



**Cuestión 7 del
Orden del Día: Requisitos regionales MET para la ATM**

BASE DE DATOS METEOROLOGICA EN 4 DIMENSIONES (4-D) EN APOYO DE LA ATM

(presentada por Estados Unidos)

RESUMEN

Esta nota analiza el uso de los productos del Sistema Mundial de Pronósticos de Area en apoyo del desarrollo de una base de datos en 4 dimensiones (4-D) para cumplir con los requisitos operacionales de la Gestión del Tránsito Aéreo.

1. Introducción

1.1 Históricamente, los modelos mundiales de predicción meteorológica numérica (NWP) para la planificación de los vuelos han producido operacionalmente tres parámetros meteorológicos aeronáuticos: viento, temperatura y humedad. El Sistema Mundial de Pronósticos de Area (WAFS) ha sido la fuente de estos pronósticos para la planificación de los vuelos a nivel mundial desde la década de 1990. La información adicional necesaria para la planificación de los vuelos, como turbulencia y tormentas, ha sido tradicionalmente suministrada en formato de mapa como Pronósticos de Tiempo Significativo del WAFS, pero sólo por un tiempo de vigencia fijo limitado (por ejemplo, 24 horas), sin secuencia en tiempo con respecto a los pronósticos disponibles de viento, temperatura y humedad, los cuales son válidos en muchos intervalos de tiempo (por ejemplo, 6, 12, 18, 24, 30 y 36 horas). Otros datos, como los pronósticos de ceniza volcánica, son productos basados en texto, y la información meteorológica espacial es limitada e incipiente.

1.2 Los Estados proveedores del WAFS (Reino Unido y Estados Unidos) han estado generando pronósticos mundiales de engelamiento, turbulencia y nubes *cumulonimbos* (CB) en formato reticular, a nivel de prueba, desde 2007. Estos nuevos pronósticos son producidos utilizando los mismos modelos NWP que se usan para generar los pronósticos de viento, temperatura y humedad del WAFS, y tienen tiempos de validez que coinciden con los pronósticos de viento, temperatura y humedad. Con la adición de los pronósticos reticulares de turbulencia, engelamiento y nubes CB al WAFS, los pronósticos mundiales del WAFS se convierten en la primera generación de una base de datos meteorológica en 4 dimensiones (4-D).

1.3 El concepto de una base de datos meteorológica en 4-D es uno de los componentes clave del Sistema de Transporte Aéreo de la Próxima Generación (NextGen) de Estados Unidos, así como de la SESAR (*Single European Sky Air Traffic Management (ATM) Research*) en Europa.

2. **Discusión**

2.1 **Información Meteorológica Aeronáutica (MET) y la Gestión del Tránsito Aéreo (ATM)**

2.1.1 Tradicionalmente, los servicios meteorológicos de la aviación han utilizado información meteorológica para abordar los problemas de seguridad operacional. Los servicios meteorológicos aeronáuticos del futuro, como los que están siendo planificados para NextGen y SESAR, serán incorporados a herramientas de apoyo a las decisiones utilizadas por la ATM para abordar, además de los problemas de seguridad operacional, aquéllos de capacidad y eficiencia.

2.1.2 Al final, MET se convertirá en un elemento clave para la predicción de la trayectoria a corto y mediano plazo. MET será utilizada ya sea para la planificación de la trayectoria o para cambiar la trayectoria en el corto plazo debido a diversos factores, incluyendo para evitar peligros meteorológicos.

Como indica la *Orientación Estratégica en Apoyo de la Ejecución del Plan Maestro ATM de Europa*:

MET será necesaria para los procesos de toma de decisiones en todas las fases de vuelo. Requerirá mejoras en los servicios meteorológicos existentes, el desarrollo de nuevos productos y servicios, y la introducción de conceptos, tales como el ‘nivel de incertidumbre’ y el ‘nivel de confianza’ asociados a MET, a ser utilizados en el proceso de toma de decisiones. Esta evolución prevista requiere un enfoque con respecto a la Gestión de la Información que garantice la disponibilidad oportuna, exacta y completa de información meteorológica aeronáutica, dentro del concepto de gestión de la información a nivel de todo el sistema, durante todas las fases de vuelo.

Como se indica en el *Concepto de Uso (ConUse) de la Información Meteorológica en el Sistema de Transporte Aéreo de la Siguiete Generación (NextGen)*:

Los productos meteorológicos tradicionales no facilitan el uso de la incertidumbre en los pronósticos. Indican lo que va a ocurrir, y dónde, de una manera determinista, y raramente cuantifican las posibilidades meteorológicas menos probables. El medio de entrega es insuficiente. Debido a que los actuales sistemas de difusión meteorológica no fueron diseñados para brindar información a todos los usuarios, no todos los encargados de tomar las decisiones NAS reciben los productos meteorológicos necesarios.

Muchas de las eficiencias y mejoras de capacidad en los conceptos NextGen, tales como las Operaciones Basadas en la Trayectoria (TBO) y la Gestión del Tránsito Aéreo en Colaboración (CATM), no serán logradas en su totalidad si no se reduce el impacto de las incertidumbres meteorológicas. Los pronósticos probabilistas cuantifican la incertidumbre del tiempo operacionalmente significativo. Los proveedores de servicios de navegación aérea (ANSP) utilizarán pronósticos probabilistas para minimizar las limitaciones en la capacidad del espacio aéreo, mediante una reducción de la probabilidad de las acciones demasiado conservadoras. Las herramientas de planificación TBO y de navegación en vuelo utilizarán pronósticos probabilistas para evaluar el riesgo de una interrupción de la Trayectoria en 4 Dimensiones y determinarán cuál es el espacio aéreo 4DT más eficiente que cumple con las tolerancias de vuelo individuales para condiciones meteorológicas adversas o no preferidas. TBO y C-ATM dependerán de una imagen

meteorológica integrada común y sin conflictos, disponible para los niveles decisorios de la Gestión del Tránsito Aéreo (ATM). Esta imagen meteorológica común se conoce como la Fuente Fidedigna Unica de Tiempo en Cuatro Dimensiones (4-D Wx SAS).

La 4-D Wx SAS contendrá probabilidades en 4 dimensiones (x, y, z y tiempo) para ayudar a las Herramientas en Apoyo de las Decisiones (DST) a brindar evaluaciones de riesgo de las condiciones meteorológicas de interés para la aviación: convección, cizalladura del viento, turbulencia, engelamiento en vuelo, techo y visibilidad, ceniza volcánica, condiciones meteorológicas en el espacio, vientos, y tipo e intensidad de precipitación. Estas probabilidades se proporcionarán para todos los períodos de tiempo, desde el próximo inmediato (analizado a partir de las últimas observaciones) hasta el largo plazo (determinado en base a datos climatológicos y pronósticos estacionales) para apoyar las evaluaciones de riesgo que realizan quienes toman las decisiones.

2.1.3 Generalmente, las Herramientas en Apoyo de las Decisiones (DST) son aplicaciones del software utilizadas para automatizar la evaluación del impacto meteorológico y la respuesta del tránsito aéreo/clientes. Los datos de vuelo son ingresados a la DST, típicamente en la forma de una trayectoria propuesta en 4 dimensiones a través del espacio y el tiempo. La información sobre la trayectoria va acompañada de las sensibilidades meteorológicas o la tolerancia al riesgo del vuelo en cuestión. Con base en los atributos espaciales y temporales del vuelo (hora/lugar del despegue, nivel de vuelo, puntos de recorrido, y hora estimada/lugar de aterrizaje), se extrae información meteorológica pertinente de la base de datos meteorológica 4D. Luego, la DST automáticamente compara los parámetros meteorológicos con las sensibilidades particulares del vuelo en cuestión. Aplicando las reglas y umbrales pertinentes (límites de evitamiento de condiciones meteorológicas aplicables a la aeronave, tolerancia al riesgo, Regulaciones Federales de Aviación, etc.), la DST convierte la información meteorológica en impacto meteorológico. El resultado de esta integración lógica es una ayuda para la toma de decisiones.

2.1.4 Por ejemplo, un segmento de la trayectoria de vuelo propuesta puede invadir un área de turbulencia pronosticada. Si esta turbulencia pronosticada excede ciertos límites de severidad o probabilidad, la DST automáticamente marca estos segmentos con rojo. Las DST más sofisticadas pueden recomendar trayectorias meteorológicamente optimizadas a través de un proceso iterativo de interrogación y respuesta. Así, la trayectoria inicialmente marcada con rojo por motivo de la turbulencia puede volverse verde en virtud de un despegue anticipado, un nivel de vuelo más alto o una ruta diferente.

2.2 **El WAFS como una base de datos meteorológica en 4 dimensiones (4-D)**

3.1.1 Como se puede observar de la información tomada de los planes NextGen y SESAR, se necesitará datos MET en cuatro dimensiones (espacio y tiempo) para todas las fases de vuelo. El WAFS tiene el potencial de brindar, inicialmente, la mayor parte de los elementos requeridos, aunque a nivel mundial.

3.1.2 La Enmienda 75 al Anexo 3 (válida a partir de noviembre de 2010) contempla el suministro de los siguientes elementos meteorológicos en formato reticular:

- Vientos en altitud
- Temperatura y humedad en altitud
- Altitud geopotencial de los niveles de vuelo
- Nivel de vuelo y temperatura de la tropopausa
- Dirección, velocidad y nivel de vuelo del viento máximo
- Turbulencia

- Englamiento
- Nube *cumulonimbus* (CB)

3.1.3 Todos los elementos anteriores serán suministrados en 4 dimensiones (x,y,z,t) y establecerán el marco para la primera base de datos meteorológica 4-D a nivel mundial:

- X e Y = Resolución espacial de 1.25 grados de latitud y longitud.
- Z = Resolución vertical en capas de 850 hPa (FL 050) hasta 100 hPa (FL 530) (dependiendo del elemento).
- T = Resolución temporal cada 3 horas, desde la hora 6 hasta la hora 36. Todo será generado 4 veces al día, en base a datos 00Z, 06Z, 12Z y 18Z.

3.1.4 Una vez que entre en funcionamiento, la Base de Datos Meteorológica 4-D del WAFS será la fuente MET de la OACI en apoyo de la planificación de los vuelos. Estos datos serán suministrados en formato GRIB 2 para ser utilizados en los sistemas automatizados de planificación de los vuelos, con capacidad para permitir decisiones de encaminamiento óptimas para las operaciones de aeronaves.

2.3 **Aplicación del WAFS para la ATM Regional y Mundial**

2.3.1 La Base de Datos Meteorológica 4-D del WAFS es más apropiada para la ATM y la planificación de los vuelos en el mediano y largo plazo; por ejemplo, de 6 horas a 36 horas. Para que la base de datos 4-D del WAFS sirva para la ATM en el corto plazo (menos de 6 horas), y para NextGen y SESAR, se requerirá escalas de resolución más altas en las cuatro dimensiones, así como más conjuntos de datos, además de los elementos básicos de la base de datos WAFS arriba descrita. Esta MET detallada será necesaria, principalmente, en los aeropuertos y cerca de ellos, así como en zonas de alto tráfico.

2.3.2 A continuación, algunos ejemplos de los conjuntos de datos mejorados o adicionales requeridos, los cuales han sido identificados en los planes NextGen y SESAR para apoyar a la ATM:

- Ceniza volcánica;
- Condiciones meteorológicas espaciales;
- Mayor exactitud, oportunidad y rango de pronóstico de la información meteorológica convectiva, turbulencia y englamiento;
- Mayor exactitud, confiabilidad y anticipación de los pronósticos de visibilidad/techo de nubes, incluyendo una medida de la incertidumbre;
- Suministro de pronósticos de viento de gran exactitud, alta resolución y a corta distancia en apoyo de las aproximaciones y salidas, así como de componentes de viento de cola y de costado específicos de la pista, relacionados con las condiciones de la pista.

2.3.3 Dos de los puntos de la lista anterior, las condiciones meteorológicas espaciales y la ceniza volcánica, son muy críticos para la ATM, y también para la seguridad operacional de los vuelos. A diferencia de la turbulencia y la convección, el espacio aéreo podría ser cerrado debido a la ceniza y las condiciones meteorológicas en el espacio, lo cual requeriría un significativo re-encaminamiento o retención de los vuelos en tierra. Si bien, actualmente, se brinda pronósticos de estos fenómenos, los formatos y las escalas no son apropiados para una eficiente ATM.

2.3.4 La Base de Datos Meteorológica 4-D del WAFS podría evolucionar hacia una Capacidad Operativa Inicial (IOC) de NextGen y SESAR si se brinda oportunidades para mejorar los actuales algoritmos del WAFS, así como para una producción a escala más fina y una interacción con los sistemas de toma de decisiones. Hay planes para mejorar los algoritmos actualmente utilizados en la provisión de los productos del WAFS, a fin de mejorar las características de intensidad del engelamiento y la turbulencia, y contar con pronósticos de tormentas más detallados.

3. **Conclusión**

3.1 La información meteorológica aeronáutica es una parte clave de la ATM regional y mundial. Se suministrará nuevos pronósticos reticulares WAFS en cuatro dimensiones, y una escala de tiempo ampliada en comparación con los productos actuales, de tal manera que la Base de Datos Meteorológicos en 4-D del WAFS podría considerarse como el marco de referencia MET para la ATM regional y mundial.

3.2 El Grupo de Tarea AERMET MET/ATM podría desear consultar con el Grupo de Expertos ATM de la OACI para ayudar en la identificación de los requisitos operacionales específicos MET/ATM en las Regiones CAR/SAM, incluyendo:

- La inclusión de las condiciones meteorológicas en el espacio y la ceniza volcánica
- La provisión de pronósticos a escala sub-WAFS a ser utilizados en zonas de alto tráfico, así como en la transición hacia y desde los aeródromos.
- La integración de MET con la ATM y las herramientas en apoyo de la toma de decisiones, utilizando la incertidumbre o la probabilidad, para lograr operaciones de vuelo basadas en trayectorias eficientes.

4. **Acción requerida**

4.1 Se invita a la reunión a tomar nota de la información suministrada en esta nota de estudio.