



Miguel de León

El hormigón ofrece mayor duración y mínimos gastos de conservación.

La revolución en el transporte mecánico ha sido uno de los grandes fenómenos del siglo y el automóvil con la flexibilidad e independencia que brinda para la movilidad y la relación ha sido un agente modificador de la sociedad. El urbanismo, el turismo, la localización industrial y puede decirse que cualquier actividad son hoy deudores, en gran medida, a este medio de comunicación que se fue perfeccionando y masificando hasta llegar a límites insospechados.

El transporte de viajeros y el transporte de mercancías fueron afluendo a la carretera, hubo tráficos generados por el desarrollo y tráficos inducidos por las facilidades del propio medio; todo se integraba en intensidades crecientes de circulación que exigían nuevas características geométricas y resistentes en la infraestructura viaria: secciones más amplias, duplicación de calzadas, pavimentos más resistentes a las cargas y seguros para la circulación veloz, señalización y balizamiento.

Nos detendremos en el aspecto de los afirmados y pavimentos que reflejan de modo muy acusado la gran transformación de la ingeniería de carreteras. Fue ésta fruto de una loable dedicación profesional con estudio sistemático de los nuevos problemas y utilización de las experiencias propias y ajena. Así se fue creando una tecnología base y una normativa de aplicación y control como pauta para el logro de la obra bien hecha en cuanto a objetivos y condiciones de servicio.

El justificado interés por el empleo de pavimentos de hormigón, principalmente por las ventajas de su mayor duración y mínimos gastos de conservación, ha dado origen a un destacado avance en soluciones y experiencias que fueron definidas en el reciente Simposio que es objeto de nuestro informe.

El objetivo de los simposios internacionales sobre carreteras de hormigón, que se iniciaron con el de París en 1969, es proporcionar el intercambio de experiencia en una tecnología que se perfecciona y propaga en su utilización para responder a las solicitudes de un tráfico cada vez más pesado, singularmente en las redes viarias principales. Pero no es sólo en éstas donde se emplean los pavimentos de hormigón y también hay otras capas de la sección estructural en las que se utiliza el cemento como conglomerante.

Dentro de ellas cabe citar como novedad las de hormigón compactado con rodillo a las que se ha dedicado un seminario en el Simposio que nos ocupa.

En sexto Simposio Internacional celebrado en Madrid en los días 8 al 10 del pasado octubre fue organizado por Cembureau (Asociación Europea del Cemento), AIPCR (Asociación Internacional Permanente de los Congresos de Carreteras) y Oficemen (Agrupación de Fabricantes de Cemento de España) con la colaboración del MOPU e IECA (Instituto Español del Cemento y sus Aplicaciones). Todas las entidades citadas vienen coordinándose desde hace años en la promoción de la investigación y el conocimiento de las técnicas de pavimentos rígidos. A través de los simposios que se celebran con periodicidad de cuatro años se recoge una información muy valiosa, integrada por las múltiples y variadas comunicaciones aportadas. Es digno de mención el compromiso del Comité Organizador que con ejemplar

portamiento y experiencias concretas de la moderna técnica de pavimentos, solución de armadura continua, losas cortas con juntas provistas de pasadores, losas gruesas sobre capa drenante, etc.

En los últimos años, y singularmente después del quinto Congreso celebrado en Aquisgrán (Alemania Federal), la tecnología de los pavimentos de hormigón se ha orientado al mejor comportamiento y la mayor duración de las calzadas pese al crecimiento del tráfico pesado, que se deriva de una desequilibrada distribución modal del transporte que en España es particularmente acusada. Hay que proyectar pavimentos para 30 ó 40 años de vida, considerando, en los casos que proceda, posibles reciclados o rehabilitaciones a tiempo que eviten soluciones iniciales abusivamente irrentables. Esto exige unas técnicas muy depuradas y unas consideraciones ajustadas del proyectista en cuanto a previsiones de tráfico y conocimiento de suelo y clima en el emplazamiento del trazado.



En la foto, fase avanzada de construcción de una autovía.

esfuerzo entregó a los participantes la publicación definitiva de la documentación aportada que este año consta de siete tomos sobre los siguientes temas: *Pavimentos modernos para tráfico pesado* (3 t), *Innovaciones en otras áreas* (1 t), *Conservación y rehabilitación* (2 t) y *Hormigón compactado* (1 t).

Un índice elocuente del aumento del interés por los pavimentos de hormigón fue el número de participantes, 1.100 procedentes de 37 países, y la presentación de 235 comunicaciones relativas a proyectos, materiales, normas vigentes (1), métodos de control, análisis de com-

Se dice, con razón, que en los países industrializados la conservación va siendo más importante que la construcción de nuevos tramos, (que es cada vez menor porque se va completando la red) y éste es el caso de la rehabilitación de los pavimentos de hormigón para la que es preciso poner a punto soluciones eficaces entre las que se van destacando las de refuerzo con capas bituminosas.

Los pavimentos de hormigón en España

En los últimos treinta años la transformación de nuestra red de carreteras

Se dice, con razón, que en los países industrializados la conservación va siendo más importante que la construcción de nuevos tramos, y éste es el caso de la rehabilitación de los pavimentos de hormigón para la que es preciso poner a punto soluciones eficaces.

—singularmente la Red Primaria— ha sido muy importante y no se ha reconocido en todo su mérito, la renovación de la tecnología y el equipamiento empresarial para adaptarnos a las normas de proyecto y construcción que exigían las circunstancias del desarrollo de la nación. En el cambio nos hablan precedido, en soluciones necesarias por el imperativo del tráfico, otros países y, principal y concretamente, los americanos. Las nuevas técnicas de carreteras, las del Proctor, el CBR y el Marshall no llegaron a Europa hasta fines de la década de los 40 y en España empezamos a aplicarlas, aún en pequeña escala, a finales de los 50. Actualmente podemos ofrecer un muestrario de tramos realizados con la moderna tecnología, tanto en pavimentos bituminosos como de hormigón hidráulico.

España tiene actualmente una red global de 324.000 kilómetros (suma de carreteras y caminos de tránsito público y permanente) de los cuales 20.375 kilómetros dependen de la Dirección General de Carreteras del MOPU. Esta Red del Estado canaliza más del 60% del tráfico total e incluye del orden de 2.000 kilómetros de autopista. Apróximadamente un tercio de las vías por las que circula el tráfico pesado tienen pavimento de hormigón.

España ocupa el tercer lugar de los países de la Comunidad en transporte de mercancías por carretera después de Italia y Alemania, si bien es la primera si se relaciona el peso con el número de habitantes. En la distribución modal del transporte terrestre, expresado en

(1) Señalamos en estos aspectos el gran interés y esfuerzo que supone el confeccionado *Cuadro sinóptico de prescripciones y prácticas en las carreteras de hormigón de Europa* que se entregó a los participantes. Incluye 16 países, recogiendo parámetros de proyecto, tipos de materiales, juntas, hormigón, puesta en obra y acabado.



El acopio de material de un lugar cercano abarata y reduce el tiempo de obra.

toneladas x kilómetro, la carretera se lleva aproximadamente el 90%. Contribuye asimismo al efecto destructivo de los firmes las crecidas cargas por eje, 13 toneladas en eje simple, 21 en eje tandem y 24 en eje triple (2).

Estas circunstancias abonan la solución de pavimento de hormigón en las vías de tráfico pesado. Con este criterio se introdujo en España la solución hormigón por el Circuito Nacional de Firmas Especiales en algunas carreteras del Norte a finales de los años 20. Se empleó el "empedrado concertado" llamado vulgarmente *hormigón blindado*.

Las circunstancias de guerra y postguerra paralizaron la ejecución de firmes de hormigón hasta los años 60 en que con el Plan General de Carreteras se propusieron grandes mejoras para la Red Nacional, adaptadas al tráfico previsible. En 1965, quien ésto escribe proyectó el firme del tramo de autopista de la Variante de Torrejón (CN II de Madrid a Barcelona), con solución de losas no armadas y pasadores de transmisión de cargas. Este tramo se abrió al tráfico en 1968 y ha soportado en 22 años más de 40 millones de vehículos pesados en cada sentido de circulación, manteniéndose en buen estado.

Sobre la posterior experiencia española en carretera de hormigón informa una interesante ponencia,

presentada por Rocci y Kraemer, que resume soluciones y comportamientos de nuestros tramos de autopistas e innovaciones en la Instrucción 6.1 y 2-IC "Secciones de firme de 1989" con vistas a la mayor durabilidad de los pavimentos y a la reducción del riesgo de fatiga precoz, causa de fisuración y otros deterioros (3).

Una buena parte de los pavimentos españoles de hormigón se construyeron en las autopistas de peaje en zonas de favorable clima mediterráneo; se dimensionaron para un tráfico de mil vehículos pesados/día en el carril de proyecto con ayuda de las normas de California, habida cuenta de la corrección correspondiente al incremento de carga en ejes-patrón. Se adoptó la solución de losas de hormigón en masa, con juntas oblícuas de separación variable y periódica (3,5 - 4 - 6 - 5,5 metros) sin pasadores. Las bases eran de grava-cemento hoy consideradas moderadamente erosionables con tendencia a sustituirlas por hormigón magro.

Como se dice en la Ponencia el comportamiento de este pavimento ha sido en general satisfactorio salvo en algunas zonas en las que se produjeron fenómenos de surgencia, con escalonamiento en las juntas y grietas transversales a causa de la fatiga, principalmente en las losas de longitud superior a cinco metros. Se menciona asimismo el buen

comportamiento de los pavimentos de armadura continua (losa de 22 cm. de espesor y cuantía de acero del 8,5 por mil) de la "Y" Asturiana (Autopista, Oviedo-Gijón-Avilés, 43 km.), en una zona lluviosa y de tráfico pesado que lleva 15 años en servicio y ha llegado a una IMD de 40.000 vehículos (4).

En el simposio de Aquisgrán (1986) se pusieron de manifiesto algunas ideas sobre los firmes de hormigón que se proyectan para períodos de servicio de 30 años. Con arreglo a ellas (ligero aumento de espesores, en las losas de hormigón en masa, bases no susceptibles de erosión, juntas con separación inferior a 6 metros, disposición de pasadores para IMD superior a 800 vehículos pesados por carril) se redactaron unas normas para aplicación en el Programa de Autovías. En la Instrucción de 1989 se refundió y actualizó la normativa anterior.

Pavimentos para tráfico pesado

Cada vez son mayores las exigencias de resistencia, regularidad, textura e insonoridad de los pavimentos de carreteras y autopistas, por la repetición de cargas que crecen en magnitud y frecuencia. El volumen del transporte por carretera está llegando a niveles tope en los países más adelantados de la Comunidad, crece a buen ritmo en el resto y a mayor va a crecer en lo que fue la Europa del Este, en situación muy deficitaria de parques de vehículos. Exige esto un gran esfuerzo en inversiones y en la asimilación y puesta al día de la tecnología *lato sensu*: investigación, proyecto, métodos de construcción, equipos de maquinaria y control de calidad. El ingeniero y sus colaboradores están hoy obligados a un reciclado que les mantenga en el

“
El firme del tramo de autopista de la Variante de Torrejón (CN-II de Madrid a Barcelona) ha soportado en 22 años más de 40 millones de vehículos pesados en cada sentido de circulación, manteniéndose en buen estado.”

(2) El tráfico de mercancías por nuestras carreteras crece en los últimos años a un ritmo del orden del 10% (9% en 1989). Se estiman en un 5% los vehículos con carga abusiva por encima de los ejes-patrón y se acusa un aumento importante en la circulación de vehículos con eje triple (25%).

(3) ROCCI, S. y KRAEMER C. *La Nueva Instrucción Española sobre proyecto de firmes*.

(4) Vid GARCIA-ARANGU I. y SUAREZ J.M. *La autopista de Asturias Balance de sus primeros 15 años bajo tráfico*.

conocimiento de las técnicas más apropiadas para cada caso, considerando materiales disponibles, previsiones de tráfico, dimensionado y distribución multicapa de la sección estructural, condiciones medioambientales y sistemas de drenaje.

Las múltiples consideraciones que exigen el proyecto y la construcción de los pavimentos modernos para tráfico pesado se reflejan en la gran variedad de las comunicaciones presentadas que sería prolífico enumerar. Ideas y experiencias relativas a: correlación entre investigación y construcción de fúrnimes, cálculo de espesores, cargas pesadas y tensiones en el pavimento, función eventual de los arcenes que condiciona sus características resistentes, optimización de la textura superficial, hormigones superplastificados de gran trabajabilidad y alta resistencia inicial, pavimentos de hormigón con revestimiento bituminoso, empleo de aireantes para garantizar la resistencia al hielo-deshielo y al efecto agresivo de las sales fundentes.

Una ponencia alemana informa sobre el buen comportamiento de un hormigón superplastificado, empleado en los casos en que sólo puede cerrarse al tráfico en un período muy corto el tramo de carretera que se repara o refuerza (5).

Algunas comunicaciones ponen énfasis en la necesidad de pasadores para aumentar la capacidad resistente del pavimento, incluso con espesores más reducidos de la losa. Así mismo podrían reducirse las características exigidas a la base en cuanto al efecto de las cargas verticales, si bien con esta primera capa subyacente más que a la respuesta mecánica, se debe atender a la resistencia a la erosión para evitar irregularidades de asiento como consecuencia de fenómenos de surgencia. Esto es singularmente importante considerando el aspecto económico-funcional y dentro de éste los largos períodos de servicio que se asignan a los pavimentos de hormigón proyectados con las nuevas normas y criterios.

El creciente interés por el empleo de hormigón poroso en pavimentos de hormigón se manifestó en algunas de las comunicaciones. Existe una experiencia importante en capas de rodadura con mezclas asfálticas drenantes en las que España ha sido pionera; el fin esencial de rápida evacuación de las aguas pluviales se ha mostrado acompañado de otras cualidades: antideslizamiento en pavimento húmedo o helado y baja sonoridad bajo tráfico. Las mismas ventajas pueden conseguirse en los pavimentos de hormigón. Existe ya experiencia en zonas urbanas, con soluciones motivadas principalmente por razones de insonoridad.

En una ponencia holandesa (6) se informó de los ensayos realizados para reducir el nivel sonoro. Se investigaron tres posibilidades para la capa de rodadura: con hormigón poroso sin árido fino, superficie de hormigón denso (árido < 10 mm) lavada y tratamiento superficial con resina epoxídica y árido fino. Los resultados mostraron que son comparables las capas primera y tercera con 6 decibelios (A) menos que la segunda.

El aseguramiento de la calidad

La resistencia frente a las cargas del tráfico y la adecuada distribución de éstas sobre la explanada de apoyo, la



La necesidad de un buen drenaje es algo evidente.

seguridad y confort de circulación por la textura y regularidad superficial constituyen aspectos de proyecto y ejecución que acreditan la calidad de los pavimentos de hormigón.

Pero en todo caso el más categórico argumento para la solución de pavimento rígido corresponde a su durabilidad potencial que permite llegar a largos períodos de servicio con mínimas operaciones de reparación o conservación. Sin embargo no hay que olvidar que esta durabilidad exige como precondición *sine qua non* una "excelencia" de calidad garantizada por un estricto sistema de control. A diferencia de los pavimentos asfálticos con los pavimentos de hormigón, la corrección o rehabilitación de una calzada con defecto de origen es muy costosa y de dudoso éxito. En consecuencia el *aseguramiento de la calidad* (AC) es imprescindible en todo el proceso de proyecto y ejecución para evitar gastos imprevisibles y, casi siempre, reparaciones complicadas. Se necesita pues un nuevo enfoque del control de calidad en un sentido amplio y global; ésto es lo que se define como aseguramiento.

El control de calidad de obra en su significado tradicional está basado en una normativa detallada y en general sancionada por la experiencia, en criterios de conformidad, características de identificación y límites

(5) Se trata de un hormigón de 350 kilogramos de cemento con relación agua/cemento de 0,45, adiciones de plastificante del 2% y de aireante del 0,2%.

(6) EERLAND, D. W. et al. *Developments in noise reduction of concrete roads in the Netherlands*.

Existe una experiencia importante en capas de rodadura con mezclas asfálticas drenantes en las que España ha sido pionera; el fin esencial de rápida evacuación de las aguas pluviales se ha mostrado acompañado de otras cualidades: antideslizamiento en pavimento húmedo o helado y baja sonoridad bajo tráfico.

En las conclusiones del último congreso mundial de la AIPCR se consideró con especial interés el desarrollo del sistema de gestión de carreteras cuyo objetivo principal es disponer de la información necesaria para la decisión en cuanto a niveles de servicio, medidas de rehabilitación y conservación y destino de inversiones, con un ajustado criterio en el aspecto económico-funcional. 99

tolerables para los materiales y práctica de la construcción: estas bases circunscribían el AC a ensayos de control en la recepción de materiales, exigencias para sus mezclas y obra terminada. El resultado de ensayos y pruebas normalizadas eran condicionantes para la aceptación.

Los modernos desarrollos y experiencias positivas de algunas técnicas de producción compleja-asimilables a los procesos de la industria han hecho posible la reconsideración del control de pavimentos. Una ponencia alemana ilustra sobre la evolución y perfeccionado del aseguramiento de calidad basados en la planificación sistemática del control, durante todas las fases de la producción y construcción (7). Se refiere el ponente en la minimización de errores y defectos que puede conseguirse por una aproximación a la obra paso por paso, desde el conocimiento de la interacción entre las diferentes partes de la estructura del firme, situación de la capa frágil y drenaje necesario, efectos térmicos, etc. Como se dice, el AC en la forma en que debe llevarse hoy es un desafío para los profesionales que participen en el planeamiento, proyecto y construcción de carreteras, cubriendo un proceso que requiere, en todas sus fases, exigencias inequívocas de calidad y aceptación.

A título de ejemplo se citan deficiencias que han sido relativamente frecuentes en pavimentos de hormigón respecto a la producción de grietas: a) consideración de movimientos entre

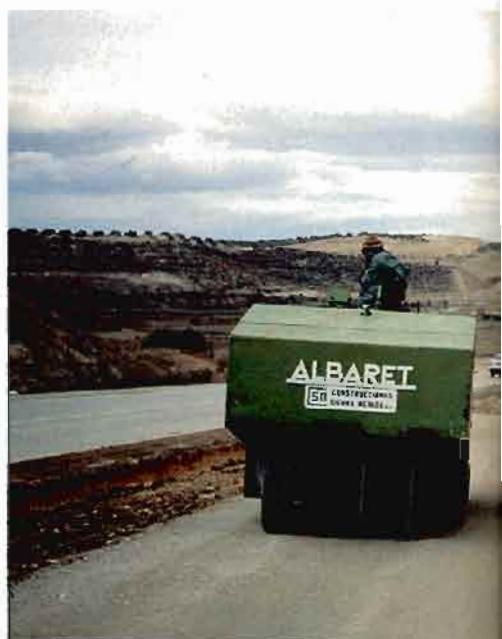
losa y base por variaciones térmicas, b) tensiones y efectos de fatiga debidas a cargas del tráfico superiores a las hipótesis de proyecto, c) tipo de hormigón inadecuado o curado insuficiente, d) efecto helada y mal drenaje y e) deterioro de las juntas debido a la erosión de la base.

Estas causas y sus efectos han sido minuciosamente analizadas y clasificadas en las autopistas alemanas; los resultados obtenidos se están recogiendo en *manuales de experiencia y buena práctica* para aumentar el aseguramiento de la calidad, que serán utilizados por los proyectistas de nuevos tramos o refuerzos de los existentes. Proseguirá una observación continua sobre la cuestión dado su interés en los aspectos técnicos y económicos de la carretera de hormigón.

Gestión y rehabilitación de pavimentos

En las conclusiones del último congreso mundial de la AIPCR (Bruselas, Septiembre de 1987) se consideró con especial interés el desarrollo del sistema de gestión de carreteras cuyo objetivo principal es disponer de la información necesaria para la decisión en cuanto a niveles de servicio, medidas de rehabilitación y conservación y destino de inversiones, con un ajustado criterio en el aspecto económico-funcional. Dentro de la consideración general de las redes (infraestructura y elementos complementarios) destacan los firmes como capítulo más importante por su exposición al efecto destructor de las cargas del tráfico, circunstancias por la que requieren observación y análisis resistentes, determinantes de los tratamientos oportunos para evitar deterioros progresivos, origen de elevados costes adicionales de mantenimiento y explotación.

Hasta ahora los sistemas de gestión se han desarrollado más en el campo de los firmes asfálticos por razones obvias de necesidad y posibilidades de crecimiento gradual, siguiendo el aumento de tráfico. La técnica de los pavimentos de hormigón es en todo caso más reciente, sus períodos de vida son más largos y menores los gastos de conservación. Sólo dos de las ponencias presentadas se refieren a la gestión propiamente dicha pero hubo varias relacionadas con ella en cuanto a técnica de evaluación del pavimento, auscultación deflectográfica dinámica, propagación de ondas ultrasonicas, métodos de impedancia, etc.



Señalamos el interés de la ponencia presentado conjuntamente por la Universidad de Illinois (EE.UU), y el Departamento de Transporte del Estado sobre la gestión de la red de autopistas interestatales (8). Incluye esta red 2.720 kilómetros con pavimento de hormigón de armadura continua con juntas. Las calzadas se construyeron en el periodo 1950-1980 y ofrecen un amplio muestrario en cuanto a diferentes categorías de tráfico pesado y secciones estructurales. En gran parte de la red es necesaria la rehabilitación ya que los tramos han superado los 20 años de servicio que era el horizonte del proyecto y han soportado tráficos que en algunos casos triplican las prognosis de cálculo. El Departamento



(7) THIELEN, G. *Novel developments in the quality assurance of road construction projects*.

(8) MOHSEN, A. et al. *Pavement Management for concrete pavements*.



Compactación del hormigón con rodillo.

de Transporte ha puesto a punto un sistema de gestión de pavimentos para la programación de estrategias óptimas de rehabilitación; los créditos presupuestarios destinados a este fin son limitados y sólo algunos tramos pueden ser atendidos cada año lo que exige fijar índices rigurosos de prioridad para las obras que deben acometerse.

Se parte de modelos de predicción de comportamiento en función del tráfico, estado de conservación del pavimento y condiciones ambientales; sobre ésto existe información en el banco de datos que se creó al efecto. El programa (9) utiliza los modelos para la elección del tipo de rehabilitación que corresponde a una



Carretera de hormigón. Detalle.

inversión óptima de los fondos. Se consideran cinco tipos que corresponden a distintos grados de deterioro del pavimento: conservación de rutina, refuerzo con hormigón, revestimiento de mezcla bituminosa (7,5 cm.), id. (12,5 cm.) y reconstrucción.

Pavimentos de hormigón compactado

Como complemento del Simposio tuvo lugar un Seminario dedicado al hormigón compactado con rodillo (HCR), una técnica a medio camino entre el hormigón vibrado tradicional y las bases tratadas con cemento. Los pavimentos de hormigón compactado han despertado gran interés en diversos países y España se encuentra entre los pioneros de esta solución que se empezó a emplear en la provincia de Barcelona en 1970, principalmente en vías de tráfico ligero: calles de urbanizaciones residenciales y caminos rurales. También se ha utilizado en calzadas y refuerzos para tramos de tráfico medio o pesado a partir de 1984. Se trata de mezclas de consistencia muy seca con árido de tamaño no superior a 20 milímetros (excepcionalmente 25) para evitar la segregación y facilitar la compactación. Tienen ventajas en cuanto a economía y rápida apertura al tráfico. La Instrucción española de firmes admite la solución HCR para todas las categorías de tráfico, con espesores de 25 a 20 centímetros y revestimiento asfáltico de 10 a 8 centímetros para tráfico pesado o medio; en tramos de tráfico ligero es suficiente un tratamiento superficial. Salvo para casos de bajo tráfico y explanada de buena calidad debe disponerse una sub-base de suelo-cemento de 15 ó 20 centímetros de espesor. Se presentaron al Seminario 16 comunicaciones relativas al desarrollo de la técnica del HCR en diversos países: experiencias de comportamiento en vías de distintos tráficos, análisis comparativo de módulos de deformación y metodología de ensayos.

Pavimentos con proyección al futuro

En las ponencias y las intervenciones del Simposio se cubrieron muy diversos aspectos de técnicas y métodos de gran porvenir en la construcción y rehabilitación de pavimentos. Justifican este porvenir por un lado la necesidad de ampliación

y mejora de la infraestructura viaria que requiere el desarrollo de una sociedad motorizada y por otro las ventajas que ofrecen las soluciones propuestas en cuanto a comportamiento y funcionalidad ligadas naturalmente ambas a las economías de construcción y explotación.

En este amplio foro internacional se ha hablado de autopistas de tráfico pesado pero también de pequeñas vías urbanas y rurales, porque la red global puede beneficiarse con el empleo de firmes de hormigón de variados tipos. En consecuencia es necesaria la máxima difusión de esta tecnología por los Servicios de Carreteras de las distintas Administraciones, consultores, concesionarios y constructores. Señalamos la importancia del Simposio de Madrid en este aspecto; de él queda como constancia la edición de las ponencias a la que aludimos al principio, amplia y actualizada documentación orientadora y muy valiosa para la consulta de proyectistas y constructores.

Existe un decidido afán de disponer de firmes mejor gestionados, con soluciones que se aproximen a la óptima en cuanto al proyecto y acondicionamientos o refuerzos en el momento preciso para prolongar la vida del pavimento con buen índice de servicio. Prosigue la investigación, cada vez con más medios, y avanza una teoría que se va contrastando con la experiencia acumulada de los tramos en servicio. Las irregularidades de suministro y el encarecimiento del producto, posibles en el campo de los ligantes bituminosos, constituyen un factor para que la elección pueda inclinarse a los firmes rígidos; no obstante prosperan asimismo las soluciones mixtas de hormigón-asfalto. Se pone énfasis en la atención a la total sección estructural y con ello se pueden lograr firmes de larga vida y mínimos costes de conservación. Todo justifica el interés de una aplicación correcta de estos pavimentos con proyección de futuro que merecen consideración preferente de ingenieros y administradores.

(9) Es el programa denominado COPES (Portland Cement Concrete Pavement Evaluation System) en el que se han puesto a punto 40 modelos para predecir la evolución de índices representativos del comportamiento de un firme rígido. Para concretar la colaboración de Europa-EE.UU. en la AIPCR se ha creado un subcomité de evaluación de pavimentos de hormigón.