

NUEVOS RETOS DE LA METEOROLOGÍA AERONÁUTICA ANTE LOS CAMBIOS EN LA GESTIÓN DEL TRÁFICO AÉREO

Miguel Ángel PELACHO AJA
Agencia Estatal de Meteorología

RESUMEN: Desde los últimos años hay una necesidad creciente de reorientar la gestión del tráfico aéreo a todos los niveles (mundial, europeo y nacional), como ha sido puesto de manifiesto en recientes congresos sobre esta temática. Desde las instancias europeas se insiste incluso en un cambio de cultura que lleva consigo una gran innovación, aunque se reconoce también la dificultad de esta tarea ante la lentitud que se percibe para cambiar esta gestión. No parece por tanto un proyecto que se vaya a conseguir en poco tiempo, pero ya se han creado al menos las herramientas necesarias para ir en esa dirección. Una de ellas, en el contexto del Cielo Único Europeo, es SESAR (Single European Sky ATM Research), que constituye el pilar tecnológico de esta iniciativa. En este programa se establece el mecanismo que coordina y concentra todas las actividades de investigación y desarrollo relacionadas con la gestión del tráfico aéreo, reuniendo a más de 3000 expertos en la materia. La necesidad de readaptar los procedimientos y la tecnología en este ámbito viene reforzada por la estimación del incremento notable que va a tener el tráfico aéreo en los próximos años. Esto exige una más eficiente manera de gestionar este tráfico. En esta gestión, la mejora del acceso a la información de meteorología aeronáutica, y las nuevas capacidades de las herramientas de predicción que se le van a exigir tienen un papel relevante en la toma de decisiones operativas por parte de los actores implicados en la navegación aérea. Una de esas nuevas capacidades, por ejemplo, está relacionada con los productos de meteorología requeridos por los centros de control de área. El tiempo adverso es además una de las causas frecuentes de retrasos en los aeropuertos. Nuevos tipos de usuarios aeronáuticos, como los drones, también exigen un tipo de información meteorológica adecuada a sus peculiares necesidades. En el presente artículo se presenta una perspectiva de los cambios requeridos en meteorología aeronáutica en este nuevo contexto de la gestión del tráfico aéreo.

1. INTRODUCCIÓN

Desde que empezaron a operar las primeras líneas aéreas en los años veinte del pasado siglo, comenzó también a verse la necesidad de regular el tráfico aéreo, especialmente después de que tuvieran lugar los primeros accidentes de aviones por choques en vuelo [1]. En este control de los movimientos de las aeronaves ha jugado siempre un papel esencial el factor meteorológico. Todavía hoy en día se considera la mala meteorología como una de las causas que más influyen en la falta de seguridad de los vuelos. Si bien las malas condiciones meteorológicas como causa única en los accidentes engloban menos del 15 % de los casos, sí que están muy presentes como causa añadida, entre otras, influyendo decisivamente en el desenlace de esos accidentes. Por tanto, para que la gestión del tráfico aéreo sea eficaz es esencial disponer de una buena información meteorológica. Cuando esta gestión pretende cambiar su orientación hacia una forma más eficiente, como es el caso de Europa en estos últimos años [2], la provisión de la información meteorológica tiene que adecuarse a este cambio para seguir prestando ese servicio de la mejor manera.

2. NUEVO ATM

El concepto de *Air Traffic Management* (ATM), o gestión del tráfico aéreo, comenzó a desarrollarse en los años treinta, en Estados Unidos. Se trataba entonces de unificar en un sistema centralizado los procedimientos de intercambio de información y control de vuelo, utilizando los mismos sistemas de comunicaciones y ayudas a la navegación aérea. Esta gestión común del espacio aéreo suponía también el acceso a una información meteorológica estandarizada para todos los vuelos. A lo largo del tiempo cada país ha ido asumiendo estos procedimientos de gestión del espacio aéreo, y en Europa en 1960 se formó Eurocontrol [1], con la idea de gestionar el tráfico aéreo de ruta en Europa. Sin embargo, como consecuencia de la fragmentación del espacio aéreo, debida a la existencia de tantos países en Europa, la unificación sigue siendo una tarea difícil.

Para llegar a una política común de transporte aéreo en Europa y para conseguir un sistema de tránsito aéreo eficaz, a principios de los años 2000 comenzó el Cielo Único Europeo [3]. Se trataba entonces de impulsar una libre circulación de mercancías, personas y servicios con una organización más racional del espacio europeo, aumentando la capacidad y la seguridad. Para ello había que hacer frente a la fragmentación de este espacio europeo, ya que la gestión del tránsito aéreo se realiza a nivel nacional. Con el inicio del Cielo Único Europeo se introduce un cuerpo normativo común que permite a los estados una gestión del espacio aéreo más segura e integrada. Este paquete normativo ha sido desplegado principalmente en los años 2004 y 2008, y tiene como base cuatro pilares:

- el establecimiento de indicadores de rendimiento del sistema aéreo;
- la introducción de la tecnología SESAR;
- la seguridad;
- la capacidad de los aeropuertos.

Para ello se considera necesario separar las entidades regulatorias de las que proporcionan el servicio. La principal herramienta tecnológica para implantar el modelo de Cielo Único es SESAR: *Single European Sky ATM Research* [4]. En esta participan principalmente la Comisión Europea, Eurocontrol y la industria, y tiene los siguientes objetivos:

- aumentar el volumen de tráfico aéreo hasta el triple del actual;
- reducir a su vez los retrasos;
- reducir un 10 % el impacto medioambiental de los vuelos;
- reducir un 50 % los costes asociados a la gestión del tráfico aéreo;
- multiplicar por 10 la seguridad.

Para conseguir estos objetivos se ha visto necesario actuar simultáneamente en tres niveles diferentes: el institucional, el tecnológico y el operacional. La normativa de Cielo Único se hace cargo principalmente del plano institucional, mientras que el programa SESAR se focaliza más en las herramientas tecnológicas y operacionales. Este programa ha tenido ya una fase de definición y está ahora en fase de desarrollo y despliegue. La segunda fase se llama SESAR2020.

¿Cuál es el papel de la meteorología aeronáutica en todo esto? El programa de la primera fase de SESAR incluyó un paquete de trabajo para integrar los servicios de información

meteorológica y añadir nuevas funciones a esta información para mejorar la gestión del tráfico aéreo. En este paquete de trabajo se logró la consistencia y coordinación de los servicios y sistemas utilizados por todos los proyectos y soluciones de SESAR relacionados con la meteorología, siendo EUMETNET la responsable de estas soluciones y del intercambio de información. En el documento *Solutions Catalogue* de SESAR se describen estas soluciones y el papel que la meteorología tiene en ellas.

EUMETNET lideró este grupo de trabajo implicando también a la industria. Fruto de ese trabajo también surgieron una serie de proyectos coordinados por EUMETNET, junto con SESAR, cuyos objetivos son los siguientes: conseguir una composición europea de la información radar de sistemas convectivos, mejorar la predicción de algunos fenómenos adversos (turbulencia, convección, engelamiento y meteorología invernal), mejorar la eficiencia del intercambio de información meteorológica y de la política de gestión de la información en todo el sistema ATM.

Las soluciones mencionadas en ese documento de SESAR se refieren a procedimientos o tecnologías nuevas o mejoradas que contribuyen a la modernización de la gestión del tráfico, siempre buscando los objetivos citados anteriormente. En muchas de ellas la meteorología tiene un papel fundamental. Antes de entregar las soluciones, estas se validan en entornos operacionales reales (en aeropuertos, aviones o centros de control, por ejemplo). Han sido realizadas hasta 350 validaciones. Las soluciones han sido agrupadas en cuatro categorías:

1. Operaciones de alto rendimiento en aeropuertos.
2. Servicios avanzados de tráfico aéreo.
3. Servicios ATM optimizados.
4. Mejora de la infraestructura de la aviación (integración y coordinación entre sistemas en vuelo y en tierra).

Los resultados conseguidos, relacionados con los objetivos prioritarios se muestran en la figura 1 siguiente, tomada del documento anteriormente citado:

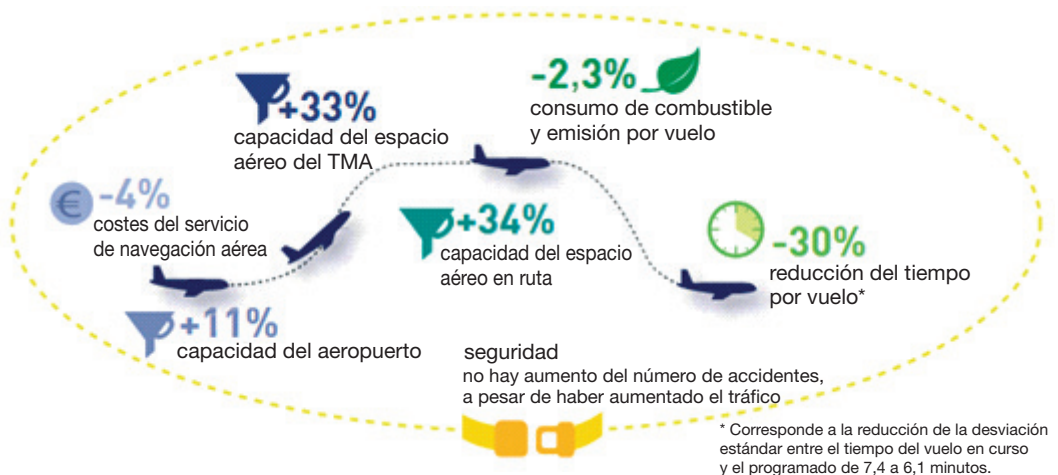


Figura 1. Mejoras obtenidas aplicando las soluciones SESAR.
(Fuente: traducido del documento *Solutions Catalogue* de SESAR).

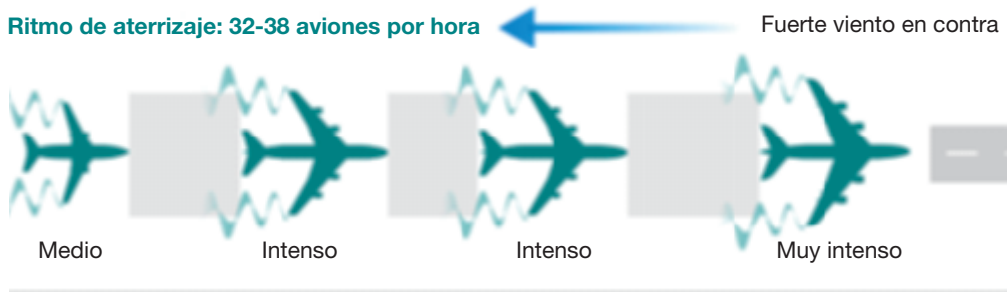
3. SOLUCIONES ALCANZADAS EN SESAR

En este apartado se van a comentar solamente algunas de las soluciones planteadas, en las que influye decisivamente el factor meteorológico. En realidad, las soluciones encontradas son muchas más que las que aquí se mencionan.

— Aumento de la capacidad del aeropuerto con llegadas basadas en tiempo (TBS).

Actualmente, los aviones realizan su aproximación final al aeropuerto manteniendo una distancia mínima de separación, independientemente de las condiciones del viento. Cuando el viento en contra es fuerte los tiempos entre aeronaves aumentan ocasionando menos aterrizajes por hora. Esta situación lleva a retrasos en los vuelos y aumento del consumo de combustible. La separación basada en el tiempo (*time based separation*, TBS) permite modificar las separaciones entre aviones para adaptarse a las condiciones meteorológicas, manteniendo un intervalo temporal constante. De esta manera mejora la capacidad del aeropuerto y se evitan retrasos en las llegadas. Para conseguir esto el controlador de aproximación utiliza un software que le permite tener información en tiempo real de las condiciones meteorológicas, especialmente de la velocidad del viento en sus diversas componentes. La investigación de este cambio de método se ha llevado a cabo en 100 000 aviones, viendo que no surgen problemas con los vórtices generados por ellos, ya que cuando el viento en contra aumenta, los vórtices disminuyen más rápidamente. Este procedimiento se usa actualmente en el aeropuerto Heathrow de Londres, logrando que en condiciones de viento fuerte aterricen hasta 5 aviones más en una hora (figura 2).

Sistema basado en distancia (DBS, en inglés)



Sistema basado en tiempo (TBS, en inglés)



Los aviones y las distancias no están a escala

Fuente NATS (Proveedor del servicio de navegación aérea en Reino Unido)

Figura 2. Esquema del nuevo método TBS para mejorar la capacidad del aeropuerto con viento en contra fuerte. (Fuente: traducido de NATS, proveedor del servicio de navegación aérea en Reino Unido).

- Mejorar la seguridad en superficie para situaciones de tiempo adverso.

Los controladores de movimientos en tierra se enfrentan muchas veces a situaciones complicadas de gestión del tráfico en tierra en condiciones de tiempo adverso. Para triplicar la capacidad y aumentar la seguridad en un factor de 10 es necesario utilizar la información emitida por los aviones y vehículos en tierra mediante ADS-B (*automatic dependent surveillance broadcast*) y contar con activación de avisos cuando los datos meteorológicos dan información de tiempo adverso. Se ha validado un sistema que proporciona esta información y avisos a los controladores en situaciones de baja visibilidad y se ha demostrado una gran mejora en la gestión de los movimientos en tierra en esas condiciones.

- Servicios de torres de control a distancia para aeropuertos pequeños.

Hace tres años se empezó a controlar a distancia (a 150 km) un aeropuerto pequeño de Suecia. Esto supone una reducción de costes para esos aeropuertos tan locales pero exige tener instalados sensores y cámaras de vídeo para que el controlador a distancia pueda monitorizar la situación. Una parte importante de esos datos son los meteorológicos, que incluyen también la visibilidad. Se han hecho pruebas y validaciones en situaciones reales, con controladores en paralelo junto con los operativos, y se ha visto que la seguridad se mantiene, tanto en situaciones normales como en otras con condiciones meteorológicas adversas.

- Mejora en el intercambio de información meteorológica.

Las condiciones meteorológicas adversas provocan muchos cambios en los horarios de los vuelos y es la causa principal del 13 % de los retrasos en Europa, pero el impacto puede mitigarse cuando se comparte la información a tiempo para aplicar las estrategias adecuadas. La información meteorológica está disponible en varios tipos y formatos de mensajes, así como en diferentes mapas. Sin embargo, el usuario final a veces tiene dificultades para saber qué información debe considerar prioritaria o averiguar los fenómenos meteorológicos más relevantes para sus operaciones. El acceso a una información meteorológica más precisa puede ayudar a mejorar la planificación de los vuelos y a la toma de decisiones en ruta, evitando también retrasos. Se está desarrollando una aplicación para obtener de manera integrada toda la información meteorológica proporcionada por los servicios meteorológicos de los países, como parte de la información aeronáutica que se suministra. Esta aplicación es el cubo meteorológico de cuatro dimensiones (*4DWxCube*). Se trata de un repositorio virtual de información meteorológica proporcionada por los servicios meteorológicos, disponible para los gestores aéreos. El hecho de compartir esta información e integrarla en el proceso de decisión de la gestión del tráfico aéreo permite a los aeropuertos y a los proveedores del servicio de navegación aérea conocer la última situación meteorológica y planear sus objetivos con eficiencia. Las condiciones meteorológicas influyen en todos los aspectos de las operaciones del tráfico. Por ejemplo, al aumentar o disminuir el viento en cola, al cambiar la presión o la temperatura, o al tener condiciones de poca visibilidad. El intercambio de información meteorológica utiliza SWIM (*System Wide Information Management*) para poder intercambiar sin interrupción los datos meteorológicos con los diferentes actores implicados. Estos datos incluyen los que ya son estándar, como METAR, TAF, etc., así como otros nuevos relacionados con fenómenos peligrosos para la aviación, como turbulencia, convección y engelamiento, desarrollados en el contexto de SESAR. Esto permite reducir las esperas de los aviones para aterrizar, aumentar



Figura 3. Esquema de gestión de la información compartida proporcionada por SWIM. (Fuente: elaboración propia realizada a partir del documento Solutions Catalogue de SESAR).

la eficiencia de la gestión de las llegadas, elegir de manera más flexible rutas más eficientes, y tomar decisiones en tiempo real (figura 3).

La nueva fase de SESAR, llamada SESAR2020, se centrará en conseguir más integración de los aeropuertos en la red de tráfico aéreo, la implementación de los servicios avanzados de tráfico, como el sistema de navegación basado en satélites, integrar las herramientas de gestión de llegadas y salidas, las rutas flexibles, y la mejora del intercambio de datos entre las compañías y el control de tráfico.

4. NUEVOS RETOS Y NUEVAS CAPACIDADES DE OBTENCIÓN DE DATOS METEOROLÓGICOS

Uno de los retos a los que se está enfrentando la gestión del espacio aéreo es la presencia tan reciente y creciente de los drones. En relación con la meteorología, este nuevo tipo de aeronaves exige considerar si se está prestando un servicio adecuado a sus necesidades y a los requerimientos de los distintos usuarios. Además, algunos servicios meteorológicos están empezando a pensar en la utilización de esos mismos drones como plataformas para enviar datos de variables meteorológicas obtenidas en sus trayectorias de vuelo. Tradicionalmente estos datos se han ido obteniendo desde aeronaves bajo la cobertura del programa AMDAR (*Aircraft Meteorological Data Relay*), aunque a un ritmo bastante lento que sin embargo estos últimos años ha aumentado considerablemente. La mayoría de estas mediciones

proviene de aviones que vuelan en, o desde, Estados Unidos y Europa (figura 4). Actualmente se está alentando mucho a las compañías aéreas para que se impliquen en proporcionar estos datos, tanto de temperatura y velocidad como de humedad, aunque estos últimos requieren algo más de infraestructura. La aprobación reciente de un acuerdo entre IATA (*International Air Transport Association*) y la OMM (Organización Meteorológica Mundial) para que las compañías aéreas suministren estos datos de manera más eficiente es una gran noticia que puede implicar una mejora considerable en la observación y predicción de meteorología aeronáutica. Hay que tener en cuenta que IATA agrupa a casi la totalidad de las aerolíneas en el mundo.

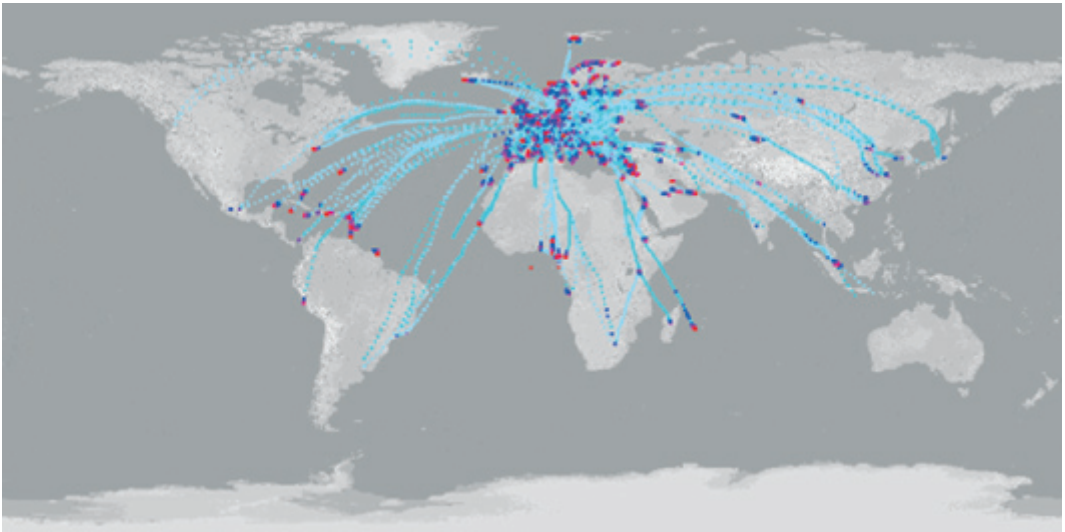


Figura 4. Datos AMDAR tomados por aeronaves de Europa. (Fuente: EUMETNET).

Más reciente es la posibilidad de obtención de datos meteorológicos por medio de otros tipos de comunicaciones. Uno de ellos es la vigilancia dependiente automática con contrato (ADS-C), que es una técnica de vigilancia por la que una aeronave transmite, vía enlace de datos, una serie de parámetros extraídos de los sistemas de navegación y posicionamiento de a bordo. Además de transmitir datos típicamente aeronáuticos (posición, actitudes, etc.) también incluye valores de algunas variables meteorológicas relevantes para la navegación (velocidad, presión, temperatura). Los datos se transmiten de manera automática a una estación en tierra con la que se ha establecido un contrato con la frecuencia de envío que se determine. La palabra “dependiente” se refiere a que depende enteramente de los sistemas de navegación de la aeronave. La precisión de algunas variables transmitidas por este sistema es, a día de hoy, algo menor que las emitidas mediante AMDAR. Pero además de estos dos sistemas de comunicación de datos, también existe el llamado Modo-S, utilizado en los radares secundarios de vigilancia del tráfico aéreo SSR (*secondary surveillance radar*). Este tipo de radares permite la identificación y seguimiento de cada aeronave mediante interrogaciones desde esos radares en tierra y respuestas codificadas desde las aeronaves. En esa información transmitida también se incluyen variables meteorológicas. Una de las diferencias con respecto al ADS-C es que en este caso cualquiera puede captar esta información de manera libre, si tiene una antena y un software adecuado.

Como puede verse, estos nuevos sistemas de comunicaciones cambian considerablemente el panorama de los datos meteorológicos que se pueden obtener desde muchos lugares del espacio donde antes no se tenía casi ninguna información. Además, para el caso de aviones que están despegando o aterrizando los datos reportados por ellos son valiosísimos para el estudio de situaciones meteorológicas que tienen lugar en los aeropuertos o cercanías: cizalladura, tormentas, nieblas, etc. Los perfiles trazados en los despegues en cada aeropuerto, así como los datos que provienen de amplias zonas aisladas como el mar, también suponen una ventaja grande para los modelos.

Por último, una de las preocupaciones crecientes en estos años es la falta de productos de predicción meteorológica en el entorno de las áreas terminales, controladas por los centros de control de área. Es especialmente requerido algún producto más específico para la predicción y seguimiento de tormentas, aparte de los ya existentes, que son los codificados de manera estándar SIGMET y AIRMET. Parece que las soluciones normalizadas por OACI no llegan del todo a las necesidades de los centros de control en situaciones convectivas complicadas, que implican un manejo del tráfico aéreo difícil. Es este un aspecto en el que se debe avanzar. Además, también está en la mente de muchos ir dejando la codificación de los mensajes, que requiere a veces un esfuerzo añadido de comprensión por parte de algunos usuarios no habituados del todo a traducir a lenguaje natural esos mensajes. Debido a las limitaciones de las comunicaciones hace años tenían sentido esas codificaciones, pero actualmente la situación ha cambiado mucho y se muestra más eficiente un manejo más gráfico de la información.

En conclusión, estamos en un buen momento para una implicación todavía mayor de la meteorología en el mundo aeronáutico a nivel europeo. Se están obteniendo ya datos muy valiosos, y se van a obtener más, que servirán para mejorar las predicciones meteorológicas, se están implantando algunos proyectos que ayudarán a una gestión más eficiente del tráfico aéreo en donde la meteorología es parte principal, y queda como reto afrontar el requerimiento de tener unos productos de área más adecuados a las necesidades de los usuarios aeronáuticos.

REFERENCIAS

1. Referencias obtenidas de las webs <https://elsecretodelospajaros.net> y <https://www.usca.es>.
2. Documento “SESAR Solutions Catalogue”, de SESAR Joint Undertaking, 2016.
3. Reglamento (CE) 549/2004.
4. Reglamento (CE) 219/2007.
5. NATS (proveedor de servicio de navegación aérea en Gran Bretaña): <https://www.nats.aero/>.
6. Portal EUMETNET: <http://eumetnet.eu/activities/observations-programme/current-activities/e-amdar/>.