

**Premio a la mejor comunicación PRAGA 2023
 en la categoría “Seguridad Vial”**

Sistema de gestión de carreteras en condiciones meteorológicas adversas: Niebla y viento



Road management system for adverse weather conditions: Fog and wind

Ana Blanco Bergareche

Subdirección de Gestión de la Movilidad y Tecnología, DGT

Ramiro Martínez Rodríguez

Subdirección de Gestión de la Movilidad y Tecnología, DGT

Laura Rey Ramos

Departamento de Gestión de la Movilidad, Antea Group

Gema Leiro García

Departamento de Gestión de la Movilidad, Antea Group

Gabriela Ruggiero Pelay

Departamento de Gestión de la Movilidad, Antea Group

La autovía del Cantábrico A-8 (en adelante A-8) en la zona del Alto del Fiuco, entre los km 545+500 y 549+500, presenta condiciones meteorológicas particulares con episodios de niebla densa combinados con fuertes vientos que dificultan la circulación, llegando, en ocasiones, a ser necesario su cierre y desvío de los vehículos a la carretera N-634, al no poderse garantizar las condiciones mínimas de seguridad para su uso.

Por ello desde la Dirección General de Tráfico (en adelante DGT), se han establecido unos protocolos para la gestión de la vía cuando existen condiciones meteorológicas adversas de niebla y viento, y se han instalado una serie de equipamientos ITS que han permitido realizar la gestión de las restricciones de una forma más eficaz y segura, aumentando también el número de horas que la autovía está en funcionamiento.

El sistema instalado permite el cierre y el desvío de los vehículos de manera automática, mediante el empleo de los siguientes dispositivos ITS: estaciones meteorológicas para la detección de los valores de visibilidad e intensidad y dirección del viento, Paneles de Mensaje Variable, fotorojos para controlar el cumplimiento de las restricciones y semáforos y balizas para informar al usuario. Además, se ha procedido a la instalación de balizas detectoras de presencia, que permiten una mayor seguridad en condiciones de niebla, avisando de la presencia de vehículos en la vía.

El presente artículo describe los protocolos aplicados, los sistemas de equipamiento instalado para cumplir con dichos protocolos y el efecto que estos sistemas han tenido en la operatividad y seguridad de este tramo afectado de la A-8.

The A-8 Cantabrian highway (hereinafter A-8) in the area of Alto del Fiouco, between km 545+500 and 549+500, presents particular weather conditions with episodes of dense fog combined with strong winds that hinder circulation, sometimes making it necessary to close the highway and divert vehicles to the N-634 road, as it is not possible to guarantee the minimum safety conditions for its use.

For this reason, the Directorate General of Traffic (hereinafter DGT) has established protocols for the management of the road when there are adverse weather conditions of fog and wind, and has installed a series of ITS equipment that have allowed the management of restrictions in a more efficient and safer way, also increasing the number of hours that the highway is in operation.

The system installed allows the automatic closing and detouring of vehicles, using the following ITS devices: weather stations for the detection of visibility values and wind intensity and direction, Variable Message Signs, photo eyes to control compliance with restrictions and traffic lights and beacons to inform the user. In addition, presence detector beacons have been installed, which allow greater safety in foggy conditions, warning of the presence of vehicles on the road.

This article describes the protocols applied, the equipment systems installed to comply with these protocols and the effect that these systems have had on the operability and safety of this affected section of the A-8.

1. Descripción

La A-8 es una vía de dos carriles por sentido que discurre prácticamente paralela a la costa del Mar Cantábrico conectando las Comunidades Autónomas del País Vasco, Cantabria, Asturias y Galicia. La A-8, con una longitud total aproximada de 486 km, comienza en Bilbao, en el enlace de la AP-8 con la AP-68, y finaliza en Baamonde (Provincia de Lugo) donde se une con la autovía A-6.

En febrero de 2014 se inauguraron los tramos Mondoñedo-Lindín y Lindín-Careira de la A-8, que pasan por los municipios de Lourenzá, Mondoñedo, Abadín y Pastoriza. Ambos

tramos comprenden una longitud de 15,9 km y discurren al sureste de la antigua carretera nacional N-634. La infraestructura cuenta con 2 calzadas, cada una de ellas con 2 carriles de 3,5 m de anchura, arcenes exteriores de 2,5 m e interiores de 1,0 m, separadas por una mediana de entre 2,0 y 6,0 m de anchura dependiendo del tramo.

Estos tramos de autovía han requerido importantes y complejas obras de ingeniería, ya que discurren por terrenos accidentados y geotécnicamente muy complicados. Por ello, se han realizado importantes desmontes, obras de drenaje superficial y profundo, muros de conten-

ción en los tramos de media ladera y un gran número de estructuras de diversa tipología. Entre ellas destaca el viaducto de O Fiouco.

El tramo de ejecución de este estudio en la sección de la A-8 es el correspondiente al Alto de O Fiouco, que está comprendido entre los PK 545+500 y 549+500, discurre a 700 m de altitud y presenta dos problemas principales: el viento y la falta de visibilidad debido a la niebla.

Desde su puesta en servicio en febrero de 2014, se han producido numerosos episodios de niebla intensa que han provocado importantes colisiones múltiples. El 26 de julio



Figura 1. Trazado de la Autovía del Cantábrico (A-8). Fuente: Wikipedia maps

LEYENDA PROTOCOLO VIENTO

- Velocidad viento > 130km/h RESTRICCIÓN: autovía cortada
- Velocidad viento > 80km/h RESTRICCIÓN: velocidad limitada a 60km/h
- Velocidad viento > 50km/h RESTRICCIÓN: velocidad limitada a 80km/h
- Velocidad viento > 30km/h RECOMENDACIÓN: Con viento modere la velocidad



Figura 2. Protocolo en presencia de Viento

LEYENDA PROTOCOLO NIEBLA

- Visibilidad < 30m RESTRICCIÓN: autovía cortada
- Visibilidad >= 30m y < 75m RESTRICCIÓN: velocidad limitada a 60km/h
- Visibilidad >= 75m y < 150m RESTRICCIÓN: velocidad limitada a 80km/h
- Visibilidad >= 150m y < 250m RECOMENDACIÓN: Con niebla modere la velocidad



Figura 3. Protocolo en presencia de Niebla

de 2014 se produjo la colisión múltiple más grave, en la que se vieron implicados un total de 39 turismos y camiones y que se saldó con 1 persona fallecida y más de 40 heridos de diversa gravedad. A partir de ese momento, se pusieron en marcha medidas específicas para mitigar los efectos de la niebla en este tramo de la A-8, y que se describen en el presente artículo.

2. Objetivos

Los objetivos principales la iniciativa se enumeran a continuación:

- Proporcionar un marco coordinado de actuación ante una situación de tráfico condicionada por situaciones meteorológicas adversas.
- Informar a los usuarios de la carretera sobre las condiciones meteorológicas en la vía y el necesario ajuste de velocidad o desvío por itinerario alternativo.

- Contribuir a la seguridad vial en situaciones meteorológicas adversas asociadas a niebla y vientos intensos.
- Contribuir a una gestión óptima del tráfico: la información sobre episodios meteorológicos adversos en las carreteras permite a los Centros de Gestión de Tráfico tomar decisiones de forma rápida y eficaz.

3. Retos técnicos

3.1. Definición de protocolos

A partir de los registros meteorológicos de la distancia de visibilidad en presencia de niebla y de la intensidad y dirección del viento en la zona, se definieron protocolos de actuación en este tramo de autovía para adecuar la velocidad de los vehículos en función de las condiciones meteorológicas del momento.

Los protocolos de actuación por niebla y por viento, descritos a continuación, establecen cuatro niveles que, siguiendo el código de colores de los semáforos, van aumentando las restricciones a medida que empeoran las condiciones en la vía.

3.1.1 Protocolo en presencia de viento

En el proceso de elaboración del protocolo de actuación en caso de viento, se complementó el análisis de los registros meteorológicos de la zona, con un exhaustivo benchmarking para determinar en función de casos de éxito los umbrales a implementar. [2-6]

El protocolo de viento cuenta con un primer nivel (nivel verde) de recomendación de moderación de la velocidad de circulación cuando la velocidad del viento supere los 30km/h, y dos niveles de limitación de la velocidad de circulación a 80km/h (nivel amarillo), si la velocidad del viento



Figura 4. Desvío manual mediante señalización física de carriles en la A-8



Figura 5. Desvío manual mediante señalización física en acceso a A-8.

supera los 50km/h, y velocidad limitada a 60km/h (nivel rojo), si la velocidad del viento supera los 80km/h. El cuarto nivel se corresponde al cierre de la autovía cuando la velocidad del viento supera los 130 km/h.

3.1.2 Protocolo en presencia de niebla

Para la definición del protocolo de actuación en caso de niebla, en un primer momento, además del análisis de la visibilidad en la zona, se tuvo en cuenta lo indicado en la Norma 3.1-IC Trazado, de la Instrucción de Carreteras («BOE» de 2 de febrero de 2000)[1] en relación con la visibilidad y la distancia de frenado, obteniendo así, el valor de visibilidad de 40 metros para el cierre de la autovía.

Posteriormente, con la instalación de las balizas detectoras de presencia, descritas en el apartado 3.3, y la consecuente mejora en las condiciones de circulación, se ajustó el umbral de cierre de la autovía a una visibilidad menor de 30 metros.

Por lo tanto, el protocolo de niebla actual, al igual que el de viento, cuenta con cuatro niveles: uno de recomendación y tres de restricción. El primer nivel (verde) es de aplicación cuando la distancia de visibilidad está entre 150 y 250 metros, en el cual se recomienda moderar la velocidad de circulación y se recuerda la obligatoriedad del uso de las luces de cruce en condiciones de visibilidad reducida. En el segundo nivel (amarillo), con una visibilidad entre 75 y 150 metros, el límite de velocidad se restringe a 80 km/h. En el tercer nivel (rojo), con la distancia de visibilidad entre 30 y 75 metros, la velocidad se limita a 60 km/h y, por último, cuando la visibilidad es inferior a 30 metros (negro), se cierra la autopista y se activa el desvío automatizado de los vehículos por un itinerario alternativo.

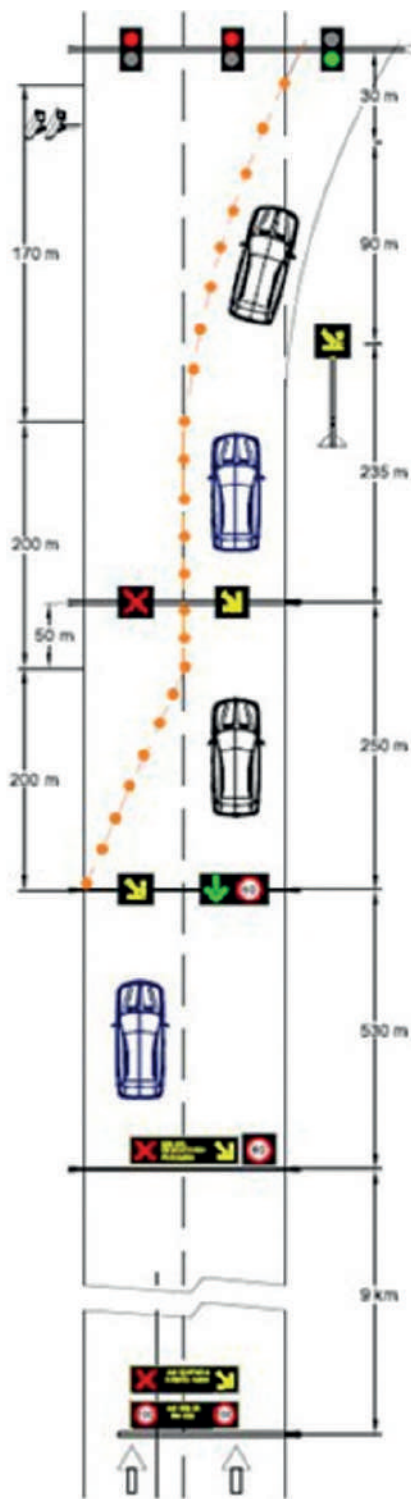


Figura 6. Detalle del esquema del equipamiento instalado en el tramo afectado de la A-8 y su funcionamiento

3.2. Desvío automatizado y protocolo en presencia de niebla y viento

Inicialmente el desvío por presencia de niebla/viento se realizaba de forma manual, de manera que



cada activación de desvío se notificaba al Centro de Control de túneles de Piedrafita que a su vez notificaba al Mantenimiento integral de la zona de Mondoñedo (Lugo) dependiente del Ministerio de Transporte, Movilidad y Agenda Urbana,

el cual se encargaba de señalizar y hacer efectivo el desvío. Este procedimiento, además de suponer tiempos considerables entre comunicaciones y coordinación de efectivos, aumentaba también las situaciones de riesgo, al tener agentes dispuestos en la calzada encargados de señalizar y al permitir el paso de vehículos en situación de niebla mientras se hacía efectivo el desvío.

Las características de la niebla que se concentra en este entorno, capaz de reducir muy rápidamente la distancia de visibilidad, cubriendo todo el tramo de autovía en menos de un minuto, hacen necesario un sistema ágil que permita aplicar el cierre de la autovía cuando es necesario.

El desvío automatizado, por tanto, se plantea para facilitar la metodología existente, eliminando la necesidad de disponer de agentes en la carretera, con la consecuente reducción de riesgos laborales y reduciendo el tiempo necesario para la coordinación entre los distintos organismos implicados.

Además, con este sistema automatizado se busca la reducción del tiempo desde que es necesario realizar el desvío o la apertura de la vía hasta que ésta se hace efectiva, garantizando la seguridad de los usuarios y mejorando la gestión de la explotación de la vía.

La actual metodología de desvío propone aplicar las nuevas tecnologías para enviar/recibir información sobre el estado de la carretera, los vehículos infractores y las rutas alternativas en tiempo real. Para ello se instalan en la zona diversos equipos ITS como Paneles de Mensaje Variable, balizas, cámaras de vigilancia (CCTV) y señalización luminosa.

En esta nueva metodología el desvío se establece automática-

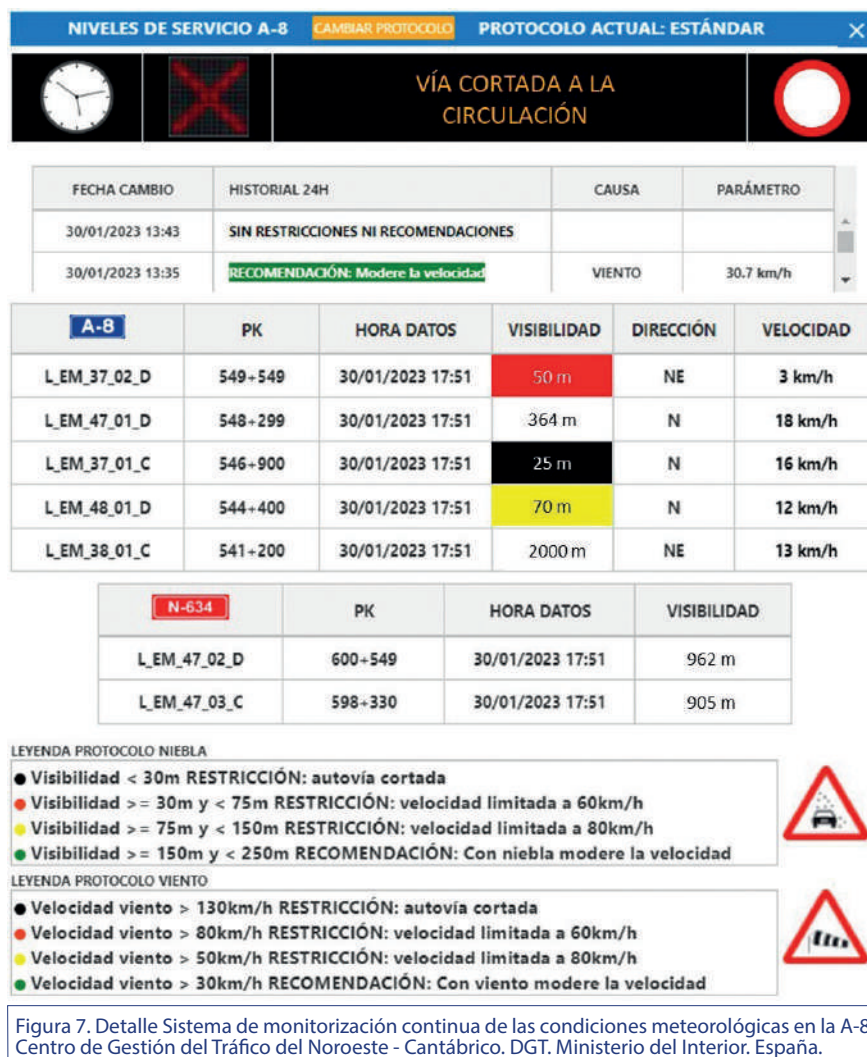


Figura 7. Detalle Sistema de monitorización continua de las condiciones meteorológicas en la A-8. Centro de Gestión del Tráfico del Noroeste - Cantábrico. DGT. Ministerio del Interior. España.

mente desde el Centro de Gestión de Tráfico Noroeste – Cantábrico y los pasos a seguir se resumen a continuación:

- Detección: a partir de los valores de los parámetros de visibilidad y viento recibidos de los dispositivos instalados en la vía (estaciones meteorológicas y CCTV) se evalúa el nivel de visibilidad en el Centro de Gestión de Tráfico Noroeste - Cantábrico y se detecta cuando la visibilidad en el tramo es inferior a 30 metros o la velocidad del viento es superior a 130 km/h y por lo tanto es necesario cerrar la vía y desviar a los vehículos. Esto es monitorizado de manera continua a través de una herramienta informática que contiene el protocolo de

señalización e informa en tiempo real de la situación en el tramo.

- Señalización de paneles: Una vez detectada la baja visibilidad o velocidades de viento elevadas, se señala desde el Centro de Gestión del Tráfico del Noroeste – Cantábrico las limitaciones de velocidad correspondientes, o el cierre de la vía y el desvío a la N-634. Los avisos correspondientes a los conductores se muestran en los Paneles de Mensajería Variable (PMVs) instalados al principio y al final del tramo. Además, se encienden las balizas luminosas instaladas en el pavimento para dirigir a los vehículos, como se muestra en las figuras siguientes.

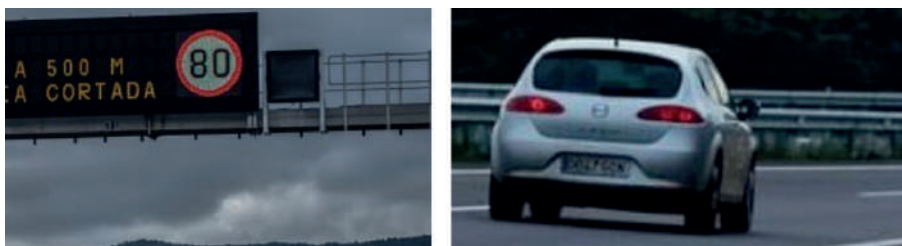


Figura 8. Panel de Mensaje Variable y balizas en el pavimento. Autovía A-8. Alto del Fiouco (Lugo). España

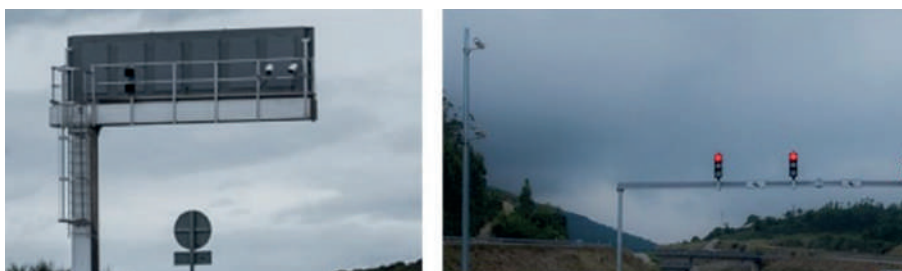


Figura 9. Panel de mensaje variable y semáforos con fotorrojo. Autovía A-8. Alto del Fiouco (Lugo). España

- Control: Adicionalmente, para controlar que los vehículos respetan las restricciones de velocidad, se han instalado dos radares así como semáforos dotados de fotorrojo en los puntos de desvío de la autovía.

3.3. Balizas complementarias al desvío automatizado

Como método complementario al desvío automatizado, se ha im-

plantado un sistema de balizas de detección de presencia de vehículos en condiciones de baja visibilidad. De forma similar a la cantonización de las vías de ferrocarril, las balizas se instalan en ambos márgenes de la carretera, a 50 metros de distancia entre sí, y su función es advertir a los conductores de la presencia de otros vehículos en la vía en condiciones de baja visibilidad, para que puedan adaptar su velocidad y mantener la distancia con otros vehículos.

El sistema de balizas para la detección de vehículos en condiciones de baja visibilidad ya se ha puesto en funcionamiento en el tramo de O Fiouco a lo largo de una longitud de 4,28 km. Las siguientes imágenes muestran su funcionamiento. En presencia de niebla densa, con visibilidad menor a 150 metros (nivel amarillo), se activan las luces ámbar inferiores de todas las balizas instaladas en el tramo para alertar a los vehículos de la situación. A



Figura 10. Esquema de funcionamientos de balizas detectoras en condiciones de baja visibilidad. Autovía A-8. Alto del Fiouco (Lugo). España



Figura 11. Balizas detectoras en condiciones de baja visibilidad. Autovía A-8. Alto de O Fiouco (Lugo)

continuación, en cuanto un vehículo entra en esta zona, se enciende la luz roja superior de las balizas más próximas al vehículo en ambos márgenes para avisar al vehículo que le sigue de que hay otro vehículo circulando por ese tramo. A medida que el vehículo avanza por el tramo se van encendiendo las siguientes balizas, y apagándose aquellas que se encuentran a 100 metros de este. De esta forma, cada vehículo lleva dos balizas encendidas por detrás, alertando a los usuarios que circulan por la vía que, en los próximos 100 metros, hay otro vehículo circulando por delante y que deben adaptar su velocidad y mantener la distancia.

Para informar a los conductores del significado de estas balizas, con el fin de que procedan con precaución en lugar de detenerse ante una señal roja, se han instalado señales verticales explicativas del sistema al principio del tramo.

4. Retos no técnicos

Uno de los principales obstáculos o barreras en este caso fue precisamente la definición de un protocolo de actuación ante una situación novedosa para la que no existían precedentes a nivel nacional.

Cabe señalar que otra de las principales barreras a superar fue el cambio de comportamiento de los conductores al transitar por esta zona. Aunque el número de infractores que obvian e incumplen el desvío es muy bajo, en este tramo ya existe una singularidad especial en cuanto a niebla y viento, y no todos los conductores están acostumbrados a conducir en estas condiciones adversas. Esta singularidad se refiere al hecho de que la niebla cubre completamente este tramo en menos de un minuto, por lo que los

conductores tienen que reaccionar con rapidez.

5. Evaluación

5.1. Análisis Eficiencia Y Efectividad

5.1.1 Análisis de la eficiencia del desvío automático vs el desvío manual

Como se ha indicado anteriormente, la situación meteorológica en la zona es muy variable de un momento a otro (la niebla aparece y desaparece en cuestión de minutos), por lo que este factor, sumado a que el cierre de la autovía se realizaba de forma manual mediante elementos tradicionales de señalización y balizamiento, suponía que la autovía permaneciera cerrada un porcentaje de horas muy superior a las de visibilidad registrada por debajo de los 40 metros, generando una baja eficiencia en el uso de la vía, en torno al 40%.

Desde la puesta en marcha del desvío automatizado en diciembre de 2016 hasta la implantación del nuevo protocolo por niebla el 25 de

enero de 2022, se han registrado en ese tramo un total de 2.313 horas con visibilidad inferior a 40 metros. Esto hubiera supuesto 5.302 horas de cierre de la autovía con la metodología de desvío manual, mientras que con el desvío automatizado esta cifra se redujo a 3.405 horas de desvío efectivo, lo que supone un total de 1.897 horas de "ahorro" (equivalentes a 79 días) en las que la autovía ha podido estar abierta al tráfico.

5.1.2 Análisis de la eficiencia del nuevo protocolo con balizas detectoras de presencia

Con la puesta en funcionamiento del sistema con balizas el 26 de enero de 2022, se han contabilizado hasta el 31 de diciembre de 2022, 42 horas de visibilidad inferior a 30 metros lo que ha supuesto unas 78 horas de desvío, en comparación con las 314 horas contabilizadas con visibilidad inferior a 40 metros que hubiera ocasionado el cierre de la autovía durante 462 horas según el protocolo anterior. Esto supone 384 horas (equivalentes a 16 días) en las cuales la autovía ha permanecido abierta a la circulación.



Figura 12. Señal vertical ubicada al inicio del tramo. Alto de O Fiuco (Lugo). España

5.1.3 Análisis de Operación y efectividad de los desvíos

Desde el punto de vista del funcionamiento y efectividad del desvío, desde el 15 de diciembre de 2016 hasta el 31 de diciembre de 2022, se ha detectado que el 0,8% del total de vehículos que circulan por el tramo continúan por la autovía a pesar del cierre, lo que supone un 99,20% de cumplimiento de la señalización.

A la vista de estos resultados, la nueva metodología de desvíos ha tenido un efecto significativo en la mejora de la eficiencia de la explotación del tráfico y en el aumento del número de horas de funcionamiento de la autovía. Este efecto es aún mayor gracias al empleo de las nuevas balizas detectoras, que han permitido reducir el valor del límite de visibilidad a 30 metros, a partir del cual se realiza el desvío.

5.2. Seguridad vial

Desde el punto de vista de la seguridad vial, el desvío automatizado ha evitado la presencia física de personal en la autopista para la instalación y retirada manual de la señalización vertical y conos cada vez que era necesario cerrar la autovía, por lo que es un riesgo que se ha eliminado.

Asimismo, cabe destacar que, desde la implantación del sistema en diciembre de 2016 hasta la fecha, se han registrado un total de dos accidentes con condiciones de niebla: uno por alcance con dos heridos leves, y otro por atropello animal sin heridos. No se ha registrado ningún accidente con víctimas mortales o heridos graves.

5.3. Lecciones aprendidas

La principal lección aprendida es la importancia vital de una detección y comunicación eficaces. En un primer momento, el proceso de cierre de la vía de forma manual suponía un mayor tiempo, coste y riesgo en la vía. Sin embargo, la instalación del equipamiento adecuado ha permitido una comunicación más directa con los usuarios de la vía, reduciendo tiempos y aumentando eficacia y seguridad.

Por tanto, es fundamental en la gestión vial contar con información precisa en tiempo real que permita tomar las decisiones adecuadas en el momento oportuno.

Este sistema, además, ha permitido comprobar que, en ocasiones, la combinación de varias estrategias o soluciones ya existentes en el mercado es la mejor forma de encontrar la solución adecuada.

5.4. Coste

El coste de la instalación de los elementos del desvío automático formaba parte de las mejoras del equipamiento ITS de la zona.

El coste de la instalación de las balizas detectoras formaba parte de las mejoras del mantenimiento de la zona. El proyecto de instalación de las balizas detectoras entre el PK 545+400 al PK 549+680 ha tenido un coste de 873.127,15€ en total.

6. Futuro

El buen funcionamiento del sistema, y su demostrada efectividad hace probable su empleo en otras carreteras con problemáticas similares.

En un futuro, con el avance de la tecnología de comunicación entre el vehículo y la carretera será posible el envío de la información sobre las restricciones de la vía directamente a los vehículos que circulen en la zona, como un método complementario a la comunicación al usuario por medio de los PMV.

7. Referencias

- [1] ORDEN de 27 de diciembre de 1999 por la que se aprueba la Norma 3.1-IC. Trazado, de la Instrucción de Carreteras.
- [2] "Estudio de la estabilidad del tráfico en puentes de carretera. Influencia del viento lateral". Tesis doctoral. Javier Oliva Quecedo. ETSICCP, UPM. Madrid 2011.
- [3] Protocol for operating the A282 DartfordThurrock River Crossing during periods of strong winds". Highways Agency Protocol.
- [4] Traffic restrictions due to wind on the Ferhmarbælt Bridge". Memorandum. FemerBælt. June 2005.
- [5] [Página web de funcionamiento de distintos puentes en EEUU y Canadá]. <http://www.cbdt.com/travel-information/weather/>; http://www.mdt.maryland.gov/Emergency/Emergency_Info.html; <http://www.confederationbridge.com/travel/restrictions.html>
- [6] [Página web de funcionamiento de distintos puentes en UK]. <https://www.severnbridge.co.uk/Home.aspx?> ❖