

Remove before flight. Una introducción a la información geoespacial aeronáutica

REVISTA **MAPPING**
Vol. 26, 184, 6-12
julio-agosto 2017
ISSN: 1131-9100

*Remove before flight.
An introduction to aeronautical geospatial information*

Capitán Miguel Ángel Zazo González

Resumen

El artículo trata de explicar, desde un punto de vista de sus orígenes y evolución, las principales características de la cartografía aeronáutica y sus singularidades en comparación con otros tipos de cartografía. Se analizan también los elementos más característicos de la información aeronáutica, su publicación y actualización.

Se explicará cómo se coordina la producción cartográfica del CECAF mediante los distintos Planes que la ordenan, el Cartográfico Nacional y el de las Fuerzas Armadas y por la normativa nacional e internacional de aplicación en la elaboración de las cartas aeronáuticas.

Abstract

This article tries to explain, from its origins and evolution point of view, the aeronautical cartography main characteristics and singularities in comparison with other types of cartography. It also analyzes its publication and updating, the most characteristic elements of aeronautical information.

It will be explained how the cartographic production of the CECAF is coordinated by different Plans, the National Cartography and from the Armed Forces as well as by the national and international norms of application in the aeronautical charts elaboration.

Palabras clave: Información Geoespacial, Cartografía Aeronáutica, STANAG, geoespacial, carta, conforme, sistema geodésico de referencia, geodatabase, GIS.

Keywords: Geospatial Information, Aeronautical Mapping, STANAG, geospatial, chart, conform, geodetic reference system, geodatabase, GIS.

Jefe del Escuadrón de Cartografía del CECAF
mzazgon1@ea.mde.es

Recepción 22/04/2017
Aprobación 01/06/2017

1. INTRODUCCIÓN

Cuando el Halcón Milenario, un carguero ligero de tipo corelliano YT-1300, estaba a punto de ser destruido por las naves del Imperio, este activó su sistema de hiperpropulsión y dejó atrás a cuantos enemigos le perseguían. El Halcón Milenario, la nave más famosa de la «Guerra de las Galaxias», tiene la característica de alcanzar una velocidad muy superior a la de la mayoría de las naves de su categoría, pero ¿cómo es posible que no colisione con los innumerables asteroides, satélites, planetas, estrellas y otras naves del universo? La clave es que El Halcón Milenario cuenta con una tripulación bien formada, Han Solo y Chewbacca, sistema de navegación y una actualizada cartografía astral.

Volviendo al presente, también ocurre que, gracias a tripulaciones bien formadas, a actualizadas cartas aeronáuticas y a los sistemas de navegación, conseguimos que no solo los vuelos, sino toda la gestión del

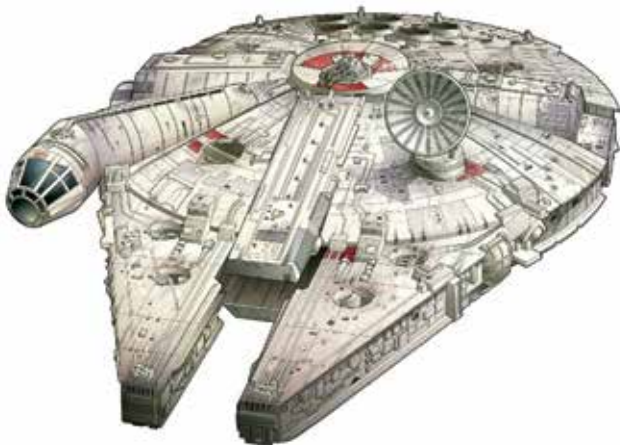


Figura 1. Carguero Corelliano
<http://es.starwars.wikia.com/>



Figura 2. Réplicas de las carabelas enviadas a la exposición de Chicago de 1893.
Imagen de E. Benjamin Andrews - Andrews, E. Benjamin. *History of the United States*, volume V. Charles Scribner's Sons, New York. 1912

tráfico aéreo a nivel mundial sean seguros y eficaces.

En el artículo se tratará de señalar las características significativas de la información aeronáutica respecto a otro tipo de información geoespacial, de las cartas de navegación aérea, así como de aquella normativa que la regula.

2. LOS ANTECEDENTES

Los primeros vuelos con aviones y la creación de la normativa y organizaciones internacionales para el uso y gestión del espacio aéreo se desarrollan principalmente durante el siglo XX. Sin embargo los conceptos y terminología provienen de los primeros navegantes muchos siglos atrás.

Si queremos entender en qué consisten las cartas aeronáuticas y los sistemas de gestión del tráfico aéreo, tenemos que retroceder y pensar en las dificultades a las que se enfrentaban los barcos que surcaban los mares cuando perdían de vista la costa. Orientarse, conocer la posición en un medio sin referencias como los océanos, la meteorología con la previsión de vientos y tormentas, la localización de los puertos, el abastecimiento de víveres, eran algunas de las preocupaciones y aspectos claves en la navegación marítima y también lo son en la navegación aérea.

Términos como los Avisos a los Navegantes (Notices to Mariners) son adaptados a la aeronáutica, pasando a denominarse Notice To Airmen (NOTAM). Los complejos sistemas de navegación aérea tienen un origen en los instrumentos que han usado los navegantes de todos los tiempos, como la brújula para conocer el rumbo, astrolabio, sonda, sextante y relojes para situar la longitud en las cartas náuticas. Y no solo estos artilugios, también las unidades de medidas, el uso de las principales proyecciones cartográficas o la terminología en el medio aéreo, son comunes en ambos medios, el marino y el aéreo.

3. MEDICIONES, PROYECCIONES, ESCALAS

Cómo señalábamos en el punto anterior, gran parte de la terminología del dominio aéreo proviene de los usos y costumbres de los marineros. Lo mismo ocurre en los mapas, donde el término usado es el de carta aeronáutica, cuyo origen proviene de las cartas náuticas y que comparte con estas su finalidad, la navegación. Eso sí, el medio cambia, dejamos los mares y

océanos para sumergirnos en el espacio aéreo.

Uno de los principales avances en el mundo de la cartografía fue debido al desarrollo de las cartas de Gerardus Mercator en el siglo XVI. En dichas cartas, el trazado de rumbos se representaba como líneas rectas, permitiendo a los navegantes la planificación de los viajes por los mares con el uso de la brújula como sistema de navegación. Hoy en día, la proyección Mercator es usada en las cartas náuticas y aeronáuticas. En las cartas Mercator las rutas de los aviones, denominadas aerovías, se representan como líneas rectas, indicándose en ellas el rumbo y altura que tiene que seguir el avión para alcanzar los puntos intermedios determinados en su plan de vuelo.

Si bien es cierto que estas líneas de rumbo fijo, loxodrómicas, no son el camino más corto para desplazarse, navegar por ellas es relativamente sencillo. Para la planificación de vuelos de larga distancia, se usarán líneas ortodrómicas o combinación de rutas loxodrómicas para el ahorro de costes y tiempo en dichos vuelos.

Es importante detenerse en algunas de las características que tienen las proyecciones cartográficas usadas en las cartas aeronáuticas. Las cartas aeronáuticas son conformes, pues como se ha indicado, el principal uso es la navegación y la conservación de los ángulos, los rumbos, es un aspecto crucial. Como se ha comentado, la proyección Mercator es una de las más usadas, así como la proyección UTM para cartas de uso conjunto (medios terrestres y aéreos) así como la proyección Cónica Conforme de Lambert. La proyección Cónica Conforme de Lambert se usa principalmente para la planificación de vuelos en modo visual, donde es importante representar elementos geográficos del terreno que sirvan de referencia a los tripulantes, y donde la línea recta representada en la carta es aproximadamente al camino más corto entre dos puntos, la ortodrómica.

Otra característica a destacar es el de la escala. Como consecuencia de que los aviones y helicópteros tienen una velocidad mayor que los medios marítimo y terrestre, las escalas a usar no serán muy grandes. Así, según la normativa existente, escalas 1:250.000, 1:500.000, 1:1.000.000 y 1:2.000.000 son las escalas habituales en el medio aéreo, tanto para la planificación del vuelo, el control aéreo y como ayuda a la navegación.

En general, las escalas de las cartas en un vuelo irán modificándose según las distintas fases del mismo. En las fases de despegue y aterrizaje se usarán fichas del manual de piloto con escala grande y la escala irá disminuyendo hasta 1:2.000.000 cuando el vuelo sea

de tipo instrumental. En las cartas instrumentales con escala 1:2.000.000, los elementos geográficos son casi inexistentes, representándose casi exclusivamente información aeronáutica.

Otra singularidad del medio aéreo, herencia del medio marítimo, es el de las unidades de medida que, curiosamente, no pertenecen al Sistema Internacional (SI). Así, la unidad para medir longitudes es la milla náutica. Recordemos que una milla náutica, NM equivale a un minuto de círculo máximo, 1852 m. Además, se usa el pie (ft), equivalente a 30,28 cm. El uso de los pies es habitual para indicar la altura de vuelo y también para representar en las cartas las longitudes de las pistas de aterrizaje.

Y si a velocidad nos referimos, la unidad es el nudo (kt) como abreviatura en inglés. Un nudo equivale a una milla por hora, esto es 1852 m por hora. Y de nuevo la palabra nudo tiene su origen en el medio marino, en las cuerdas con nudos a distancias regulares y usadas por los marinos, junto con un reloj de arena, para medir la velocidad de los barcos.

4. EL PROCESO CARTOGRÁFICO, SISTEMAS DE REFERENCIA

El proceso de la elaboración de las cartas aeronáuticas es similar a cualquier otro proceso de producción cartográfico. Se utilizan sistemas de información geográficos (GIS), herramientas de gestión de la información geoespacial (geodatabase) y programas para la edición, generalización y etiquetado de los mapas.

La cartografía aeronáutica pertenece a la categoría de la cartografía temática. La información aeronáutica, junto con aquellas entidades geográficas significativas para la navegación, adquieren mayor relevancia en una carta aeronáutica.

La cartografía aeronáutica puede abarcar grandes extensiones de terreno, y es habitual que su cobertura pueda incluir países limítrofes y que pertenezcan a distintos continentes. Ello hace necesario el uso de un único y común sistema geodésico de referencia geocéntrico. En el dominio aeronáutico, este sistema geodésico es WGS84.

La elección de WGS84 es una discrepancia con la normativa española, que indica que el sistema geodésico de referencia es ETRS89. Y es que en lo referente a cartografía aeronáutica, muchas de las especificaciones están determinadas por la Organización de Avia-



Figura 3. Proceso de edición

ción Civil Internacional (OACI). En el caso de las cartas militares, también es aplicable la normativa OTAN, recogida en estándares denominados STANAG.

En relación con el datum vertical, aspecto fundamental en la navegación aérea, se usará el oficial de cada país. Allí donde no se disponga de esta información, se deducirá de modelos como EGM2008. Ese aspecto es importante a tener en cuenta cuando ha de producirse cartografía aeronáutica de países que no tiene los medios para ello o no limitan con el mar para ser usado como referencia altimétrica. Es el caso de Afganistán, donde España gestionó el aeropuerto de la ciudad de Herat durante más de diez años. Como curiosidad, la ciudad de Herat perteneció a la ruta de la seda, y hoy en día es una referencia del comercio en su área geográfica de influencia, gracias al aeropuerto.

Otra peculiaridad del mundo de la aviación es que la referencia de altura de vuelo no siempre es determinada por el nivel del mar o del terreno. Se usa como referencia la presión atmosférica a nivel del mar, unos 1013,25 hPa. Esto es debido a que los instrumentos que los aviones tienen a bordo un barómetro que miden la presión atmosférica. La presión atmosférica está relacionada inversamente con la altura de vuelo, de esta manera se puede determinar dicha altura de vuelo. Hoy en día, los sistemas GNSS junto con modelos digitales del terreno proporcionan otra referencia más de altura a los aviones respecto de la superficie.

Especial importancia adquiere la simbología de las cartas aeronáuticas, independiente de si el formato es el tradicional en papel o en digital. La edición de los datos aeronáuticos para que sean legibles y fácilmente interpretables, adquiere especial importancia, con colores determinados por norma, que en general serán rojo y azul. Para cartas aeronáuticas cuyo objetivo es el vuelo visual, se incluyen además las tintas hipsométricas y sombreado para realzar la sensación de relieve en aquellas zonas montañosas y que suponen una ayuda y referencia para los tripulantes de las aeronaves.

Respecto a la periodicidad de las cartas publicadas, está dependerá de diferentes circunstancias, siendo una de ellas la seguridad. Para cartas como el manual del piloto, cada ciclo AIRAC de 28 días se actualizarán aquellas hojas cuya información haya variado. En general, para el resto de las cartas, el periodo de vigencia es de seis meses a un año.



Figura 4. Carta de navegación instrumental 1:2.000.000. Observe que la información geográfica representada se limita al contorno de la costa

vuelo para evitar colisiones. Si hiciéramos una comparación con una autovía, los carriles de las aerovías estarían unos encima de otros, superpuestos. Si dos aviones usan la misma aerovía y tienen sentido contrario, los aviones pasarán uno por encima del otro.

Otra información aeronáutica si es real, como aeropuertos, aeródromos, pistas de aterrizaje, donde se representa la longitud y rumbo de la pista y el material con el que está hecho el pavimento, asfalto u hormigón, macadam, grava, etc. Otro elemento clave para la navegación y cuya representación aparece en todas las cartas aeronáuticas es el de las radioayudas. Estos sistemas son emisores de señales electromagnéticas que, según el tipo, indican a la aeronave el rumbo y distancia a la que están localizadas. Aunque hay de varios tipos, las más habituales son VOR, DME, NDB y TACAN, esta última para uso de aeronaves militares.

El manual del piloto es la publicación en la que, de forma esquemática, se representan las maniobras que el piloto realiza para aterrizar y despegar. Tiene la dificultad de representar en dos dimensiones información sobre perfiles, tiempos de espera, maniobras frustradas, ángulos de aproximación, y todo ello dependiendo de variables fijas como el terreno, obstáculos próximos, longitud de la pista, y de variables dinámicas como la categoría del avión. La categoría es una variable que dependerá del avión, siendo las habituales las categorías I, II, III. Cuanto mayor es la categoría más capacidad tiene el avión para aterrizar con requerimientos más restrictivos.

Una de las entidades más importantes a representar en las cartas aeronáuticas y que se incluyen en todos los sistemas de navegación, son los obstáculos. Estos pueden ser antenas, edificios, aerogeneradores, etc. Son elementos críticos para la seguridad y también como referencia en vuelo en modo visual, adquiriendo especial importancia en la fase de despegue y aterrizaje, y cuando se vuela a baja cota.

En general, los obstáculos se representan en un

característico color rojo en las cartas aeronáuticas, donde también se representan su elevación respecto del nivel del mar y sobre el terreno, mean sea level (MSL) y above ground level (AGL) respectivamente. Los obstáculos son entidades puntuales, definidas por sus coordenadas. Si un área tiene una alta densidad de obstáculos, estos suelen agruparse en la carta dependiendo de la escala. En este caso cambia su simbología y se representa el de mayor AGL, MSL por seguridad.

También son obstáculos aquellos de tipo lineal, como tendidos eléctricos o cables en suspensión como teleféricos. No son estos habituales en España, aunque aquí destaca el de Fuente Dé en los Picos de Europa, con una longitud de unos 1400 metros, que salva un desnivel de 750 m aproximadamente.

6. ORGANISMOS Y NORMATIVA

Los productos cartográficos aeronáuticos publicados por el CECAF cumplen con la normativa y requerimientos definidos por organismos internacionales, tanto civiles como militares, así como las normas, reales decretos y leyes de nuestro país. La información aeronáutica, actualización y difusión, es responsabilidad de cada uno de los Estados.

La cartografía producida en el CECAF es coordinada con la producida por otros organismos de la Administración General del Estado Español, por medio del Plan Cartográfico Nacional, definido para periodos de cuatro años. La Cartografía Militar también tiene su reflejo en el Plan Cartográfico de las Fuerzas Armadas, coordinado con el anterior Plan, y también definido para periodos de cuatro años. De forma más específica, la Comisión Cartográfica del Ejército del Aire coordina todo lo relacionado con la información geoespacial aeronáutica, productos derivados y su uso y distribución a diferentes sistemas y aviones, en los formatos requeridos en el dominio del Ejército del Aire.

Respecto a las organizaciones que gestionan la información aeronáutica y la normativa para la gestión del tráfico aéreo, la principal es ICAO u OACI. Es una organización dependiente de la ONU y surge tras la Conferencia de Chicago de 1944 de Aviación Civil Internacional.

En Europa, agencias como European Aviation Safety Agency (EASA) de la UE, y en España la Agencia Estatal de Seguridad Aérea (AESA), perteneciente al Ministerio de Fomento, así como ENAIRE, son los organismos que gestionan los aspectos de la aviación, donde se incluye la gestión de la información aeronáutica.



Figura 6. Participación del CECAF en el TopCart 2016

Los productos cartográficos distribuidos o elaborados por el CECAF, aunque sean para un uso militar, se rigen por estándares de estas organizaciones. Los principales documentos que determinan los estándares para la producción de cartografía aeronáutica son los Anexos de ICAO. En particular el Anexo 4 que trata sobre cartas aeronáuticas y el Anexo 15 sobre Aeronautical Information Services (AIS). Complementando a los anexos de OACI, están los documentos denominados PANS, que son recomendaciones para los países pero no obligatorios. Para operaciones aéreas, es de referencia el denominado DOC 8168, Aircraft Operations (PAN-OPS).

La OTAN, organización a la que España pertenece, también es una fuente de normativa, en la que se incluye la información geoespacial a través de un grupo de trabajo denominado JOINT GEOSPATIAL STANDARDS (JGSWG). Este grupo publica STANAG, que son documentos con normas sobre información geoespacial. Se nombran algunos de los STANAG más destacados en relación con la cartografía:

- STANAG 3600, TOPOGRAPHICAL LAND MAPS AND AERONAUTICAL CHARTS 1:250,000 FOR JOINT OPERATIONS
- STANAG 3675, SYMBOLS ON LAND MAPS, AERONAUTICAL AND SPECIAL NAVAL CHARTS
- STANAG 7172, USE OF GEOMAGNETIC MODELS
- STANAG 2586, NATO GEOSPATIAL METADATA PROFILE
- STANAG 2592, NATO GEOSPATIAL INFORMATION FRAMEWORK (NGIF)
- STANAG 3412, AERONAUTICAL INFORMATION ON AERONAUTICAL CHARTS
- STANAG 2211, GEODETIC DATUMS, PROJECTIONS, GRIDS, AND GRID REFERENCES

Los países pertenecientes a la OTAN deciden de forma soberana la ratificación e implantación de los STANAG. En general, estos estándares están coordinados con los estándares y normativa de organizaciones como OGC, ICAO e iniciativas de la UE. No suele existir contradicciones en dichos estándares más allá de las peculiaridades de clasificación de la información.

CONCLUSIONES

La cartografía aeronáutica tiene su origen en la cartografía náutica, de la que adquiere elementos tan significativos como las proyecciones, terminología y unidades de medida.

En las cartas para la navegación aérea las entidades

geoespaciales aeronáuticas adquieren especial significación y su representación, simbología e interpretación convierten a la cartografía aeronáutica en una cartografía temática con entidad propia. Sin embargo, son múltiples las semejanzas con otros tipos de cartografía, teniendo en común todas las fases, métodos y herramientas del proceso cartográfico.

El CECAF es uno de los organismos de la Administración General del Estado de España productores de cartografía. El Plan Cartográfico Nacional y de las Fuerzas Armadas, la normativa española, de la EU y de organismos internacionales como ICAO o la OTAN es de aplicación en su producción. Respecto a la información aeronáutica, los Estados son responsables de dicha información, de su publicación, distribución y actualización.

Esperamos haber aclarado alguna de las peculiaridades sobre la información geoespacial en el ámbito aeronáutico, y recuerde, antes de salir a volar, juegue bien sus cartas, incluidas las aeronáuticas.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradecer a los miembros del CECAF, grandes profesionales, que son una fuente continua de conocimiento en el ámbito geoespacial.

Asimismo, a la comunidad geoespacial en España que, con iniciativas como la IDEE, nos permiten compartir experiencias de esta apasionante disciplina.

Y a mi hijo Pablo, que me ha enseñado por qué la Tierra no es plana.

REFERENCIAS

Fundamentos de Cartografía Topográfica, Teniente Coronel Wenceslao Lorenzo Romero. Escuela de guerra del Ejército.

The ABZ of flight operations. Olle Åkerlind, Håkan Örtlund
Wikipedia

Sobre el autor

Capitán Miguel Ángel Zazo González

Jefe del Escuadrón de Cartografía del CECAF. Es Licenciado en Matemáticas y posee el título de especialización de Cartografía del Ejército del Aire.