

IMPORTANCIA DE LOS FLUJOS CATABÁTICOS EN LAS PREDICCIONES PARA EL AEROPUERTO DE MADRID-BARAJAS.

D. Cano Espadas (1), J. Casado Gómez (1), I. Palacio García (1), B. Téllez Jurado (1), E. Terradellas Jubanteny (2) y J. Cuxart Rodamilans (3)

(1) CMT en Madrid y Castilla-La Mancha. INM (2) GPV del CMT en Cataluña. INM (3) Servicio de Modelización Numérica del Tiempo. INM

RESUMEN

Con el fin de mejorar las predicciones aeronáuticas para el aeropuerto de Madrid – Barajas, en el INM se ha adaptado un modelo unidimensional mediante el desarrollo de un módulo específico de forzamientos locales. En los primeros ensayos, los forzamientos dinámicos procedentes de estructuras horizontales (gradiente horizontal de presión, divergencia horizontal de masa, advecciones horizontales de temperatura, humedad y viento) se obtienen a partir de las salidas del modelo HIRLAM 0.2 con resultados no muy satisfactorios. Las mayores desviaciones en las predicciones se explican por la incapacidad del modelo HIRLAM de describir los flujos catabáticos locales, siendo la escala de estos flujos, en muchas situaciones, la dominante en la evolución de las variables meteorológicas. A partir de un modelo conceptual de flujos catabáticos desarrollado para la región se estiman los valores climatológicos de estos forzamientos y se impone en el modelo unidimensional en sustitución de los proporcionados por el Hirlam. La combinación del modelo conceptual con el modelo numérico proporciona resultados que son alentadores.

1. Introducción

El desarrollo de un modelo unidimensional para el Aeropuerto de Madrid-Barajas surge de la necesidad de contar con predicciones específicas para las operaciones aeronáuticas. La poca operatividad que tienen las predicciones generalistas en la aplicación práctica de la predicción aeronáutica ha obligado a crear aplicaciones puntuales que sirvan de apoyo a la elaboración de TAF, avisos de aeródromo y otras predicciones necesarias.

Para calibrar en su justa medida lo anterior hay que tener en cuenta que los aeropuertos son áreas muy pequeñas (entre 5 y 20 km²) y que los fenómenos meteorológicos no solo tienen importancia por su intensidad, sino por el momento de su aparición y disipación. Estos fenómenos están ligados al tráfico aéreo y a su ordenamiento y serán tanto más perjudiciales cuanto mayores alteraciones provoquen. Así no es lo mismo una niebla de 150 metros de visibilidad que una de 300 metros; la 1ª cerrará el aeropuerto, la 2ª permitirá operaciones restringidas. Es necesario, por tanto, además de una predicción cualitativa de la aparición o no de la niebla, una evaluación cuantitativa de la intensidad y duración del fenómeno.

El Aeropuerto de Madrid-Barajas se encuentra en la red fluvial del Alto Tajo que comprende los cauces de los ríos Tajo, Tajuña, Henares, Jarama y Manzanares, donde confluyen las aguas que vierten del Sistema Central y el Sistema Ibérico. En primera aproximación, escala meso beta, se considera un único valle que incluye estos cinco ríos. Utilizando la red de observación en superficie, que es bastante densa en la zona, los radiosondeos y los perfiles verticales obtenidos del radar, se realiza un análisis climatológico de los flujos catabáticos, a partir del cual se obtiene un modelo tridimensional del fenómeno, así como unas pautas para su predicción.

A partir de este modelo conceptual, se estiman los valores típicos que van a adoptar los forzamientos dinámicos. En determinadas situaciones, de forma automática o con la intervención del predictor, basándose en determinadas pautas para la predicción, los forzamientos obtenidos de las salidas de HIRLAM podrán sustituirse por unos valores climatológicos, consiguiendo así una mejor representación de la evolución real en el modelo unidimensional.

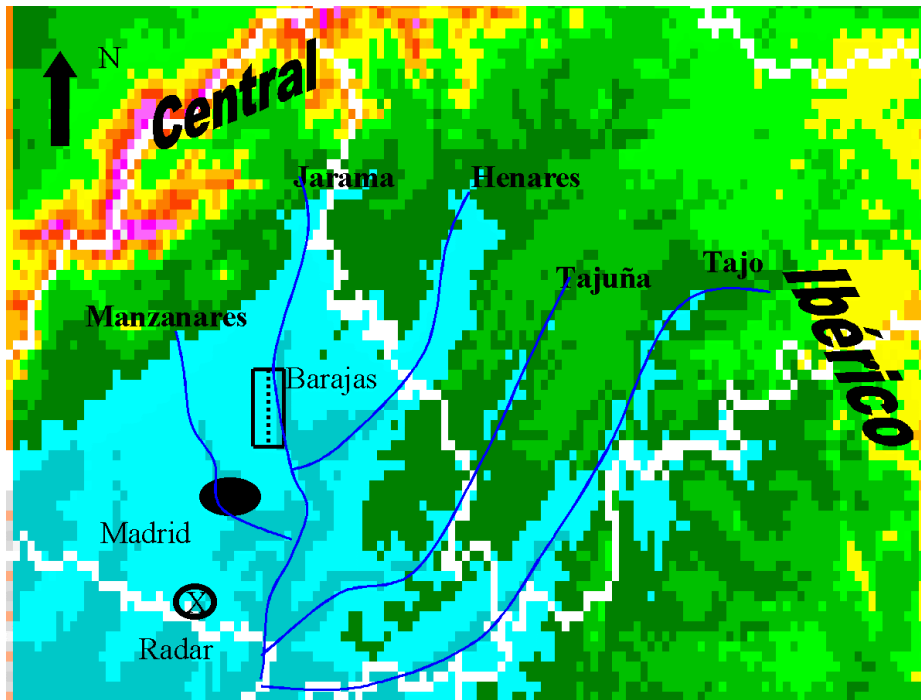


Figura 1: Orografía y red fluvial del enmarque meso beta del aeropuerto de Barajas señalado con un rectángulo. Con un asa se señala la posición del Radar y con un círculo la ciudad de Madrid.

2. Modelo conceptual de vientos catabáticos en la región

En el verano de 1998 se realizó en el C.M.T en Madrid y Castilla La Mancha un seguimiento del régimen de brisas de montaña en la región. El método consiste en de analizar subjetivamente cada 6 horas tratando de diagnosticar los días en que se observaba el mecanismo que, como se esperaba, eran la mayoría. Utilizando una climatología de todas las observaciones disponibles propusimos un modelo conceptual que pone orden en la visión de este mecanismo tan común. Aunque no se ha hecho un seguimiento tan metódico del comportamiento durante el invierno, el modelo conceptual no difiere significativamente aunque, lógicamente, la duración del fenómeno cambia mucho.

Como, por otra parte, los estudios realizados sobre nieblas en la región, ponen de manifiesto que el régimen catabático de brisas de montaña está casi siempre presente en las situaciones de niebla, pensamos que cualquier método numérico de predicción de nieblas debe recoger este hecho.

El modelo HIRLAM no resuelve adecuadamente las brisas en la región. Si bien detecta algunos mecanismos como el enfriamiento de las montañas e incluso la inversión de tierra, yerra bastante en la dirección del viento.

Centrándonos ya en el caso concreto de Barajas y el problema de los catabáticos, es común que el modelo HIRLAM 0.2 prevea vientos de sur en superficie en noches de brisa cuando suele observarse vientos del norte.

Pensamos, por lo tanto, en forzar al modelo unidimensional desarrollado en el INM (E. Tarradellas, J. Cuxart, 2001) para que recogiera mejor este mecanismo, esto es, insertamos un modelo conceptual subjetivo en un método objetivo de predicción.

2.1 Análisis de vientos en superficie

El modelo se ha hecho a partir de las medias de los vientos en todos los observatorios por meses y por horas para los días diagnosticados como brisa.

Para el caso de Barajas mostramos aquí una gráfica del mes de Julio representando las horas en ordenadas y la dirección y la fuerza en abcisas a la izquierda y la derecha respectivamente.

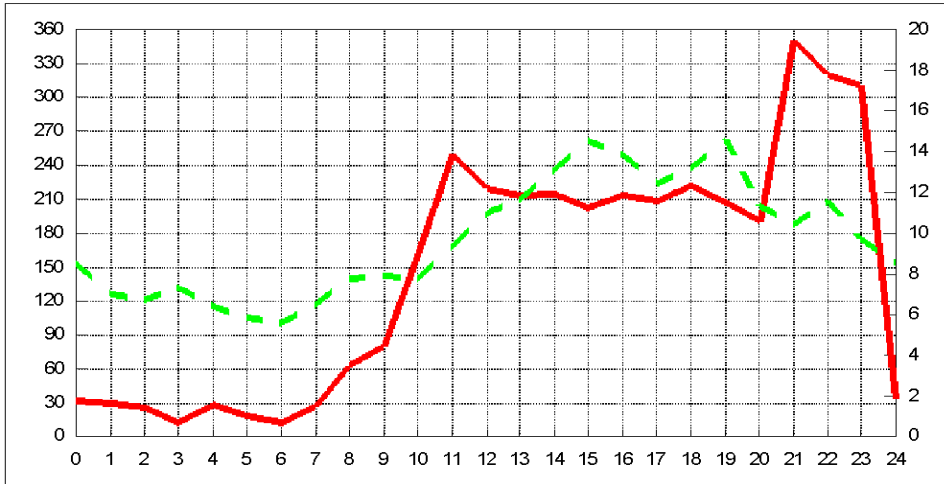


Figura 2: Dirección (continua) y fuerza en Km/h (discontinua) media del viento en los días de brisa del mes de julio en Barajas.

Se aprecia de forma clara un ciclo diario con flujos de componente norte que van desde las 21 hora hasta las 9 de la mañana y flujos de componente sur en el resto.

Centrándonos en los catabáticos, los vientos de componente norte, apreciamos una dirección en torno a los 360° más menos 30° hasta las 6 de la mañana que se va haciendo más noreste (en torno a 60°) a primeras horas de la mañana. Es como si al principio, los flujos siguieran el valle del Jarama y acabaran siguiendo el valle de mayor escala, meso beta, de la red fluvial del Tajo, aunque podría explicarse por un simple giro inercial.

Haciendo lo mismo para todos los observatorios, e interpolando de manera subjetiva en una malla de resolución 0.2, obtenemos un modelo de vientos en superficie. Mostramos los resultados para el mes de julio a las 00 horas.



Figura 3: Vientos a las 00 horas interpolados subjetivamente a partir de las medias de cada estación en los días de brisa para el mes de Julio. Los vientos se dan en kts multiplicados por 10.

La figura 3 muestra claramente cómo el aire desciende de los sistemas montañosos (Central e Ibérico) hacia los valles del interior donde convergen.

2.2 Estructura tridimensional

El sondeo medio de Barajas para los días de brisa en verano, muestra una capa que va hasta 800 hPa (unos 1400 m sobre el suelo) donde los vientos son de componente norte: nordeste en tierra y noroeste y oeste más arriba. El valle del Jarama tiene una dirección norte - sur hasta la unión con el Henares (donde se encuentra situada la estación de radiosondeo). A partir de aquí el valle de la red fluvial, meso beta, transcurre en la dirección noreste – suroeste. La masa de aire se caracteriza por un rápido calentamiento y desecamiento desde tierra a 900 hPa (unos 300 metros sobre el suelo) seguido de un calentamiento más moderado con aumento de la humedad hasta los 850 hPa (unos 900 metros sobre el suelo).

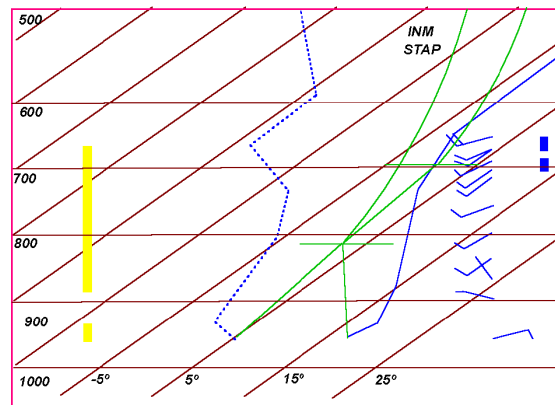


Figura 4: Sondeo medio en Barajas de las 00 horas para los días de brisa. Estación a 630 m sobre el nivel del mar

El perfilador de viento del radar de Madrid (ver fig.1) nos da, en media, vientos del noreste hasta 300 m y por encima vientos de sur y sudeste de menor velocidad. La posición del radar cerca de la convergencia de todos los valles en el Tajo, nos da la oportunidad de ver el perfil del frente de brisa con velocidades ascendentes en prácticamente toda la columna hasta 1300 m de unos 2 cm/s.

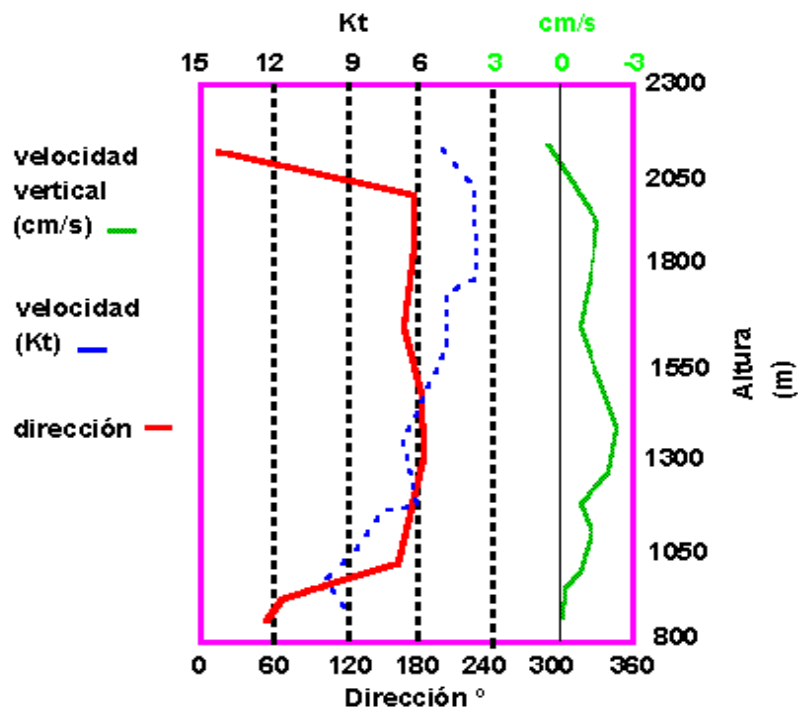


Figura 5: Perfil medio de velocidad (azul discontinuo), dirección (rojo continuo) y velocidad vertical (verde continuo) en los días de brisa a las 00 horas obtenido por el VAD del radar de Madrid. El radar se encuentra a 730 m sobre el nivel del mar

Los catabáticos, por lo tanto, fluyen valle abajo levantando el aire del fondo del valle y sustituyéndolo por el aire frío de las cumbres.

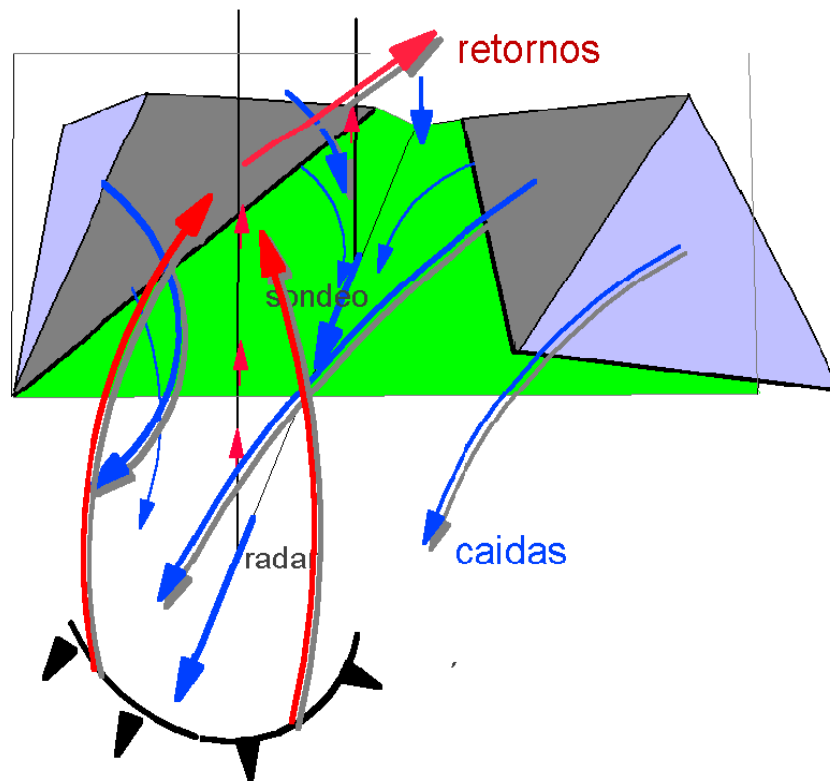


Figura 6: Modelo tridimensional de catabáticos en la región (valle meso beta). En azul se representan los flujos descendentes y en rojo los ascendentes y de retorno.

3. Forzamiento debido al flujo catabático en el modelo unidimensional

Como este modelo conceptual descrito no es representado adecuadamente por el modelo HIRLAM recurrimos al forzamiento climatológico de los datos observados. Esto es, insertamos un modelo conceptual.

El modelo conceptual puede resumirse en:

- 1°.- Vientos flojos (hasta 5 kts) del norte en superficie y noreste un poco más arriba hasta unos 500 m que comienzan la noche del día anterior y duran (según la estación del año) más allá de la madrugada.
- 2°.- Aire que asciende en el fondo del valle con una velocidad de unos 2 cm/s. Esto queda representado por una convergencia de flujo en tierra

La primera decisión consiste en determinar los intervalos de tiempo en que se produce este régimen de vientos. En la primera versión, el módulo es activado cuando existe inversión de tierra. Las estructuras de los campos meteorológicos son modificadas desde el suelo hasta el nivel en que la temperatura vuelve a ser inferior a la del primer nivel. Se modifica el gradiente horizontal de presión y la divergencia horizontal de masa. Estos valores se consideran proporcionales a la magnitud de la inversión de tierra. Durante los primeros instantes se introduce una advección de viento con el fin de reproducir el giro del mismo y lograr que su nueva dirección sea cercana a la del nuevo viento geostrofico.

En la figura 7 se observan las diferencias entre los campos de dirección del viento y temperatura obtenidos con forzamientos de HIRLAM y con forzamiento subjetivo. Puede apreciarse como el módulo

de catabáticos provoca un enfriamiento de las capas bajas. La dirección del viento se ve, también, notablemente modificada obteniendo resultados más cercanos a los observados.

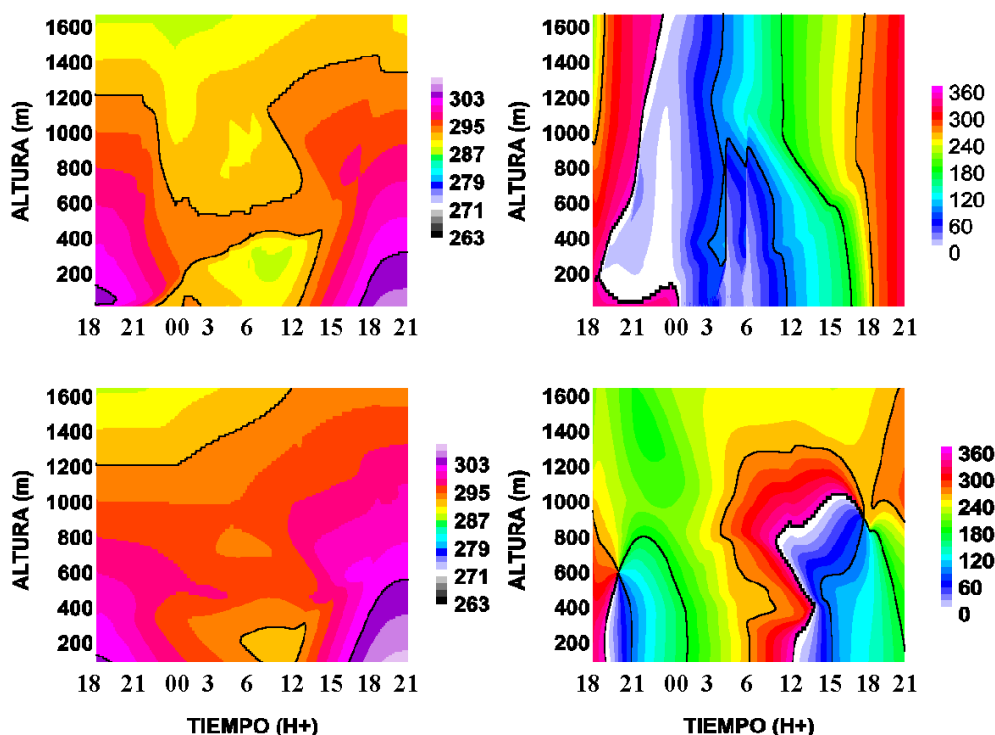


Figura 7: Pasadas de las 1800 GMT del día 4 de setiembre de 2001 para el aeropuerto de Madrid-Barajas. Predicciones de temperatura (izquierda) y dirección del viento (derecha) con módulo de catabáticos (arriba) y sin él (abajo)

Otra posibilidad de operación es dejar la decisión de la aparición de los catabáticos sujeta a la subjetividad del predictor y los valores, tanto de la fuerza del viento como de su velocidad ascendente y los periodos horarios del fenómeno, a la climatología.

4. Conclusiones

1.- El módulo de vientos catabáticos ha representado una notable mejora en las predicciones del aeropuerto. En primer lugar se han eliminado efectos adversos como el *runaway cooling*, un fenómeno corriente en predicción numérica que, a causa de la fuerte estabilidad y los débiles vientos, limita el enfriamiento a una pequeña capa junto al suelo, alcanzándose allí temperaturas excepcionalmente bajas. Además, ha supuesto una mejora en la reproducción del enfriamiento durante las horas posteriores al ocaso.

2.- Los resultados alientan a intentar reproducir mediante forzamientos obtenidos del conocimiento climatológico otros fenómenos que HIRLAM 0.2 es incapaz de resolver como los dipolos orográficos de esta escala o la isla térmica urbana de escala inferior (meso gamma).

Referencias

- Aguado F. Cano D. Téllez B. Palacios N. 1998. *Mesoescala y contaminación por ozono en Madrid. Clima y ambiente urbano en las ciudades ibéricas e iberoamericanas.*
 Tarradellas E. Cuxart J. 2001. *Aplicación de un modelo unidimensional para predicciones en el aeropuerto de Madrid-Barajas. V Simposio Nacional de predicción del INM. Madrid (comunicación)*