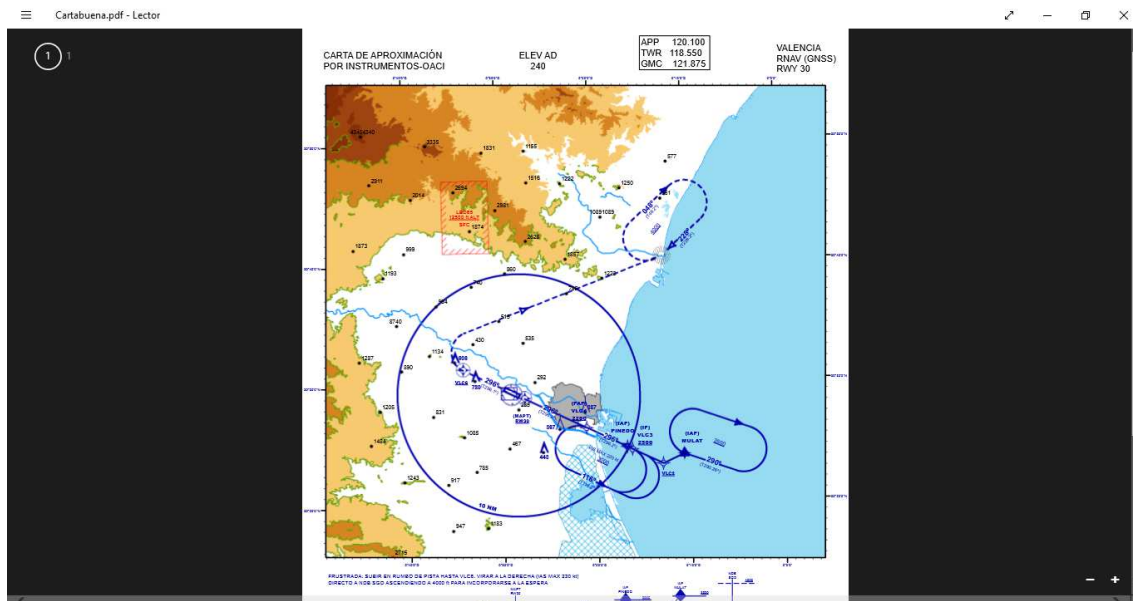


Figura 67: Carta LPV-200 Aeropuerto LEVC en PDF.

Una vez realizada la carta, se procede a la descripción del procedimiento y de las siglas que se han utilizado en ella.



DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO/ APROXIMACIÓN DESDE IAF MULAT			
DESCRIPCIÓN TEXTUAL	DESCRIPCIÓN ABREVIADA	CÓDIGO PATH TERMINATOR PREVISTO	FLY-OVER REQUERIDO
MULAT {HM;R;T241.14;1min} a 3500 ft, o superior	MULAT[HM;R;T241.14;1min A3500+]	IF	N
a VLC1 a 3000 ft o superior, virar a la derecha, IAS MAX 210 kt	VLC1[A3000+;R;K210]-	TF	N
a VLC3 a 2500 ft o superior	VLC3[A2500+]	TF	N
a VLC4 a 2200 ft o superior	VLC4[A2200+]	TF	N
a RW30 a 240 ft o superior	RW30[A240+]	TF	Y
APROXIMACIÓN FRUSTRADA			
Directo a VLC6, viraje a la derecha, IAS MAX 230 ft	VLC6[R;K230]	DF	Y
Directo a SGO{HM,R;T228.13} a 4000 ft	SGO[HM;R;T228.13;A4000]	DF	N

Tabla 17: Descripción del procedimiento para carta LPV desde IAF Mulat, incluyendo frustrada.

DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO/ APROXIMACIÓN DESDE IAF PINEDO			
DESCRIPCIÓN TEXTUAL	DESCRIPCIÓN ABREVIADA	CÓDIGO PATH TERMINATOR PREVISTO	FLY-OVER REQUERIDO
PINEDO {HM;R;T296,11;2min} a 3000 ft, o superior	MULAT[HM;R;T241.14;2min A3000+]	IF	N
a VLC3 a 2500 ft o superior	VLC3[A2500+]	TF	N
a VLC4 a 2200 ft o superior	VLC4[A2200+]	TF	N
a RW30 a 240 ft o superior	RW30[A240+]	TF	Y
APROXIMACIÓN FRUSTRADA			
Directo a VLC6, viraje a la derecha, IAS MAX 230 ft	VLC6[R;K230]	DF	Y
Directo a SGO{HM,R;T228.13} a 4000 ft	SGO[HM;R;T228.13;A4000]	DF	N

Tabla 18: Descripción del procedimiento para carta LPV desde IAF Pinedo, incluyendo frustrada.

Por último, habría que añadir a toda esta información también la Tabla 11, que incluye todos los WP utilizados y descritos en esta sección.

Se recogerá la carta completa en el Anexo.



#### 6.4.6 Rentabilidad EGNOS

El servicio SoL de EGNOS dispone a su vez de una herramienta accesible para todo aquél que lo desee, denominado EBCAST, el cual ofrece asesoramiento tanto a aeropuertos como operadoras, con el fin de captar la atención de inversores para la implementación en aeródromos y helipuertos del sistema LPV EGNOS, incluyendo el equipamiento necesario en las aeronaves para el correcto funcionamiento del sistema LPV.

La metodología puede ser también extendida al caso de la comprobación de los casos de negocio demandados, de hecho, se recomienda a los usuarios que obtengan los beneficios ofrecido por el soporte de ESSP con el fin de entallar casos específicos de negocio en sus escenarios particulares, y esta herramienta aunque no pretende ser suficiente para un análisis profundo, sí que pretende dar una ligera idea acerca de los beneficios derivados de la implementación del sistema EGNOS en los aeródromos/equipos correspondientes en aeronaves.

Se utilizan como referencia un número concreto de negocios ya efectuados, realizando el correspondiente análisis de costes y viendo el beneficio obtenido. Todo esto se une con un conjunto de documentos de referencia para hacer el ejercicio lo más sólido posible.

De este análisis, se extrae como conclusión que los costes y beneficios obtenidos realizados por distintos análisis no es homogéneo como cabía esperar; mientras que algunos elementos son considerados como la única fuente de beneficios o costes en un análisis de costes, en otro provoca lo contrario. En otros casos, no hay una asignación propia de los costes o beneficios a los accionistas dado que hay diversos flujos a analizar.

En total, cada análisis ha servido como base para derivar en una metodología simple a aplicar en una herramienta web que pretende ser una herramienta de marketing para aeropuertos/operadores que deseen implementar LPV.

Esta herramienta ha necesitado los siguientes datos para realizar su correspondiente previsión de lo que podría suponer el ahorro económico en lo que derivaría la implementación del LPV-200 en el aeropuerto de Valencia:

- Porcentaje aproximado de acontecimientos ocurridos en la aproximación (bien sea retrasos, desvíos o cancelaciones): Para este dato, se ha establecido un valor medio para todos los aeropuertos del mundo del **0.59%**.
- Porcentaje medio de sucesos potencialmente evitables gracias a EGNOS: Con el sistema EGNOS operativo en el aeropuerto de Valencia, se espera que se alcance una mejora del **48.50%**.
- Período de análisis: **10 años**.
- Previsión del número de operaciones realizadas en el aeropuerto: Para realizar la previsión, se ha consultado en la página de AENA el historial de operaciones correspondientes al aeropuerto de Valencia:

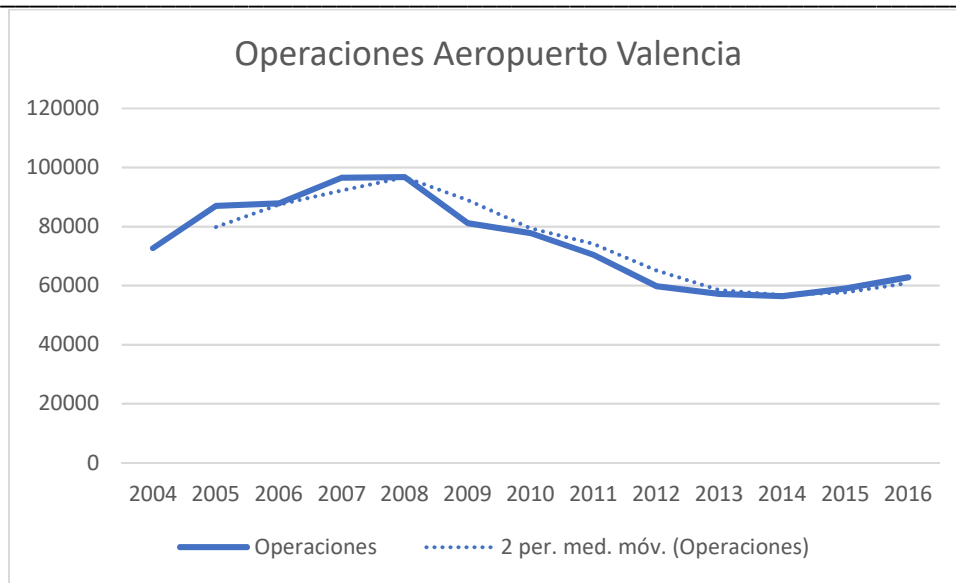


Figura 68: Gráfico operaciones Aeropuerto Valencia (Información sacada de la base de datos de AENA).

Una vez obtenido, tras realizar un análisis de la gráfica, se comprueba la cierta tendencia ascendente que se inicia en 2013, siendo éste un mínimo (Creado en gran parte por la gran crisis que sufría la población española en aquél entonces). Ahora se está experimentando un leve crecimiento, estimándose una ligera subida en los próximos años debido a la creciente expansión del sector aeroespacial.

- Proporción de tráfico en la pista. Al tener únicamente una pista, este dato será del 100%.
- Previsión del aumento de tráfico gracias a la accesibilidad que proporciona EGNOS: Se estima que, en 2018, experimente una muy ligera subida del **0.05%**, dado que será una de los primeros aeropuertos españoles en implantarse el sistema LPV-200.
- Porcentaje de flota con el equipo necesario para la navegación LPV-200. También está por defecto en lo que se espera a nivel mundial, teniendo actualmente únicamente el 5% de la flota total existente el equipamiento necesario para navegar en LPV-200, cifra que espera aumentar hasta alcanzar el 60% de la flota total en el año 2023.
- Coste de la inversión derivada de la implementación del sistema LPV: El coste más elevado del aeropuerto irá en dirección al diseño de los procedimientos de vuelo y la correspondiente aprobación operacional, incluyendo otros costes. El Caso concreto de Mielec cita precios para diversas actividades incluyendo estos 2 grupos que se suponen los más elevados (económicamente hablando):



Coste de implementación de procedimientos	Diseño de procedimientos Coste de la inspección de obstáculos. Inspección de vuelo (incluyendo el coste del análisis experimental del diseño de procedimientos) Preparación de la carta (En formato AIP) Cambios en la AIP (Publicación)
Otros costes asociados	Diseño y publicación de la STAR (Si fuese necesario) Diseño del espacio aéreo Uso de las reglas del espacio aéreo establecidas (Opcional) Análisis de posibles conflictos en el espacio aéreo con otros aeródromos vecinos. Implementación de posibles cambios en el espacio aéreo Coordinación con otros usuarios del espacio aéreo Preparación de la documentación necesaria para la ratificación de los cambios en el espacio aéreo. Alumbrado del aeropuerto (siempre que sea necesario) Revisiones periódicas (Si las hay)

Tabla 19: Costes de implementación de un LPV en un aeropuerto.

El intervalo de precios observado en 2013 tras la implementación en varios aeropuertos indica que el coste estaba entre los 15.000€ pudiendo alcanzar los 27.000€ para un procedimiento de LPV mínima, en torno a unos 23.000€ para la implementación completa del LPV, LNAV y LNAV/VNAV mínima.

El caso de Mielec también costó alrededor de 27.000€ por la implantación de los procedimientos NPA y LPV.

Para el resto de valores solicitados se cogerán todos los valores asignados por defecto, que son estimaciones aproximadas del gasto real que suponen dichas acciones.

- Ingresos por movimiento en tierra: El operador del aeropuerto conoce las cargas que se pueden aplicar en el aeropuerto. El Caso de Mielec mostró tarifas para operadores usuales de en torno a 1,64€ por movimiento, aunque se maneja un amplio abanico de precios que aplicar dependiendo de la situación. En general, las cargas del aeropuerto son publicadas para cada destino. Por tanto, los beneficios para el aeropuerto serán el tráfico respecto al escenario base, multiplicado por las correspondientes cuotas. Esto parece sencillo y aparentemente suficiente, no obstante, el aumento de movimientos en un aeropuerto no solo beneficia al gestor del aeropuerto, sino otros productores del transporte aéreo se benefician de esto tales como las agencias de viajes, los servicios de tierra, las tiendas del aeropuerto, etc... Para este caso, se ha estimado un beneficio aproximado de **661€** en 2011, dato que aumentó en 2013 dado el aumento de vuelos domésticos a **692€**. Cogeremos este último como valor.

- Coste de las radioayudas actuales del aeropuerto: Para este cálculo se ha basado en el estudio realizado por L.E.K., que nos dan los siguientes valores:

Parameter	Cost (€ 2009)	
CAPEX	DME: 200 k€	ILS: 578.2 k€
	VOR: 601.8 k€	VOR/DME: 801.8 k€
	NDB: 75 k€	ILS/DME: 778.2 k€
OPEX (year)	DME: 10.0 k€	ILS: 10.0 k€
	VOR: 10.0 k€	VOR/DME: 10.0 k€
	NDB: 5.0 k€	ILS/DME: 20.0 k€
Lifetime	15 years	

Tabla 20: Costes estimados de la implantación y mantenimiento de una radioayuda.

- Los parámetros CAPEX y OPEX tratan del coste de instalación y el coste de mantenimiento. En la página 63 aparecen las distintas radioayudas que se encuentran en el aeropuerto de Valencia. Se ha estimado que el aeropuerto de Valencia consta de un total de 5 radioayudas que dejarán de estar operativas en el año 2022. Para este año deberán ser sustituidas por otras radioayudas nuevas.
- Como resultado final, según la herramienta EBCAST, la implementación del LPV en el aeropuerto LEVC tardará **1 año y 10 meses** en amortizarse completamente. Se repite que esta es una estimación dado los resultados obtenidos en el resto de aeropuertos hasta la fecha. Los resultados de los 5 próximos años son los que se muestran a continuación:

Año	2017	2018	2019	2020	2021
<b>Problemas evitados gracias a EGNOS.</b>	<b>9.4</b>	<b>11.2</b>	<b>13.1</b>	<b>20.4</b>	<b>46.2</b>
<b>Ahorros que suponen los problemas evitados.</b>	<b>6242 €</b>	<b>7396 €</b>	<b>8689 €</b>	<b>13510 €</b>	<b>30541 €</b>
<b>Inversión</b>	30000 €	-	-	-	-
<b>Coste Periódico</b>	-	-	-	-	1000 €
<b>Ahorro anual</b>	6242 €	29870 €	31163 €	35984 €	53015 €
<b>Ahorro neto</b>	-23758 €	29870 €	31163 €	35984 €	52015 €
<b>Acumulado</b>	-23758 €	6111 €	37275 €	73258 €	125273 €

Tabla 21: Estimación de los beneficios de la implementación del sistema EGNOS en el aeropuerto de Valencia.



## 7. Presupuesto del proyecto.

Una vez detallado y explicado todo lo relativo a la labor realizada, se procede al análisis del presupuesto del proyecto.

### 7.1 Horas invertidas

Para esta sección, se ha considerado que la hora invertida del estudiante se ha valorado en 20€ por cada hora de trabajo, mientras que la del profesor será de 30€ la hora. La duración del proyecto ha sido de dos meses, durante el cual se ha realizado una gran investigación acerca del estado de los Sistemas de Información Geográfica en la actualidad con esa pretensión de lograr la transición ya mencionada de AIS-AIM, con el fin de mejorar la eficiencia en vuelo. Esta primera etapa se desarrolló durante los meses de Enero a Abril. Una vez finalizada esta primera sección, se procedió a la búsqueda de una aplicación práctica de los Sistemas de Información Geográfica en el campo aeroespacial. Dados los grandes avances que están experimentando los Sistemas de Navegación Global por Satélite y sus correspondientes Sistemas de Aumentación, se ha escogido realizar una carta aeronáutica de la aproximación al aeropuerto de Valencia pista 30. En el desarrollo de esta parte del proyecto se ha tenido en cuenta el tiempo invertido para obtener toda la documentación necesaria para la realización de la ruta de aproximación, los cálculos realizados y, por último, el uso del software necesario para la elaboración de dicha ruta.

La estimación total de las horas invertidas por el alumno en este proyecto ha sido de unas 350 horas.

En cuanto a la asistencia en tutorías, se ha asistido a un total de 6 tutorías, en las cuales se ha invertido un total de 10 horas, incluyendo además resolución de dudas vía correo.

Concepto	Cantidad (h)	Precio por hora (€)	Total (€)
Coste laboral del tutor	10	60	600
Coste laboral del alumno	350	20	7000
Total (€)			7600

Tabla 22: Coste por horas invertidas de alumno y tutor

### 7.2 Coste del equipo y de software

En este apartado se analizará el coste de todo el software utilizado para el desarrollo del trabajo, incluyendo también el uso del equipo con el que se ha trabajado a lo largo del proyecto. Se ha de tener en cuenta que se ha utilizado una Licencia ArcGIS Desktop Advanced, valorada en 21.000€ + IVA, y habría de añadir a ese precio el uso de funcionalidades específicas para la elaboración del modelado 3D, como son Spatial Analyst y 3D Analyst, valoradas cada una en un precio de 4724€ + IVA (Presupuesto consultado aEsri) cada funcionalidad.

Concepto	Precio (€)
ArcGIS 10.5	36.842
AutoCAD 2017 (Licencia de 1 año)	1.778,70
Total	38620,7

Tabla 23: Coste del Software necesario para la realización del proyecto.





En cuanto a gastos por amortización el equipo, se tendrá en cuenta el precio por el que fue comprado y se dividirá por la duración del proyecto (6 meses).

Equipo	Período de amortización	Coste total	Período de utilización	Porcentaje de uso en el proyecto	Coste en el proyecto
ACER ASPIRE E1-572	48 meses	630€	6 meses	50%	39.375€

Tabla 24: Coste del equipo utilizado durante la realización del proyecto.

### 7.3 Costes indirectos

En esta sección se añadirá el coste relativo al consumo energético producido durante el desarrollo del proyecto. Como el precio del KW/h en España se sitúa sobre los 12 céntimos de euros y el 100% del proyecto han necesitado el uso del equipo, considerando el gasto del equipo como 220 W/H, nos queda lo siguiente:

Consumo KW/h	Horas	Precio KW/h	IVA	Total
0.22	350	0.15	21	14.3€

Tabla 25: Costes indirectos.

### 7.4 Coste total del proyecto.

De acuerdo a los costes previamente expuestos, el coste total de todo el proyecto es:

Concepto	Precio
Horas Invertidas	7.600
Equipo y Software	38.620,7+39.37
Costes Indirectos	14.3
Total	46.274,37

Tabla 26: Coste total del proyecto.

Este ha sido el coste total del proyecto, habiéndose realizado consultas previas sobre los precios de las licencias de ArcGIS y AutoCAD.



## 8. Conclusiones.

En lo relativo a todo lo explicado con anterioridad, desde primera instancia vemos la gran importancia que juega el papel de los Sistemas de Información Geográfica en la actualidad en el sector aeroespacial. Todos estos Sistemas son los que se encargan de la organización, almacenamiento, manipulación, análisis y modelización de grandes cantidades de datos procedentes del mundo real que están vinculados a una referencia espacial. Gracias a ellos podemos integrar, almacenar, editar, analizar, compartir y mostrar la información geográficamente referenciada, ofreciendo al usuario diversas utilidades a la hora de gestionar y analizar la información espacial.

La navegación aérea es una de las áreas de aplicación principales de dichos sistemas. Gracias a los Sistemas de Información Geográfica, podemos detectar todo tipo de obstáculos en el terreno y en función a ello, diseñar múltiples cartas aeronáuticas que aseguren los requisitos que la OACI determina para cada fase de vuelo.

El uso de los Sistemas de Información Geográfica en el tratamiento de información aeronáutica pretende la mejora de la calidad y disponibilidad de los productos que hay presentes hoy en día, buscando el paso a un entorno digital y la implicación por parte de todos los países para el uso de dichos datos estructurados, con el fin de obtener una base de datos altamente estructurados y con información completa. A su vez, la evolución del NOTAM en estos últimos tiempos al formato digital ayudará notablemente a la labor del piloto, obteniendo las instrucciones momentos antes del despegue y, a su vez, el piloto obtendrá información mucho más legible y las distracciones serán menores.

Por otro lado, gracias a los avances realizados en los Sistemas de Navegación Global por Satélite (GNSS) y sus Sistemas de Aumentación por otro lado, la aparición en los próximos años de Galileo, el GNSS Europeo, añadiendo el gran paso que se está dando hoy en día de los Servicios de Información Aeronáutica (centrados en el producto, normalmente en papel) a una gestión de la información aeronáutica centrada en los datos, de mayor alcance y eficiencia, y a su vez uniforme para todo el mundo, crean una fuerte base para la mejora en la eficiencia de todas las fases de vuelo de una aeronave.

Estos sistemas de Aumentación (EGNOS) ofrecerán a los aeropuertos que decidan utilizarlos unas mejoras en lo que se refiere a disponibilidad y continuidad a todas aquellas aeronaves que lleven a bordo el equipo necesario para trabajar con los sistemas de aumentación, hablando del caso de la aproximación LPV-200, que es la que se ha trabajado para el aeropuerto de Valencia.

La mejora de la eficiencia en todas las fases de vuelo de una aeronave le permitirá al sector aeroespacial su expansión y continuar la línea ascendente de los últimos años en lo que respecta al número de operaciones realizadas, sin alterar así la seguridad que ofrecen los vuelos en la actualidad. También derivará en un ahorro de combustible, un descenso del número de aterrizajes frustrados... Suponiendo finalmente un ahorro económico que sólo traerá beneficios a la comunidad, además de permitirse ciertos ahorros económicos como ya se ha visto previamente ya que el coste de la manutención de las radioayudas actuales es mayor al necesario para los nuevos sistemas que ofrecen dicha información.

Por último, a la hora de gestionar la información geográfica ha sido de gran utilidad el uso de los softwares AutoCAD y ArcGIS. Con AutoCAD se han diseñado las rutas, tanto para la carta aeronáutica como para la visualización final en ArcScene de los obstáculos y de la senda que llevaría el avión en cada momento de dicho vuelo.



---

En ArcGIS se ha podido realizar una evaluación de los obstáculos y es el software con el que se ha realizado finalmente la carta de aproximación LPV-200. Tal y como se puede apreciar, guarda muchas similitudes respecto a la carta ILS de aproximación de la misma pista, con la diferencia establecida tanto en los virajes, como las mejoras “no visuales” en disponibilidad y continuidad que este modo de aproximación facilita.



## Bibliografía

- Aimx.aero. (n.d.). Digital NOTAM | AIXM. [online] Recuperado de <http://www.aixm.aero/page/digital-notam> [Acceso el 7 de Mayo de 2017].
- Banco Mundial. Recuperado de <http://datos.bancomundial.org/indicador/IS.AIR.PSGR> [Acceso el 15 de Mayo de 2017].
- Bravo, M.J., Rodríguez, C., Valdés, M., Benavides, D., Criado, M., Crespo, M. (2011). *Experiencias en la catalogación de la información geográfica de Aena*. Recuperado de [http://www.ideo.es/resources/presentaciones/JIIDE10/ID484\\_Experiencias\\_en\\_la\\_catalogacion\\_de\\_la\\_informacion\\_geografica\\_aeronautica\\_de\\_Aena.pdf](http://www.ideo.es/resources/presentaciones/JIIDE10/ID484_Experiencias_en_la_catalogacion_de_la_informacion_geografica_aeronautica_de_Aena.pdf)
- Documento 8168 ICAO Volumen II: Construcción de procedimientos de vuelo visual y por instrumentos. (2014). Recuperado de [http://code7700.com/pdfs/icao\\_doc\\_8168\\_vol2.pdf](http://code7700.com/pdfs/icao_doc_8168_vol2.pdf)
- Documento 9906 ICAO: Manual de garantía de calidad para el diseño de procedimientos de vuelo. (2009). Recuperado de [https://www.icao.int/Meetings/PBN-Symposium/Documents/9906\\_v1\\_cons\\_es.pdf](https://www.icao.int/Meetings/PBN-Symposium/Documents/9906_v1_cons_es.pdf)
- EGNOS how to obtain RNP APCH operational approval to LPV minima in Europe (Octubre, 2015). Recuperado de: [https://www.gsa.europa.eu/sites/default/files/EGNOS-How-to-Obtain-RNP-APCH-%28LPV%29-Operational-Approval-in-Europe\\_0.pdf](https://www.gsa.europa.eu/sites/default/files/EGNOS-How-to-Obtain-RNP-APCH-%28LPV%29-Operational-Approval-in-Europe_0.pdf)
- EGNOS OPEN SERVICE (OS) Service Definition Document (Febrero, 2015). Recuperado de [https://egnos-user-support.essp-sas.eu/new\\_egnos\\_ops/sites/default/files/library/official\\_docs/egnos\\_os\\_sdd\\_in\\_force.pdf](https://egnos-user-support.essp-sas.eu/new_egnos_ops/sites/default/files/library/official_docs/egnos_os_sdd_in_force.pdf)
- EGNOS Safety of Life (Sol) Service Definition Document (Septiembre, 2016). Recuperado de [https://egnos-user-support.essp-sas.eu/new\\_egnos\\_ops/sites/default/files/library/official\\_docs/egnos\\_sol\\_sdd\\_in\\_force.pdf](https://egnos-user-support.essp-sas.eu/new_egnos_ops/sites/default/files/library/official_docs/egnos_sol_sdd_in_force.pdf)
- EUROCONTROL Specification for the Electronic Aeronautical Information Publication (eAIP), (6, Octubre, 2015). Recuperado de <http://www.eurocontrol.int/sites/default/files/content/documents/single-sky/specifications/20151006-eaip-spec0146-v2.1.pdf>
- Electronic Flight Instrument System. Recuperado de [https://www.skybrary.aero/index.php/Electronic\\_Flight\\_Instrument\\_System](https://www.skybrary.aero/index.php/Electronic_Flight_Instrument_System) [Acceso el 18 de Mayo de 2017].
- Moya Honduvilla, J., Bernabé, M.A., Escobar, F.J., *La representación de la información geográfica*. Lugar de publicación: Grupo de Investigación Mercator, Universidad Politécnica de Madrid. Recuperado de [http://oa.upm.es/13964/1/201210\\_moya\\_libroide\\_simbo.pdf](http://oa.upm.es/13964/1/201210_moya_libroide_simbo.pdf)
- Moya Honduvilla, J. Contribución a la mejora de la expresión gráfica de las cartas aeronáuticas. *Universidad Politécnica de Madrid*. Recuperado de [http://oa.upm.es/39198/1/JAVIER\\_MOYA\\_HONDUVILLA\\_01.pdf](http://oa.upm.es/39198/1/JAVIER_MOYA_HONDUVILLA_01.pdf)
- Moya, J., Valdés, M., Benavides, D., Siabato, W., Bernabé, M.A. (2010). *La Publicación de Información Aeronáutica*. Recuperado de [http://www.ideo.es/resources/presentaciones/JIIDE10/ID476\\_La\\_publicacion\\_de\\_Informacion\\_Aeronautica.pdf](http://www.ideo.es/resources/presentaciones/JIIDE10/ID476_La_publicacion_de_Informacion_Aeronautica.pdf)



---

RNP APCH down to LPV minima (Septiembre, 2015). Recuperado de [https://egnos-user-support.essp-sas.eu/new\\_egnos\\_ops/sites/default/files/training\\_material/LPV%20Training\\_package.pdf](https://egnos-user-support.essp-sas.eu/new_egnos_ops/sites/default/files/training_material/LPV%20Training_package.pdf)

SESAR SWIM FACTSHEET. System Wide Information Management (1, Enero, 2016). Recuperado de <https://www.eurocontrol.int/sites/default/files/publication/files/Factsheet%20SESAR%20SWIM-SJU%20redesigned.pdf>

ToB (15, Enero, 2013), ¿Cómo se divide y organiza el espacio aéreo? Recuperado de <http://www.takeoffbriefing.com/como-se-divide-y-organiza-el-espacio-aereo-firctrmatzcta-video/>

Además, se han usado manuales y tutoriales para trabajar con el sistema ArcGIS en <https://www.arcgis.com/>



---

## Anexos.

### I. Metadatos y Catalogación de la información aeronáutica.

#### I.1 El perfil de metadatos de Aena-UPM.

Desde diferentes instituciones y grupos de interés se está trabajando en la búsqueda de un perfil único, completo y normalizado de metadatos aeronáutico para evitar posibles problemas de logística.

Se inició la creación de un perfil de metadatos para la descripción de Información Aeronáutica, en concreto, el Específico de Aena se ha creado siguiendo la Norma ISO 19115, donde se han tenido en cuenta las especificaciones de metadatos de OACI y EUROCONTROL. También se han tenido en cuenta otros perfiles de instituciones aeronáuticas internacionales relacionadas con cartas aeronáuticas: National System for Geospatial Intelligence (NSG), Geospatial Core Metadata Profile (GEMINI), UK Academic Geospatial Metadata Application Profile (UK AGMAP) y el esquema de metadatos de New Zealand Government Locator Service (NZGLS).

Como muestra de su aceptación, en el 74th Technical Committee del Open Geospatial Consortium (OGC) celebrado en Septiembre de 2010 se oficializó la preparación definitiva de un perfil internacional basado en la integración del perfil creado para AIXM 5.1 y el perfil específico aeronáutico basado en estándares geográficos propuesto por el grupo Mercator (UPM).

Este proyecto se quedó pendiente, mientras tanto el grupo Mercator ha seguido desarrollando nuevos proyectos con el objetivo de potenciar los Sistemas de Información Geográfica e Infraestructuras de Datos Espaciales y, en un futuro próximo, poder trabajar en entornos digitales con ellos.

#### I.2. Catalogación de metadatos del AIS de Aena.

La puesta en valor de los metadatos generados implica la existencia de un catálogo que permita gestionarlos, consultarlos, visualizarlos y descargarlos, siempre mediante una conexión en línea, así explotando todas las posibilidades que nos dan los metadatos (localización de la información geográfica, análisis de sus características y acceso/uso de dichos datos).

Para el caso de Aena, se efectuó un prototipo de catálogo de metadatos principal realizado en Geonetwork, prototipo que no salió adelante y finalmente se dejó de lado.



## II. Nociones básicas sobre el sistema ArcGIS.

ArcGIS es un completo sistema que permite recopilar, organizar, administrar, analizar, compartir y distribuir información geográfica. Es considerada hoy en día la plataforma líder mundial para crear y utilizar sistemas de información geográfica (SIG). Hoy en día es empleada por personas de todo el mundo para poner el conocimiento geográfico al servicio de los sectores del gobierno, la empresa, la ciencia, la educación y los medios. ArcGIS permite publicar la información geográfica para que esté accesible a cualquier usuario. El sistema está disponible en cualquier lugar a través de navegadores Web, dispositivos móviles y equipos de escritorio.

El sistema ArcGIS hace posible que información geográfica autorizada por la comunidad SIG pueda ser aprovechada fácilmente y de forma gratuita por cualquier persona que lo desee. Este sistema incluye software, una infraestructura on-line basada en la nube, herramientas profesionales, recursos configurables como plantillas de aplicación, mapas base listos para utilizar y contenido propio compartido por la comunidad de usuarios. Se puede considerar por tanto a ArcGIS como una infraestructura para elaborar mapas y poner la información geográfica a disposición de los usuarios dentro de un departamento, por toda una organización, entre varias organizaciones y comunidades de usuarios en internet, para cualquier usuario interesado en acceder a ella.

Personas de miles de organizaciones en múltiples sectores usan ArcGIS en una variedad de aplicaciones, entre las que se incluyen de planificación y análisis, administración de activos, comprensión del funcionamiento de las operaciones, operaciones de campo como inspección móvil e implementación de respuestas, investigación de mercado, administración de recursos, logística, educación y divulgación. En conclusión, las personas suelen utilizar ArcGIS porque les permite realizar múltiples tareas, entre las que se encuentran:

- Resolver problemas
- Tomar mejores decisiones
- Planificar adecuadamente
- Utilizar los recursos de manera más eficiente
- Anticipar y administrar los cambios
- Administrar y ejecutar las operaciones de forma más eficaz
- Aumentar la comprensión y los conocimientos

ArcGIS es de gran utilidad en el manejo de datos geográficos de todo tipo, permitiendo:

- Crear, compartir y utilizar mapas inteligentes:
- Compilar información geográfica:
- Crear y administrar bases de datos geográficas
- Resolver problemas con el análisis espacial
- Crear aplicaciones basadas en mapas
- Dar a conocer y compartir información mediante la geografía y la visualización

Las aplicaciones de ArcGIS en el proyecto han sido numerosas, desde la realización de la carta propia en dicho sistema hasta la realización del análisis de obstáculos respecto a las OAS SBAS Categoría I en ArcScene. Para la ejecución de dichas tareas ha sido necesaria la descarga de numerosa cartografía, la cual se ha encontrado con bastante facilidad en la página del Instituto Geográfico Nacional. Además, para la realización de la carta y de la ruta, dado los relativos problemas que tiene el sistema ArcGIS, se han exportado diseños realizados en AutoCAD, un

software mucho más preparado para la realización de dichos modelos, para después exportarlo a ArcGIS.

Para el análisis de los obstáculos respecto las OAS y de la r, se ha utilizado el servicio ArcScene, al igual que para la representación de la ruta desde el IAF de Mulat hasta el NDB de SGO, incluyendo sus áreas de protección.

### III. Obtención de la cartografía necesaria.

Para obtener toda la cartografía que se ha usado en el proyecto, ha sido necesaria la descarga de diversas ortofotos y de los modelos digitales de elevaciones correspondientes al aeropuerto de Valencia y alrededores.

Toda la cartografía se ha obtenido en la página del Instituto Geográfico Nacional, accediendo al centro de descargas disponible en dicha página web:



Figura 69: Centro de Descargas del Instituto Geográfico Nacional.

Una vez en ella, hemos de tener en cuenta que, en el entorno de obtención de cartografía, dependiendo de la escala y precisión que pretendamos encontrar, encontraremos un tipo de cartografía afín a nuestro resultado deseado. Se ha trabajado en este proyecto con cartografía a escala 1:50.000, y para ello se han descargado las siguientes zonas marcadas en un cuadro rojo.



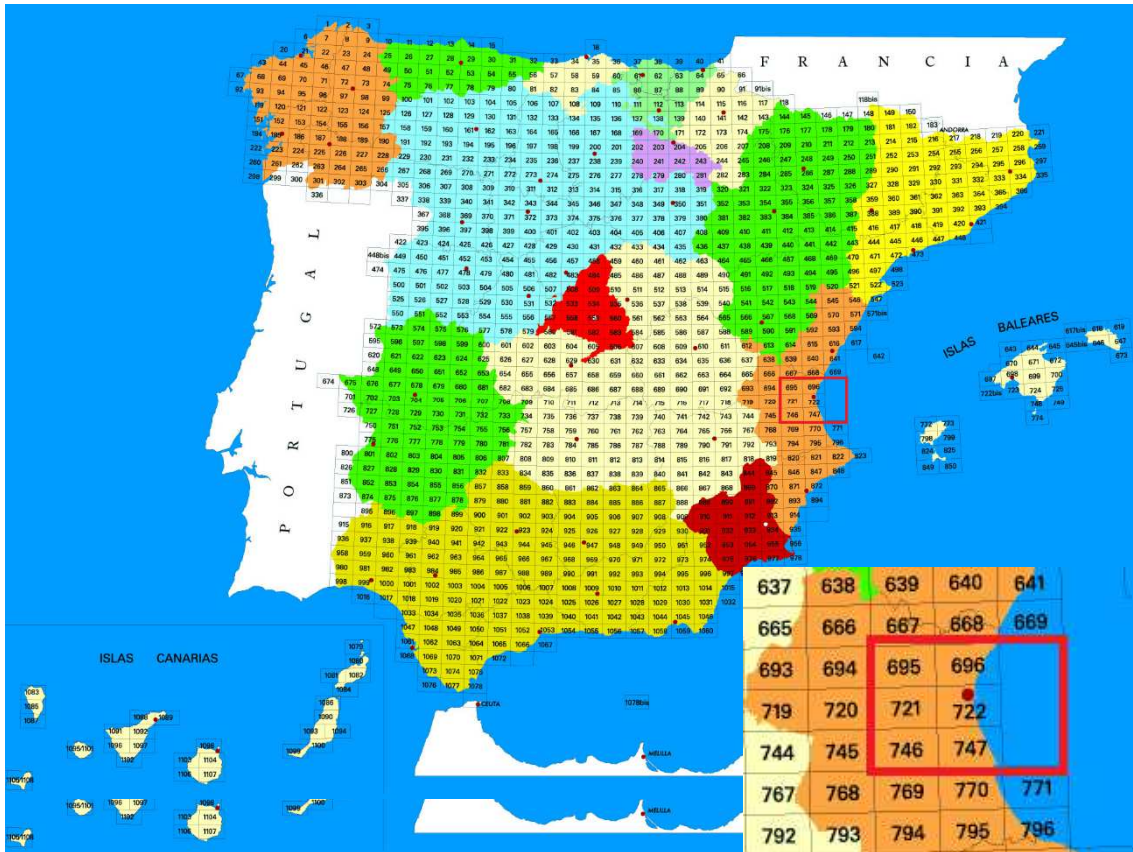


Figura 70: Mapa de España separada en áreas de escala 1:50.000.

Una vez obtenida toda la cartografía correspondiente, se utiliza la herramienta ArcGIS para procesar toda esta información.



Ignacio José Díaz Ríos  
Trabajo de fin de grado

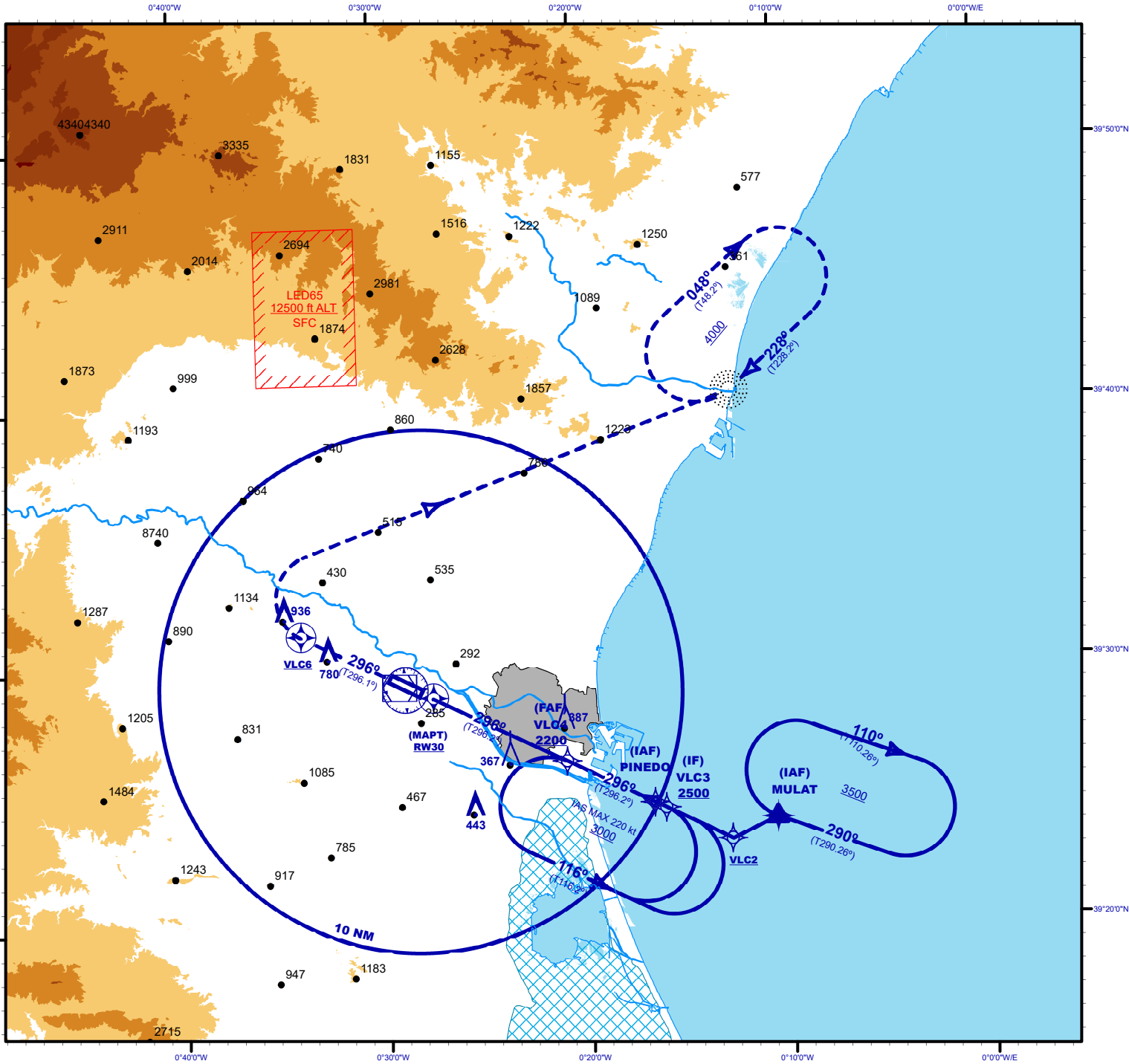


CARTA DE APROXIMACIÓN  
POR INSTRUMENTOS-OACI

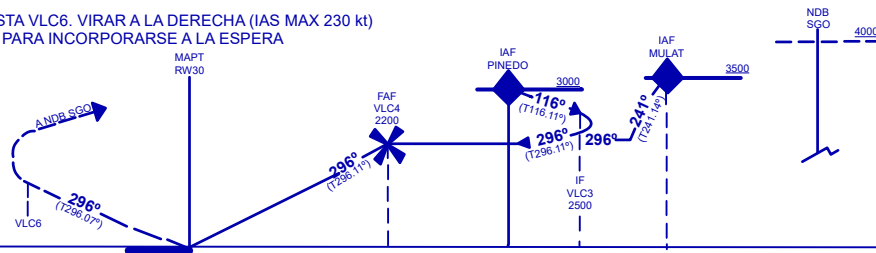
ELEV AD  
240

APP 120.100  
TWR 118.550  
GMC 121.875

VALENCIA  
RNAV (GNSS)  
RWY 30



FRUSTRADA: SUBIR EN RUMBO DE PISTA HASTA VLC6. VIRAR A LA DERECHA (IAS MAX 230 kt)  
DIRECTO A NDB SGO ASCIENDIENDO A 4000 ft PARA INCORPORARSE A LA ESPERA



ELEV:175

THR DESPLAZADO RWY30

NO OFZ RWY 30

HGT REF ELE THR RWY 30 DESPLAZADO

OCA/H		A	B	C	D
STA	CAT I	423	435	443	454
En circuito (H) sobre AD					

GS	kt	80	100	120	140	160	180
FAP-THR:6.1NM	min:s	4:34	3:39	3:03	2:37	2:17	2:02
FAP-MAPT	min:s						
ROD: 5.2%	ft/min	425	531	637	743	849	955
ALT/HGT DME (ILS) FN							
13 DME	12 DME	11 DME	10 DME	9 DME	8 DME	7 DME	6 DME
							2180
							1850
							1520
							1200
							870
							550