

PROCEDIMIENTO MEJORADO PARA OBTENCIÓN DE VIENTOS A PARTIR DE MOVIMIENTOS EN IMÁGENES VISIBLES DE SATÉLITE: RESULTADOS PRELIMINARES Y POSIBILIDADES

J. M. Fernández Serdán

Servicio de Técnicas de Análisis y Predicción. INM

RESUMEN

Combinando métodos existentes y operativos (INM, EUMETSAT), con desarrollos adicionales, se ha puesto a punto un procedimiento de cálculo de vientos de satélite enfocado al canal visible y con resolución horizontal y frecuencia de actualización altas, versión inicial de un producto de vientos parte integrante de un conjunto de productos (elaborados por el INM y otros institutos meteorológicos dentro de un proyecto asumido por EUMETSAT), para apoyo a la predicción inmediata y a muy corto plazo a partir de datos del futuro sistema Meteosat (que se espera estén disponibles hacia finales de 2002) fundamentalmente. Este producto de vientos ofrece posibilidades ampliadas para su utilización (trayectorias, análisis objetivos) derivadas de su continuidad y mejora en control de calidad y en cobertura. Se presentan características fundamentales, así como algunos ejemplos preliminares a partir de los datos por ahora disponibles de los satélites Meteosat actual y GOES.

1. Introducción

Los satélites de los nuevos programas de EUMETSAT (MSG - Meteosat de segunda generación, EPS - Sistema polar europeo) proporcionarán un volumen de datos básicos considerablemente incrementado respecto al actual. Se trata en realidad, de un importante cambio cualitativo, donde, por una parte, es posible generar muchos más y mejores productos meteorológicos derivados de esos datos, por ejemplo para su asimilación en modelos numéricos; y por otra, es importante disponer de productos derivados, no necesariamente del mismo tipo, que posibiliten que la información añadida aporte mejora real en campos como el de la predicción operativa.

EUMETSAT se planteó calcular los más de estos productos en su propio segmento de tierra, cuyo componente para extracción de productos debe pues crecer considerablemente, y sobre todo abarcar nuevos campos donde a menudo ya hay actividad de desarrollo o incluso operativa o al menos experiencia, en países miembros. Con el fin de optimizar recursos se elaboró entonces una estrategia donde al Elemento central (MPEF) para productos continuación de actuales (como vientos) o a escala sinóptica o cercana, se añadieron otros descentralizados (SAF, *Satellite Application Facility*), hasta 7, para campos de aplicación concretos, y que desarrollan su actividad en de otros tantos consorcios internacionales integrados por entidades de distintos países miembros.

El INM participa de manera importante en el SAF para Predicción inmediata y a muy corto plazo, encaminado a proporcionar módulos para generación automática *in-situ* de productos de ámbito europeo, con buena resolución, continuidad y rapidez de actualización; por ello fundamentalmente a partir de datos MSG (Fernández, Fernández y otros, 1997; <http://www.inm.es/wwg>). Actualmente se completa un ciclo esencial del proyecto, hasta entregar la primera versión a principios de 2002 (meses antes de la disponibilidad de datos reales MSG). Junto a los de nubosidad, precipitación, humedad e inestabilidad, y análisis sinóptico y a meso escala, algunos más concretamente enfocados a convección, se incluye el producto relativamente específico de vientos que se pasa a tratar.

2. El producto HRW

2.1 Objetivos

El producto HRW (*High resolution winds*), tiene como finalidad proporcionar, en zonas concretas durante horas diurnas y para aplicaciones de tiempo casi real, campos de vientos detallados, obtenidos a partir del canal HRV del MSG (de resolución horizontal nominal 1km), que puedan servir de información dinámica

complementaria (por ejemplo generando campos derivados) a otros productos del SAF, a otros vientos de satélite (MPEF), y en general a otros datos de todo tipo disponibles.

El producto básico para la primera versión, tiene una resolución (tamaño del trazador y distancia media entre centros), de 20 pixel (cercano a 20km para MSG), con actualización (boletines BUFR) cada 15 min, sobre una región rectangular de la imagen HRV (formato B Meteosat) especificada por el usuario.

El algoritmo se basa en el método de vientos VDI (Vientos de Desplazamientos en Imágenes) operativo en el INM (Fernández y Martín, 1996), adaptado y con nuevos desarrollos (Fernández, 2000), que incluyen aportaciones del MPEF (control de calidad final, Holmlund, 1998; nivel del viento para niveles bajos, Schmetz, Homlund y otros, 1996) y de otros (Xu y Zhang, 1996 para la búsqueda gradual mediante correlación). Se trabaja por ahora con datos Meteosat actual y GOES de resolución horizontal nominal 2.5 y 1 km respectivamente.

2.2 Pasos en el procedimiento

Son los habituales de selección de trazadores, asignación de nivel, determinación de desplazamiento y viento, y control de calidad y selección finales y generación de boletín BUFR. Previamente se hace una normalización de brillos en la imagen (método elemental de división por coseno del ángulo cenital solar).

2.2.1 Selección de trazadores

Los trazadores son cuadrados 20x20 en la imagen 1, cuyo centro respecto a una rejilla uniforme con distancia 20 pixel se optimiza según dos métodos sucesivos. El primero considera máximo gradiente de brillos, con valor suficiente de éste y del brillo (similar al procedimiento operativo VDI), para calcular un conjunto básico de trazadores.

El método complementario y nuevo cubre huecos del anterior donde brillo suficiente y se cumplen otras condiciones. De la matriz 20x20 se calcula otra 4x4 con valores 0, 1 o 2 según sea la población respecto a un umbral separador obtenido al realizar el histograma de brillos y se le exige que no sea muy indefinida (se den cambios suficientes a lo largo de direcciones horizontal, vertical, diagonales). También se comprueba que el trazador no incluye distintos niveles de nube (dispersión, para los puntos donde el brillo supera el umbral citado, en la temperatura de cuerpo negro en la ventana IR, no sea demasiado grande). El centro se optimiza buscando el primero que cumple las condiciones a partir del centro inicial en la rejilla uniforme.

El método complementario maneja características del trazador (umbral y otras), que también se habrán calculado para los trazadores básicos (aplicando condiciones menos exigentes), porque se utilizan en pasos posteriores.

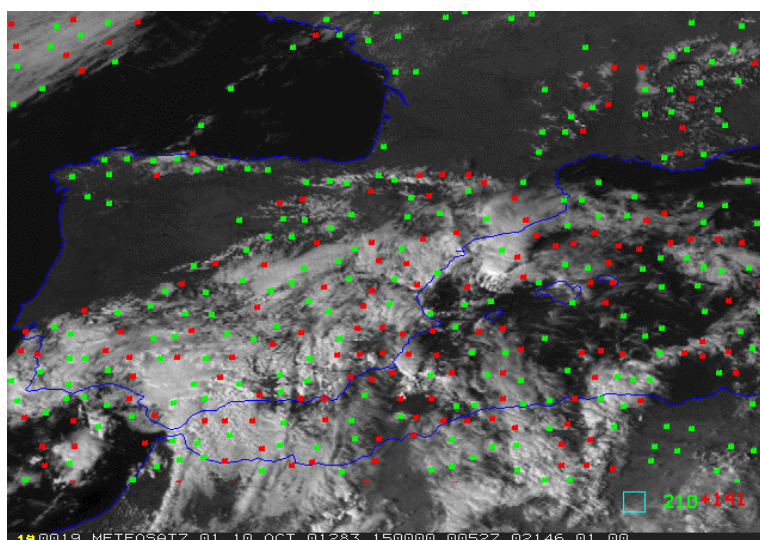


Figura 1: Ejemplo de posición de trazadores (método básico en verde, complementario en rojo) para Meteosat, sobre imagen 1 (fragmento); tamaño de trazador, y número de totales presentados.

2.2.2 Asignación de nivel

La temperatura de cuerpo negro en un canal de la ventana de onda larga IR de un conjunto de puntos del trazador que se interpola a un modelo numérico. Para niveles altos (por encima de 400 hPa), el viento se asigna a la cima de la nube (parte más fría del trazador). Para niveles medios, a un nivel medio de la nube (promedio para los puntos brillantes, es decir, los que superan el umbral separador calculado en 2.2.1). Para niveles bajos (por debajo de 700 hPa), a una hipotética base de la nube (la anterior rebajada según la dispersión IR para los mismos puntos brillantes).

Aparte la dificultad inherente a asignar nivel a un viento de satélite, para el HRW existe el problema de hacerlo a una resolución horizontal degradada (excepto 1 km para HRV, la resolución en los demás canales MSG es 3km).

2.2.3 Cálculo del desplazamiento

Mediante la técnica de correlación cruzada para un conjunto de puntos, se busca la mejor correspondencia al trazador en la imagen 2 moviendo el centro de la correlación sobre una zona de búsqueda. En ésta no se consideran todos los centros posibles, sino que se realiza una búsqueda gradual en 3 pasos: primero solo un centro de cada 4; después uno de cada 2 y finalmente todos pero en ambos casos solo en torno a los mayores valores de correlación tras el paso anterior (Xu y Zhang, 1996). No se guarda solo el máximo absoluto de correlación sino hasta 3 centros, pudiendo pasar al primer lugar uno secundario si representa un cambio menor en diversas características del trazador.

La búsqueda gradual permite acelerar los cálculos, pero la determinación de varios centros de correlación la ralentiza. Como compromiso, se utiliza un campo previsto de vientos para dar los centros iniciales de la zona de búsqueda, que se reduce pero limitadamente para que el campo previsto influya lo menos posible en el resultado.

La posición final del trazador se precisa mediante interpolación de segundo orden.

2.2.4 Control de calidad y selección finales, boletines BUFR

Se aplica a cada viento el método de indicadores de calidad QI del MPEF (Holmlund, 1998), que compara con viento predecesor, cercano, y previsto, y cuyos resultados interpola a funciones de distribución específicas, para determinar indicadores (0 a 1 o porcentuales) de consistencia temporal, espacial, y con previsto, que finalmente se suman ponderadamente para dar el indicador de calidad propiamente dicho.

En el caso del producto HRW no hay a priori viento predecesor del mismo trazador, y se busca el más parecido suficientemente cercano en el conjunto de vientos del periodo anterior. Se utilizan y etiquetan todos los vientos (es decir hasta 3 por trazador). Pero solo se selecciona uno por trazador, el que sea claramente mejor en cuanto a consistencia espacial y temporal, o bien el retenido en primer lugar en el paso 2.2.3.

Finalmente se codifica a boletines BUFR y muy parecido a los vientos ya recibidos del MPEF de EUMETSAT, por lo tanto ya un formato estándar.

2.3 Validación del HRW

Para este fin se viene compilando una base de datos de comparaciones con radio sondeos 12 h. La zona de comparación es el formato B (Meteosat), y un rectángulo centrado en la Llanura interior de Norteamérica (GOES). El método de comparación ha sido mejorado y es próximo a estándares existentes. De estas comparaciones se van calcular estadísticas (desviación media, error cuadrático, errores cuadrático normalizados por la velocidad media de los radio sondeos). Las herramientas de validación no son parte integrante de los módulos a distribuir. Está previsto abarcar otros periodos sinópticos, especialmente 18 h para GOES.

2.4 Otras posibilidades y actividades

El producto HRW preveía calcular vientos a dos escalas, añadiendo otra subordinada, mas detallada, del orden de 10 pixel de resolución; así como utilizar un producto de cimas nubosas del mismo SAF (CTTH) para asignación de nivel (simplificación y mejora) y posiblemente eliminar algunos falsos trazadores o vientos (estructuras de suelo). Es muy probable que las dos primeras vayan como opciones en la primera versión aunque no han podido ser hasta ahora debidamente probadas. También estaba previsto analizar para mejorar el control de calidad sobre tierra o con relación a orografía y figura todavía en proyecto.

Está previsto estudiar sustituir el algoritmo de correlación cruzada por otro de cálculo más sencillo y rápido.

3. Herramientas creadas o mejoradas para utilización de vientos en SAIDAS

Aunque no se incluyen herramientas de utilización en los módulos a distribuir (que han de ser fundamentalmente independientes de cualquier entorno de trabajo concreto), tenemos en SAIDAS algunos comandos que ya permiten trabajar con los vientos que ya se generan por el método descrito (datos Meteosat actual y GOES) y que en su momento deben adaptarse a las salidas BUFR en este caso. Es importe recalcar que no se trata todavía de un conjunto de herramientas de usuario sino más bien material básico que sirva para familiarizarse con el producto y determinar necesidades más específicas (herramientas, criterios de uso, modificaciones pertinentes).

Los comandos básicos permiten visualizar (VTDISH) y analizar (YGRVDI) vientos, y presentar los desplazamientos sucesivos de éstos (TRAYEC). La mayor novedad respecto a otras existentes es utilizar el indicador de calidad (por defecto vientos al menos 60%, criterio usual y documentado para QI).

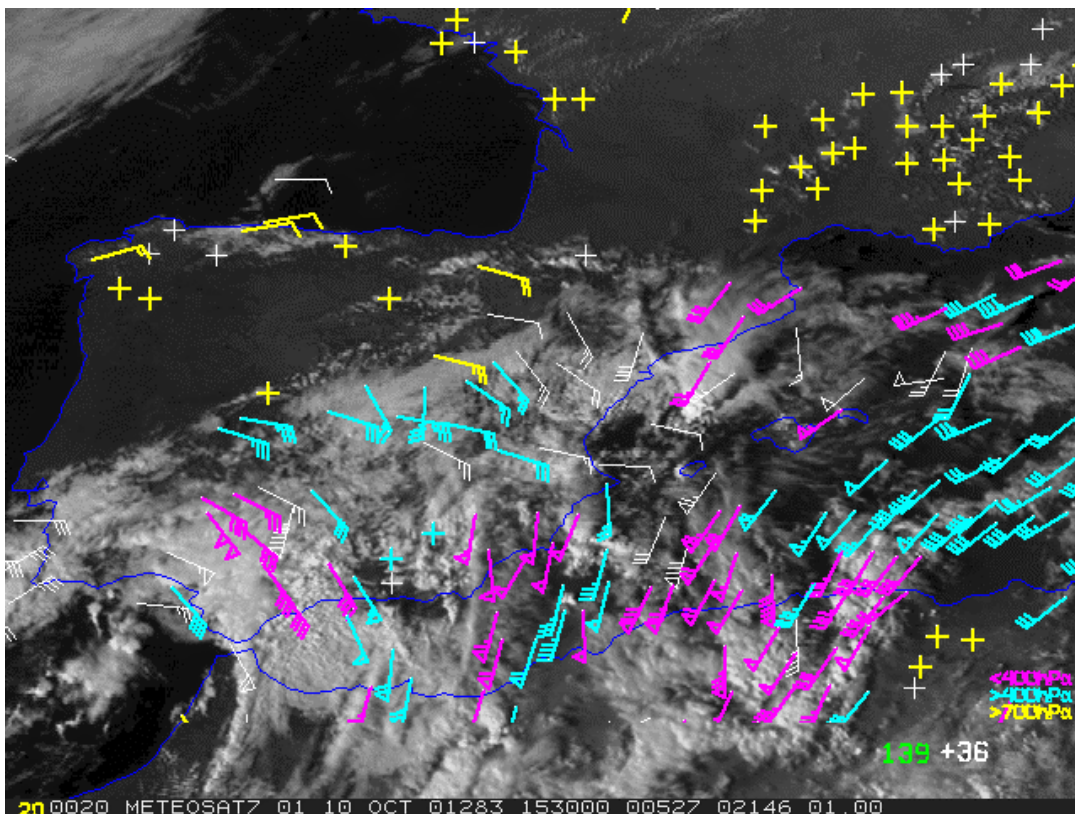


Figura 2: Presentación del comando VTDISH, ejemplo *fig1*, sobre imagen 2, niveles alto -rosa-, medio -azul claro-, bajo -amarillo-, QI>59%; más QI 50 a 59% - blancos todos -; número de totales presentados.

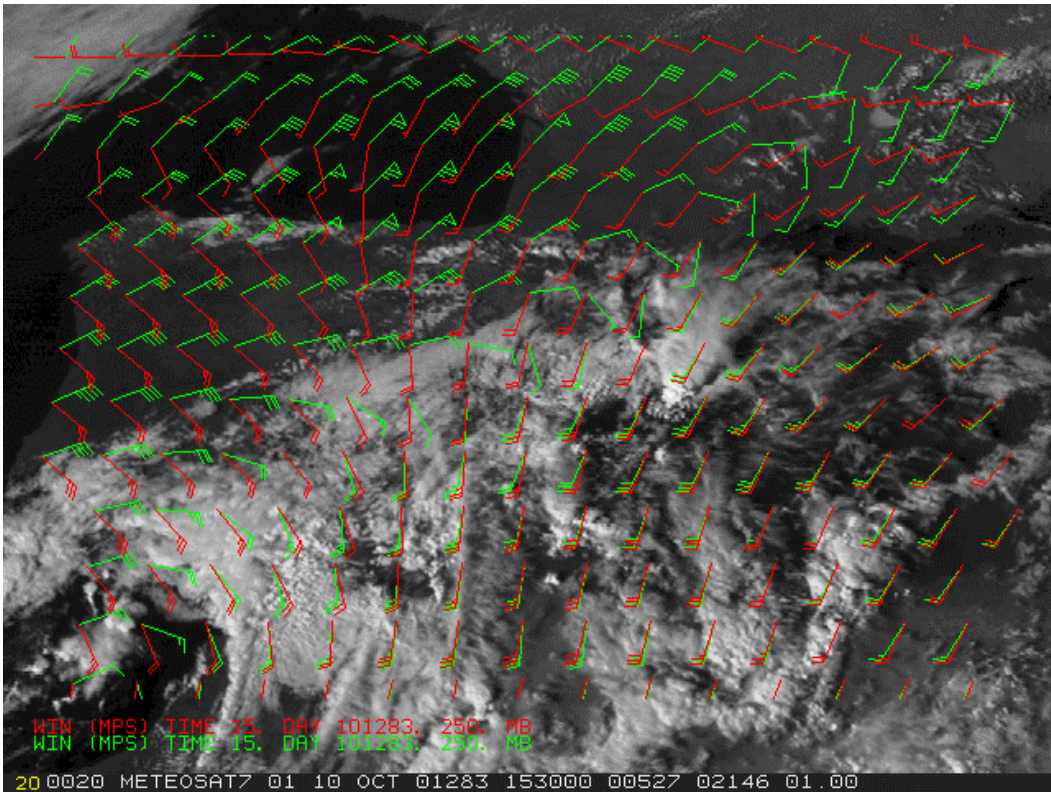


Figura 3: Campo de vientos con el comando YGRVDI, como *fig2*, $QI > 59$, niveles altos, opciones con -verde-, y sin campo de vientos previsto -rojo.

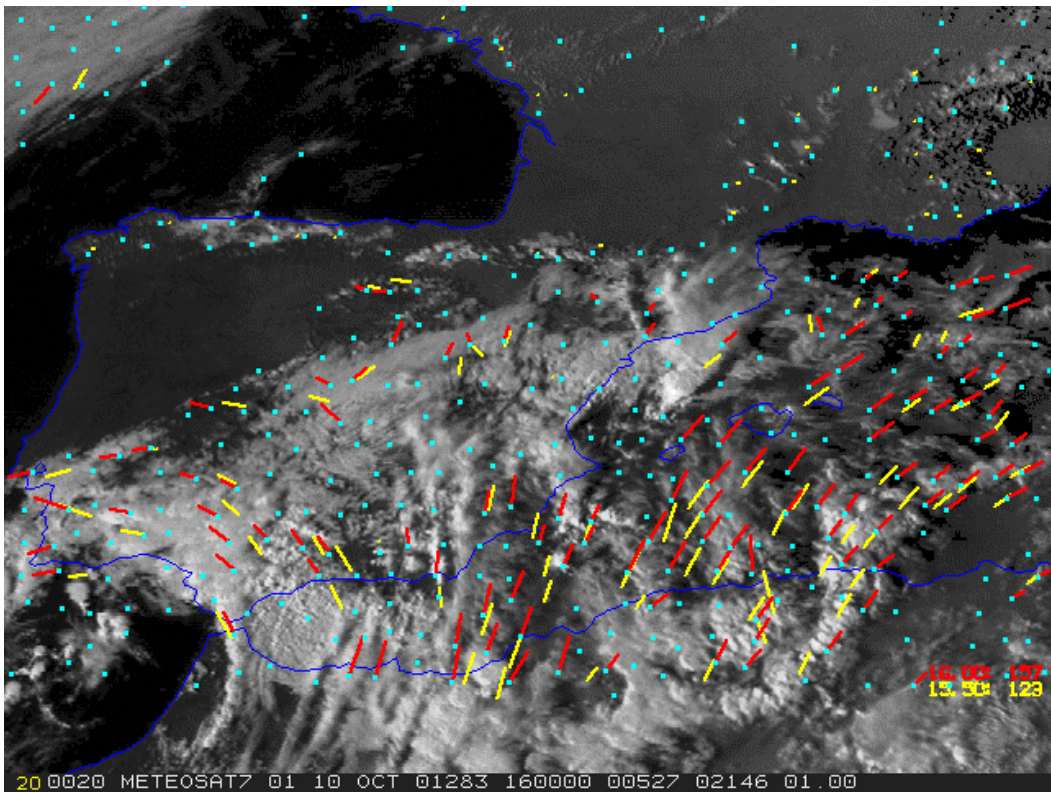


Figura 4: 2 desplazamientos sucesivos de trazadores con el comando TRAYEC, sobre imagen 3 del mismo ejemplo de las anteriores, todos niveles, intervalo más reciente -rojo- $QI > 59\%$, intervalo anterior -amarillo- solo vientos 'predecesores' (ver 2.2.4) de aquél; trazadores imagen 2 -azul claro.

El análisis objetivo que crea el comando YGRVDI permite a su vez el cálculo de otros campos dinámicos; una posibilidad por el momento no incluida, sería utilizar QI no como condición para considerar o no un viento en la interpolación sino como peso en ésta (Holmlund, 1999). Respecto a TRAYEC es evidente que no es en principio realmente un comando de trayectorias sino en casos concretos, dado que los trazadores se calculan totalmente nuevos a cada intervalo temporal.

Completa el conjunto un comando de listados exhaustivos en la situación del cursor (VTLISH). Estos comandos trabajan también con otros datos parecidos, fundamentalmente los vientos de satélite VDI y MPEF de EUMETSAT, y las comparaciones para validación (ver 2.3) de las que VTDISH presenta diferencia vectorial con el radio sondeo y velocidad y posición de éste.

4. Conclusiones

Se presentan características de un nuevo producto de vientos de satélite, las esenciales son la mejora respecto a otros existentes en resolución y frecuencia, con inclusión de criterios objetivos de control de calidad; así como algunas herramientas para utilizarlo. Aunque la primera versión del módulo a proporcionar vaya a entregarse muy pronto, y que de hecho ya se genera rutinariamente un producto similar, quedan por delante bastantes meses hasta que pueda realmente considerarse un producto operativo (sobre datos reales HRV y MSG), que deben aprovecharse para determinar mejoras necesarias o convenientes, para lo cual se requiere una implicación de personas (sobre todo de potenciales usuarios en el INM) mayor que las que han intervenido hasta ahora en su desarrollo.

Referencias

- Fernández, J.M., F. Martín, 1996: Satellite winds calculated at INM and its potential usefulness for the operational forecasters. Proceedings of 3rd international winds workshop, EUM P18, pp. 117-123.
- Fernández, J.M., P.Fernández, M.Manso, M.A.Martínez, 1997: Products for a Satellite Application Facility of EUMETSAT to support nowcasting. INM/WMO international symposium on cyclones and hazardous weather in the Mediterranean, pp. 71-76.
- Fernández, J.M., 2000: Developments for a High-Resolution Wind product from the HRV visible channel of the Meteosat Second Generation. Proceedings of 5th international winds workshop, EUM P28, pp. 209-214.
- Holmlund, K., 1998: The utilisation of statistical properties of satellite-derived atmospheric motion-vectors to derive quality indicators. Wea. Forecasting, Vol. 13, No. 4, pp.1093-1104.
- Holmlund, K., 1999: The use of observation errors as an extension to Barnes interpolation scheme to derive smooth instantaneous vector fields from satellite-derived Atmospheric Motion Vectors. Proceedings of the 1999 EUMETSAT meteorological satellite data users' conference, EUM P26, pp. 633-637.
- Schmetz J., K.Holmlund, A.Ottenbacher, 1996: Low-level winds from high-resolution visible imagery. Proceedings of 3rd international winds workshop, EUM P18, pp. 71-79.
- Xu J., Q.Zhang, 1996: Calculation of cloud motion wind with GMS-5 images in China. Proceedings of 3rd international winds workshop, EUM P18, pp. 45-52.