

SEMIAUTOMATIZACIÓN DE PRONÓSTICOS TAF A PARTIR DEL SAP.SMN

Maximiliano Vita Sanchez^{1,2}, Silvina Righetti^{1,3}, Federico Cutraro¹
mvitasanchez@smn.gob.ar

¹Servicio Meteorológico Nacional (SMN)

²Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas - Universidad Nacional de La Plata

³Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos - FCEyN – Universidad de Buenos Aires

Palabras clave: Pronóstico aeronáutico, automatización, WRF.

1) INTRODUCCIÓN

El mensaje TAF (Terminal Aerodrome Forecast) es un pronóstico que se realiza en el ámbito aeronáutico. Dicho pronóstico tiene validez de 24 horas y en el mismo se informan velocidad e intensidad de viento en nudos, visibilidad en metros, tiempo presente (lluvia, tormenta, neblina, niebla, etc), base y cantidad de nubosidad en pies, temperatura máxima y mínima en grados centígrados. El mismo se realiza cada 6 horas, incluye indicadores de cambio (BECMG, TEMPO) de la evolución temporal del pronóstico y probabilísticas (PROB30, PROB40) .

Actualmente, en las oficinas de pronóstico del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) el TAF se realiza manualmente a partir de un análisis de la situación sinóptica y considerando los modelos numéricos disponibles. Con el fin de optimizar el tiempo de elaboración y reducir errores de formato, se propone la creación de un mensaje TAF semi-automático, generado a partir de las salidas del modelo numérico Weather Research and Forecasting (WRF) del Sistema de Asimilación y Pronóstico del SMN (SAP.SMN; Matsudo y otros, 2022). Este producto busca ser una primera aproximación para los pronosticadores. En este contexto, el objetivo del presente trabajo es presentar el producto, describiendo los algoritmos utilizados para su generación y su forma de presentación al usuario.

2) DATOS Y METODOLOGÍA

Los pronósticos meteorológicos empleados en la generación del producto provienen de la componente determinística del SAP.SMN (SAP.SMN-DET), del cual se consideran solamente sus primeras 48 horas de simulación. Las variables utilizadas fueron la dirección e intensidad de viento (calibrada), las temperaturas máxima y mínima (calibradas), la precipitación y las ráfagas de viento. Aquellas variables que no son directamente pronosticadas por el modelo WRF, como la visibilidad , el fenómeno_(en este producto, sólo se pronostican los fenómenos asociados a la lluvia) y la cobertura nubosa, son calculadas a partir de distintas metodologías. La visibilidad se estima mediante la parametrización FRAM-L (Gultepe and Milbrandt, 2010), que considera la humedad relativa en el nivel más bajo del modelo, complementada con un esquema de reducción por precipitación que sigue los estándares internacionales. Los fenómenos meteorológicos significativos se determinan principalmente a partir de la precipitación pronosticada, clasificándose en categorías como llovizna, lluvia o tormenta, según umbrales de intensidad establecidos en la documentación de la OMM. Por último, para estimar la nubosidad (en la horizontal y en la vertical) se utiliza la variable *cloud fraction* del modelo WRF. La estimación de la cobertura nubosa se realiza aplicando la metodología de *maximum random overlap*, la cual asume superposición máxima entre niveles contiguos de nubes y superposición aleatoria entre capas distintas (Söderberg, 2016). Para determinar la

altura de la base de nubes, se identificó la altura más baja con un valor de *cloud fraction* mayor a cero. Además, con el fin de representar adecuadamente distintos niveles de nubosidad, se distinguen dos capas: una por debajo y otra por encima de los 1500 pies, aplicando los cálculos correspondientes a cada una.

Para cada uno de los aeropuertos y aeródromos de Argentina (excepto Antártida) se considera el punto más cercano del modelo y un entorno de 12 km alrededor del mismo, para así tener en cuenta también las condiciones en las cercanías. Vale la pena mencionar que al considerar los entornos esto podría generar inconvenientes en aquellos aeropuertos que se encuentren cerca de las costas, ya que se estaría incluyendo puntos sobre el agua lo que modificaría el comportamiento de las variables meteorológicas. Para salvar esta situación se utiliza una máscara de tierra-agua de modo de analizar las variables solamente sobre tierra.

Otra situación que se incorpora al considerar un entorno a cada aeropuerto, tiene que ver con la forma de reducir toda la información a un solo valor que represente toda esa área. El criterio para calcular dicho valor varía según la variable. Para ráfagas, temperatura máxima, fenómeno significativo y cobertura nubosa se considera el valor máximo del entorno, para visibilidad, temperatura mínima y altura de nubes se toma el mínimo, para intensidad del viento el valor medio, y para la dirección del viento se tomó directamente el valor del punto más cercano al aeropuerto.

El producto además incorpora los indicadores de cambio BECMG, que se activan ante variaciones significativas en las condiciones meteorológicas. Estos incluyen rotaciones del viento superiores a 60 grados acompañadas de velocidades de al menos 5 nudos, cambios de 10 nudos o más en la velocidad del viento o ráfagas, modificaciones en la visibilidad que crucen umbrales operacionales (150, 350, 600 metros, entre otros), o alteraciones en el estado de la nubosidad. Adicionalmente, se implementa la codificación CAVOK para aquellos casos donde la visibilidad supera los 10 kilómetros, no se presentan fenómenos meteorológicos significativos y la cobertura nubosa no representa restricciones para la operación aérea.

3) RESULTADOS

Para presentar el producto a los usuarios se desarrolló un visualizador utilizando Shiny Apps en R (Figura 1), que despliega un mapa con la ubicación de los aeródromos y aeropuertos (puntos rojos), junto con los límites de las Regiones de Información de Vuelo (líneas color cyan), facilitando la rápida localización del aeropuerto a consultar. En función de la disponibilidad del SAP.SMN-DET, se incorporaron cuatro botones correspondientes a los horarios de corrida del modelo: 00, 06, 12 y 18 UTC. (Los horarios de disponibilización de las corridas se muestran en la Tabla 1). Luego, se presentan dos columnas: la izquierda muestra la salida del producto (con posibilidad de visualizar TAFs para distintos plazos de validez) y la derecha corresponde a la salida horaria del modelo en formato METAR.

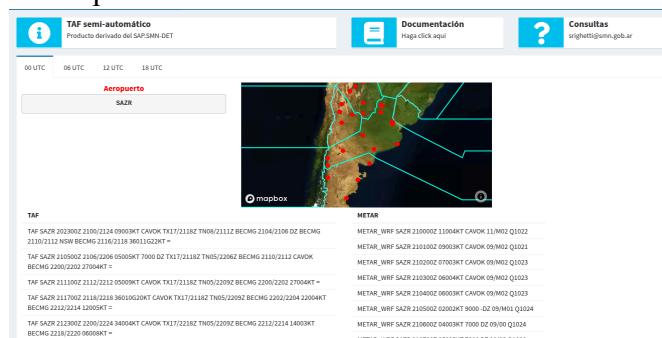


Figura 1: Visualizador del producto .

<i>Horario de corrida</i>	<i>Disponibilidad</i>
<i>00 UTC</i>	<i>04:00 HOA</i>
<i>06 UTC</i>	<i>10:00 HOA</i>
<i>12 UTC</i>	<i>16:00 HOA</i>
<i>18 UTC</i>	<i>22:00 HOA</i>

Tabla 1: Disponibilidad aproximada en horario de Argentina del producto

4) CONCLUSIONES

Mediante la elaboración de diversas encuestas y reuniones con pronosticadores, se llegó a la conclusión de que el producto presenta mucho potencial para brindar soporte a la hora de elaboración del pronóstico aeronáutico. También se identificaron regiones (como la Patagonia) donde los pronosticadores suelen dar uso a otro modelo como el GFS o el ECMWF. Esto refuerza la importancia de adaptar las herramientas a las preferencias y necesidades operativas regionales, consolidando al TAF semi-automático como una iniciativa estratégica para la mejora continua del pronóstico aeronáutico en Argentina.

Entre las limitaciones actuales del sistema destaca la ausencia del indicador TEMPO, que describe variaciones temporales de corta duración en las condiciones meteorológicas. Esta característica convierte al producto en una herramienta de apoyo para los pronosticadores más que en un reemplazo completo del proceso manual de elaboración de TAFs. No obstante, el sistema ha demostrado ser valioso como primera aproximación al pronóstico aeronáutico, particularmente por incorporar técnicas de calibración que reducen los sesgos sistemáticos del modelo numérico base. El desarrollo futuro contempla la inclusión de más fenómenos meteorológicos y la mejora continua de los algoritmos de procesamiento.

REFERENCIAS

Gultepe, I. and Milbrandt, J. A., 2010: Probabilistic Parameterizations of Visibility Using Observations of Rain Precipitation Rate, Relative Humidity, and Visibility. *J. Appl. Meteorol. Clim.*, 49, 36– 46.

Matsudo, C., García Skabar, Y., Righetti, S., Cutraro, F., Sacco, M., Dillon, M. E., Álvarez Imaz, M., Maldonado, P. y Salles, A., 2022: Sistema de Asimilación y Pronóstico Numérico del Servicio Meteorológico Nacional: Componente operativa. XIV Congreso Argentino de Meteorología. Buenos Aires, Argentina. 7 al 11 noviembre 2022. Sesión de posters.

Organización Mundial Meteorológica [OMM]., 2022: Informes de aeródromo y Pronósticos: Manual del usuario de los códigos. OMM N°782.

Organización de Aviación Civil Internacional [OACI]., 2016: Anexo 3 al convenio sobre Aviación Civil Internacional. Servicio Meteorológico para la navegación aérea internacional. 19 edición.

Söderberg, F., 2016: Cloud Overlap Assumption and Cloud Cover Validation for HARMONIE-AROME.