

el Sr. y la Sra. Gorbachev. Otra más fue el fin de semana que pasé en Chequers, la casa de campo del Primer Ministro, para discutir de la lluvia ácida con la Sra. Thatcher. También fue un gran momento la conferencia de la *Royal Society* sobre lluvia ácida, cuando tuve que dar un discurso principal en presencia de los primeros ministros de Noruega, Suecia y el Reino Unido. Por supuesto, mi primer día y mi último día en la *Met. Office* fueron hechos inolvidables.

**H.T. – Me dijo hace muchos años que raramente cae enfermo y que nunca ha tomado ninguna medicina. ¿Sigue siendo así?**

**B.J.M. –** Siempre he sido bendecido con una buena salud y mi mujer dice que tengo actualmente más energía que nunca. Creo que falté medio día de la *Met. Office* cuando tuve una inflamación de garganta y no podía hablar. Nunca he estado en un hospital, excepto de visita.

**H.T. – Ha tenido éxito profesional pero también debe de haber tenido una vida familiar feliz.**

**B.J.M. –** Mi hijo mayor tiene 39 años y es economista en la Administración del Estado. Mi hijo menor, que tiene 32, es un científico brillante, investigador de la *Royal Society* en física atómica en el University College. Cuando eran jóvenes yo estaba ausente con frecuencia y no disponía de mucho tiempo para mi familia, como me hubiese gustado. Mi mujer tuvo siempre paciencia y comprensión y nos mantuvo unidos a todos. No podría haber dedicado tanto tiempo a la ciencia y hacer tanto como he hecho sin el apoyo de mi familia. Sin embargo somos una familia unida y actualmente pasamos más tiempo juntos.

**H.T. – Gracias, Sir John. Permítame que le felicite por su brillante y distinguida carrera que muestra pocos signos de languidez.**

## PERSPECTIVA HISTÓRICA DE LA METEOROLOGÍA AERONÁUTICA

Por Charles H. SPRINKLE\* y Gordon CARTWRIGHT

### Introducción

Es difícil imaginar otro segmento de la industria del transporte que haya experimentado la rápida expansión de la aviación desde principios del siglo. En el espacio de una vida se ha visto a la aviación, tanto comercial como recreativa, crecer enormemente. Su impacto en los sistemas comercial, industrial y social no podía concebirse. El extraordinario crecimiento de la aviación ha provocado un enorme desarrollo paralelo de la meteorología. Esta transición constituye su evolución y sus vicisitudes, desde su "edad de piedra" hasta la actual era informática de la meteorología aeronáutica "moderna". Tales acontecimientos no hubieran sido posibles sin la cooperación internacional. Y eso es cierto tanto para la aviación como para la meteorología aeronáutica. ¿Cómo se calificará al final del siglo XX, respecto de la evolución de la meteorología, dentro de siete decenios? Ciertamente no "la edad de piedra", pero ¿cuán lejos nos llevarán nuestra curiosidad, nuestra ingenuidad y nuestro desprendimiento?

### Desarrollo institucional

Entre mediados y finales del siglo XIX varios países habían sentado las bases de un servicio meteorológico, entre ellos Alemania, Austria, los EE.UU., Francia, Holanda, Portugal, y el Reino Unido. En 1873, representantes de 20 naciones se reunieron en Viena, Austria, para discutir la necesidad de cooperación internacional en meteorología. Esas discusiones llevaron a crear la Organización Meteorológica Internacional (OMI), institución no gubernamental. A lo largo de cierto tiempo, la OMI estableció comités técnicos (o comisiones) para centrar las aplicaciones de la meteorología a varias disciplinas. Las primeras comisiones se asociaron a la meteorología marítima y a la agrícola. En 1920, la comunidad internacional reconoció los estrechos lazos existentes entre el campo de la aviación, en rápido crecimiento, y la meteorología. Se reconoció como esencial la íntima cooperación en dicho campo y, consecuentemente, la OMI creó una nueva comisión técnica, la Comisión para la Aplicación de la Meteorología a la Navegación Aérea (CAM-NA), para tener en cuenta las demandas aeronáuticas.

\* Del Servicio Meteorológico Nacional de los EE.UU. y presidente de la Comisión de Meteorología Aeronáutica de la OMM

La meteorología tuvo un desarrollo espectacular durante los años 30. La opinión generalizada fue que la OMI debería tener carácter gubernamental en vez de constituir una organización no gubernamental. En 1947, la OMI convocó una reunión de sus comisiones técnicas en Toronto, Canadá, para revisar sus respectivos programas y evaluar el impacto de los recientes acontecimientos en sus prácticas y procedimientos. Completadas las revisiones, los Miembros de la OMI se reunieron en Washington, DC, en octubre de 1947, para esbozar el convenio de una nueva organización. Sin embargo, hasta el 23 de marzo de 1950 la OMI, no gubernamental, no fue reemplazada por la gubernamental Organización Meteorológica Mundial. Más tarde, ese mismo año, las Naciones Unidas reconocieron oficialmente a la OMM como uno de sus organismos especializados.

Paralelamente, en el seno de la comunidad de la aviación civil, se convocó en Chicago en noviembre de 1944 la Conferencia de la Aviación Internacional para crear una organización que velara por el desarrollo del transporte aéreo civil. Nació así la Organización de Aviación Civil Internacional, nucleada por los 26 Estados Contratantes iniciales. En 1950 la OACI devino igualmente un organismo especializado de las NU. Los esfuerzos iniciales de la OACI se dirigieron hacia la normalización de las predicciones aeronáuticas para los vuelos internacionales.

Hace más de 40 años, la OMM y la OACI comprendieron la importancia de una cooperación íntima destinada a apoyar las operaciones aéreas mundiales. Al respecto se convino un Acuerdo de Trabajo. Después de ser examinados por las respectivas organizaciones, los Acuerdos de Trabajo OMM/OACI entraron en vigor en enero de 1954.

Desde su concepción, los Acuerdos de Trabajo de la OMM y la OACI se basaron sobre "...sus respectivas esferas de actividad e influencia en el campo de la meteorología aeronáutica". La OACI fue la responsable de definir y alentar la provisión de los servicios que la aviación civil necesitaba para unas operaciones regulares, seguras, económicas y eficaces y de expresar dónde, en qué formas y cuándo tales servicios deberían estar disponibles. La OMM se responsabilizó de especificar los métodos y prácticas técnicas que se deberían emplear para satisfacer las necesidades expresadas por la OACI. Respecto a las claves, las observaciones, las predicciones y los análisis meteorológicos, la OMM se responsabilizó de confeccionar y mantener todas las claves meteorológicas, incluidas aquellas que se usaban en la aplicación de la meteorología a la navegación aérea internacional.

Los Acuerdos de Trabajo y las responsabilidades consensuadas por ambas organizaciones permanecen hoy en día inalterados.

## La evolución de la meteorología aeronáutica

A lo largo de los años muchos acontecimientos han representado un papel en la mejora de la meteorología aeronáutica. En los primeros años 30 las técnicas de la escuela noruega aportaron cambios significativos a la forma de preparación de las predicciones meteorológicas. Dichas aplicaciones también beneficiaron a la meteorología aeronáutica. Poco después, en los últimos años 30 y primeros 40, el radiosonda se introdujo rápidamente en la red aerológica básica de Europa, de los EE. UU, y de otros lugares del mundo, sustituyendo a los costosos y limitados sondeos desde aeronaves. Algunos opinarán que el radiosonda fue el mayor avance en el análisis y la predicción meteorológicos. Con el establecimiento de análisis aerológicos rutinarios, los servicios meteorológicos de todo el mundo fueron cada vez más capaces de satisfacer las demandas de aviones que volaban cada vez más alto. Además, estos nuevos datos sentaron las bases del desarrollo de las predicciones meteorológicas numéricas que sobrepasaron incluso las notables mejoras resultantes de la introducción y el empleo de los modelos noruegos.

Otro gigantesco salto hacia adelante de la meteorología aeronáutica fue posible gracias a la introducción en los primeros años 50 de la predicción meteorológica numérica. Sus aplicaciones iniciales fueron el análisis sinóptico y la predicción a macroescala, tanto del tiempo como de los vientos en altura de interés para la aviación. La capacidad de predicción de la circulación macroescalar de la atmósfera ha mejorado tremendamente; hoy la prognosis a 24 horas de 500 hPa generada por ordenador es más exacta que la de 12 horas de hace sólo unos pocos años. No se ha dado, sin embargo, una mejora similar en las predicciones del comportamiento de la atmósfera a mesoescala y a microescala. Las predicciones de aeródromo a corto plazo se beneficiarán grandemente de la mejora prevista de esas actuaciones en el próximo decenio con la introducción de nuevas tecnologías. Ello mejorará el apoyo a las operaciones de aeródromo.

Un hito posterior en la evolución de la meteorología aeronáutica fue el lanzamiento, en abril de 1960, del primer satélite meteorológico TIROS; los satélites meteorológicos han dado una nueva dimensión a la meteorología aeronáutica.

Otro de los avances más significativos de la meteorología aeronáutica de apoyo a la planificación del vuelo y a los vuelos de largo alcance ha sido la predicción mediante ordenador de vientos y temperaturas a niveles altos. En 1964, el Servicio Meteorológico Nacional de los EE. UU. empezó a recibir peticiones de compañías comerciales interesadas en la generación

automática informatizada de planes de vuelo. Éstas pidieron al Servicio Meteorológico que examinase la viabilidad de comunicar de ordenador a ordenador, en forma digital, los vientos y temperaturas a altos niveles. Varias compañías comerciales (la mayoría de transporte aéreo) habían desarrollado aplicaciones informáticas para los planes de vuelo; querían acelerar la recepción de las predicciones y eliminar la prolija y tediosa tarea de entresacar manualmente de los datos los vientos, temperaturas y alturas de la tropopausa.

La optimización de una ruta es el proceso mediante el cual se seleccionan una aerovía y un nivel de vuelo para alcanzar los objetivos operativos de un transportista de la manera más rentable. Tales objetivos incluyen el mínimo consumo de carburante, el menor tiempo y la llegada a la hora prevista, o una combinación de estos objetivos que dé como resultado un vuelo más rentable sin afectar a la seguridad del avión. Sin embargo, para obtener la mayor ventaja de una optimización de ruta, el control del tráfico aéreo debe ser lo suficientemente flexible para asumir la selección realizada.

Así, en respuesta a las peticiones de los usuarios, los EE. UU. implantaron el 1 de octubre de 1966 una aplicación informática de vientos y temperaturas a niveles altos. Sin embargo, hasta 1978 no se colocaron esos puntos de predicción en una rejilla de 5° X 5° y fueron realmente mundiales.

La meteorología aeronáutica ha respondido a las demandas nuevas hechas por las evolutivas y complejas aeronaves y operaciones aeronáuticas. Se ha dado una mejora continua de las predicciones para la planificación de los vuelos y para los propios vuelos. Algunas veces los avances han parecido más pronunciados que otras, por ejemplo la introducción de la tecnología informática para aplicaciones aeronáuticas, la meteorología satelitaria y los sistemas mejorados de radiosondeo. La topografía de 500 hPa era la referencia instalada en la edad de la propulsión a chorro. Dio paso a la de 300 hPa como topografía de referencia, la cual fue rápidamente sustituida por la de 250 hPa, "el nivel de referencia normal", hoy en día, para los vuelos transcontinentales y transoceánicos. La observación y predicción de las temperaturas en niveles altos vieron incrementada su importancia con los vuelos mediante motores a reacción (relaciones empuje-densidad). Se han introducido los sistemas de radares meteorológicos en redes en constante expansión, lo cual ha contribuido grandemente a la seguridad y eficacia crecientes de las operaciones aéreas. De reciente aparición, los radares Doppler continuarán en esta tendencia.

Se están instalando radares meteorológicos de tecnología Doppler en algunas partes del mundo. Per-

miten a los meteorólogos ver los movimientos internos de los temporales y predecir sus posibles trayectorias. Pueden también detectar tornados y granizo. Radares Doppler aeroportuarios barren los niveles más bajos de la atmósfera en busca de microcélulas convectivas, cambios de viento, frentes de rafagisidad e información sobre la intensidad de la precipitación. Con un barrido cada dos minutos, estos radares suministran una información vital para la seguridad de los despegues y los aterrizajes. Uno de los objetivos es suministrar un aviso por minuto de los episodios peligrosos de cizalladura del viento.

## Nuestro futuro

Un objetivo importante del programa de meteorología aeronáutica es suministrar información meteorológica a un número siempre creciente de aeronaves para que operen segura y eficazmente en el espacio aéreo mundial. Los avisos cada vez más oportunos de cizalladura del viento peligrosa, de tormentas, y de otros fenómenos meteorológicos que amenazan a la seguridad de la aviación, constituyen un objetivo primordial. Aproximadamente el 40 por ciento de todos los accidentes de la aviación general causantes de una o más muertes están relacionados con el tiempo meteorológico. Los accidentes de aviones de transporte comercial son menos frecuentes, pero pueden ser devastadores por las grandes pérdidas de vidas. Durante el pasado decenio en los EE.UU., el 80 por ciento de las muertes por accidente de aviación comercial ocurrieron durante el despegue y el aterrizaje y una proporción significativa dentro de tormentas o durante ellas. Especialmente peligrosas son las microcélulas convectivas que a menudo acompañan a las tormentas. Las microcélulas convectivas son fenómenos intensos, breves, de pequeña escala, que se dan por debajo de los 2 000 pies (610 m) sobre el nivel del terreno, que tienen un ciclo de vida de dos a cuatro minutos y que cubren un área de menos de tres kilómetros cuadrados.

Unos servicios meteorológicos aeronáuticos mejorados pueden tener una influencia significativa en la economía de una nación. El transporte aéreo de personas y bienes puede ser una fuerza generadora de producto nacional bruto. Los costes importantes de los accidente aéreos, conjuntamente con los crecientes gastos de funcionamiento, han provocado que los transportistas aéreos indaguen acerca de todas las medidas de ahorro. Una información meteorológica mejor, puede contemplarse como una oferta de dividendos operativos importantes. El tiempo meteorológico ha sido siempre el reto número uno de la aviación y todavía lo es hoy en día. Para aceptar el reto de suministrar información más

rápida y más detallada de los peligros meteorológicos a la aviación se están desarrollando muchas tecnologías nuevas, entre otras los radares meteorológicos Doppler y los radares de aproximación de aeródromo, los sistemas automáticos de observación en superficie, los satélites geostacionarios mejorados y los sistemas avanzados de proceso de datos y de telecomunicación.

El Sistema Mundial de Pronóstico de Área (SMPA), establecido por la OACI con el apoyo de la OMM, empleará, cuando su implantación sea completa, ordenadores modernos y comunicaciones vía satélite para suministrar un conjunto mundial común de datos. Los dos Centros Mundiales de Pronóstico de Área, Londres y Washington, preparan predicciones aerológicas mundiales (vientos, temperaturas, tropopausa y nivel e intensidad del viento máximo). Este conjunto mundial de datos con una resolución de  $1,25^0 \times 1,25^0$  en latitud y longitud, se difunde utilizando dos satélites. Un tercer satélite, suministrado por los EE.UU., empezará a servir al Pacífico y al Lejano Oriente al final de 1995, completando así un verdadero sistema mundial de difusión de información meteorológica para colmar todas las necesidades funcionales aeronáuticas.

El SMPA constituirá un salto cuantitativo en el suministro de información meteorológica mundial al

servicio de la aviación. Por vez primera, un conjunto común de datos de observaciones y predicciones aeronáuticas críticas estará disponible a escala mundial. Esa capacidad no tiene precedentes en la historia de la meteorología aeronáutica.

## Conclusión

Como puede verse, la meteorología aeronáutica ha hecho fantásticos progresos. La tecnología avanza tan rápidamente hoy en día que nuevas mejoras estarán constantemente a disposición del sistema a una velocidad sin precedentes. La cantidad de datos disponibles para los SMN, tales como el conjunto mundial de datos del SMPA y los informes automáticos de aeronaves, harán de la gestión de datos una disciplina aún más crítica de lo que nunca lo fue.

Ciertamente no todos los problemas meteorológicos aeronáuticos se han resuelto o se resolverán. Sin embargo, la tasa de seguridad de la aviación internacional es buena y la meteorología aeronáutica ha tenido en ello un gran impacto. Según las estadísticas de la OACI, en 1950 había 1,88 accidentes fatales por cada 100 millones de km volados. Dicho número descendió a 1,02 en 1958, a 0,54 en 1966 y a 0,05 en los primeros años 90. Algo debemos estar haciendo bien, pero todavía tenemos camino por recorrer.

# LA EVOLUCIÓN FUTURA DE LOS SERVICIOS METEOROLÓGICOS AERONÁUTICOS

Por Neil GORDON\*

## Introducción

Estos son tiempos apasionantes en el desarrollo de los servicios meteorológicos para la aviación. El Sistema Mundial de Pronóstico de Área (SMPA) ha alcanzado un hito con la implantación, este año, de las transmisiones por satélite de los datos del SMPA, proporcionando una profusión de información del modelo mundial a muchos países que con anterioridad tenían poco acceso a esos datos para soporte de sus servicios de predicción y de la aviación.

Es un momento apropiado para considerar la

evolución futura de los servicios de meteorología aeronáutica. Puesto que estos servicios están diseñados para satisfacer las necesidades de los usuarios aeronáuticos, es importante comenzar con la evolución probable de estas necesidades. En segundo lugar, dado el papel fundamental del SMPA, consideraremos su evolución hacia la fase final. Finalmente, estos elementos estarán relacionados entre sí para formar una visión de la forma de suministro de los servicios meteorológicos aeronáuticos a principios del siglo XXI.

## Evolución de las necesidades de los usuarios

Es previsible que las necesidades de los usuarios de la aviación continúen centradas en la seguridad, la eficacia y la rentabilidad. Sin embargo, el crecimiento

\* Del Servicio Meteorológico de Nueva Zelanda y vicepresidente de la Comisión de Meteorología Aeronáutica de la OMM