

# Implantación de un sistema de gestión en la Red de Carreteras del Estado\*

ÓSCAR GUTIÉRREZ-BOLÍVAR ÁLVAREZ (\*)  
FRANCISCO ACHÚTEGUI VIADA (\*\*)

**RESUMEN** El Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente ha puesto en marcha un sistema de gestión de firmes para su red de carreteras. La experiencia de otras administraciones ha sido muy importante para elegir el método más adecuado. Se ha tratado de adaptar el sistema a la realidad de la red. El sistema se está implantando por fases para poder utilizar sus beneficios lo antes posible y no perder rigurosidad en sus planteamientos. Para elegir los datos, se han tenido en cuenta las necesidades y los medios existentes. Se han solucionado algunos de los problemas surgidos en el transcurso de los trabajos y se espera hacerlo con otros en el futuro. Se ha implantado ya una primera fase del sistema, y se están realizando los trabajos necesarios para la segunda fase.

## IMPLEMENTATION OF A PAVEMENT MANAGEMENT SYSTEM IN THE SPANISH STATE ROAD NETWORK

**ABSTRACT** *The Spanish Ministry of Public Works and Transport has begun to implement a pavement management system for its road network. The experience of other authorities has been extremely important in selecting a method. The aim was to adapt the system to the circumstances of the network. The system is being implemented in stages in order to produce results as soon as possible and not to lose the advantages of a rigorous approach. The existing requirements and resources available have been taken into account in selecting the data to be collected. Some of the problems which have arisen during the course of the work have been solved and it is hoped that others will be solved in the future. The first stage has been implemented and work is under way on the second stage.*

**Palabras clave:** Sistema de gestión de firmes; Inventario; Inspección visual; Auscultación; Regularidad; Deterioro.

## INTRODUCCIÓN

La red de carreteras dependiente del Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente es de 20.000 km. De ellos, 2000 km pertenecen a autopistas de peaje; 4000, a autovías; y el resto, a carreteras de una calzada. Los 2.000 km de autopistas corresponden a concesiones a empresas privadas, que se encargan de su conservación. En cuanto a la función administrativa, España está dividida en provincias, en cada una de las cuales hay un Jefe encargado de la conservación. Estos Jefes de las unidades provinciales dependen de los Jefes de Demarcación; y éstos, a su vez, del Director General de Carreteras.

Aunque la longitud total de carreteras en España es superior a 300.000 km, la mayor parte del transporte por carretera se realiza a través de la red dependiente del Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente. Además, el 85% del transporte terrestre se efectúa por carretera, soportando la Red de Carreteras del Estado el 70% del tráfico de vehículos pesados. Por tanto, esta red tiene una importancia fundamental en el sistema de transporte

del país. En otras palabras, la Red de Carreteras del Estado, cuya longitud es el 7% de la totalidad de carreteras de la nación, soporta el 70 % del tráfico de vehículos pesados. La media de las intensidades diarias de vehículos pesados en la red es de 1.390. Teniendo en cuenta que la máxima carga permitida por eje es de 13 t, se ve el valor considerable de las cargas que soporta la red. Conscientes de esta situación, surgió, por parte de los responsables, la iniciativa de mejorar la forma de rehabilitar las carreteras, haciéndola de la forma más eficaz posible. Para ello se tomó la decisión de desarrollar un sistema de gestión de firmes (1).

En Europa hay pocas administraciones que hayan desarrollado completamente estos sistemas; y, por tanto, muchos se encuentran en los momentos iniciales (2). En España, la Dirección General de Carreteras encargó en 1991 al Centro de Estudios de Carreteras del CEDEX, la elaboración de un sistema de gestión de firmes para su red de carreteras. En estos momentos se está implantando una primera fase del sistema. La experiencia de otras administraciones, especialmente norteamericanas, ha sido muy útil para elegir la metodología a seguir.

En lo que sigue, se tratará fundamentalmente de los problemas surgidos a la hora de desarrollar el sistema. Por lo que se ha visto en otras administraciones (3), los problemas que surgen cuando se están usando los sistemas, muchas veces se deben a que o bien no se han elegido adecuadamente los datos, o a que el sistema es tan complejo y sofisticado que es difícil adaptarlo a la realidad. A continuación, se analizará el proceso que se ha seguido y las decisiones tomadas,

\* Ponencia presentada en la 8ª Conferencia Internacional sobre Gestión de Firmes, celebrada en mayo de 1994 en San Antonio (Texas).

(\*) Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. Centro de Estudios de Carreteras del CEDEX (MOPTMA).

(\*\*) Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. Jefe del Sector de Evaluación a Escala Real. Centro de Estudios de Carreteras del CEDEX (MOPTMA).

considerando las repercusiones que tendrán cuando se utilice el sistema.

Si bien es cierto que los primeros resultados del sistema de gestión de firmes se obtuvieron en 1992, y la experiencia en el uso del sistema es reciente, puede resultar interesante analizar por qué se eligió una forma de actuar y no otra.

### DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA

Para diseñar el sistema se tuvieron en cuenta, como ya se ha dicho, las experiencias de otras administraciones. En esta fase, se consideraron especialmente las Instrucciones de la AASHTO (Asociación Americana de Organismos Estatales de Carreteras y Transportes) para los sistemas de gestión (4, 5).

A la hora de diseñar el sistema se plantearon muchas posibilidades. La primera disyuntiva que surgió fue elegir entre elaborar un sistema nuevo o adquirir uno de los que existen en el mercado. Para ello, se analizaron diversos sistemas, teniendo siempre muy presente cuáles eran los métodos y medios disponibles. La Gestión de los firmes se venía realizando desde hacía varios años con una cierta metodología y con unos determinados medios. Por eso, se decidió aprovecharlos al máximo, siempre que fuera posible. Esto descartaba ya a todos los sistemas comerciales. Quedaba, entonces, la posibilidad de cambiar métodos y medios. Los que se venían utilizando parecían, en general, eficaces, y no se vio la necesidad de hacer grandes cambios; por tanto, se eligió adaptar el sistema a la realidad existente, y no al revés (6).

Una alternativa que surgió fue la de desarrollar un sistema que cubriera todas las necesidades, lo que llevaría a un período largo de tiempo, o implantar un sistema más sencillo. Había que tener en cuenta que no existía una base de datos donde se hubiera guardado la información a lo largo del tiempo. Por eso, se llegó a una solución de compromiso, que consistía en realizar el sistema en tres fases.

Éstas podrían identificarse con las de los tres métodos de análisis que se proponen en la Instrucción de la AASHTO sobre sistemas de gestión de firmes (5); esto es, el basado en el análisis del estado de los firmes; el que utiliza modelos para asignar prioridades; y, por último, el que se basa en modelos de optimización en toda la red. De esta forma, se evitaría utilizar modelos de predicción extraños a los firmes de la red y que podrían llevar a errores importantes. Además, se podría empezar a utilizar un sistema más sencillo, mientras se iban estudiando los modelos.

En la primera fase, se han asignado índices de estado a cada tramo y se han prescrito actuaciones según el tráfico, grado de deterioro y tipo de firme. Para ello, se ha considerado que la duración de las actuaciones será igual cuando se trate de resolver problemas similares. A cada actuación se le asigna una prioridad y se valora. Con ello, con un presupuesto dado se pueden elegir las actuaciones que pueden realizarse, o bien averiguar los fondos necesarios para tener la red en un determinado estado.

No se han considerado en esta primera fase, ni posiblemente se hará en las siguientes, los costes de los usuarios. Su valoración es muy difícil; y además, no se suelen aceptar malos niveles de regularidad, que serían los que aumentarían de forma apreciable estos costes. Como, en general, las cargas son altas y los tráficos intensos, los firmes tienen grandes espesores de mezcla bituminosa o capas tratadas con conglomerantes hidráulicos, presentando así una elevada rigidez (figura 1).

Los firmes rígidos, semirrígidos o con más de 15 cm de mezcla bituminosa representan el 61 % del total; mientras que los firmes con menos de 7 cm de mezcla bituminosa, sólo el 13 %.

La experiencia de los autores es que la regularidad de los firmes de la red no varía considerablemente a lo largo de su vida, y por tanto, apenas afecta a los usuarios. Como ejemplo, puede verse la figura 2, en la que se recoge el resultado de la auscultación de un tramo de la N-501. Esta sección

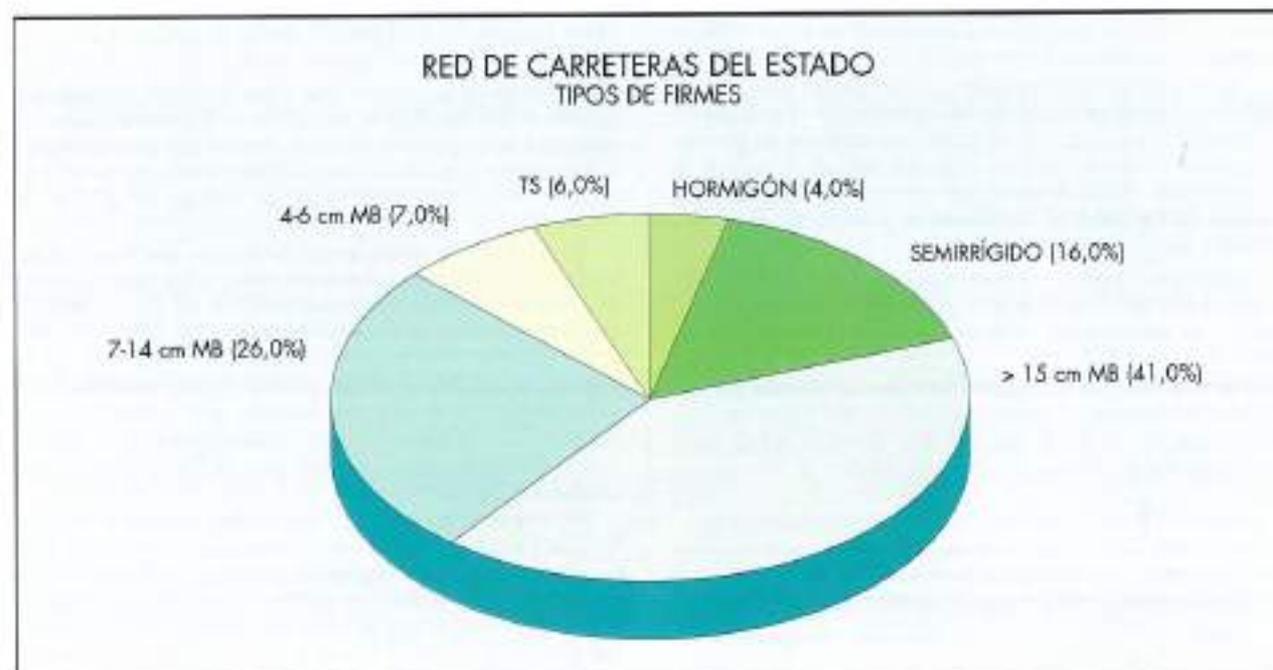


FIGURA 1. Tipos de firme en la Red de Carreteras del Estado.

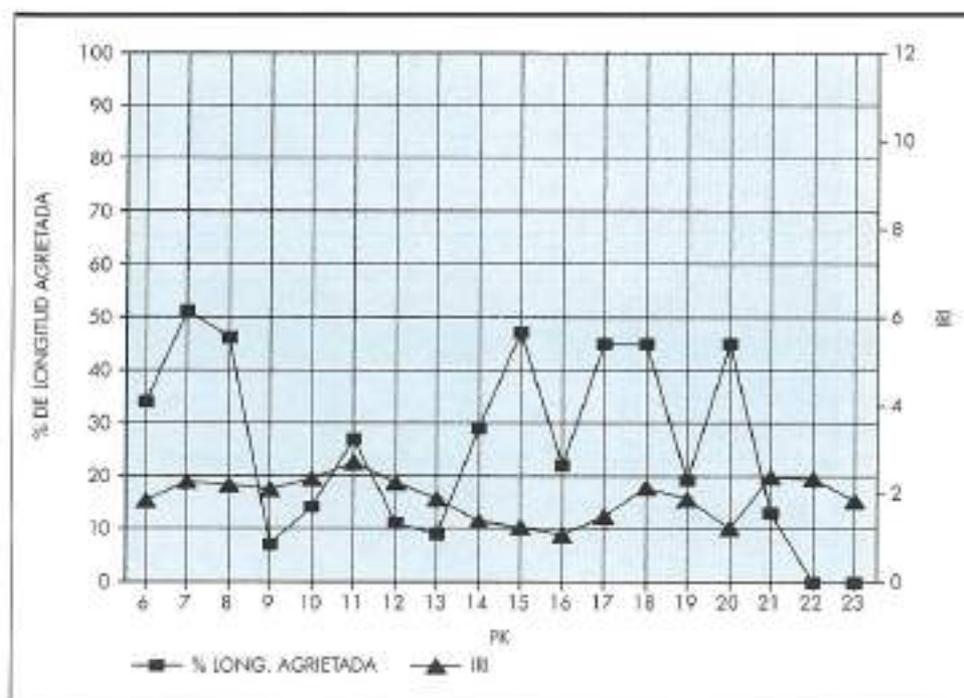


FIGURA 2. Longitud agrietada y regularidad en la N-501.

está formada por 12 cm de mezcla bituminosa sobre material granular. Puede observarse que la regularidad es buena, fluctuando entre valores de 1,2 y 2,7 del IRI, mientras que la superficie de rodadas que presentan agrietamiento llega a alcanzar valores del 50 %. Es decir, se llega al momento en que es necesario rehabilitar los firmes antes de que los usuarios se vean afectados de forma considerable.

En las figuras 3 y 4 pueden verse los resultados obtenidos de aplicar el programa HDM-III del Banco Mundial a una sección de nuestra Instrucción, formada por 15 cm de mezcla bituminosa sobre una base granular con una IMD de pesados de 180 por carril. En estas curvas se ha considerado un crecimiento nulo del tráfico para valorar únicamente la evolución del coste de los usuarios debida a la regularidad.

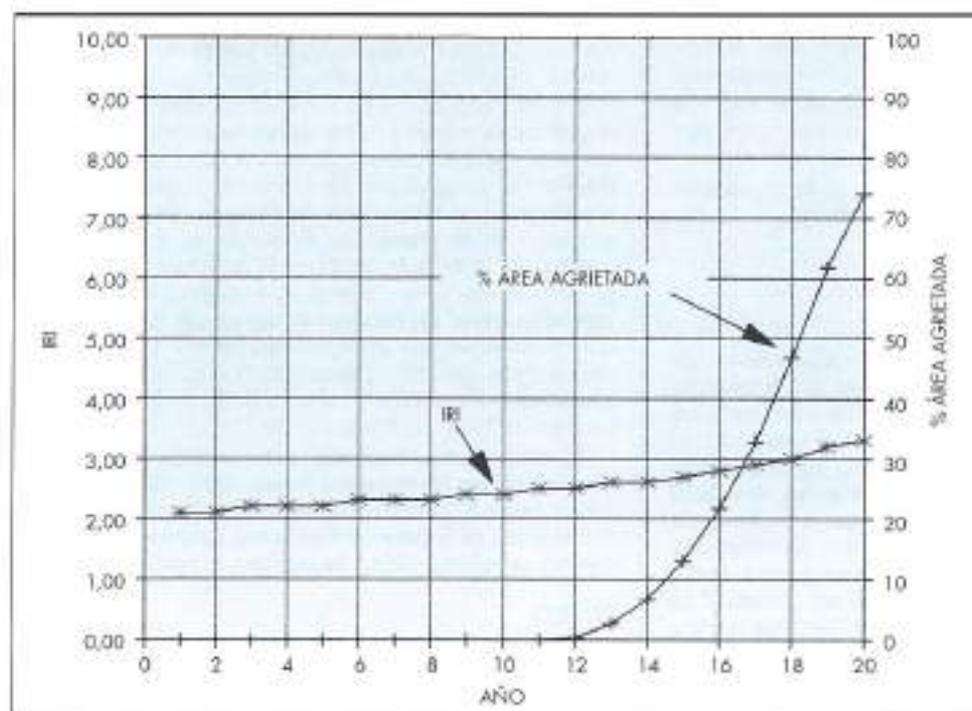


FIGURA 3. Resultado del análisis de la evolución del IRI y del área agrietada según el HDM-III.

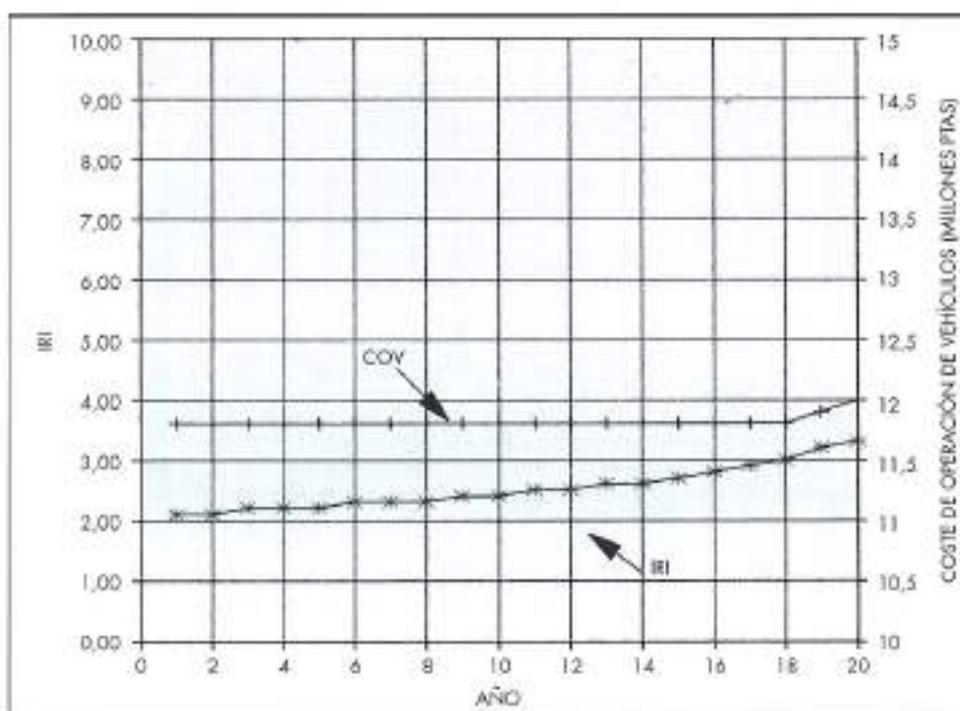


FIGURA 4. Resultado del análisis de evolución del coste de operación de los vehículos y al IRI, según el HDM-II.

Aunque los módulos de las capas aceptados por el programa son más bajos que los que habitualmente se dan en nuestros firmes, los resultados parecen confirmar la experiencia de los autores.

No puede decirse lo mismo de los firmes más flexibles, pero éstos son menos abundantes y soportan menos tráfico.

Esta primera fase se encuentra ya en funcionamiento. Para la segunda fase será necesario desarrollar modelos de predicción para poder asignar diferentes actuaciones a cada tramo, y elegir las mejores en un determinado período de tiempo. Se espera que, con los datos ya recopilados, se puedan empezar a diseñar los modelos. Hay secciones que, con igual tipo de firme, han soportado distintos números de ejes y se encuentran en estados diferentes. En otros casos, será necesario esperar.

En la tercera fase se podrán elegir las mejores actuaciones; no para cada tramo, sino para la red entera.

## DATOS CONSIDERADOS

### SISTEMA DE REFERENCIA

En la red, cada carretera tiene una denominación y cada sección se referencia indicando la distancia al hito anterior más cercano. En toda la red hay materializados hitos con una separación de aproximadamente 1 km. A veces, cuando se hacen modificaciones en el trazado, varía algo esa distancia entre hitos y no es exactamente un kilómetro. Gracias al inventario de características geométricas que se realiza cada cierto tiempo con un vehículo especialmente diseñado para ello, se conoce la distancia exacta entre hitos; y, por lo tanto, cada punto queda suficientemente localizado. Además, en los vehículos que se emplean para hacer ese inventario o para tomar otros datos se han incorporado ya sistemas de posicionamiento global (GPS), que permiten asignar coordenadas a cada punto con un buen grado de exactitud.

Desde un principio, se dio una importancia fundamental al sistema de referencia, pues sin él sería imposible seguir adelante.

### INVENTARIO

Muchas de las carreteras en España se han construido sobre antiguos caminos, algunos incluso sobre calzadas romanas. A lo largo del tiempo, esos caminos y carreteras han sufrido muchas modificaciones. Preparar un inventario que definiera perfectamente todas las capas de los firmes no era tarea fácil. Las modificaciones que se han hecho no sólo lo han sido en sentido longitudinal sino también en el transversal. Si se hubieran pedido a los responsables directos de realizar el inventario mucho detalle, se habría corrido el riesgo de que no se hubiera hecho nada, pues la labor era casi imposible. Por ello, se ha elegido un sistema en el que los responsables describen la composición del firme de una sección representativa de un tramo. Los datos que se consideran son: anchura de la calzada, anchura de los arcenes, naturaleza de la rodadura, tipos y espesores de capas e historia de las rehabilitaciones. En cuanto a la explanada, dada la dificultad en conocerla, sólo se ha considerado si está o no tratada con cemento. También se debe indicar si el firme es homogéneo transversalmente o no (7). En la figura 5 pueden verse los tipos de firmes en una provincia.

Se están estudiando equipos que, por medio del radar, puedan determinar los espesores de las capas, y algunas de sus características. También los resultados obtenidos de los deflectómetros de impacto, tratados con programas de cálculo inverso, permitirán definir los módulos de las distintas capas.

### TRÁFICO

Se considera la IMD (Intensidad media diaria de todos los tipos de vehículos) y la IMDp (Intensidad media diaria de vehículos pesados). La IMDp, para conocer las cargas; y la

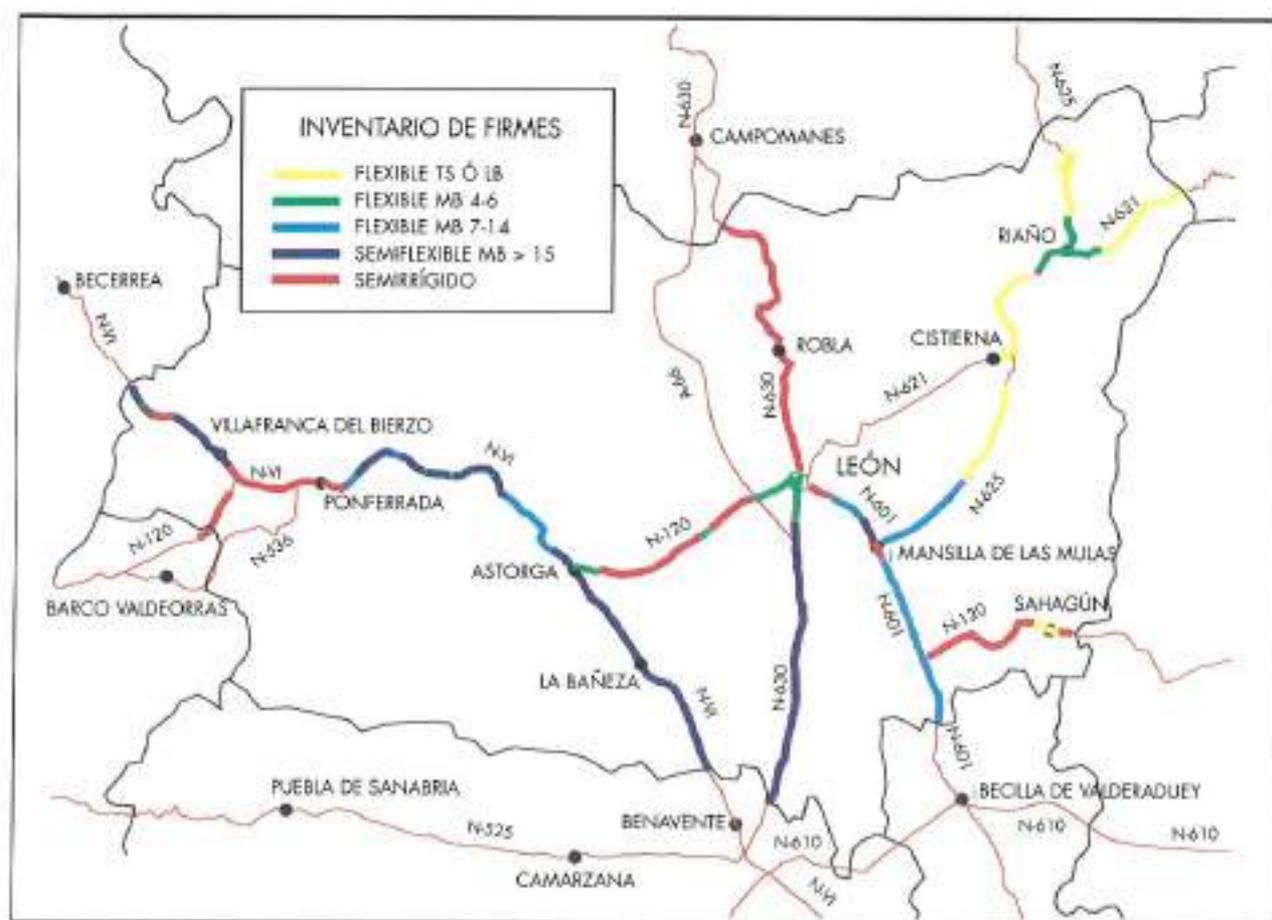


FIGURA 5. Inventario de firmes.

IMD, para saber cómo afecta el estado de los pavimentos a los usuarios. Se están tomando medidas de los pesos de los vehículos, usando equipos de básculas dinámicas. Hasta ahora sólo se ha considerado la IMDp en cada sección; pero, en un futuro cercano, se podrá disponer de la distribución de las cargas en cada una de ellas.

#### AUSCULTACIÓN

Para conocer el estado de la red, se han considerado, en la primera fase, dos tipos de datos. Los de deterioro y los del coeficiente de rozamiento. Los primeros se usan principalmente para conocer el estado de fatiga y las deformaciones debidas a la deformación plástica (roderas). Los segundos son fundamentales para la seguridad de los vehículos. Para conocer la capacidad estructural de algunos tramos, se utilizan deflectómetros, como el Lacroix o el Curviámetro o del tipo de impacto. El rendimiento de los deflectómetros tipo Lacroix y de los de impacto es considerablemente bajo. El Curviámetro mide a 18 km/h, encontrándose en fase de estudio. Aunque en España hay una larga experiencia en el diseño de las rehabilitaciones usando deflexiones, al ser éste un procedimiento lento y costoso, no se ha empleado en el sistema de gestión de firmes. Se espera que en el futuro se puedan tomar datos de toda la red, al emplear equipos con más alto rendimiento.

La regularidad superficial también es un parámetro que se está midiendo en las carreteras de la red. Se ha adoptado

el IRI como indicativo de la regularidad. Aunque aún no se ha incorporado este parámetro al sistema de gestión, se espera hacerlo en un futuro cercano.

#### DETERIOROS

Para evaluar el estado de los pavimentos se diseñó un método de inspección visual. Para hacerlo se tuvieron en cuenta varios factores. Habría que distinguir entre deterioros debidos a la fatiga de los otros. Para ello se dividió cada carril en 5 zonas. Solamente se consideran como deterioros de fatiga algunos de los que se encuentran en las zonas por donde pasan los vehículos o rodadas. Dentro de éstos, se distingue entre grietas longitudinales, grietas ramificadas, zonas cuarteadas y baches. También se consideraron los deterioros fuera de las rodadas y otros tipos de deterioros como roderas. No se hizo diferencia de gravedad en cada tipo de deterioro. Es decir, se trató de que el sistema fuera lo más sencillo posible y de que interviniera lo menos posible el criterio personal. Con esto, se tenía menos información; pero era más objetiva, y se podían comparar sin problemas zonas distintas. Experiencias anteriores habían mostrado que las inspecciones muy detalladas en las que pesaba mucho el criterio personal ocasionaban problemas.

La inspección visual se ha realizado a pie, en la mayor parte de los casos. En algunos, se hizo con vehículos que tomaban imágenes en vídeo. Será necesario mejorar la resolu-

ción de los vídeos para poderlos emplear en el futuro de forma generalizada. Las ventajas que tendría este método serían la de ser más objetivo, más segura la inspección, más fácilmente repetible y, a más largo plazo, la de un tratamiento automático de las imágenes. Este es un tema que se está estudiando y que supondría un considerable avance para el sistema de gestión de firmes.

**SEGURIDAD**

Para la medida del coeficiente de rozamiento, que tanta importancia tiene en la seguridad cuando los pavimentos están mojados, se usa el SCRIM (Sideway-force Coefficient Routine Investigation Machine). Es un equipo que se viene empleando desde hace años en la red, y del que hay buena experiencia. También se mide la textura con vehículos dotados con medidores láser, pero aún no se han incorporado al sistema de gestión.

En cuanto a las roderas, hay que decir que casi no existen en la red; pues, aunque hace años hubo algunos problemas, con el diseño actual de las mezclas, apenas se presentan. No obstante, es un defecto que se tiene en cuenta en la inspección visual.

**INDICES**

Para elegir los índices se planteó la posibilidad de elegir varios índices individualizados o un índice compuesto. En muchas administraciones se hacen combinaciones entre regularidad y deterioros. Sin embargo, la experiencia en las carreteras de la red, tal como se ha indicado anteriormente, no permitía hacer esas combinaciones, pues con los conocimientos actuales parece que la regularidad tiene una evolución distinta de la de los deterioros. Además, no se tenían datos de la regularidad de los pavimentos en el momento de su construcción. Por ello, se trató de forma separada a los deterioros y a la regularidad.

En cuanto a la posibilidad de combinar un índice de deterioro con el del coeficiente de fricción, se descartó, ya que los tratamientos para resolver cada problema son distintos. Es decir, como para cada problema puede ser necesario un tratamiento diferente, se han elegido índices distintos para cada caso. En la primera fase del Sistema de Gestión, se ha elegido un índice estructural que se obtiene como el porcentaje de longitud de carril que presenta deterioros debidos a la fatiga. Así 0 corresponde al mejor estado (sin deterioros) y a 100 al peor estado.

En cuanto al coeficiente de rozamiento, se ha tomado como índice un valor algo más complejo, pero que viene a ser semejante a tomar como índice de cada tramo el valor que es superado por el 95% de las medidas realizadas.

**ACTUACIONES**

Las actuaciones en la primera fase se han dividido en dos tipos. Unas de tipo estructural y otras de tipo superficial, según el índice de que se trate.

En las de tipo estructural, se ha tenido en cuenta el tipo de pavimento, el tráfico pesado que soportan y el valor del índice de deterioros debidos a la fatiga. Según las combinaciones de cada uno de esos factores, se propone la actuación correspondiente. Se ha supuesto que, en cada caso, la duración de la rehabilitación estructural será de unos 10 años. Además, a cada actuación se le da una valoración en una unidad monetaria de referencia.

En las actuaciones de tipo superficial, se ha tenido en cuenta el tráfico total, la tipología de la carretera y el valor

COSTE SGF - COSTE PROYECTO				
CARRETERA	INICIO	FIN	COSTE SGF	MPTAS/KM PROYECTO
N00002	464.80	465.90	13.83	21.19
N00004	52.70	58.75	33.07	27.73
N00004	58.75	59.35	33.00	27.73
N00006	407.00	407.10	11.75	12.23
N00006	407.10	408.00	21.00	12.23
N00006	408.00	420.00	14.70	12.23
N00006	421.80	424.00	14.68	12.23
N00006	424.00	424.50	9.20	12.23
N00006	427.30	427.60	16.67	12.23
N00006	427.60	432.00	13.73	12.23
N00110	189.70	189.73	6.19	17.46
N00120	426.00	426.65	21.08	14.81
N00120	426.65	427.00	21.14	14.81
N00120	427.00	429.50	14.72	14.81
N00122	458.00	458.06	16.83	11.92
N00232	405.90	411.60	15.85	34.86
N00234	28.90	31.00	14.24	8.13
N00234	31.00	33.70	13.19	8.13
N00234	33.70	36.00	17.17	8.13
N00240	118.40	118.44	11.50	6.99
N00260	476.00	477.90	9.89	4.53
N00260	477.90	478.00	3.30	4.53
N00502	20.60	20.70	11.75	10.33
N00502	77.40	77.50	4.40	17.76
N00620	192.99	193.00	17.64	18.28
N00625	40.90	62.00	10.64	25.42
N00625	115.14	121.70	10.08	12.15
N00625	130.00	131.00	9.90	12.15
N00630	152.00	153.00	21.00	13.98
N00634	148.40	149.30	8.85	3.38
N00634	154.00	172.00	10.72	3.38
N00634	172.00	173.70	5.06	3.38
N00004	53.00	58.80	27.62	27.73
N00004	58.80	59.35	22.00	27.73
N00004	81.72	81.88	14.38	23.63
N00004	250.00	250.60	14.50	21.33
MEDIA DE LAS DIFERENCIAS:				-0.09
DESVIACIÓN TÍPICA:				6.93
MEDIA DEL VALOR ABSOLUTO DE LAS DIFERENCIAS:				5.51
DESVIACIÓN TÍPICA DE LOS VALORES ABSOLUTOS DE LAS DIFERENCIAS:				4.20
DIFERENCIA MÁXIMA:				19.01
DIFERENCIA MÍNIMA:				0.09

TABLA 1. Costes de actuaciones según el SGF - Costes reales de proyecto.

del índice. En este caso no se dan muchos tipos de actuaciones, pues el problema se puede resolver de forma similar en todos los casos. También se valoran las actuaciones como en el caso anterior.

En ambos casos, se han tomado unos umbrales, por debajo de los cuales no se prescribe ninguna actuación, salvo la conservación rutinaria.

### PRIORIZACIÓN

Para las actuaciones estructurales se ha dado prioridad a los tramos con mayor tráfico de vehículos pesados y que se encuentren más deteriorados. En iguales condiciones, los firmes menos flexibles tienen preferencia. Así, teniendo en cuenta la intensidad de vehículos pesados, el deterioro y el tipo de firme, se asigna un grado de prioridad a cada tramo. En caso de que dos sean del mismo grado, se da prioridad al que tenga una IMDp mayor. Con esto se pretende dar preferencia a las carreteras en las que se han invertido más fondos, que suelen ser las que tienen mayor tráfico. Este criterio también favorece a los usuarios.

En las actuaciones para mejorar el coeficiente de rozamiento, se ha dado prioridad a las carreteras con mayor IMD y peor índice. Las carreteras con calzada única tienen preferencia frente a las que tienen doble calzada, porque suelen necesitar más frecuentemente un alto coeficiente de rozamiento. En resumen, se ha dado preferencia a aquellos tramos que más afectan a la seguridad de los usuarios.

### IMPLANTACIÓN

Los actividades que más problemas han dado antes de la implantación del sistema han sido el inventario y la inspección visual de los firmes. Se presentaron algunas dificultades para conocer con exactitud los espesores de algunas capas, y la fecha de construcción o de rehabilitación, debido a la falta de registros sistematizados.

La inspección visual de tantos kilómetros ha sido también dificultosa, y por ello fue necesario habilitar un método de inspección más rápido para algunas zonas. Para el futuro se ha diseñado un método de muestreo, que reducirá muchos de los inconvenientes que han surgido.

Hasta el momento de redactar esta ponencia el sistema sólo se ha utilizado una vez; y, por ello, la experiencia no es grande. Sin embargo, esta corta experiencia parece haber dado resultado en aumentar el poder convincente de conseguir fondos para la rehabilitación de carreteras. El contraste realizado entre los resultados del sistema y la opinión de los responsables de las distintas provincias parece ser prometedor. Asimismo, se han realizado contrastes entre los costes de las actuaciones propuestas por el sistema y las realizadas en la realidad. Aunque, en algunos casos, las diferencias son apreciables, el resultado es,

en conjunto, bastante bueno como puede apreciarse en la tabla 1.

En esta primera fase, el sistema proporciona una lista ordenada según las prioridades de las actuaciones y su coste, de una forma similar a la que se representa en la tabla 2. Como el presupuesto disponible no era suficiente para cubrir todas las actuaciones propuestas, éstas se ordenaron, de la forma indicada hasta alcanzar la cifra del presupuesto disponible. El resto de las actuaciones propuestas se ha aplazado para años venideros. Una tercera parte del coste total de las actuaciones estructurales se ha aceptado para el primer año. De las actuaciones superficiales, se han aprobado dos tercios de las propuestas por el sistema. El motivo de la mayor aceptación de estas últimas es que su coste es inferior y su repercusión en la seguridad, mayor.

### CONCLUSIONES

En una primera fase, se han hecho los trabajos necesarios para implantar un sistema de gestión de firmes. Se ha tratado de adaptar el sistema a los medios y a las necesidades de la red.

También se ha tratado de poner en marcha lo antes posible un sistema sencillo, pero riguroso. Se han descartado los sistemas complejos realizados para otras administraciones, por las dificultades en su adaptación y porque no resolvían los problemas específicos de la red. Asimismo, se ha evitado esperar a tener totalmente desarrollado un método complejo de elaboración propia. Se ha preferido implantar un sistema propio mediante fases, que permitieran aprovechar sus resultados lo antes posible.

Aunque la toma de datos no ha carecido de dificultades, se han utilizado ya los resultados para hacer los planes de rehabilitación de la red. Se han comparado las propuestas del sistema de gestión con las necesidades observadas en cada provincia y con los proyectos redactados por los responsables de la conservación. Los resultados de esta comparación son satisfactorios.

En estas labores han surgido dificultades que, en parte, se han subsanado y, en parte, será necesario solucionarlas más adelante. Es preciso mejorar el inventario para conocer mejor las características de los firmes. También es conveniente hacer una adaptación del método de inspección visual para poderlo simplificar o, si es posible, automatizar. Asimismo, deberán incorporarse los datos de regularidad superficial y de deflexiones.

Los trabajos para las siguientes fases están en marcha, esperándose tener en poco tiempo, modelos de predicción de comportamiento contrastados con la realidad.

Se esperan obtener muchos beneficios del sistema de gestión. Además de los de una gestión más eficaz, se podrán mejorar los conocimientos sobre el comportamiento de los firmes y las técnicas de construcción.

PRIORIDAD	CRTRA.	CALZADA	PK INICIAL	PK FINAL	TIPO DE ACTUACIÓN	COSTE	COSTE ACUMULADO
1	N-538	Única	965.6	970.7	A-2	177.6	177.6
2	N-679	Única	330.8	334.0	A-3	101.0	278.6
3	N-287	Única	4.0	9.5	S-3	115.5	394.1

TABLA 2. Tabla de priorización.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores desean expresar su agradecimiento a los Servicios de la Dirección General de Carreteras que han suministrado los datos que han hecho posible el desarrollo del sistema, así como su colaboración y apoyo.

También quieren agradecer su colaboración a Isabel Martell y a Belén de la Calle que han tratado ingentes cantidades de datos; a Ángel Díaz que se ha ocupado de la presentación de la documentación; y a Luis Alonso por su valiosa aportación para la confección automática de mapas.

## BIBLIOGRAFÍA

1. F. ACHÚTEGUI. *La gestión de firmes en el MOPU. Jornadas sobre estrategias de inversión en conservación y gestión de firmes.* AIPCR, Madrid, noviembre 1990. pp. 7-25.

2. A. LACLETA. *Sistemas de Gestión de firmes. El Estado de la cuestión en Europa.* Rutas, Nº 31, julio 1992, pp. 5-10.

3. B.C. BLASCHKE. *Sistemas de gestión en los Estados Unidos. Jornadas sobre estrategias de inversión en conservación y gestión de firmes.* AIPCR, Madrid, noviembre 1990. pp. 75-103.

4. *Guidelines on Pavement Management.* American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, D.C. 1985.

5. *Guidelines for Pavement Management Systems.* American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, D.C. julio 1990.

6. F. ACHÚTEGUI y O. GUTIÉRREZ-BOLÍVAR. *Gestión de la conservación de carreteras. Jornadas Técnicas sobre Conservación de Carreteras.* AIPCR, Sevilla, marzo 1991. pp. 11-23.

7. O. GUTIÉRREZ-BOLÍVAR. *Bases de datos. Aplicación práctica.* Rutas. Nº 31, julio 1992, pp. 15-25.



# CONTRIBUYENDO A LA CALIDAD DE LAS CARRETERAS ESPAÑOLAS



EPTISA ha desarrollado para la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Obras Públicas, el sistema para el "Control de Auscultación de Firmes" en la Red de Carreteras del Estado.



### EPTISA

c/ Arapiles, 14  
Teléf.: (91) 445 03 00  
28015 Madrid

### CINSA-EP

c/ Arechavaleto, 3  
Teléf.: (94) 443 47 62  
48010 Bilbao

### INTECASA

Polígono Polizur Nove 25  
Teléf.: (93) 691 25 11  
08290 Cerdanyola  
Barcelona

### IBERING

Plza. Gala Placidia, 1-3 - 6ª Pta.  
Teléf.: (93) 218 04 54  
08006 Barcelona

### IDASA

c/ Pérez Cepeda, 57  
Teléf.: (981) 25 90 00  
15004 La Coruña

# PAVIMENTO DRENANTE CON **STYRELF**\*

## AUTOVIA **A-6**

— **TRAMO** —  
**PUERTA DE HIERRO  
VILLALBA**

**STYRELF IBERICA, S. A.**  
ha colaborado con  
**DRAGADOS  
Y CONSTRUCCIONES**  
con el fin de mejorar  
la calidad del revestimiento  
y ha contribuido  
a aumentar  
el confort del usuario.

**STYRELF**, el único procedimiento químico de polimerización de betunes, puesto en obra en España.

**STYRELF**, el proceso que permite seleccionar y adaptar el tipo y el grado de modificación a cualquier betón para definir una solución fiable e innovadora.

**STYRELF**, la nueva generación de betunes elastómeros polimerizados que da más vida útil a las carreteras.

**STYRELF**, más de 19 años de experiencia mundial en tecnología de asfaltos modificados.

**STYRELF**, líder mundial en betunes modificados para las carreteras con más de 3.500.000 toneladas aplicadas en el mundo.

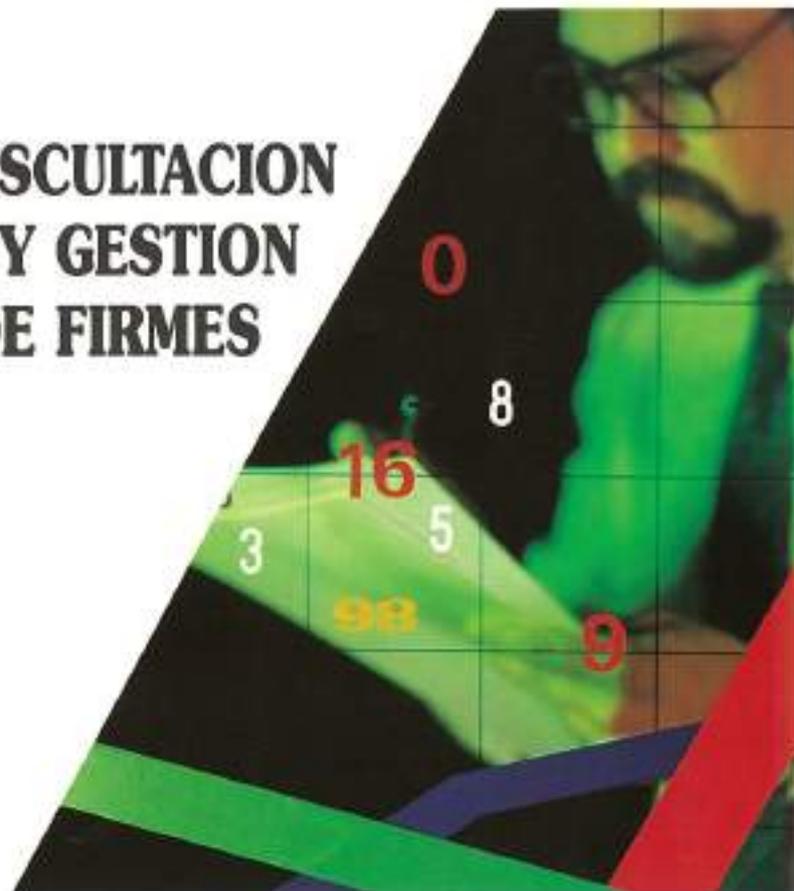


## **styrelf**® Ibérica

Avenida de América, 32 - 2º - 28036 MADRID (ESPAÑA)  
Telefs.: (91) 337 67 03/62 89 • Fax: (91) 337 64 67

\* **STYRELF 13-60 A** (A) con poliamina inyectada conjuntamente en el momento de la polimerización del betón (polímero).  
Patentes nº 465 476 - 485 814 - 481 722 - 517 713 - 523 135 - 551 997 - 551 998  
Producto comercializado en España por PROAS del Grupo CEFSA, bajo licencia ELF.

# AUSCULTACION Y GESTION DE FIRMES



**ELSAMEX**

**SERVICIOS Y ASISTENCIA TECNICA**

Parque Empresarial Barajas Park  
San Severo, 18 • 28042 MADRID  
Tel.: 329 44 77 / 329 45 18  
Fax: 329 40 57