

## PREDICCIÓN Y VIGILANCIA DE FENÓMENOS METEOROLÓGICOS ADVERSOS PARA LA CIRCULACIÓN FERROVIARIA

Ángel Rivera Pérez

*Jefe del Área de Predicción  
Instituto Nacional de Meteorología.  
Paseo de las Moreras, s/n. Ciudad Universitaria  
28071. Madrid.  
E.mail: rivera@inm.es*

Gonzalo Álvarez Rodríguez

*Gerente del Centro Operativo  
UN Circulación. RENFE  
Estación de Chamartín. Edificio PM, 1ª Planta  
28036. Madrid.  
E.mail: cigou24@renfe.es*

### RESUMEN

La Ponencia que a continuación desarrollamos, describe los diferentes aspectos, herramientas y procedimientos derivados de un trabajo conjunto entre personal del INM y de RENFE dirigido a, por una parte, diseñar la información especializada de carácter meteorológico para las necesidades específicas del ferrocarril y, de la otra, optimar la explotación y el mantenimiento de la infraestructura ferroviaria en situaciones de alerta y/o producción de fenómenos meteorológicos adversos para las diferentes situaciones de tráfico y las propias características de la infraestructura, equipamiento e instalaciones de suministro de energía y seguridad, en modo a satisfacer, en las mejores condiciones posibles en dichas circunstancias, a los clientes, informándoles en tiempo útil sobre el fenómeno en sí y el impacto previsto a su plan de viaje personal o al transporte confiado, replanificando la logística del transporte y articulando de manera racional los recursos personales y técni-



cos en línea con las demandas técnicas de la singularidad y de la replanificación.

## **LA PREDICCIÓN METEOROLÓGICA ESPECIALIZADA PARA EL FERROCARRIL; UN VACÍO HISTÓRICO:**

Tradicionalmente, la predicción meteorológica ha tenido como principales usuarios en la esfera de los transportes a las actividades aeronáuticas y marítimas. No en vano, ambas se desarrollan en medios ligados directamente a las evoluciones atmosféricas y, además, en muchas ocasiones, con un alto nivel crítico. Sin embargo, el transporte terrestre ha ignorado tradicionalmente las ventajas que la predicción meteorológica pudiera brindarle, tanto en el aspecto de planificación, como en el operativo o correctivo. Probablemente, las causas han sido varias. Por una parte, la limitada resolución y fiabilidad que, hasta hace unos años, han tenido estas informaciones no han animado a los explotadores de las infraestructuras terrestres a contar con ellas para sus actividades, con tecnologías muy simples y, por lo tanto, escasamente sensibles a la meteorología, salvo en situaciones de crisis, siempre éstas tuteladas por las instituciones públicas de la protección civil. También es cierto que no han existido estudios o proyectos concretos para su integración de un modo armónico y útil en las citadas actividades. Sin embargo, en los últimos años, la situación ha empezado a cambiar.

De un lado, algunos responsables de autopistas y autovías han comenzado a instalar sensores meteorológicos en determinados puntos o tramos conflictivos concentrando sus informaciones en los puestos de control o mostrándolos, mas o menos procesados, en pantallas públicas de información para los conductores, en las que no se descarta incluir también informaciones sobre la evolución prevista de los fenómenos más importantes para el tráfico.

Por lo que se refiere al tráfico ferroviario, hacia 1990 se inició en el Reino Unido la realización de una serie de predicciones dirigidas a las Compañías Ferroviarias. Estos productos están agrupados bajo en nombre genérico de OPENRAIL y, además de las características generales del tiempo en las zonas requeridas, informan también sobre posibles engelamientos en las líneas eléctricas de alimentación, temperaturas en carril o estado de la mar en aquellas líneas con trazados costeros. Ésta, junto con la experiencia puesta en marcha en España entre RENFE y el INM y cuya descripción es el objeto primario de esta comunicación, son las únicas experiencias conocidas hasta la fecha en Europa -y, posiblemente, en el mundo- en la relación con un soporte meteorológico específico para las actividades ferroviarias.



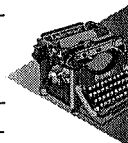
## LA EVOLUCIÓN DE LAS OBSERVACIONES Y LAS PREDICCIONES METEOROLÓGICAS:

La predicción meteorológica comenzó a desarrollarse de modo muy limitado en la década de los 20, utilizando solamente datos obtenidos sobre la superficie terrestre. Durante la Segunda Guerra Mundial se iniciaron las observaciones relativamente continuadas de los distintos niveles atmosféricos. Ello condujo a un conocimiento mucho más profundo del funcionamiento atmosférico, así como el desarrollo de mejores técnicas de predicción.

Sin embargo, hasta mediada la década de los 60, éstas eran de carácter fundamentalmente empírico, basadas en su práctica totalidad en los conocimientos científicos y la experiencia del predictor, y con alcances de predicción no más allá de las 36 horas, en el mejor de los casos, en latitudes medias.

El advenimiento de los ordenadores y el aumento de la cantidad y calidad de las observaciones, tanto en superficie como en niveles altos, hizo posible el uso operativo de modelos numéricos para la predicción meteorológica.

Desde la década de los 70, la evolución de éstos ha sido rapidísima, ganando continuamente en resolución espacial y temporal, así como en fiabilidad. Hoy en día, prácticamente toda la predicción meteorológica está basada en los resultados de este tipo de modelos, convenientemente modulados o corregidos por ajustes estadísticos y, sobre todo, por predictores expertos que, además, adecuan los resultados de aquellos a las características y requerimientos de los distintos usuarios. Estos modelos son capaces de simular la evolución atmosférica, tanto a nivel global como regional, desde unas pocas horas tras el momento de las observaciones de las que se alimentan hasta 10 días más, y ello con resoluciones espaciales de 20 a 30 km. Naturalmente, la fiabilidad del modelo va disminuyendo a medida que se amplía el plazo de predicción, pero también existen ya técnicas que permiten conocer en muchos casos cuál es el nivel que puede otorgarse cada día a la evolución prevista de estos modelos. En cualquier caso, puede estimarse que las predicciones a 24 ó 36 horas tienen una fiabilidad cercana al 90%, disminuyendo hasta el 60 ó 70 % para períodos del orden de 4 ó 5 días. Como también se apuntaba en el párrafo anterior, la disponibilidad de observaciones meteorológicas ha aumentado de modo espectacular mediante la utilización tanto de estaciones automáticas de observación, como de herramientas de teledetección, tales como radiómetros embarcados en satélites, radares meteorológicos o redes de detección de rayos. Todos estos dispositivos, junto con los clásicos y todavía imprescindibles radiosondeos, aparte de alimentar de datos a los modelos numéricos, permiten realizar un seguimiento continuado en tiempo real de los distintos fenómenos atmosféricos y, de modo especial, de aquellos potencialmente adversos, como lluvias intensas, nevadas o vientos fuertes. Este seguimiento permite, no solo vigilar continuamente y con gran detalle esta clase de fenómenos e informar de su evolución y desplazamiento a los usuarios afectados, sino también el desarrollo de técni-



cas de predicción hasta 2 ó 3 horas, plazo este imposible de resolver adecuadamente con los actuales modelos numéricos.

A partir de lo expuesto puede comprenderse como en estos momentos tanto las observaciones como las predicciones meteorológicas pueden ya ser utilizadas como unas herramientas importantes en la planificación y operación de la explotación y el mantenimiento de las infraestructuras ferroviarias, pues su grado de resolución, fiabilidad y adecuación específica son elementos auxiliares e imprescindibles para la toma de decisiones en el planificación o en el proceso de ejecución.

## **SITUACIÓN EN ESPAÑA Y DESARROLLO DE LA COLABORACIÓN ENTRE EL INMY RENFE:**

En España, el INM comenzó a desarrollar a mediados de los 80 un ambicioso plan de evolución tecnológica tendente a dotarse de las herramientas específicas para poseer la capacidad idónea para responder adecuadamente a los fenómenos adversos que afectan al área geográfica. Este plan le ha llevado a situarse entre los Servicios Meteorológicos europeos más cualificados, tanto por sus redes de observación y teledetección, como por su nivel científico y operativo. Además, el INM realizó una efectiva descentralización de sus actividades de predicción y vigilancia. Toda esta evolución capacitó al INM para desarrollar de un modo efectivo diversos planes de predicción y vigilancia de determinados fenómenos adversos.

Así, surgieron en la segunda mitad de los 80 los denominados "Planes PREVIMET", que condujeron en 1996 a la puesta en marcha del "Plan Nacional de Predicción y Vigilancia de Fenómenos Atmosféricos Adversos". Este Plan contempla la atención permanente a la predicción y seguimiento de cualquier fenómeno adverso en cualquier punto del territorio español. Los distintos boletines informativos son difundidos prioritariamente a las autoridades de Protección Civil, así como a los organismos directamente afectados, entre los que se encuentran, en lo que se refiere al transporte terrestre, la DGT, RENFE y FEVE.

El interés mostrado por la Unidad de Negocio Circulación de RENFE en lograr un aprovechamiento exhaustivo de las informaciones de este Plan, la llevó a mantener una serie de reuniones con el Área de Predicción y Aplicaciones del INM. En el transcurso de las mismas pudo constarse que, aunque estas informaciones en sí resultaban valiosas para la explotación de la infraestructura ferroviaria, era posible y conveniente diseñar una atención específica adecuada a los problemas y necesidades concretas de esta actividad. Ello condujo a la realización de una serie de estudios conjuntos, tanto por las estructuras centrales de ambos (Área de Predicción y Aplicaciones INM y Centro Operativo RENFE) como por las territoriales (Centros Meteorológicos Territoriales del INM y Gerencias Operativas de RENFE) sobre cuáles eran las incidencias atmosféricas que dificultaban el tráfico ferroviario, equipamientos afectados, procedimientos preventivos y



operativos ferroviarios y necesidades de información avanzada y en tiempo real, las posibilidades de suministro de estas por parte del INM. Naturalmente, teniendo en cuenta las singularidades fenomenológicas de cada área en conjunción con los equipamientos y la infraestructura ferroviaria, así como la peculiaridad del tráfico en línea.

El resultado de todo el proceso descrito ha sido el establecimiento de una serie de procedimientos operativos en la información para cada nivel de responsabilidad, entre los cuales se encuentran los Boletines de los Grupos de Predicción y Vigilancia del INM a los Puestos de Mando RENFE, que, con carácter diario y para la jornada siguiente, se señalan para los diferentes tramos de línea las temperaturas previstas, la posibilidad e intensidad de la precipitación en forma de lluvia o nieve, el anuncio de vientos, así como otras dando respuesta a una necesidad específica de la explotación del tramo. Por ejemplo, el GPV de Galicia facilita del PM de León, además, aviso de aparición de tormentas y la trayectoria de las mismas, así como, "a posteriori" el mapa de descargas producidas (Fig. 1).

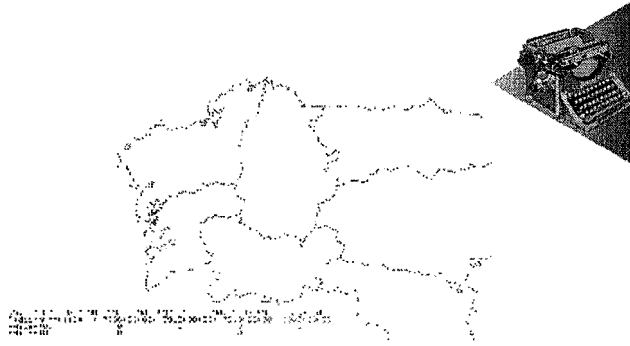


Figura 1

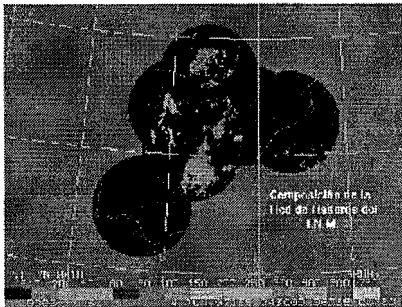


Figura 2

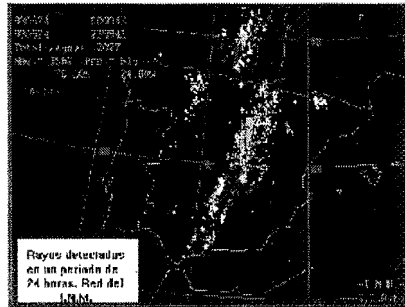


Figura 3

Por otra parte, dada la incidencia que los factores meteorológicos poseen para la circulación ferroviaria en tiempo real, el Centro Operativo y los Puestos de Mando RENFE acceden, también en tiempo real, a la información de las redes de radares y de detección de rayos del INM, descargadas sobre las aplicaciones informáticas de RENFE para su uso como herramienta para la regulación del tráfico. (Fig. 2 y 3)

El INM facilita, asimismo, los mapas de tasas de saturación de humedad del suelo, de indudable utilidad para fijación de los índices de riesgo de desprendimientos o corrimiento de terrenos, así como para la planificación de obras por el mantenimiento de la infraestructura.

## **METEOROLOGÍA ADVERSA Y EXPLOTACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA FERROVIARIA; EL APROVECHAMIENTO DE LA INFORMACIÓN:**

Los reglamentos de seguridad de las compañías ferroviarias y los procedimientos de gestión preventiva y operativa contemplan una serie de actividades y movilización de recursos tendentes a resolver cada situación del modo más eficaz posible y la óptima utilización de personal de línea y recursos técnicos, obviamente, limitados por su volumen, en principio dirigido a una explotación normal. Es, pues, de rigor que se posea oportunamente una información precisa, fiable, de tal manera que, con tales medios limitados, la respuesta en la explotación sea la óptima en el momento en que el efecto del fenómeno se produzca y durante las diferentes fases de evolución de sus efectos. Es preciso hacer notar que los efectos o sus riesgos no son siempre contemporáneos al evento meteorológico. Así ocurre con las escorrentías y desprendimientos.

Como la organización de la regulación del tráfico ferroviario tiene una estructura precisa y permanente en lo que se refiere a límites geográficos territoriales no coincidentes con los propios de las dependencias de predicción y observación meteorológicas y, mucho menos, con el área geográfica del fenómeno, se planteaba el cómo resolver el problema para un aprovechamiento ideal de la información, en especial, la de uso preventivo. La solución adoptada ha sido asignando receptores concretos -centrales y/o territoriales- para cada tipo de información, en forma a su utilización pronta y ágil por el regulador que adopta las medidas y la rápida distribución de instrucciones al personal de línea.

El uso de rutas alternativas, los traccionamientos singulares, la exploración con vehículos especiales, la vigilancia de puntos de riesgo con personal "in situ" o con una limitación de velocidad a los trenes al paso por los mismos, los reconocimientos periódicos, etc., son métodos sobradamente conocidos. No obstante, la información especializada para la explotación ferroviaria está permitiendo responder de una forma más adecuada y eficaz a cada problema concreto, tanto en volumen como en precisión de las decisiones tomadas con la metodología clásica e, incluso, el perfeccionamiento de los procedimientos. La profundización sobre ello creemos sería innecesaria para el lector, que -estamos seguros- es un buen conocedor de las técnicas de explotación ferroviaria. Sin embargo, existen innovaciones recientes que seguro despertarán mayor interés y que pasamos a describir sucintamente.

La primera -problemática de la circulación de trenes traccionados eléctricamente en concurrencia de hielo en línea de contacto de la catenaria o acumulación de nieve



sobre la misma- ha sido una constante fuente de averías producidas en la interacción pantógrafo/catenaria al derivarse de una deficiente captación de corriente. Cada compañía ferroviaria lo resuelve, con mayor o menor éxito, siguiendo una metodología diversa en función del tipo de corriente (cc, aa), voltaje, tipo de catenaria, clase de pantógrafo, etc. La solución más simple -disminuir drásticamente la velocidad consiguiendo así una menor potencia demanda por el vehículo tractor- es claramente lesiva para la explotación. Eliminada ésta, ya histórica, se entiende que una información precisa y avanzada en el tiempo sobre alerta del fenómeno y el uso simultáneo de dos pantógrafos, ambos en captación, actuando el primero también como eliminador de la capa de hielo o nieve, mejoraría las condiciones de la interacción sin disminuir la potencia demandada y, como consecuencia, la velocidad. Este método se siguió durante el invierno 97/98 con éxito en la Mitad Norte Peninsular, si bien, dado su carácter experimental, con una ligera y cautelara reducción de velocidad. La tasa de incidentalidad en las condiciones climáticas descritas circulando con 2 pantógrafos se ha reducido prácticamente a cero, mejorando la vida útil de pantógrafos y línea de contacto. Nuevas pruebas con vehículo laboratorio versando sobre velocidades máximas admisibles serán realizadas antes del invierno 98/99 con el objetivo 140/150 km./h.



Se trata , en la segunda, de cómo prevenir y responder adecuadamente en las líneas al borde del litoral a los temporales marítimos. La respuesta llega -obviamente- de las manos de la predicción del estado de la mar, predicción, por otra parte, muy precisa y fiable a corto plazo. Paradójicamente, una información habitual para el mundo de la navegación marítima es útil, en ciertas líneas, para el propio ferrocarril. En la foto a continuación, se aprecia la intervención exitosa de personal de infraestructura, alertado en tiempo útil, actuando como informadores sobre la situación en tiempo real en el punto de producción para permitir al regulador del tráfico la adopción de medidas acordes y resolviendo las averías en el menor tiempo posible.



Figura 4

(Fig. 4)

La última es el aporte de informaciones meteorohidrológicas que permiten la determinación del índice de riesgo de desprendimientos o corrimientos de tierras en el período inmediatamente posterior a la producción de lluvias persistentes y/o generalizadas ó local y puntualmente intensas,

elevando los índices de saturación del terreno. Está permitiendo disminuir el riesgo para la seguridad de la circulación al posibilitar la fijación de la medida adecuada al índice de riesgo. Sigue mapa de saturación correspondiente al 08.02.98, después de un período extraordinariamente pluvioso en general y, en especial, en el cuadrante suroccidental (líneas de Andalucía Occidental y Extremadura). (Fig. 5)

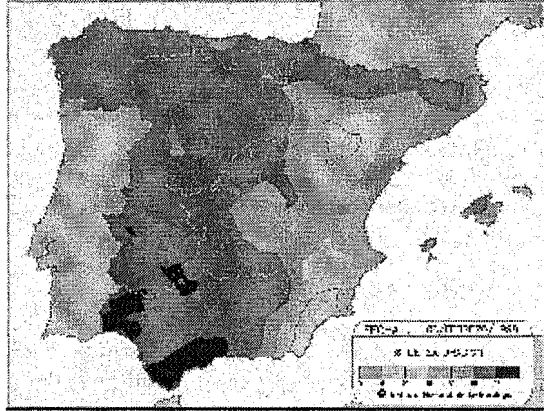


Figura 5

## LOS RESULTADOS EN SU FASE INICIAL:

Hemos tomado los primeros 45 días del año actual, período con una situación climatológica similar según datos del INM al de igual período de 1997. El factor diferencial es que en el año actual ya se operaba con la información especializada aplicada en los manuales de gestión preventiva y operativa de incidencias. Los datos que siguen son de carácter cualitativo (impacto medido en retraso total a trenes) que creemos más objetivo que los de modo cuantitativo (total de sucesos detectados) y son lo suficientemente explícitos para considerar que el camino emprendido es el correcto.

La incidentalidad general (sucesos irregulares afectando al tráfico por todos los motivos) experimenta una disminución del 8 % respecto a igual período del año precedente, siempre en minutos de retraso a trenes. Se comprende en la misma incidentalidad general aquella causada de modo directo o indirecto por los fenómenos meteorológicos, en donde la disminución es mucho más evidente: 69,5%.

Otro dato lo suficientemente revelador es que en las líneas de Andalucía Occidental solamente se produce 2 arrollamientos de piedras o tierras durante y post-temporales, contra 12 en el mismo período del año anterior.

## EL CAMINO A SEGUIR.....:

Esta comunicación representa tan sólo el lanzamiento de un proceso absolutamente necesario para la obtención de unos ratios de calidad que quienes optan por el transporte ferroviario merecen. No en vano, la tasa porcentual de incidentalidad por motivos meteorológicos respecto a la global oscila entre un 5 y un 25%, siempre en función de la menor o mayor producción de fenómenos, su tipo, área que los





soporta, equipamiento de línea, estación climática, etc. El reto es responder del mejor modo posible a TODA situación adversa.

En línea con ello, durante el presente año se abordarán otros aspectos técnicos y funcionales, tales como:

Temperaturas previstas y efectivas para umbrales de alerta temperatura en elementos de vía y catenaria: Tipología de información.

Transmisión a clientes de previsiones específicas sobre su plan de transporte y afección al mismo.

Superposición automática del mapa de comunicaciones ferroviarias a los distintos parámetros meteorológicos suministrados por el INM.

Generalización de suministros de mapas de área, con definición mas precisa, para las necesidades específicas de los Puestos de Mando.

Generalización y sistematización de las informaciones “de retorno” del PM al INM.





*Benito Figueroa - Vía Libre*

