

- CETVERIKOV, I. A. (1962): *Scheme for an objective analysis of contour charts by the optimal interpolation method*. Moscú, Central Forecasting Inst., Trudy, 102, págs. 3-12.
- CRESSMAN, G. P. (1959): *An operational objective analysis system*. Mon. Weath. Rev. 87, 10, pág. 367.
- DADY, G. (1965): Comunicación, no publicada, al Seminario Regional de Capacitación de la OMM sobre Predicción Numérica del Tiempo, Moscú.
- GANDIN, L. S. (1960): *The optimum interpolation and extrapolation of meteorological fields*. Glavnaia Geofiz. Obs., Trudy, 114, págs. 75-89.
- GANDIN, L. S. (1963): *The objective analysis of meteorological fields*. Leningrado, Gidrometeoizdat.
- GILCHRIST, B. y CRESSMAN, G. P. (1954): *An experiment in objective analysis*. Tellus, 6, 4, pág. 309.
- HAUG, O. (1959): *A method for numerical weather map analysis*. Det Norske Meteor. Inst., Sci. Rep. N.º 5.
- HAUG, O. (1962): *On the optimum use for available observations in numerical map analysis*. Tokio, Proc. Int. Symp. Num. Weath. Pred., Japan Met. Agency Tech. Rep. N.º 14, pág. 67.
- SERVICIO HIDROMETEOROLÓGICO DE LA URSS. (1968): *Progress report on numerical weather prediction methods in the U. R. S. S. for 1967*. Moscú.
- MASKOVIC, S. A. (1964): *The objective analysis of contour charts for the northern hemisphere*. Leningrado, MMC, Trudy, 4, págs. 3-16.
- MASUDA, Y. y ARAKAWA, A. (1962): *On the objective analysis for surface and upper-level maps*. Tokio, Proc. Int. Symp. Num. Weath. Pred., Japan Met. Agency Tech. Rep. N.º 14, pág. 55.
- SKODA, M. (1967): *Objective analysis by means of the optimum interpolation and automatic data processing of aerological reports*. Studia. Geophys. et Geodet, 11, 1, pág. 80.
- SÖDERMAN, D. y RINNE, T. (1967): *Numerical weather prediction in Finland during 1966*. Helsinki.

LA METEOROLOGIA AERONAUTICA Y SUS NECESIDADES 1970-1980

Por N. A. LIEURANCE

Existe una gama completa de problemas meteorológicos y de control del tráfico aéreo en relación con las operaciones aeronáuticas que tendrán que resolverse a corto plazo si se quiere que continúe la excelente seguridad del vuelo alcanzada. Con la llegada de los aviones de gran velocidad, la generalización de los vuelos deportivos y comerciales, de los grandes reactores con capacidad de hasta 500 pasajeros, de los aviones de despegue y aterrizaje vertical (V/STOL) y de los aviones supersónicos de transporte (SST), todo lo que se hace hoy debe ser perfeccionado mañana. Pero el tiempo de enmienda es breve.

NOTA: El señor Lieurance es presidente de la Comisión de Meteorología Aeronáutica.

En la década de los años 70 los vuelos de largo alcance van a ser todavía más largos. Al mismo tiempo, las operaciones regionales y locales crecerán todavía más rápidamente. Un sistema mundial de servicios meteorológicos, dirigido por una comunidad de naciones, es fundamental para la seguridad y eficiencia operativa sobre base internacional y nacional de toda clase de operaciones aeronáuticas. Sólo a través de un tal sistema mundial es posible determinar el estado dinámico de la atmósfera entera (temperatura, viento y presión) y predecir para uso de la aviación, los elementos específicos del tiempo (altura de nubes, visibilidad, precipitación, turbulencia, vientos y temperatura).

El servicio meteorológico mundial es el único sistema capaz de proporcionar la información indispensable sobre toda la atmósfera. Junto con el sistema de control del tráfico aéreo son elementos de gran importancia para el conjunto del transporte aéreo mundial. Como los organismos meteorológicos y los de control de tráfico aéreo son autónomos y como ambos comparten responsabilidades relacionadas con la aviación, debe existir algún medio efectivo de comunicación entre ellos para aplicar, distribuir, desplegar y presentar la información del tiempo significativo a controladores, pilotos y planificadores de vuelo, oportunamente. Es, pues, indispensable asegurar buenas comunicaciones. Con demasiada frecuencia hay que introducir modificaciones en los servicios con objeto de no sobrepasar los límites de capacidad de las comunicaciones. Si este problema fuese eliminado se notaría un inmediato progreso en la ordenación y seguridad del tráfico aéreo.

Después de 1970 la Vigilancia Meteorológica Mundial habrá progresado en capacidad, incluyendo el radar meteorológico, los satélites y el análisis y predicción del estado de la atmósfera hasta 30 km de altura por medio de calculadoras electrónicas de alta velocidad. El radar será capaz de detectar las zonas de mal tiempo y de facilitar los problemas del control del tráfico aéreo. La mala visibilidad por efecto de la niebla puede mejorar por aplicación de las técnicas de modificación artificial del tiempo, de modo que se consiga mantener una visibilidad adecuada para el aterrizaje visual y el despegue en la mayor parte de los casos.

El futuro progreso puede suprimir los fallos técnicos, especialmente con vistas al incremento del tráfico. A efectos del siguiente examen de la cuestión conviene indicar que llamamos área terminal al espacio limitado por una superficie cilíndrica de unos 160 km de diámetro y unos 10 km de altura sobre el aeropuerto terminal. Esta es la parte más crítica del área de vigilancia desde el punto de vista de la planificación, despacho, operaciones y control del tráfico aéreo. Los elementos meteorológicos que requieren mayor atención son la visibilidad, turbulencia y engelamiento. En los años venideros serán imprescindibles observaciones y previsiones rigurosas de estos elementos. La incapacidad de los servicios meteorológicos para establecer observaciones y previsiones con la precisión y detalle requeridos es un serio fallo técnico que exige creciente atención por parte de los investigadores.

Condiciones meteorológicas y deficiencias en el área terminal

Las condiciones meteorológicas de mayor importancia en el aspecto técnico se refieren a los siguientes elementos:

Visibilidad igual o menor de 5.000 metros para aproximación, aterrizaje y despegue, con especial atención a la visibilidad muy baja, inferior a 1.500 metros.

Turbulencia en la atmósfera libre, tanto dentro del área terminal como sobre la pista, cualquiera que sea su causa y en particular atendiendo a tormentas, líneas de turbonada y áreas de granizo.

Lluvia helada y áreas de engelamiento moderado o fuerte en las nubes.

Existen deficiencias en los servicios de observación y de previsión dentro del área terminal respecto de los siguientes puntos :

Cizalladura del viento y perfil de temperatura, principalmente en lo que se refiere a la cizalladura del viento y perfil de temperatura, principalmente en lo que se refiere a la cizalladura hasta 60 metros de altura en el último tramo del camino de aproximación.

Visibilidad en la aproximación final, sobre todo visibilidad en la pista. Ello implica el uso de nuevos métodos de medida y técnicas de predicción para muy reducidas visibilidades, o sea, de 800 metros o menos.

Medidas de viento en el aeropuerto, y más específicamente en la pista, que permitan una determinación más precisa del índice de rafagosidad.

Localización, identificación de la intensidad y desplazamientos de las áreas de turbulencia, engelamiento y granizo.

Otros problemas meteorológicos

Mucho mayor esfuerzo requieren los problemas meteorológicos que plantean las operaciones *en ruta* hasta alturas de 30 km en las siguientes áreas :

Quizá el parámetro más escurridizo para el meteorólogo sea la turbulencia de todas las clases, en cuanto a observaciones, análisis y predicción. Esto es particularmente cierto para la turbulencia en aire claro (TAC). Muy poco se sabe sobre la magnitud de esta turbulencia por encima de los 12 km, pero existe evidencia suficiente para afirmar que se produce en la región comprendida entre los 12 y los 30 km. Se han registrado tormentas cuya extensión vertical sobrepasa los 20 km, sobre todo en las regiones tropicales. La extensión de la turbulencia existente dentro de tales células convectivas por encima de los 13 km de altura es relativamente desconocida. Sin embargo, existe también aquí evidencia suficiente, según algunas experiencias aisladas para asegurar que en la proximidad de las grandes nubes tormentosas, por encima y dentro de ellas se puede encontrar intensa turbulencia. Las ondas de montaña a barlovento y a sotavento de las grandes cordilleras mundiales son capaces de desencadenar turbulencia fuerte hasta la estratosfera, como se ha comprobado hoy en día con la experiencia del vuelo hasta los 20 km de altura sobre las Montañas Rocosas, al oeste de los Estados Unidos. Es necesario intensificar el trabajo de exploración y desarrollo en este campo en busca de técnicas adecuadas para predecir e identificar las áreas de intensa turbulencia, especialmente en relación con la operación SST.

La presencia de partículas de hielo y de agua a grandes alturas es un fenómeno casi desconocido cuantitativamente, aunque se sabe que pueden y deben existir. Tenemos cierta evidencia de que hay granizo en la parte más elevada de los cúmulonimbus, pero el hecho no ha sido claramente explicado. Hacen falta nuevos esfuerzos en este terreno mediante vuelos e investigaciones meteorológicas.

La variabilidad vertical y horizontal de la temperatura y del viento al nivel de la tropopausa será muy crítica para las operaciones SST, ya que el paso del vuelo subsónico al supersónico tiene lugar entre los 10 y los 15 km de altura, es decir, en la tropopausa o cerca de ella. Precisamente en tales niveles y durante esta fase del vuelo es cuando se exige al motor un máximo esfuerzo durante el cual es muy sensible a las temperaturas elevadas o variables.

Es necesario estudiar el efecto de las emisiones procedentes de las protuberancias solares (neutrones y protones) y del ozono sobre los pasajeros y la aeronave. Este posible riesgo puede ser superado mediante dispositivos y equipos adecuados.

El estampido sónico parece ser uno de los problemas más delicados frente a los programas SST. Es razonable esperar que se pedirá a los servicios meteorológicos una predicción de la ruta *más silenciosa*, tanto para las operaciones *en ruta* sobre áreas habitadas como en los corredores de descenso. Es este un serio problema que exige la investigación de la meteorología de la onda de choque.

Hace falta un conocimiento mucho más científico de la atmósfera antes de que pueda esperarse ningún cambio revolucionario en predicción. Hay aquí una limitación científica que sólo podrá ser superada mediante la investigación fundamental pausada y durante largo tiempo. El problema afecta a todos los servicios meteorológicos. Todos los servicios meteorológicos del mundo deben esforzarse por eliminar tales fallos técnicos. Es muy satisfactorio observar el creciente número de estudios nacionales que se llevan a cabo sobre fenómenos a escala media y micro-escala dentro del campo de la meteorología en apoyo de la aviación, y mirando hacia adelante señalar el conocimiento creciente de las fluctuaciones de la atmósfera en gran escala que podrá conseguirse mediante el *Programa de investigación global de la atmósfera*.

En ciertos dominios podrían realizarse progresos si se dispusiera de mayores fondos. Así ocurre con las observaciones en aeropuertos, instalaciones para el «briefing», comunicaciones en el amplio sentido de la palabra y otros temas análogos. El problema que aquí se plantea es de justificación de gastos y se funda en una razonable rentabilidad de la inversión en términos de mejora económica de las operaciones y/o del aumento de la seguridad. El problema es difícil porque los requisitos operacionales para servicios intensificados no están bien definidos y no hay acuerdo entre los gobiernos y la industria sobre la importancia relativa de los distintos servicios, como por ejemplo, si conviene más radar o más comunicaciones. Tampoco son iguales las preferencias con relación al transporte aéreo o a la aviación en general. Las condiciones de la aviación en general están mal definidas. Deberían cuantificarse todas las condiciones operativas para la gama completa de las operaciones aeronáuticas y formar una lista de prioridades que sirviese de orientación a los servicios meteorológicos de todo el mundo.

En las operaciones V/STOL (transportes urbanos de corto alcance), no parece que se presente un problema meteorológico único calificado. Sin embargo, varios aeropuertos (helipuertos) necesitarán la misma información y con mayor rapidez. Estos factores tendrán importancia para el manejo de estas aeronaves por el control del tráfico aéreo en un contorno mixto y la necesidad de sostener una operación protegida continua y digna de confianza. En un futuro inmediato será indispensable instalar algún dispositivo automático de observación meteorológica terminal con radar meteorológico, que permita descubrir y seguir la pista de las intensas borrascas dentro de las grandes áreas metropolitanas.

Los servicios meteorológicos para la ayuda de la aviación civil deben plantearse y operar de tal forma que satisfagan las exigencias del tráfico aéreo mundial, proporcionando información detallada y al minuto, suficientemente satisfactoria como para definir el ambiente tal como es y como será.