

ELABORACIÓN DE CARTOGRAFÍA AERONÁUTICA DE NAVEGACIÓN VISUAL

REVISTA **MAPPING**
Vol. 26, 185, 16-22
septiembre-octubre 2017
ISSN: 1131-9100

Aeronautical Cartography of visual navigation production

Subteniente Ángel Bustos Solís

Resumen

El artículo plantea el procedimiento y necesidad de la realización de cartografía aeronáutica de vuelo visual. Esta cartografía proporciona a los pilotos los medios necesarios para su posicionamiento en el espacio aéreo y un método con el que poder desplazarse de un lugar a otro de una forma rápida y segura. Para ello es necesario tener una fuente actualizada de datos para la navegación, que deberá adaptarse a normas nacionales e internacionales.

En este tipo de cartografía deben aparecer representadas las características geográficas de la zona que puedan identificarse fácilmente desde el aire, así como símbolos igualmente reconocibles, además de la información aeronáutica, con el fin de obtener una lectura rápida y precisa en pleno vuelo.

Abstract

The article raises the procedure and necessity of the aeronautical mapping of visual flight. This cartography provides the pilots with the necessary means for their positioning in the air space and a method with which to be able to move from one place to another of a fast and safe form. It is therefore necessary to have an updated source of data for navigation, which should be adapted to national and international standards.

In this type of mapping, the geographical characteristics of the area that can be easily identified from the air, as well as equally recognizable symbols, in addition to aeronautical information, must be represented in order to obtain a fast and accurate reading in mid-flight.

Palabras clave: VFR, Cartografía Aeronáutica, obstáculos, proyección, Sistema Geodésico de Referencia, espacio aéreo, escala.

Keywords: VFR, Aeronautical Cartography, obstacles, projection, Geodetic Reference System, airspace, scale.

Jefe del Negociado de Edición
abussol@ea.mde.es

Recepción 22/04/2017
Aprobación 26/06/2017

1. INTRODUCCIÓN

El Negociado de Edición forma parte de la sección de Cartografía General perteneciente al Escuadrón de Cartografía del CECAF (Centro Cartográfico y Fotográfico). Es el encargado de confeccionar con medios digitales las cartas de navegación que los pilotos necesitan para preparar sus misiones y permitirles orientarse y desplazarse en el espacio aéreo.

La cartografía aeronáutica ayuda a que las operaciones aéreas sean seguras, gracias a toda la información que suministra de carácter geográfico y aeronáutico para la navegación aérea civil o militar. Está basada en un tipo de cartografía básica, obtenida por procesos directos de observación y medición de la superficie terrestre para la representación de la Tierra y a la que se añade o generaliza información.

Según la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI), la Carta Aeronáutica se define como «La representación de una porción de la Tierra, su relieve y construcciones, diseñada especialmente para satisfacer los requisitos de la navegación aérea».

Según el PLANCART FAS (Plan Cartográfico de las Fuerzas Armadas), el CECAF se encargará, entre otros muchos cometidos, de la cartografía para la navegación aérea visual y el Negociado encargado para su realización será el de Edición.

Las cartas de vuelo visual son aquellas que siguen las Reglas de Vuelo Visual (VFR). Estas reglas las forman el conjunto de normas recogidas en el Reglamento de Circulación Aérea que permiten al piloto dirigir su aeronave y mantener la distancia necesaria con cualquier obstáculo con la sola ayuda de la observación visual, aunque también pueda utilizar los instrumentos de vuelo de a bordo como ayuda. En este tipo de cartas, se prioriza la navegación autónoma, ya que permite al piloto orientarse en el espacio sin ayudas externas.

El rasgo principal de este tipo de cartografía es el de representar las características geográficas de la zona que puedan reconocerse fácilmente, además de la situación de los obstáculos, elevaciones del terreno y zonas restringidas. En este tipo de cartas es recomendable utilizar un tipo de simbología fácil de entender y de recordar para poder utilizar la carta en pleno vuelo de una forma rápida.

2. CONSIDERACIONES GENERALES

- Las cartas aeronáuticas son de uso en el ámbito de la OTAN (Organización del Tratado Atlántico Norte) por lo que nos regiremos principalmente de

las especificaciones que aparecen en sus STANAG (Standardization Agreement).

- Utiliza el sistema geodésico de referencia WGS - 84 (World Geodetic System): sistema geodésico mundial 1984, que permite localizar cualquier punto en la superficie terrestre.
- La proyección dependiendo de la escala será la UTM (Universal Transversal Mercator) o la Cónica Conforme de Lambert. La primera es una proyección tangente a un meridiano y cuyas magnitudes se expresan en metros. La segunda proyección representa la esfera de la Tierra en la que se superpone un cono con dos paralelos de referencia secantes (paralelos automecóicos), siendo justo en esos paralelos donde menos distorsión hay y que va aumentando según nos alejamos. Éstos serán diferentes para la Península y Canarias. Las magnitudes estarán expresadas en longitud y latitud.
- La declinación magnética, que es el ángulo que forma en un plano horizontal el Norte magnético con el Norte geográfico y que varía con los años y el lugar donde nos encontremos, se representa en estas cartas (líneas isógonas).
- Se tomarán como referencia de altitudes para la Península, los registros del nivel medio del mar en Alicante y para cada una de las islas, las referencias de los mareógrafos locales.
- La cartografía base la proporciona el IGN (Instituto Geográfico Nacional), el CEGET (Centro Geográfico del Ejército de Tierra) y la Unidad de Coordinación Cartográfica del CIFAS (Centro de Inteligencia de las Fuerzas Armadas), dependiendo de la escala.
- La información aeronáutica la proporcionará ENAI-RE (gestor de navegación aérea de España) a través del AIP (Publicación de Información Aeronáutica).
- Otro tipo de información la genera el propio CECAF como por ejemplo la información de obstáculos a partir de diferentes nubes de puntos LIDAR (Light Detection and Ranging) e imágenes aéreas PNOA (Plan Nacional de Ortofotografía Aérea) que nos proporciona el CENIG (Centro Nacional de Información Geográfica), además de datos topográficos obtenidos en el Negociado de Topografía del CECAF.
- En este tipo de cartas se resaltan elementos que pueden ser peligrosos para la navegación aérea a baja cota como los obstáculos de más de 60 metros de altura, parque eólicos o tendidos eléctricos.
- La información aeronáutica que se representa es: aeropuertos, helipuertos, pistas de aterrizaje, radioayudas, puntos de notificación visual, zonas restringidas, así como otro tipo de datos que puedan demandar este tipo de publicaciones.

3. PRODUCCIÓN CARTOGRÁFICA

- CARTA AERONÁUTICA DE NAVEGACIÓN VISUAL (CNV)

ESCALA 1:1 000 000

- Ofrece información para el vuelo con referencia al terreno. Puede servir como carta aeronáutica básica cuando las cartas especializadas carentes de información para vuelo visual no proporcionen los datos esenciales.
- Actualmente se compone de tres hojas que abarcan la totalidad del territorio nacional (dos de la península y una de Canarias).
- El sistema geodésico de referencia es WGS - 84.
- La proyección utilizada es la Cónica Conforme de Lambert.
- Es una carta de producción anual

- CARTA AERONÁUTICA *LOW FLYING CHART* (LFC)

ESCALA 1:500 000

- Esta carta de navegación está diseñada principalmente para el vuelo de forma visual. La información aeronáutica y topográfica representada pretende que no sólo con instrumentos de navegación, sino también de forma visual, se pueda navegar tomando como referencia accidentes geográficos y elementos singulares. También se usa la carta LFC para el planeamiento de misiones.
- Está dividida en 9 hojas que abarcan el total del territorio nacional.
- El sistema geodésico de referencia es WGS - 84.
- La proyección utilizada es la Cónica Conforme de Lambert.
- Es un producto de publicación anual.

- CARTA DE OPERACIONES CONJUNTAS DE ESPAÑA. *JOINT OPERATIONS GRAPHIC* (JOG)

ESCALA 1:250 000

- La Carta de Operaciones Conjuntas (Aire) está diseñada principalmente para el vuelo visual de aeronaves.
- Esta carta coincide con la carta *Joint Operations Graphis* (Ground) publicada por el Ejército de Tierra, a la que se le han añadido los elementos necesarios para la navegación.
- Está dividida en 44 hojas que abarca la totalidad del territorio nacional.
- El sistema geodésico de referencia es WGS - 84.
- La proyección utilizada es UTM.
- Se publica cada 5 años.

- CARTA DE LA SERIE TFC-SPAIN (*TRANSIT FLYING CHART*)

ESCALA 1:250 000

- La base topográfica está basada en la publicada por el Ejército de Tierra (JOG - GROUND).
- La información aeronáutica está basada en la carta LFC.
- Está dividida en 44 hojas que abarcan la totalidad del territorio nacional.
- El sistema geodésico de referencia es WGS - 84.
- La proyección utilizada es UTM.
- Es un producto de publicación anual.

4. INFORMACIÓN AERONÁUTICA

La navegación aérea conlleva la necesidad de una corriente continua de información georreferenciada que permite al piloto tomar decisiones tanto a la hora de la planificación de la misión como a la hora de pilotar la aeronave.

La información de la carta aeronáutica variará dependiendo de la escala. (Figura 1). Los rasgos generales son lo que aparecen a continuación.

- Aeropuertos, aeródromos, hidropuertos y helipuertos. Vendrán representados con información del material con que está hecha la pista, el nombre, la elevación y la longitud de la misma.
- Ayudas visuales y obstáculos a la navegación aérea. Se considera obstáculo a todo elemento que tenga una dimensión vertical que se considere peligrosa para la navegación aérea. Los obstáculos que se representan son aerogeneradores, antenas, chimeneas, tendidos eléctricos, torres, etc. y deberán estar informados con dos medidas: MSL (Mean Sea Level) que es la distancia vertical que hay entre la cima del obstáculo y el nivel medio del mar y AGL (*Above Ground Level*) que es la altura del obstáculo.
- Radioayudas para la navegación. Son sistemas electrónicos que emiten ondas de radio y que son recogidas por la aeronave proporcionando información sobre la posición y ayuda en el desplazamiento de un lugar a otro.
 - NDB (*Non Directional Beacon* o radiofaro no direccional). Transmite una señal que puede captarse desde todas las direcciones y determina la dirección en que se encuentra el radiofaro.
 - TACAN (*TACTical Air Navigation* o navegación aérea táctica). Es un sistema usado principalmente por las aeronaves militares. Proporciona al usuario información de rumbo y distancia a una estación (combinación de VOR Y DME).

- VOR (VHF *Omnidirectional Range* o radiofaro omnidireccional de VHF). Emite una señal en todas direcciones y en la aeronave puede ser interpretada por un receptor VOR de a bordo. Es utilizado para posicionarse en el espacio, o bien para guiar a la aeronave manteniéndola dentro del radial seleccionado.
 - DME (*Distance Measuring Equipment* o equipo de medición de distancia). El equipo receptor de DME de la aeronave puede calcular la distancia oblicua a la estación. Junto con otra estación terrestre permite el posicionamiento en dos dimensiones, latitud y longitud.
 - A veces las estaciones pueden acompañarse de otra estación y forman las radioayudas NDB/DME, VOR/TAC Y VOR/DME
- Espacio aéreo es aquel que se extiende tanto sobre la propia tierra como sobre el mar y que pertenece a un estado soberano propio, siendo además regulado por el propio país.
- FIR (*Flight Information Region* o región de información de Vuelo). Por lo general los FIR siguen el contorno de las fronteras de los países que conforman la región. Sin embargo, un mismo país puede tener varias FIR. España tiene tres: Madrid, Barcelona y Canarias
 - CTR (*Control Region* o zona de control). Espacio aéreo asociado a uno o dos aeródromos y cuya finalidad es proteger a las aeronaves cuando están cerca del suelo, es decir, coordinar las rutas de entradas y salidas.
 - TMA (Terminal área o Área Terminal). Es la zona establecida en las inmediaciones de un aeropuerto y cuya función es contener el tránsito controlado cerca de los aeropuertos, es decir, conecta la fase de vuelo con la de aproximación.
 - CTA (*Controlled Traffic Area* o área de tráfico controlado). Es parecido al TMA pero englobando menos espacio.
 - Complementariamente a las clases de espacios aéreos, se pueden definir zonas de usos especiales:
 - D (Dangerous zone o zona peligrosa). Es una zona que puede ser peligrosa para las aeronaves en determinados momentos, como por ejemplo ejercicios de tiro, ejercicios aéreos, lanzamientos de paracaidistas.
 - R (Restricted zone o zona restringida). Es una zona utilizada a muy baja altitud por el ejército y puede estar activada o no. Puede ser una zona ecológica o de entrenamiento de aviones militares.
 - P (Prohibited Zone o zona prohibida). Supone restricción máxima y su utilización está prohibida para las aeronaves, aunque a veces el Ministerio de Defensa puede autorizar el vuelo. La finalidad es proteger instalaciones indispensables para la seguridad nacional como centrales nucleares.
 - Punto de Notificación es el lugar geográfico especificado, con referencia al cual puede notificarse la posición de una aeronave.
 - MEF (Maximum Elevation Figure o cifras máximas de elevación). Es una cifra que se muestra en cada rectángulo delimitado por las líneas (Latitud y Longitud) de la retícula marcada en las cartas aeronáuticas, y que representa la elevación en pies (0,3048 metros) sobre el nivel medio del mar. Será a partir de esa cifra cuando la navegación sea segura.

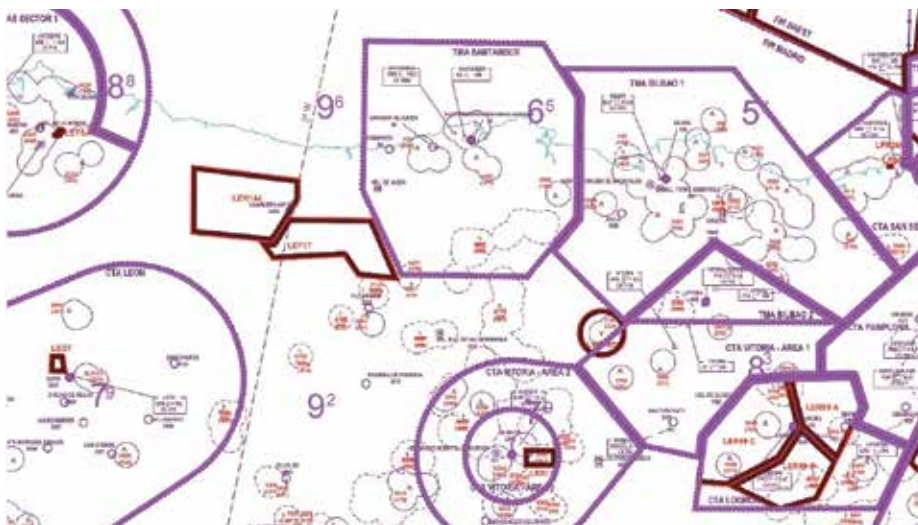


Figura 1. Información Aeronáutica. Zona de la carta CNV

5. INFORMACIÓN TOPOGRÁFICA

La cartografía base la proporcionan el IGN, a través de su web de descargas, el Centro Geográfico del Ejército de Tierra, a través de disco físico y la Unidad de Coordinación Cartográfica, a través de su portal de descargas MGCP (*Media Gateway Control Protocol* o programa multinacional de coproducción geoespacial).

Los accidentes geográficos y topográficos se seleccionan de acuerdo con el objetivo de la carta y su escala (Figura 2). Las cartas de navegación a baja altura deben mostrar con más detalle los elementos de la superficie terrestre, sean naturales o artificiales. La información de la carta aeronáutica variará dependiendo de la escala. Los rasgos generales son lo que aparecen a continuación.

- Representación altimétrica
 - Curvas de nivel. Unión de todos los puntos que tienen la misma cota mediante líneas.
 - Tintas hipsométricas. Zonas de altitudes limitadas mediante curvas de nivel, de forma que se asigna a cada zona un color distinto.
 - Tintas batimétricas. Igual que las tintas hipsométricas pero en el mar.
 - Sombreados. Se introduce el sombreado para dar mayor sensación de relieve.
 - Cotas. Serie de puntos con coordenadas que permiten dar mayor precisión a la carta. Suelen darse en las zonas más altas o en lugares característicos.
- Representación planimétrica
 - Hidrografía. Se representan costas, ríos, vaguadas, lagos.
 - Vegetación. Superficies boscosas.
 - Edificaciones. Se representan tanto núcleos de población como castillos, faros, iglesias...
 - Vías de comunicación. Aparecen autopistas, carreteras de primer y segundo orden, vías de ferrocarriles, líneas de tendido eléctrico, teleféricos...

- Divisiones administrativas. Aparecen límites provinciales, límites de comunidades autónomas y límites internacionales.
- Toponimia. Se representan todos los nombres de localidades, accidentes geográficos ...

6. PRODUCCIÓN

Previamente al proceso de producción se realizará la descarga de los últimos datos con la información aeronáutica y topográfica necesaria.

El Negociado de Base de Datos Aeronáuticos que forma parte de la sección de Cartografía General, se encarga de la obtención, tratamiento y actualización de la información aeronáutica no sólo de España, sino también de aquellas otras zonas de países que aparecen en la carta (Francia, Portugal, Marruecos y Argelia). También se encarga de la gestión de usuarios y privilegios en lo concerniente al acceso de datos, así como la gestión de las copias de seguridad.

La información aeronáutica se recibe cada 28 días, período coincidente con los ciclos AIRAC (*Aeronautical Information Regulation and Control*). Estas fechas se establecen en el Anexo 15 de la OACI. El medio en el que se recibe la información aeronáutica de España es en formato DVD, el cual llega por correo ordinario al CECAF remitido por ENAIRE (responsable estatal de la navegación civil aérea en España). El CECAF dispone de una suscripción que se renueva anualmente. Esta información también se puede consultar mediante la página *web* de ENAIRE. La información aeronáutica

del resto de países que sale representada en estas cartas se obtiene de las páginas *web* de los respectivos servicios de información aeronáutica de cada país.

La información contenida en el DVD se copia en los servidores del CECAF para poder ser utilizada posteriormente para la confección de las cartas. Dentro del DVD encontramos las enmiendas o modificaciones que contienen los cambios en la información aeronáutica que van a producirse en el siguiente ciclo AIRAC. Esta información se introduce en la base de datos de información aeronáutica mediante

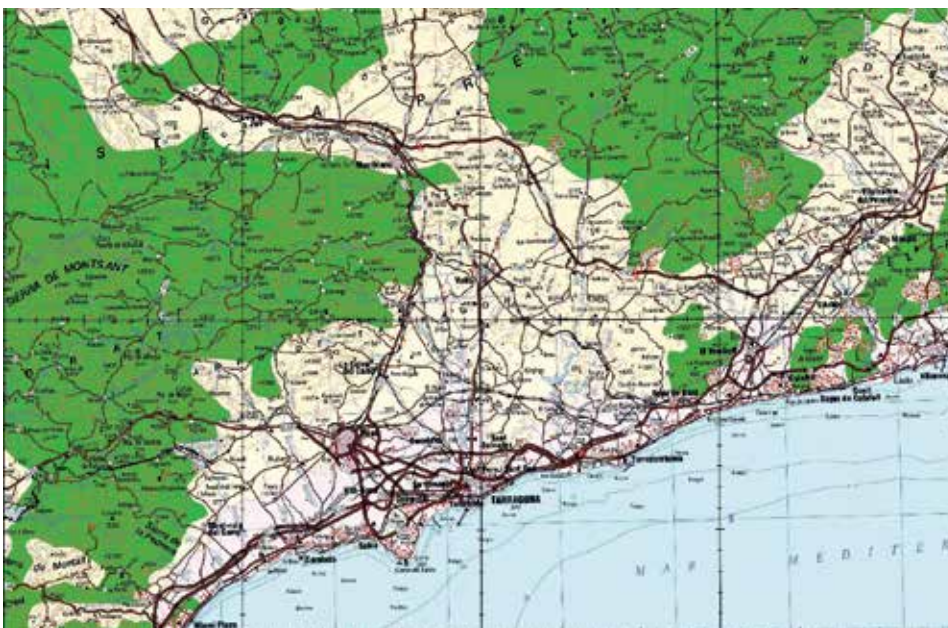


Figura 2. Representación planimétrica y altimétrica. Zona de la carta TFC.

el software AERODB Suite V: 8.4, de la compañía *Ingeniería dei Sistemi* (IDS). Esta herramienta es específica para la consulta, mantenimiento y actualización de la información aeronáutica.

El Negociado de Edición es el encargado de recoger y representar todos los datos necesarios en la carta aeronáutica.

Para la realización de una carta aeronáutica, en primer lugar hay que crear un espacio de trabajo en un SIG (Sistema de Información Geográfica), en nuestro caso con el software Geomedia de la empresa Hexagon Geospatial, con un sistema geodésico de referencia,

una proyección cartográfica y una escala adecuados a cada tipo de carta.

Obtención de la información aeronáutica procedente del AIP así como de la información topográfica en formato «Shape» procedente del IGN, del CEGET y del MGCP de la Unidad de Coordinación Cartográfica. Estos datos obtenidos se guardarán en una base de datos ORACLE (*Oak Ridge Automated Computer and Logical Engine*).

La información aeronáutica, previas consultas a la base de datos aeronáuticos, contendrá toda la información representativa acorde a la escala del proyecto, como por ejemplo aeropuertos, radioayudas, espacios aéreos y obstáculos, añadiendo el texto correspondiente. Posteriormente habrá que plasmar su simbolización en la leyenda del espacio de trabajo.

Para la información topográfica se importarán las entidades del archivo «shape» del IGN, CEGET y MGCP a la leyenda del espacio de trabajo, generada con anterioridad para su simbolización, como por ejemplo vías de comunicación, hidrografía, núcleos de población, tintas batimétricas, curvas de nivel, etc.

Toda esta información quedará representada en la leyenda del espacio de trabajo, y tendrá que mantener un orden concreto para su mejor interpretación. Por ejemplo, se deberán poner en la leyenda las sombras o las tintas hipsométricas por debajo de otro tipo de información para no ocultar datos.

A continuación se procederá a editar la información para su perfecta lectura evitando la superposición de la toponimia o el empastado de la carta, eliminando elementos de menor importancia o desplazando elementos, como por ejemplo los textos.

Una vez generada la carta se procederá a crear un marco informativo para cada una de las hojas con toda la información necesaria para su correcta interpretación. Dependiendo del trabajo, esta información también podrá aparecer en el reverso de las hojas (Figura 3).

El proceso de control de calidad es la última etapa por la que pasa el producto antes de estar disponible para su producción definitiva. El control de calidad

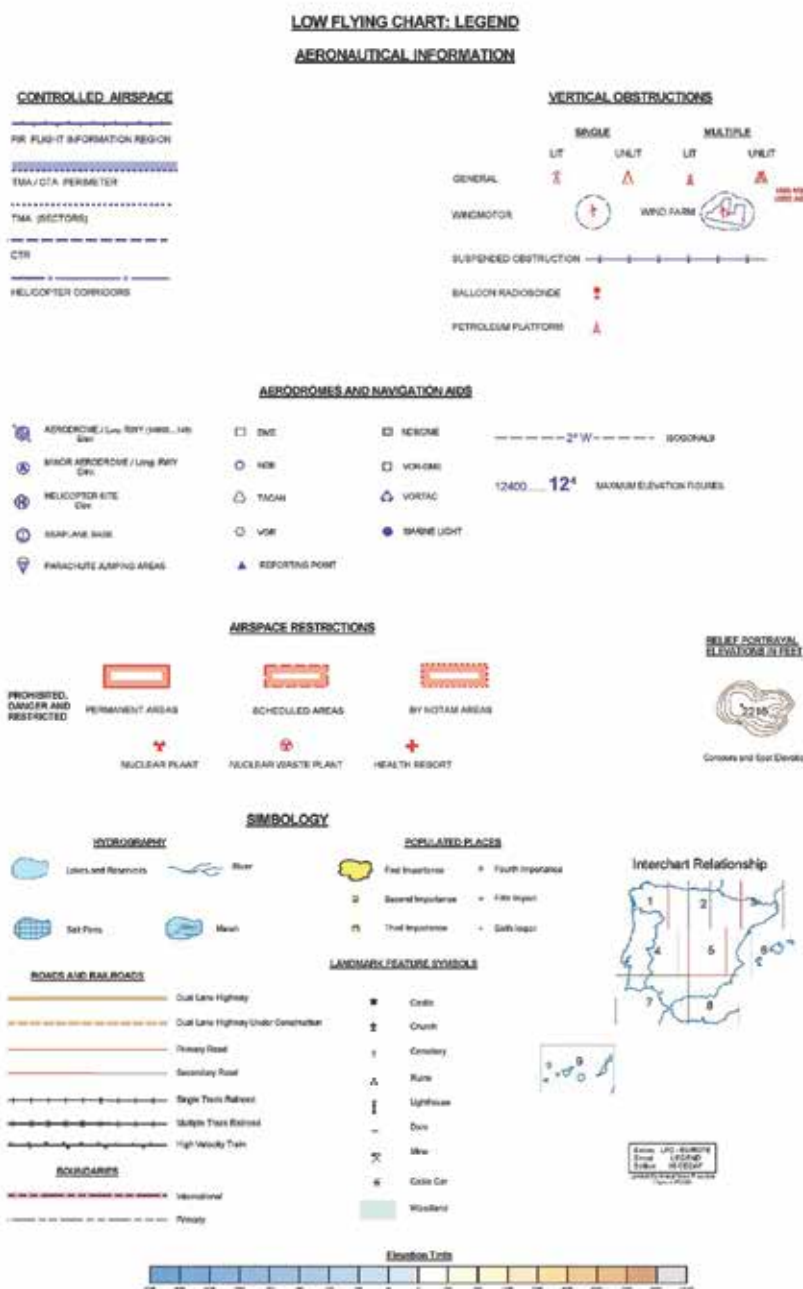


Figura 3. Leyenda de la carta LFC

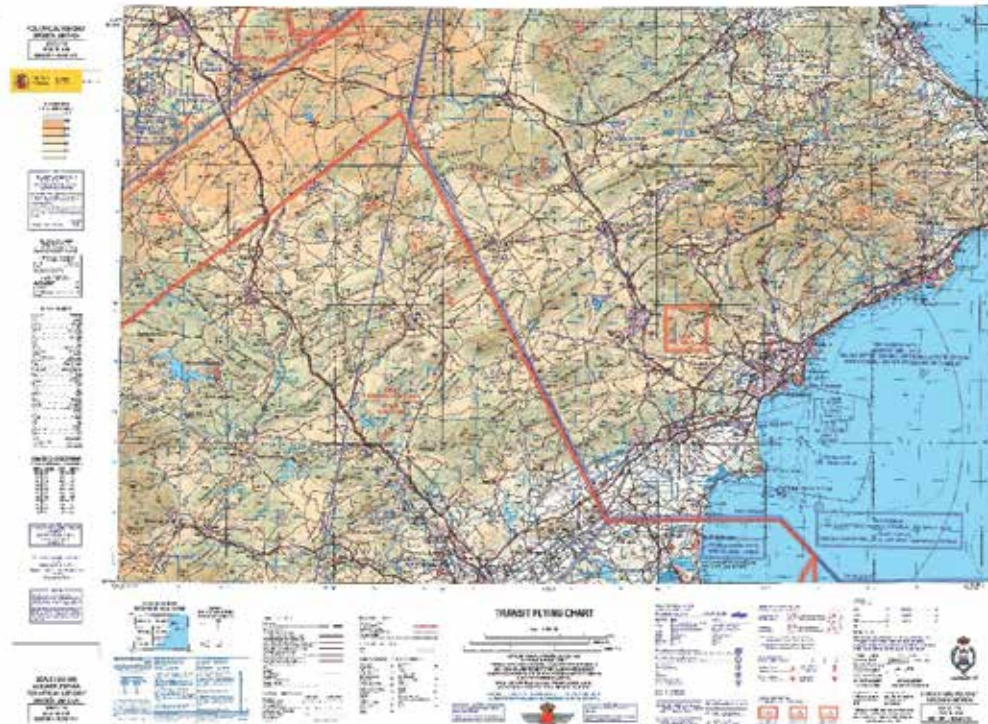


Figura 4. Hoja completa de la carta TFC

será realizado mediante inspección visual, chequeo y comprobación en formato digital y papel, revisando los posibles errores informáticos y humanos que se hayan podido cometer. El control será realizado por personal con conocimientos en información aeronáutica y topográfica, y distinto al personal que ha creado la carta.

Por último, los archivos digitales obtenidos se convertirán en formato .pdf (Formato de Documento Portátil), para su posterior procesado con el *software* Pitstop de la empresa ENFOCUS para la adecuación de colores y transparencias a las tintas de imprenta, debido a que la calibración de los colores de los monitores suele ser distinta a la de las tintas utilizadas en la imprenta en formato papel (Figura 4).

La finalidad de estas cartas aeronáuticas es su publicación en formato papel a través de la imprenta del CECAF, la conversión de la carta digital en distintos formatos digitales compatibles con los diferentes sistemas de armas, como por ejemplo el ASRP (*Arc Standard Raster Product*) y la catalogación de toda la cartografía digitalizada en la intranet del Ejército del Aire con el fin de gestionar los productos cartográficos y publicaciones aeronáuticas en el Ejército del Aire.

7. CONCLUSIONES

La información aeronáutica, altimétrica y geográ-

fica son los elementos imprescindibles en las cartas de navegación visual. El objetivo principal es proporcionar la mayor cantidad posible de elementos de la superficie terrestre, que se puedan identificar en vuelo a baja cota, sin dificultar la lectura de la carta.

Los criterios para elegir los elementos que aparecen en las cartas varían no sólo de una carta a otra, sino que incluso, dentro de la misma carta, variará dependiendo de si un área tiene más o menos densidad de información.

Por tanto, podemos decir que, aun siendo la cartografía una ciencia exacta, y estando regulada por normativas nacionales e internacionales, no se puede llegar a formular reglas rígidas de selección de elementos. Por ello, aunque no se alcance una representación total y exacta de la superficie terrestre, sí satisface las necesidades de los pilotos para la navegación visual en vuelos de baja cota.

REFERENCIAS

- OACI. Anexo 4
- OACI. Anexo 15
- Gaceta Aeronáutica. Las radioayudas y la navegación aérea www.flybai.es

Sobre el autor

Subteniente Ángel Bustos Solís
Subteniente del Cuerpo General del Ejército del Aire con la especialidad en Cartografía e Imagen. Está destinado en el Negociado de Edición del CECAF.