

Algunas intervenciones españolas relevantes en el Congreso de Kuala Lumpur



A continuación publicamos las intervenciones íntegras de D. Juan Lazcano y de D. Ángel Lacleta, Coordinador y Relator, respectivamente del Tema Transversal KL-1, y un resumen de las intervenciones de D. Aniceto Zaragoza y D. Felipe Ruza, esta última de otra sesión y tema.

INTERVENCIÓN DE D. JUAN LAZCANO

Introducción

Ayer tarde, hemos asistido a la Sesión Inaugural del Congreso y esta mañana al Pleno del Congreso relativo al asunto fundamental de la financiación de las carreteras.

Después de ello, ahora me corresponde, por mi calidad de Coordinador del Primero de los Grandes Temas en que el vi-

gente Plan Estratégico de nuestra asociación dividió sus actuaciones, iniciar la primera de las sesiones, que pudiéramos llamar, ordinarias del congreso.

Recordaremos que el Gran Tema al que me acabo de referir se denomina "Técnicas de carreteras" y agrupa las actividades de los comités técnicos de "Características superficiales", "Firmes rígidos", "Firmes flexibles" y "Movimiento de tierras, plataforma y drenaje".

Evidentemente, hay más Comités Técnicos que también se ocupan de otros aspectos de la

técnica de carreteras. Pero los cuatro citados al principio pueden ser considerados como los más específicos de la carretera: el soporte en que se asienta, la estructura que resiste las cargas de los vehículos y la superficie por la que estos circulan con seguridad y confort.

Desgraciadamente y contrariando mi voluntad, no he podido seguir los trabajos de los cuatro comités con la presencia y asiduidad que hubiera deseado. Pero conozco muy bien sus actividades por las noticias que me han llegado, sus publi-

caciones y los informes de este congreso.

Aunque procuraré asistir a las sesiones de los comités, aprovecho esta ocasión para felicitar a los cuatro presidentes por la forma en que han sabido orientar y organizar los trabajos, y a los miembros por la dedicación y actividad que han hecho posible la culminación de aquellos.

Agradecimientos

Antes de entrar en la presentación propiamente dicha, he de mostrar mi mayor agradecimiento a los miembros del Grupo de Coordinación del Tema, señores: Henry, Domenichini, Colwill, Escario, Lacleta y Álvarez por su trabajo en el diseño y organización de la sesión, así como en la preparación de los documentos de invitación para los Informes Nacionales y para las comunicaciones individuales, así como en la selección de estas últimas.

Una cita muy especial de agradecimiento hay que dedicar a los dieciocho países que han enviado sus Informes Nacionales: Alemania, Australia, Austria, Bélgica, Croacia, Cuba, Eslovaquia, Francia, Hungría, Italia, Japón, Marruecos, México, Nueva Zelanda, Países Bajos, Polonia, Suecia y Suiza, así como a sus autores.

Un reconocimiento muy singular hay que dedicar al Dr. Robin Dunlop, Gerente de *Transit New Zealand*, que aceptó preparar la conferencia que oiremos dentro de unos minutos.

Asimismo he de expresar mi gratitud a los animadores de las sesiones, señores Bowskill, Huvstig, Magnusson, y Scazziga, y a los panelistas, señores Gulyas, Valverde Miranda, Kraemer, Verhee y Reeves.

Y el último agradecimiento, pero no el menor, es el que de-



La foto recoge el momento de la recogida de la documentación del congreso por parte de D. Juan Lazcano y D. Ángel Lacleta.

dico a los señores que han preparado comunicaciones, hayan sido aceptadas o no, ya que el mero hecho de interesarse por nuestro tema, nos satisface.

Antecedentes

Entrando ya en nuestro tema, que se llama transversal porque vincula transversalmente los cuatro aspectos básicos de la técnica vial, ya mencionados, haremos algunas consideraciones históricas.

En su evolución, desde senda para peatones y caballerías, pasando por las fases de calzada y camino de herradura, hasta las modernas autopistas, la carretera ha sido el soporte físico del modo de transporte terrestre más extenso y podríamos decir que indispensable, puesto que es prácticamente el único que nos permite recoger y llevar las mercancías a los sitios más recónditos del planeta.

Si bien históricamente parece que la finalidad de las primeras calzadas fue militar, simultáneamente fue aprovechada para el comercio y el transporte de personas, llegando a estar en la actualidad su utilidad comercial y económica muy por encima de su interés bélico.

Paralelamente han ido evolucionando los deseos de los

usuarios de las carreteras: en principio fueron "poder pasar", y, posteriormente, fueron "poder circular" con los vehículos más evolucionados cada vez. Pero se pensaba poco, o nada, en el coste social de esta circulación, pues se consideraba que el mero hecho de poder hacerlo compensaba todos los costes.

En la actualidad, el progreso nos ha llevado a pensar que no solamente hemos de poder viajar o transportar las mercancías o bienes, sino que, además, esto debe hacerse de la manera menos onerosa para la sociedad

Objetivo del tema transversal y de la sesión

El propósito principal de este tema transversal es el análisis y valoración del comportamiento o rendimiento de la infraestructura viaria en relación con las necesidades a las que debe satisfacer o hacer frente.

Este análisis debe ser total; es decir, han de ser tomados en consideración la totalidad de los costes de cualquier tipo producidos por el uso de la carretera, así como todos los bene-

ficios de cualquier clase que el uso de ésta reporta. Y todo ello durante su periodo de vida útil.

Aunque su título pueda inducir a alguna duda, se trata de un tema técnico en la más amplia y noble acepción del concepto ya que incluye todo aquello que la técnica de carreteras puede hacer para mejorar su comportamiento a lo largo del tiempo, es decir, su rendimiento ante la sociedad.

Para ello, se han de considerar todas las alternativas de diseño y costes de construcción correspondientes, incluyendo los gastos de conservación asociados a cada una de las alternativas mencionadas.

De esta manera, se espera que sea posible clasificar y establecer criterios que puedan llevar a obtener el máximo rendimiento global de las inversiones en infraestructuras de carreteras.

Para ello, se ha estimado necesario considerar tres aspectos fundamentales de la técnica en relación con la economía, pues en nuestro caso el progreso técnico no tiene sentido por sí mismo, sino por conducir a un mejor aprovechamiento de los recursos de que disponemos. Este aprovechamiento puede ser: por una parte, hacer lo mismo pero con un coste menor; o bien, por el mismo coste, hacer más cosas; o éstas de mejor calidad, sea ésta relativa a su durabilidad o a la satisfacción producida al usuario.

Un ejemplo puede aclarar este último concepto: conseguir por el mismo coste un afirmado que, teniendo las mismas características de resistencia y durabilidad, mejore apreciablemente la regularidad superficial, de manera que la circulación por la carretera sea más confortable y menos costosa para el usuario.

Eficacia del proyecto de los afirmados

El primero de los aspectos que se considera preciso estudiar y analizar es el relativo a los elementos que influyen en los métodos e hipótesis de proyecto de los afirmados, y en especial, aquellos que tienen repercusión en el rendimiento o eficacia de las inversiones. En este concepto de rendimiento o eficacia de las inversiones hay que considerar tanto el flujo de las mismas -es decir, su distribución o escalonamiento a lo largo del tiempo- como su importe total a lo largo de la vida útil de la carretera.

Parece necesario considerar tres facetas de este aspecto de nuestro tema que, como estamos viendo, es el punto de enlace entre la técnica y la economía.

Criterios y métodos de proyecto de los afirmados: situación actual y evolución

En el desarrollo de esta faceta, tanto en la sesión principal

como en la complementaria, trataremos de las diferentes metodologías utilizadas actualmente en el diseño de afirmados, así como sus hipótesis de partida, los cambios experimentados en ellas en los últimos cuatro años y, finalmente, si ha lugar, las perspectivas de desarrollo y evolución futuras.

Criterios de apreciación del rendimiento o eficacia a lo largo de toda la vida útil

Aquí hay que tomar en consideración los diferentes criterios utilizados para el proyecto de los afirmados por sus diversos gestores. También consideraremos la eficacia o rendimiento del afirmado teniendo en cuenta su coste inicial y los de sus necesidades futuras de conservación y rehabilitación, y todo ello como consecuencia de las características iniciales -o de proyecto- del afirmado en cuestión.

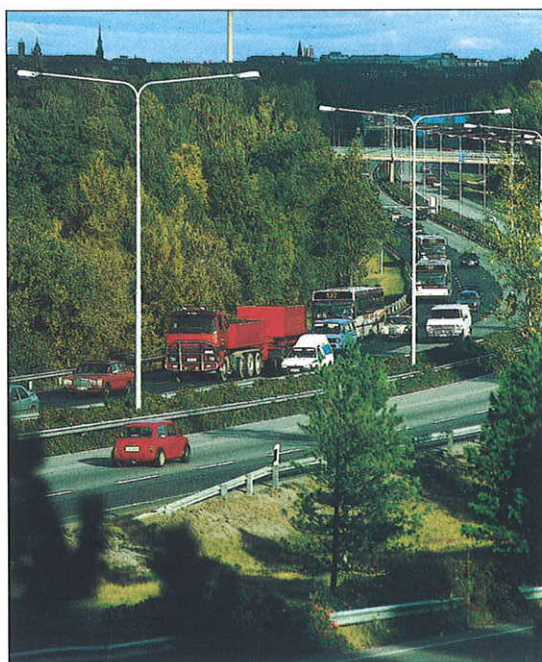
Se deben incluir también los costes o perjuicios producidos por las características superficiales del firme en los vehículos que por él circulan, tanto en relación con los desgastes y consumos energéticos, como en los importantes aspectos de la seguridad y afección al medio ambiente.

Análisis de los criterios económico-financieros: costes iniciales frente a costes diferidos

En este punto esperamos tener la respuesta a diversas preguntas que relacionan íntimamente la técnica y la economía.

La primera de ellas es si realmente en el proyecto de afirmados se realiza un análisis económico-financiero de las inversiones que representan su construcción, conservación y rehabilitación durante su vida útil.

La segunda engloba varias. Si en el proyecto de



Es muy importante saber cuál es el concepto de calidad de la carretera para sus administradores.

afirmados, se analizan desde el punto de vista económico los flujos de costes y de inversiones, durante toda su vida útil con el objetivo de llegar a obtener un máximo en la tasa de rendimiento interno de las inversiones y, por ello, de su eficacia económica. En este análisis hay que tener en cuenta el sistema de financiación y de gestión de la carretera.

Índices de eficacia o rendimiento

En este aspecto se han de considerar y analizar qué índices son los que mejor representan la calidad de un afirmado tanto en relación con la circulación, es decir con los usuarios, como con sus necesidades de conservación y rehabilitación.

Este análisis tiene un doble objetivo. Por una parte, se trata de verificar los métodos actuales de valoración de la calidad de los afirmados, y, por otra, el propósito es ver qué posibilidades hay de llegar a obtener un índice único de calidad de los afirmados relativo tanto al coste de utilización como para las necesidades de conservación.

Para ello tomaremos en consideración cuatro facetas del problema, según se exponen seguidamente:

Concepto de la calidad

Previamente al análisis de los índices, hay que establecer qué concepto tienen de la calidad de la carretera las diversas organizaciones a cuyo cargo se encuentran estas vías de comunicación, sean Administraciones públicas o Agencias más o menos privadas.

Influencia de los índices sobre la conservación y la rehabilitación

También hay que estudiar y analizar los criterios aplicados

por los diversos administradores o gestores de carreteras en la utilización de los citados índices para la toma de decisiones relativas a las operaciones de conservación y rehabilitación.

Innovaciones relativas a los indicadores utilizados en la gestión de los afirmados; tipos de carreteras

Es esta una faceta muy interesante: conocer las innovaciones habidas tanto en los índices, como en su aplicación en el caso de los diferentes tipos de carreteras. En principio hay motivos para pensar que los indicadores más adecuados dependen del tipo de carretera.

Correlaciones entre los índices de eficacia o rendimiento y el nivel del servicio ofrecido al usuario: seguridad, confort, coste de utilización

Es el corolario de todo lo anterior; la técnica de carreteras no es una ciencia especulativa, sino que está encaminada a poder ofrecer a la sociedad unas mejores carreteras, en el más amplio significado del concepto.

Innovaciones de la técnica de carreteras económicamente favorables

En este aspecto se trata de recoger información actualizada en relación con las técnicas más recientes de construcción, conservación o rehabilitación de carreteras que sean capaces de disminuir los costes, pero siempre que el resultado global sea más favorable que las actuales.

Estas técnicas se pueden referir a:

- Movimiento de tierras
- Afirmados
- Puentes
- Túneles

Esto no significa que la in-

tención del Tema Transversal KL-1 sea inmiscuirse en asuntos correspondientes a otros Grupos o Comités, sino sencillamente de tener información sobre las novedades que puedan ser interesantes desde el punto de vista de la eficacia o rendimiento de las inversiones en carreteras.

INTERVENCIÓN DE D. ÁNGEL LACLETA

Análisis de los Informes Nacionales

En primer lugar hemos de expresar nuestra satisfacción por el elevado número de informes nacionales recibidos que suman dieciocho y proceden de los siguientes países:

Alemania, Australia, Austria, Bélgica, Croacia, Cuba, Eslovaquia, Francia, Hungría, Italia, Japón, Marruecos, México, Nueva Zelanda, Países Bajos, Polonia, Suecia y Suiza.

El análisis lo haremos de acuerdo con el mismo orden que se ha seguido en la presentación del **Tema Transversal**. Es decir, comentando en cada apartado el informe de aquellos países que hayan incluido texto relativo a dicho apartado.

Por lo que respecta a la inclusión únicamente de novedades, lo hemos interpretado con un criterio sumamente amplio, pues no todos los países miembros de la Asociación Mundial de Carreteras tienen el mismo nivel de desarrollo y lo que para algunos es novedad, puede ser cosa pasada para otros.

Por otra parte, a veces no viene mal recordar cosas que, de tan sabidas, las teníamos olvidadas. En todo informe redactado con un mínimo buen sentido, siempre hay algo aprovechable.

El **Informe Nacional de**

Australia es una magnífica memoria descriptiva del estado actual de sus carreteras con una reflexión sobre su gestión. Pero en su preparación no se han tenido en cuenta las limitaciones de extensión ni el índice de temas a tratar incluido en la invitación Informes Nacionales. Es muy interesante su lectura, pero es difícil y penoso extraer algo de ella que se pueda encuadrar en los diversos apartados de nuestra sesión para comentarlo.

En el comienzo del **Informe Nacional de Japón** se hace una breve descripción histórica de la evolución de la red de carreteras de dicho país, así como de sus características actuales, con una referencia al problema del envejecimiento de la población en relación con la gestión de sus carreteras.

Se inicia el **Informe Nacional de los Países Bajos** con una breve descripción de su red de carreteras y de su administración, así como de las características climáticas del país. Este Informe Nacional es muy interesante, pero es uno en los que no se han tenido en cuenta ni el índice de temas ni su ordenación, lo que hace difícil y penoso encuadrarlo en nuestro objetivo.

El Informe termina con la descripción de una aplicación del sistema de *pesada en movimiento* en combinación con cámara de vídeo y aviso a la policía para detectar y detener los vehículos sobrecargados.

El **Informe Nacional de Polonia** es una exposición de la evolución del diseño de afirmados y pavimentos en dicho país a partir de 1990, sin atenderse al cuestionario establecido para la presentación de los Informes Nacionales. Esto representa una dificultad para su



En la foto, D. Ángel Lacleta acompañado por el Sr. Álvarez.

análisis, no incluyendo en absoluto ninguna consideración económica.

1. Eficacia del proyecto de los afirmados

1.1. Criterios y métodos del proyecto de afirmados: situación actual y evolución

Por lo que respecta a este aspecto, en el **Informe Nacional de Australia** se menciona la Guía para el diseño de pavimentos de 1992, pero sin indicar ni las bases, ni los métodos, ni los criterios de proyecto aplicados.

El **Informe Nacional de Austria** nos describe totalmente el método de proyecto de afirmados utilizado actualmente en dicho país, que es de catálogo de doble entrada. Hay seis categorías de tráfico con seis soluciones estructurales para cada una: tres flexibles, una semi-rígida y dos rígidas.

El método de cálculo ha sido analítico empleando el programa BISAR para los firmes flexibles y semi-rígidos. Para los rígidos se ha empleado el programa SLAB.

Solamente se ha considerado un tipo de explanada con

un módulo de deformación mínimo, determinado mediante ensayo de placa de 35 N/mm². Una novedad introducida en el método es la autorización del empleo de materiales reciclados en las capas inferiores.

El factor principal de dimensionamiento es el número de ejes equivalentes de 100 kN, que se espera circulen por el carril del afirmado más cargado, durante el periodo de proyecto, considerando que un camión equivale a 0,7 ejes estándar, un vehículo articulado a 1,2 y un autobús a 0,6.

Una vez determinada la intensidad media diaria de ejes estándar se obtiene la circulación total anual aplicando diversos coeficientes, a saber: coeficiente de distribución de sentidos, coeficiente de distribución transversal del tráfico pesado y actor de distribución de las huellas dentro del carril.

El índice de crecimiento anual que se aplica en el caso de las autopistas es el 3% y del 1% en el de las carreteras.

En el **Informe Nacional de Bélgica**, se presenta el sistema de cálculo del número de ejes tipo que deberá soportar el carril más cargado durante el periodo de proyecto.

Respecto del diseño, hay nueve clases de estructuras que corresponden a diferentes intervalos del número de ejes patrón de 100 kN previstos durante el periodo de proyecto: desde menos de 500 000 hasta el intervalo comprendido entre 64 y 128 millones.

Para el cálculo del número total de ejes patrón esperados en el periodo de proyecto, se utiliza una fórmula que se describe en el texto distribuido. Esta fórmula tiene en cuenta el espectro de las cargas, el tipo de neumáticos -clásicos o simples

de huella ancha-, el número de carriles y su anchura y la velocidad y la presión de inflado.

En el informe se pueden encontrar más detalles y las referencias para quien esté interesado en el asunto.

En este apartado, el **Informe Nacional de Croacia** nos manifiesta que en dicho país la norma de diseño de afirmados está basada en el método empírico AASHTO de 1972, pero con la diferencia de que en Croacia se calculan los espesores de cada capa, en vez de comprobar una estructura determinada como hace la norma citada.

Los elementos tomados en consideración para el diseño de afirmados son:

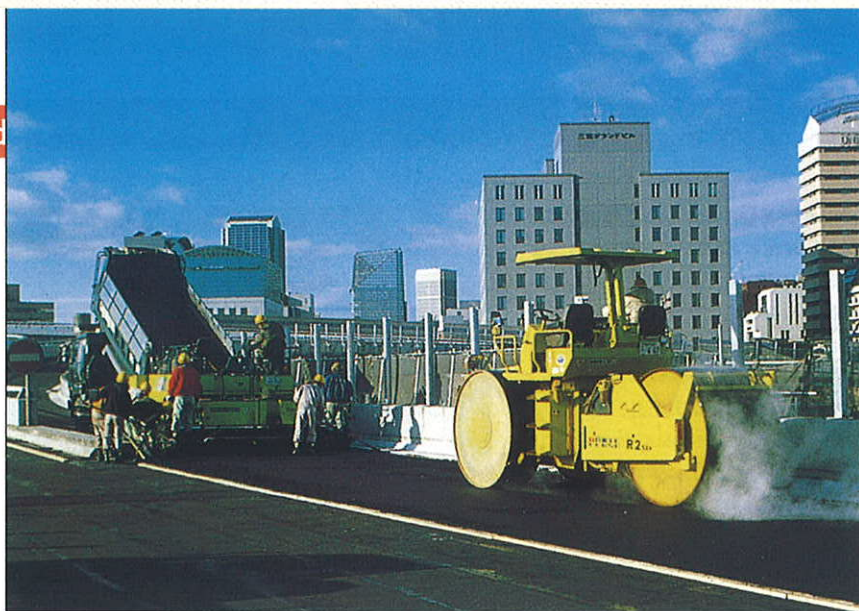
- El periodo de proyecto.
- El índice de servicio al fin de dicho proyecto.
- La carga debida al tráfico.
- Las condiciones climáticas e hidrológicas.
- La capacidad portante de la subrasante.
- La calidad de los materiales empleados.

Un elemento muy importante en los afirmados del país es la susceptibilidad de sus estructuras y de sus materiales al hielo. Recientemente se ha utilizado el sistema de diseño "1997 AASHTO" y se prevé el empleo del método Shell.

Parece que hay una tendencia a unificar las explanadas habiendo normas para conseguir que la subrasante tenga un CBR no menor de 15, que equivale a un módulo de placa de 35 N/mm.

Para el refuerzo de los firmes existentes se prevé la utilización del mencionado programa AASHTO, así como el SHELL.

Según se manifiesta en el **Informe Nacional de Cuba**, en dicho país se han venido utilizando los métodos del "Asphalt Institute" para el proyecto de los afirmados fle-



El informe nacional francés presentó la filosofía y desarrollo de su sistema actual de diseño de afirmados.

xibles y los de la "Portland Cement Association" para el diseño de los afirmados rígidos, recogidos en un Catálogo que incluía 27 estructuras tipo flexibles y 9 rígidas. Basado en estas experiencias, al principio de los años 90 se ha introducido una nueva norma cubana.

En el **Informe Nacional de Eslovaquia** se expone que los criterios de diseño de los firmes no son solamente técnicos, sino de evaluación de la eficacia económica de la inversión medida por comparación de la suma de los gastos de construcción, conservación y rehabilitación en relación con el periodo de vida útil previsto.

En el diseño se tiene en cuenta:

- La importancia de la vía de comunicación a que se destina.
- La carga de tráfico prevista para el periodo de proyecto.
- Las condiciones climáticas.
- La protección del medio ambiente y
- El ciclo de la restauración de la capacidad funcional.

Por lo que respecta a la vida útil, se consideran 30 años para las autopistas y 20 años para el resto de la red. En el informe se dan detalles del método de diseño que no trataremos aquí, dada su extensión.

En el **Informe Nacional**

de Francia se presenta la filosofía y desarrollo de su actual sistema de diseño de afirmados, ajustado a las necesidades actuales derivadas de la diversidad de Administraciones de Carreteras, así como de las crecientes cargas a soportar y las exigencias de los usuarios.

Los fundamentos del actual método francés son:

- Carácter probabilista del dimensionamiento.
- Conceptos de vida útil y riesgo de cálculo.
- Factores de dimensionamiento.

El sistema permite a cada administración de carreteras elegir el dimensionamiento de sus estructuras de firme, habiendo definido previamente sus objetivos:

- Jerarquización socioeconómica de las carreteras.
- Elección de la calidad de servicio.
- Estrategias de inversión y conservación.

El sistema ha sido publicado a finales de 1994 en forma de Guía Técnica con gran flexibilidad de aplicación

Basado en este método, la Dirección de Carreteras ha preparado un Catálogo que ha sido publicado en 1998, en el que se clasifican las carreteras en dos grupos con vidas útiles de 30 y 20 años respectivamente. La estrategia adoptada es de in-

versión inicial importante y conservación preventiva. El estudio se ha hecho para dos tipos de eje patrón: de 130 kN que es el legal francés y 115 kN que es el eje europeo.

Siguiendo la misma pauta, las sociedades concesionarias de autopistas han publicado un "Manual de Concepción de los Afirmados de Autopistas" basado en seis criterios.

El **Informe Nacional de Hungría** comienza haciendo una breve historia de los sistemas de diseño de firmes seguidos en dicho país hasta la situación actual, en la que el principal factor de dimensionamiento es el número de ejes patrón de 100 kN que se espera circulen durante la vida útil del firme. Para calcular el número de ejes equivalentes, se utiliza el espectro de ejes que circulan realmente determinándose la equivalencia por la quinta potencia de la relación eje considerado/eje patrón.

El firme se coloca siempre sobre una explanada con más de 40 MN/m² de módulo. Al parecer hay cinco estructuras tipo para cada categoría de tráfico y se hace referencia a la fisuración de las capas tratadas con conglomerantes hidráulicos que obligan a modificar los espesores tipo.

Según se indica en el **Informe Nacional de Italia**, en la actualidad en dicho país se dispone de un "Catálogo de los firmes de carreteras", publicado en septiembre de 1995, y formado por estructuras de afirmado comprobadas a fatiga por los métodos de cálculo racionales y utilizando también métodos empíricos y teóricos.

Las bases de dimensionamiento son: el tipo de carretera, la circulación, la capacidad de soporte de la explanada, el clima y los materiales disponibles.

Se tienen en consideración ocho tipos de carretera. En el catálogo se consideran cuatro ti-

pos de estructura: flexible, semi-rígida, hormigón no armado y hormigón armado continuo. Se hace referencia a los estudios que se están realizando para determinar el comportamiento de las capas tratadas con conglomerantes hidráulicos.

El método de diseño seguido en el Japón para los firmes flexibles deriva de los de la AASHTO con modificaciones introducidas en sus parámetros para adaptarlos a las condiciones locales y a la experiencia

de Marruecos se hace una breve historia del desarrollo del diseño de firmes en dicho país a partir de los años 50.

En la actualidad, se utiliza un catálogo elaborado en 1997. Para el refuerzo, se utiliza un manual de 1992. En el caso de intensidades medias diarias superiores a 4 500 se recurre a estudios especiales.

En la red Federal de Autopistas de Peaje, el **Informe Nacional de México** indica que es obligatorio para los pro-



El método de diseño seguido en el Japón para los firmes flexibles deriva de los de la AASHTO con modificaciones introducidas en sus parámetros.

propia, según se expone en el **Informe Nacional de Japón**. El eje tipo es de 98 kN y no se indica en el informe la manera de calcular el número de ejes a soportar durante el periodo de proyecto ni su duración, haciéndose breves comentarios sobre el problema de las deformaciones plásticas y la fisuración.

Con respecto a los afirmados rígidos, se utiliza para su cálculo la teoría de losas de Westergaard adaptada a las condiciones japonesas. Al parecer hay esquemas de estructuras para las diferentes condiciones de soporte, pero no se dan detalles de ello.

En el **Informe Nacional**

yectos de rehabilitación el empleo del Método de Diseño AASHTO 1993, el del Instituto Americano del Asfalto, el de California o el de la Universidad Autónoma Nacional de México.

El ruido es el principal elemento a tener en cuenta en el proyecto de firmes, según se expone en el **Informe Nacional de los Países Bajos** siendo obligatorio que todos los firmes de la red principal tengan una capa de rodadura silenciosa considerándose como tal las mezclas bituminosas drenantes.

El otro criterio de diseño es el formar una estructura de firme que no necesite reparación durante el periodo de vida útil.

Un tercer criterio es el má-

ximo aprovechamiento de toda clase de desechos y subproductos.

Como métodos de diseño se utilizan el de SHELL para los firmes flexibles y los cálculos de resistencia y de curvatura en juntas para los firmes rígidos.

Según se manifiesta en el **Informe Nacional de Polonia**, en el mes de julio de 1995 se publicó un nuevo catálogo de estructuras de firmes flexibles y semi-rígidos, en el que se introducen seis categorías de tráfico. El periodo de proyecto es de 20 años, pero, al parecer, no se introducen factores de crecimiento.

Los principales problemas son: la fisuración de las capas con conglomerantes hidráulicos y las deformaciones plásticas.

En el **Informe Nacional de Suecia** se expone, como criterio de concepción, un análisis de coste/resultado o beneficio que se extiende a un ciclo de vida del afirmado, considerando como tal el periodo comprendido entre la construcción y la reconstrucción o dos reconstrucciones sucesivas. Los costes que se tienen en cuenta en este análisis son todos los soportados por la Administración de Carreteras y los usuarios.

Sin embargo, en el propio informe se reconoce que en la

práctica el método se aplica poco.

1.2. Criterios de apreciación del rendimiento o eficacia a lo largo de la vida útil

En el **Informe Nacional de Australia** se indica que en dicho país está prevista la publicación de una norma para la evaluación de los costes durante la vida útil de los diferentes tipos de afirmados.

En Australia, la evaluación de los costes durante la vida útil se basa en los valores relativos de los capitales netos actuales o los flujos de tesorería anuales equivalentes para periodos que llegan a los cuarenta años, considerándose diferentes estrategias de conservación.

Según se nos manifiesta en el **Informe Nacional de Austria**, en dicho país está a punto de ser publicada una Directiva sobre estudios de rentabilidad de las inversiones en superestructuras de transporte.

Como principio básico se incluyen en la evaluación todos los costes imputables al propietario de la carretera tales como, nueva construcción, acondicionamiento, renovación, rehabilitación y conservación, así como los costes imputables al usuario: coste del tiempo, de uso y de accidentes correspon-

dientes a un ciclo mínimo de vida útil.

El **Informe Nacional de Cuba** declara que en dicho país se carece de experiencia para establecer criterios ciertos sobre este tema. Se considera que una capa de rodadura debe durar 10 años. Los firmes flexibles se proyectan para un periodo de 20 años y los rígidos para 40 años.

En el **Informe Nacional de Eslovaquia** se indica que el criterio de evaluación de la eficacia económica de las inversiones en carreteras es la tasa de retorno interno.

Los criterios de eficacia de la inversión durante la vida útil, según el **Informe Nacional de Francia**, están basados en los costes de conservación necesarios para mantener un nivel de prestación aceptables para el usuario.

Se ha establecido un escenario tipo para la conservación en las carreteras de la Red Nacional, así como un estudio piloto llamado "Carta RN 10" para la ejecución de unas importantes obras de rehabilitación en una longitud de 250 km de la mencionada carretera, difundiendo sus resultados para que se pueda adoptar en otras Administraciones.

La gestión de los afirmados se hace por medio de los sistemas HDM III y HDM Manager del Banco Mundial adaptados a la realidad del país, según se manifiesta en el **Informe Nacional de Hungría** y sus criterios de evaluación son los que se aplican.

El criterio de valoración de la eficacia del proyecto de los afirmados aplicado en Italia, según el **Informe Nacional de Italia**, es el valor actualizado neto. En el balance económico hay que tener en cuenta tres partidas: el coste inicial, los costes diferidos y el valor residual.

Al tratar del criterio de apreciación de eficacia o rendi-



El Informe Nacional de Italia especifica que hay que tener en cuenta para valorar la eficacia del proyecto de afirmados, los costes iniciales y diferidos, así como el valor residual.



En Marruecos, la evaluación económica se realiza mediante el modelo HDM III. En la foto, autopista de Rabat-Larache.

miento económico durante la vida útil, en el **Informe Nacional de Japón** se manifiesta que en dicho país se aplica el del coste total durante el ciclo de vida útil del afirmado, el cual se valora por medio de una fórmula.

No nos extenderemos en este capítulo del informe, ya que será presentado en la sesión complementaria.

Según se manifiesta en el **Informe Nacional de Marruecos**, en dicho país la evaluación económica se realiza mediante el modelo HDM III y las asignaciones mediante el EBM, ambos del Banco Mundial.

Según el **Informe Nacional de México**, los criterios económicos utilizados para la evaluación de las obras de reconstrucción o rehabilitación son: el valor actualizado neto, la tasa de retorno interno y la relación coste/beneficio, no dándose precisiones sobre cómo se elaboran las bases de estos cálculos.

En el **Informe Nacional de los Países Bajos**, se indica que esta apreciación se hace indirectamente, midiendo la evolución de algunos parámetros del firme —deslizamiento y desprendimiento de gravilla— por medio del equipo ARAL y estado general visual lo que es la base para realizar la planificación de la conservación.

El criterio de evaluación de

la eficacia es la relación coste/resultado durante un ciclo de la vida del firme considerando como costes: el de construcción, el del conjunto de medidas de conservación, el de las perturbaciones de la circulación debidas a las obras, el de utilización de los vehículos, el valor del tiempo pasado en la carretera, el coste de los accidentes y el del impacto sobre el medio ambiente. Como resultado se considera la diferencia entre los costes que ocasiona a los usuarios la circulación en malas o en buenas condiciones.

1.3. Análisis de los criterios económico-financieros: costes iniciales frente a costes diferidos

Según figura en el **Informe Nacional de Cuba**, actualmente el Ministerio de Planificación y Economía de dicho país exige un análisis de factibilidad para toda inversión nueva.

El **Informe Nacional de Francia** señala que el elevado importe de los gastos en carreteras tienta a las administraciones a realizar las obras por etapas. En las Administraciones Públicas este sistema puede ser peligroso, ya que no es posible garantizar totalmente, por razones obvias, que se dispondrá de los créditos necesarios en el momento preciso. Por ello, el sistema se utiliza únicamente

en casos especiales. Otro es el caso de los concesionarios de autopistas de peaje.

En este apartado, el **Informe nacional de Hungría**, hace referencia al valor patrimonial de la red de carreteras y a su evolución en el tiempo, pues parece que se hace una evaluación cada cinco años, lo que permite establecer unos datos de degradación.

En el **Informe Nacional de Italia** se hacen consideraciones en relación con las tasas de interés aplicables a los costes de operaciones de mejora de la red, en relación con las tasas vigentes en el sistema de financiación utilizado, así como la consideración de “tasa de interés social” cuando se refiere a inversiones públicas.

El **Informe Nacional de México** nos expone la forma en que se realiza el análisis económico de las actuaciones concretas, que se realiza en dos fases.

El **Informe Nacional de los Países Bajos** hace algunas consideraciones al respecto sin dejar explícito ningún criterio. Sin embargo, lo dicho al principio sobre criterio de proyecto indica que se aplica la idea de costes iniciales altos.

En el **Informe Nacional de Suecia** se indica que se hace una análisis de costes durante la vida útil de la carretera. En el caso de las de nueva construcción, se considera un periodo de 20 años y de 40 en el caso de los afirmados rígidos. En los demás casos no hay reglas fijas.

2. Indices de eficacia o rendimiento

Bajo este epígrafe, el **Informe Nacional de Croacia** hace referencia al sistema propio de gestión de afirmados denominado KOLMAN que se está poniendo a punto actualmente.

Uno de los criterios esenciales en la apreciación de la eficacia de la gestión de las carreteras es, según el **Informe Nacional de Francia**, la opinión de los usuarios, la cual se conoce por medio de diversos sistemas y encuestas.

La Dirección de Carreteras ha establecido varios sistemas. El primero el "Barómetro de satisfacción de los usuarios" que se basa en encuestas. El otro método es el "Foro de usuarios de la carretera". Otro sistema es la operación "¿contento? ¿Descontento?"

Asimismo, la Asociación de Sociedades Francesas de Autopistas (ASFA) realiza encuestas habiendo establecido un indicador de satisfacción, cuya evolución en el tiempo les permite valorar el impacto de ciertas operaciones.

Este capítulo del **Informe Nacional de Italia** será presentado en la sesión complementaria.

2.1. Concepto de la calidad

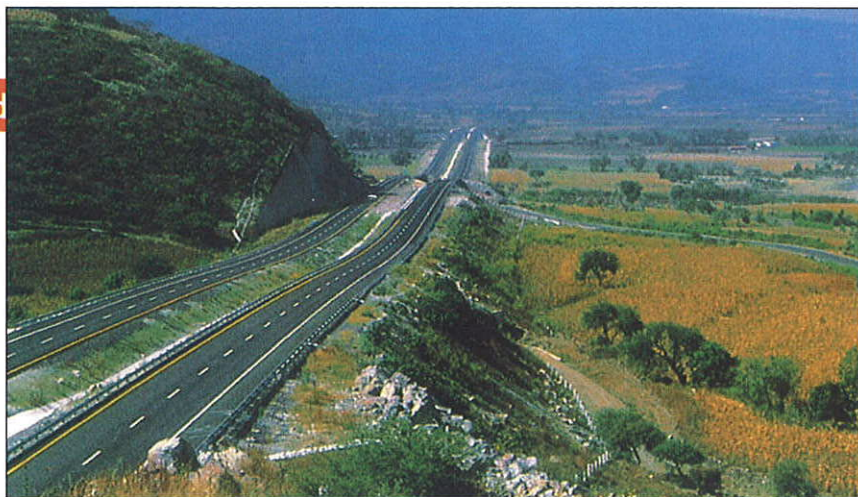
En el **Informe Nacional de Bélgica** no se hace referencia al concepto de calidad, sino indirectamente por sus consecuencias benéficas

En la región flamenca se están haciendo esfuerzos para introducir el concepto entre los contratistas para lo que se ha establecido un plan de tres etapas con 15 meses de duración.

Por lo que respecta al concepto de calidad, el **Informe Nacional de Croacia** nos presenta un resumen de sus especificaciones.

En el **Informe Nacional de Cuba** se hace referencia a las especificaciones empleadas en dicho país, así como que se está trabajando en la implantación de las Normas ISO, pero sin que se hayan aplicado todavía

El **Informe Nacional de Eslovaquia** da una gran información sobre los parámetros y características medidos



El Sistema de Simulación de Estrategias de Conservación de Carreteras es la herramienta utilizada en México para la elaboración de planes y programas de conservación.

sobre las carreteras, así como de los equipos modernos utilizados en su toma.

En cuanto al **concepto de calidad**, éste expresa las exigencias sobre calidad fijadas por las normas reglamentarias, así como por el proceso de aprobación de los materiales no normalizados, con el objeto de respetar todos los parámetros de calidad exigidos en todos los elementos de la construcción. Se presenta un esquema de control de calidad.

En el **Informe Nacional de Francia** se presentan los dos índices de calidad utilizados por la Dirección de Carreteras Nacionales que son la **Imagen de Calidad de las Carreteras Nacionales (IQRN)**, referente al estado de los afirmados, y la **Imagen de Calidad de las Obras de Fábrica (IQOA)** que evalúa el estado de los puentes y estructuras.

El método de evaluación de los afirmados se basa en tres datos: apreciación visual de las degradaciones, medición de las deformaciones y medición de la adherencia de la capa de rodadura.

Por lo que respecta a la evaluación de las obras de fábrica, excluidos de momento los muros y túneles, se han clasificado a estos efectos en ocho tipos, habiéndose establecido para cada uno de ellos un cuestionario o guía tipo que inventariarían los posibles defectos

con su nivel de gravedad, agrupándolos por sub-conjuntos de obras homogéneas (tablero, apoyos, accesorios).

El **Informe Nacional de Hungría** comienza con una referencia a la aplicación de los sistemas de calidad por aplicación de las Normas ISO 9000 a 9004 y al control de calidad de proyectos y obras.

En el **Informe Nacional de Italia** se considera que expresar la calidad de una carretera con un solo número es un reto actual para los ingenieros de carreteras. Este capítulo será presentado en la sesión complementaria.

En la renovación de los contratos del Estado con las sociedades de gestión de la red se ha definido por primera vez el concepto de calidad global ligado a cuatro indicadores.

La calidad de la red de carreteras pavimentadas, indica el **Informe Nacional de Marruecos**, se aprecia por medio de un indicador de estado, basado en medidas de regularidad superficial por medio del Integrador de Saltos (*Bump Integrator*) y deflexiones por medio del Deflectógrafo Lacroix, así como una inspección visual del firme. En el informe se dan detalles de las frecuencias, criterios y baremos de calificación.

En el **Informe nacional de México**, más que darnos un concepto de calidad, se relacionan las medidas que se to-

man en dicho país para obtener una cierta calidad en sus trabajos.

En el **Informe Nacional de Nueva Zelanda** se expone que el objetivo principal de las Autoridades de control es proporcionar a los usuarios una red segura y de buen resultado. La calidad de una carretera se mide por los costes totales de su utilización comprendidos los de los usuarios y los accidentes.

La calidad de una carretera, según el **Informe Nacional de Suecia**, se valora por la relación coste/resultado ya mencionada, debiendo ser el análisis muy detallado y minucioso.

En el **Informe Nacional de Suiza** no se expone un concepto de la calidad sino sus exigencias, contenidas en un documento de la Oficina Federal de Carreteras titulado "Exigencias en materia de aseguramiento de la calidad en la construcción de carreteras a partir de 1997", el cual tuvo una primera versión en 1994. Se refiere a los requisitos exigidos en materia de aseguramiento de la calidad a las empresas de construcción, los consultores tanto de estudios como de dirección de obras, los materiales de construcción y las obras especiales.

2.2. Influencia de los índices sobre la conservación y la rehabilitación

El **Informe Nacional de Alemania** solamente trata este aspecto del Tema Transversal KL-1 haciendo una breve historia desde las primeras tomas de datos a gran escala hasta la situación actual y las previsiones futuras.

Los objetivos de la conservación tenidos en cuenta para la valoración del estado general son:

- seguridad,
- viabilidad,
- estado estructural,

• influencia en el medio ambiente.

Los índices de estado de las diversas características se clasifican en función de su influencia sobre los objetivos, lo que se lleva a cabo en dos etapas.

Para simplificar el cálculo de la evaluación, se supone que las características superficiales tienen una influencia primordial en los objetivos de seguridad, servicio y ruido y que las características de degradación de la superficie influyen principalmente en la conservación de la estructura.

En el **Informe Nacional de Francia** se indica que a partir de los datos del IQRN, se establece el índice por debajo del cual se permite que puedan emprenderse trabajos de rehabilitación, de acuerdo con las diversas categorías de carreteras.

En este apartado, el **Informe Nacional de Hungría** menciona una serie de factores a tener en cuenta, pero no precisa los índices, si bien hace referencia al Sistema de Gestión de Pavimentos

En el **Informe Nacional de Italia** se hace un resumen del sistema que se sigue para la determinación de los planes de conservación a corto y a largo plazo. Los indicadores del estado juegan un papel fundamental en las decisiones, pues la red se divide en tramos homogéneos respecto de diversos índices representativos de ciertas características. Un segundo paso es la aplicación de las curvas de degradación deducidas de series históricas, o por consideraciones teóricas.

Con los resultados de estos estudios se entra en un algoritmo de decisión, que se basa en los conocimientos de las diversas técnicas, determinándose la técnica de conservación más adecuada.

La influencia del Indicador de Estado, mencionado en el

Informe Nacional de Marruecos, es importante ya que se utiliza para elaborar los programas de conservación, determinación de las operaciones prioritarias y definición de los tipos de intervención.

El Sistema de Simulación de Estrategias de Conservación de Carreteras (SISTER), presentado en el **Informe Nacional de México**, es la herramienta utilizada en dicho país para la elaboración de planes y programas de conservación. Aparte otros parámetros, el índice de deformación (deflexiones), el índice de fisuración y la intensidad media diaria tienen una gran influencia en los resultados de la aplicación del sistema mencionado.

Según el **Informe Nacional de Nueva Zelanda**, en este país se tienen en cuenta cinco indicadores de estado en la toma de decisiones sobre las obras de conservación periódica o preventiva.

Los indicadores se refieren a la regularidad superficial, resistencia al deslizamiento, desperfectos superficiales, drenaje y el coste real por secciones de la red.

La decisión sobre casi la mitad de los trabajos de conservación se toma basándose en los valores del IRI y de las roderas medidos mediante un aparato de gran rendimiento (*Road Surface Tester*), según se indica en el **Informe Nacional de Suecia**. El resto obedece a indicadores subjetivos, utilizándose el deflectógrafo de impacto y estimándose visualmente los problemas de adherencia, que posteriormente son comprobados con equipos adecuados.

Un sistema de "conservación por objetivos", descrito en la Norma SN 640 901, es mencionado en el **Informe Nacional de Suiza**. El objetivo principal es conseguir una eficiencia máxima en relación con la viabilidad, la capacidad,

la seguridad, la satisfacción del usuario y la conservación, teniendo en cuenta los costes para la economía general y la compatibilidad con el medio ambiente.

2.3. Innovaciones relativas a los indicadores utilizados en la gestión de los afirmados: tipos de carreteras

Según el **Informe Nacional de Austria**, el grupo de trabajo sobre "Gestión de la Conservación" decidió realizar en 1995 y en todo el país una toma de los datos del estado de ciertas características de las carreteras convenientes para la conservación.

En general, toda la toma de datos se hizo por medio de inspección visual, salvo las roderas y en algunos casos la irregularidad superficial. No entraré en detalles de la toma de datos y de su explotación que figuran en el informe, pero sí en una conclusión que nos llama la atención y es que para el futuro se ha decidido no hacer distinción entre las roderas de deformación y de abrasión.

Las novedades que en este aspecto se presentan en el **Informe Nacional de Francia** derivan de un estudio realizado conjuntamente por la Universidad de París XII y expertos del SETRA y de la Red Técnica. El trabajo se ha desarrollado en forma de Tesis Doctoral y se basa en las informaciones recogidas para el IQRN en 1 000 secciones de las 150 000 en que está dividida la Red de Carreteras Nacionales y aplicando modelos de previsión matemáticos ha permitido:

- Analizar el comportamiento de los diferentes tipos de estructura de afirmado en el aspecto físico, deduciendo de ello las consecuencias financieras.

- Establecer equivalencias de degradación entre los diferentes factores que la definen.

- Evaluar los costes de la degradación anual de la calidad de los afirmados.

- Determinar las necesidades financieras para una gestión óptima.

Las principales conclusiones de este estudio son:

Se presenta en el **Informe Nacional de Italia** un estudio de los ingenieros Marchionna y Paoloni para determinar un indicador único, combinando la familia a la que pertenece una carretera, definida por el tipo de afirmado, clima, explanada y circulación con el estado, definido por la adherencia, regularidad y edad. Será presentado en la sesión complementaria

El **Informe Nacional de Marruecos** trata del índice de ensanchamiento derivado de un estudio realizado en 1993, relativo a los umbrales de anchura, a fin de minimizar el impacto de las carreteras estrechas en los usuarios y la colectividad. Los ensanchamientos se clasifican en rentables y no rentables.

Según el **Informe Nacional de México**, una novedad es el empleo de perfilógrafos de tipo láser para medir el IRI y el levantar perfil trans-

versal de las carreteras con una gran precisión.

Las innovaciones en este aspecto que se presentan en el **Informe Nacional de Nueva Zelanda** son tres. La primera se refiere a que la experiencia de subcontratar las obras de conservación a lo largo de cinco años les ha permitido establecer sistemas para recoger datos a gran velocidad, con lo que pueden subcontratar gran cantidad de actividades.

Esto les ha permitido elaborar un contrato de una duración de diez años sobre una carretera de una intensidad media diaria de circulación de 5 000, lo que ha tenido gran influencia en la reconsideración de ciertas prácticas.

En relación con este apartado, encontramos en el **Informe Nacional de los Países Bajos** que para intentar resolver los problemas de congestión, seguridad y accesibilidad se ha lanzado un proyecto de Gestión de Carreteras llamado "Wegbeheer 2000" cuyo objetivo es establecer un plan de gestión, justificar las acciones emprendidas y convencer a los poderes públicos de su necesidad y de los fondos a ellas destinados.

El **Informe Nacional de**



En Suecia, se realizan esfuerzos para conseguir un índice que indique la capacidad de soporte de los pavimentos, expresado en peso de ejes estándar.

Suecia hace referencia a los esfuerzos que se realizan en dicho país para conseguir un índice que indique la capacidad de soporte de los pavimentos, expresado en peso de ejes estándar como ayuda para todo tipo de decisiones, tanto de construcción como de conservación, gestión y planeamiento. Asimismo, se realizan esfuerzos para los indicadores de estado superficial.

En el **Informe Nacional de Suiza** se presenta la aplicación desde 1997 de un Sistema de evaluación del estado de los firmes, descrito en la norma SN 640 925a "Reconocimiento y evaluación del estado de los firmes", en el que se definen seis índices, de "0" a "5" para cuya determinación se utilizan parámetros del firme relativos al aspecto visual, regularidad longitudinal, regularidad transversal, rugosidad y capacidad de soporte.

2.4. Correlaciones entre los índices de eficacia o rendimiento y el nivel del servicio ofrecido al usuario: seguridad, confort, coste de utilización

El **Informe Nacional de Francia** se refiere a un estu-

dio, actualmente en ejecución, en el que se trata de relacionar el estado real de la carretera: geometría, estado superficial y estructura con la seguridad.

La novedad del intento reside en que aquí se toma en consideración el comportamiento de los usuarios mediante la velocidad real de circulación y la frecuencia y gravedad de los accidentes.

La búsqueda de una correlación de este tipo no se considera prioritaria, según el **Informe Nacional de Italia**, si bien se utilizan algunos de los indicadores ya mencionados en relación con ciertas cualidades.

En este apartado, el **Informe Nacional de Marruecos** relaciona más bien que correlaciona los indicadores de estado con dos finalidades principales de la conservación

En el **Informe Nacional de México** se manifiesta que, si bien es cierto que los índices de estado que en el mismo se describen tienen una relación real con la calidad de servicio ofrecida al usuario, ellos no tienen establecida ninguna relación fiable.

En el **Informe Nacional de Nueva Zelanda** se indica

que los índices nos se utilizan directamente para la evaluación económica de los proyectos, sino para subrayar las deficiencias de la red y de ahí analizar los proyectos. También se utilizan para controlar los cambios de comportamiento en el ámbito de red.

Hasta muy recientemente no se han realizado estudios directos de satisfacción de los usuarios.

En este apartado, el **Informe Nacional de Suecia** se refiere a los sistemas de gestión de carreteras y de puentes utilizados en dicho país, que entendemos no es exactamente el objetivo de este apartado del índice del **tema transversal**, aunque tenga una cierta relación indirecta con él y objetivamente sea muy interesante.

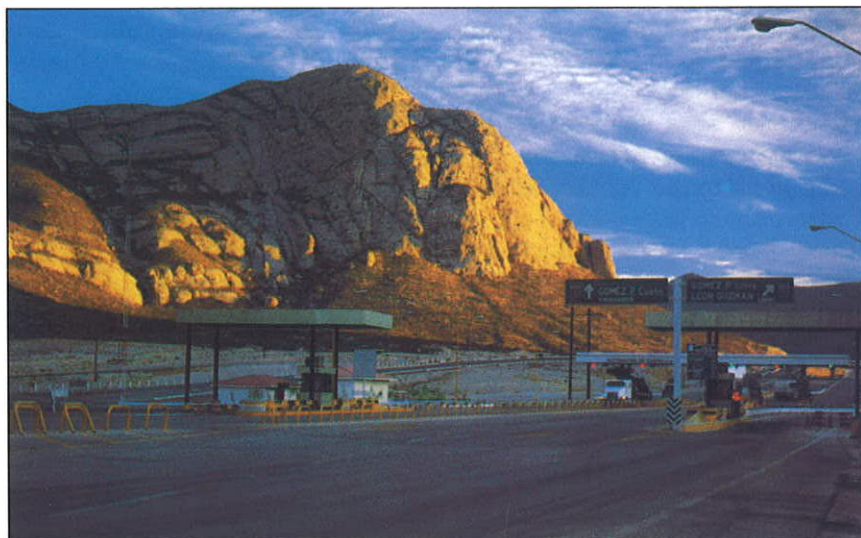
El **Informe Nacional de Suiza** hace referencia al estudio de sistema de relacionar los indicadores con el nivel de servicio para el usuario, habiendo actualmente diversas investigaciones al respecto y alguna experiencia en zonas urbanas.

3. Innovaciones de la técnica de carreteras económicamente favorables

Como ya hemos dicho anteriormente, el concepto de novedad es bastante relativo sobre todo teniendo en cuenta que estamos analizando informes procedentes de países de muy diferentes características tanto técnicas, como económicas, culturales e, incluso políticas.

3.1. Movimiento de tierras

Dentro de la relatividad del concepto de novedad a que nos hemos referido anteriormente, en el **Informe Nacional de Cuba** se hace referen-



El Informe mejicano manifiesta que los índices del estado descritos en él tienen una relación real con la calidad del servicio ofrecida, pero no tienen una relación fiable.

cia a la introducción en este país de los compactadores de neumáticos, de las explanadoras de empuje de hasta 600 HP de potencia y del control de densidades por medio de isótopos radioactivos.

En este aspecto, el **Informe Nacional de Francia** presenta la utilización de materiales locales, los cuales son tratados al objeto de mejorar sus características y que sean admisibles.

En el **Informe Nacional de Italia** se resalta la necesidad de encontrar nuevos materiales para la construcción de rellenos, pero se tropieza con la falta de especificaciones.

En el **Informe Nacional de Japón** se presenta el gran problema que para dicho país representan los taludes de la gran cantidad de tramos en desmonte dadas sus características topográficas. Esto ha obligado a sistemas de detección, almacenamiento y explotación de datos modernos que se describen en el informe. También se hace referencia a nuevos sistemas de corrección de este tipo de problemas.

El **Informe Nacional de Marruecos** nos da cuenta de que en dicho país se está confeccionando una guía para el empleo de los suelos que se encuentran en él para su aprovechamiento en la construcción de carreteras.

Según se dice en el **Informe Nacional de los Países Bajos**, un problema en dicho país es el ensanche de las carreteras, pues los nuevos terraplenes necesarios pueden producir asientos en el terreno natural que ocasionan desperfectos en la carretera existente. Para ello, se está estudiando y recurriendo al empleo de materiales ligeros en combinación con sistemas de drenaje vertical distintos de los tradicionales.

Una novedad que se pre-



Dentro del movimiento de tierras, el Informe Nacional de Francia presentó la utilización de materiales locales que son tratados para mejorar sus características.

senta en el **Informe Nacional de Suecia** es un equipo, incorporado al compactador, que estima en el acto el grado de compactación alcanzado, lo que permite al operador no repetir pasadas inútiles.

3.2. Afirmados

En el **Informe Nacional de Bélgica** se nos presentan cuatro novedades, una relativa a los afirmados bituminosos y tres a los rígidos, señalándose que en dicho país una tercera parte de la red está dotada de afirmados rígidos.

Revestimientos bituminosos delgados o ultradelgados.

Afirmados rígidos.

En este aspecto, el **Informe Nacional de Croacia** nos da más detalles sobre el sistema de gestión de firmes KOLMAN, ya mencionado, y que deriva de la experiencia adquirida en la utilización del método danés BELMAN, que será descrito en la sesión complementaria.

En el **Informe Nacional de Cuba** se hace referencia a la introducción de equipos modernos de extensión de mezclas bituminosas y de hormigones de pavimentación. También se da cuenta del incremento del empleo de dobles tratamientos superficiales inversos.

En el **Informe Nacional de Francia** se hace referencia al Convenio establecido entre la Dirección de Carreteras Nacionales y varias organizacio-

nes profesionales al objeto de encontrar innovaciones en este campo.

El empleo de escorias siderúrgicas está muy extendido en el país, según el **Informe Nacional de Hungría**. Inicialmente, se utilizaban las escorias de alto horno para formar la totalidad de las capas. Posteriormente ha venido su empleo como conglomerante para estabilizaciones.

La colocación de capas intermedias de materiales sintéticos como refuerzo de firmes existentes, paliativo de fisuras o para dar más capacidad de soporte al firme sin aumentar el espesor, es una novedad presentada en el **Informe Nacional de Italia**.

Con relación a los afirmados, en el **Informe Nacional de Japón** se presenta un método de recogida, almacenamiento, puesta al día de los datos sobre el estado de los firmes, así como su acceso directo por los servicios periféricos basado en las técnicas de la fibra óptica y el CD-ROM.

Otra novedad es la medida del IRI por un vehículo que lo mide automáticamente, por un método secuencial de dos puntos, estando determinada la posición del vehículo por GPS lo que permite tener los datos en el acto.

El Informe considera económica y técnicamente interesantes los firmes compuestos.

Como técnicas nuevas que

resultan económicas para la construcción de afirmados, el **Informe Nacional de Marruecos** da cuenta de la introducción en dicho país de las mezclas bituminosas en frío, capas de base tratadas con emulsión bituminosa o con cemento, lo que permite aprovechar materiales locales con ahorro de transporte, evitar daños a las carreteras próximas a las obras, preservar los yacimientos granulares cada vez más escasos y dar valor a los materiales locales próximos a las obras.

En el aspecto de los afirmados, el **Informe Nacional de México** menciona como novedad el reciclado de capas bituminosas con objeto de construir bases estabilizadas con betún o con conglomerantes hidráulicos. Otra novedad citada es el empleo de materiales geosintéticos.

Otra más relativa al drenaje, es el relleno de las zanjas de drenaje con material procedente de la propia excavación.

En materia de afirmados, el **Informe Nacional de los Países Bajos** nos presenta dos innovaciones, ambas referentes a las mezclas bituminosas drenantes. En primer lugar, se trata del reciclado de las mezclas drenantes, tanto por lo

que se refiere a su reutilización con materiales procedentes de ellas mismas, como a la posibilidad de regenerar su regularidad superficial. La segunda innovación es relativa a una segunda generación de mezclas drenantes en doble capa.

En el apartado de novedades técnicas, pues ya hemos dicho que no se hace ninguna consideración de tipo económico, el **Informe Nacional de Polonia** se refiere a la introducción de las capas de rodadura delgadas, muy delgadas y ultra-delgadas.

El **Informe Nacional de Suecia** presenta tres novedades en este apartado. El primero es la Directiva sueca ROAD 94 para la concepción de los firmes.

También se tiende un nuevo tipo de firme de hormigón con losas de menos de 5 m sin armar pero construidas con hormigón de alta calidad y con áridos resistentes al desgaste.

Un problema del país son las roderas producidas por los neumáticos con clavos, habiendo adoptado la solución de colocar una capa de rodadura de hormigón en las rodadas y estudiando su efecto en las capas bituminosas inferiores.

En este aspecto lo más rele-

vante que se encuentra en el **Informe Nacional de Suiza** es la revisión de la práctica totalidad de las normas relativas a firmes flexibles, siendo lo más destacable la introducción de una nueva categoría de "Tráfico muy pesado - T6" y la reconsideración al alza de las características mecánicas de las mezclas bituminosas de módulo alto.

Asimismo, se hace referencia a la sustitución de los parámetros tradicionales tipo Marshall por otros más en relación con el comportamiento de los materiales. También se ha revisado la norma relativa al reciclado, elevando las exigencias en cuanto al medio ambiente.

3.3. Puentes

En el **Informe Nacional de Cuba** se cita el incremento en el empleo de toda clase de elementos prefabricados en la construcción de puentes.

Según nos muestra el **Informe Nacional de Francia**, en este aspecto y desde 1997, se está procediendo análogamente a como se ha hecho con los firmes. Nos remitimos al Informe Nacional para más detalles.

El auge de los puentes lanzados por empuje es una novedad citada en el **Informe Nacional de Italia**, citando asimismo la reaparición de los puentes en arco, pero a base de elementos prefabricados. Se subraya el aspecto económico de los puentes de vigas y losas para luces inferiores a 30 m.

En el **Informe Nacional de Japón** se hace referencia al tremendo problema de la conservación y reconstrucción de los puentes de este país en el que, solamente en autopistas, hay más de 130 000 puentes de más de 15 m de longitud.

El problema se enfoca buscando minimizar el coste durante el "ciclo de vida" del puente, sin olvidar el "puente eterno" como "desideratum".



En Japón y sólo en autopistas hay más de 130 000 puentes.

En este apartado, en el **Informe Nacional de México** se cita como novedades la utilización de hormigones de alta resistencia a base de fibras de carbón y vidrio y resinas epoxy. Otra novedad mencionada es el empleo de juntas a base de placas metálicas y mezclas bituminosas elásticas.

En el **Informe Nacional de Suecia** se habla de un hormigón que se autocompacta por gravedad y de sus ventajas, pero sin dar detalles de cómo se logra esto.

Tres son las innovaciones a que se refiere en este campo el **Informe Nacional de Suiza**, país en donde el 45% de los créditos de conservación de las carreteras nacionales se dedican a las obras de fábrica.

El primer problema es la corrosión de armaduras. Un material innovador es la fibra de carbono, ligera y cara, utilizada en forme de láminas, cables y tirantes.

Finalmente, se trata del Sistema de Gestión de Puentes, que desde 1990 se realiza informáticamente y se denomina, desde 1992, KUBA-MS., habiéndose introducido el concepto de usuario desde 1995. Actualmente se utiliza en algunos cantones el prototipo KUBA-MS-Ticino, basado en los mismos principios que el PONTIS de la AASHTO.

3.4. Túneles

La amplitud de los estudios previos con ayuda de perforadoras horizontales que permiten tener un conocimiento real de los terrenos que se van a encontrar, así como las posibilidades de los programas de estudios tridimensionales nos ponen en condiciones, según el **Informe Nacional de Italia**, de tener unos proyectos muy precisos y exentos de sorpresas.

También se cita el ensanche de túneles de autopista sin in-



El Informe Nacional de Italia explica cómo la amplitud de los estudios previos con ayuda de perforadoras horizontales en un conocimiento real de los terrenos a la hora de construir túneles.

terrumpir la circulación durante su ejecución en el tramo Roma - Orte de la autopista A - 1.

En el **Informe Nacional de Japón** se hace una breve descripción del problema que representan los túneles de carretera en este país, que en 1995 alcanzaban la longitud de 2 160,9 km, así como su conservación y reparación. El problema más importante de los túneles es la fisuración.

Con respecto a los túneles, el **Informe Nacional de Suecia** menciona tres temas de progreso: la concepción para darles un aspecto más atractivo con pavimentos y revestimientos claros, una mayor vigilancia de la pureza del aire y la mejora de las salidas de socorro, teniendo en cuenta las personas disminuidas físicamente.

4. Tendencias

No es objeto del informe introductorio obtener conclusiones, pero sí creemos que hemos de señalar las tendencias que se aprecian sobre los diversos aspectos del Tema Transversal KL-1 en los Informes Nacionales que hemos comentado anteriormente.

4.1. Eficacia del proyecto de los afirmados

La tendencia es obtener una buena realización técnica y económica de la inversión inicial, acompañada de un buen comportamiento de la estructura durante toda su vida útil, con una optimación de los costes de construcción, conservación, utilización y afección al medio ambiente.

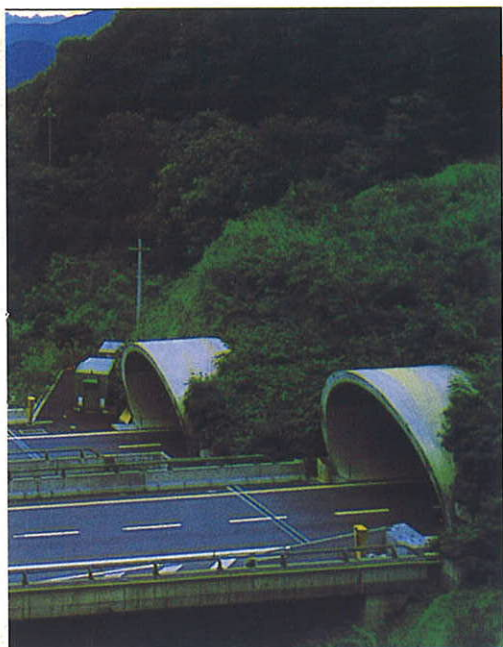
4.1.1. Criterios y métodos de proyecto de afirmados: situación actual y evolución

Dentro de lo dicho en el apartado anterior, la tendencia es la utilización de catálogos con una cierta flexibilidad.

Un aspecto importante es la tendencia a la mayor -total en algunos casos - utilización de productos reciclados y que, a su vez, los firmes proyectados sean susceptibles de un fácil reciclado.

4.1.2. Criterios de apreciación del rendimiento o eficacia a lo largo de la vida útil

Hay un claro movimiento a que los criterios de apreciación del rendimiento, a lo largo de la vida útil, se basen en los costes de conservación, utilización y perjuicios al medio ambiente, en el más amplio sentido del término.



de perforaciones horizontales permiten te-

4.1.3. Análisis de los criterios económico-financieros: costes iniciales frente a costes diferidos

En los informes se trata poco este tema, pero lo que sí está claro es que, si las fuentes de financiación permiten que ésta se adapte en el importe y en el tiempo a las necesidades, son preferibles los costes diferidos.

4.2. Índices de eficacia o rendimiento

Aparte de los clásicos índices técnicos, hay una cierta tendencia a la toma en consideración del punto de vista y satisfacción o insatisfacción de los usuarios.

4.2.1. Concepto de la calidad

La tendencia es dar por descontada la calidad técnica entendida como cumplimiento de normas y especificaciones y considerar como índice de calidad el mínimo costo total: construcción, conservación, uso y afecciones con la máxima amplitud. En cuanto al sistema de evaluación de este coste, los métodos varían con tendencia al valor actualizado neto.

4.2.2. Influencia de los índices sobre la conservación y rehabilitación

Hay una tendencia, con notables progresos, a la globalización de las características en un índice único para su mejor utilización en los métodos de gestión. Pero este índice debe de ser empleado en unión de los valores económicos.

4.2.3. Innovaciones relativas a los indicadores utilizados en la gestión de los afirmados: tipos de carreteras

En este aspecto hay diversidad de tendencias y prácticas, pero se insiste como tendencia la búsqueda de un indicador único que globalice todos los factores implicados en la gestión y comportamiento. En este índice se debe de recoger también la opinión de los usuarios.

4.3. Innovaciones en la técnica de carreteras económicamente favorables

4.3.1. Movimiento de tierras

Las dos tendencias más destacadas es la búsqueda de materiales para realizar los rellenos con el menor perjuicio posible para el medio ambiente, utilizando desechos y materiales recuperados.

La otra tendencia es la reducción de las zonas ocupadas por los desmontes afinando la inclinación y estabilidad de sus taludes.

4.3.2. Afirmados

Las tendencias son las capas delgadas o ultra-delgadas. Otra, el estudio del aprovechamiento de materiales hasta ahora considerados inservibles mediante tratamientos y estabilizaciones. Y, la tercera, es el reciclado incluso para capas nobles del firme.

Paralelamente hay una tendencia a la reducción del ruido y al aumento de la seguridad al deslizamiento.

4.3.3. Puentes

Las tendencias son, aparte de una cierta normalización para mejorar el diseño, el em-

pleo de protecciones contra la corrosión de armaduras, armaduras de materiales distintos del acero como la fibra de carbono, empleo de hormigones de alta resistencia y de los autocompactables y la prefabricación.

4.3.4. Túneles

Las novedades presentadas como tendencia es, en construcción, la utilización de equipos de prospección horizontal que permitan conocer con antelación suficiente los problemas que se pueden presentar.

En conservación, son los equipos que permitan detectar la fisuración de los revestimientos y las posibles oquedades.

Otra tendencia observada es darles un aspecto más atractivo, mayor limpieza del aire y medidas de seguridad más eficaces.

RESUMEN DE LA INTERVENCIÓN DE D. ANICETO ZARAGOZA

Esta ponencia, cuyo título es "Metodología para el establecimiento de un indicador integral de calidad en las carreteras. Aplicación al sistema de concesiones chileno", es el resumen del trabajo desarrollado por el Departamento Técnico de la Asociación Española de la Carretera para la Dirección General de Concesiones del Ministerio de Obras Públicas de Chile, en virtud del Convenio de Colaboración firmado entre ambas entidades con la participación con la U. de Chile.

RESUMEN

Desde la mitad de la década de los ochenta, se viene registrando una acelerada transformación mundial en el sistema de financiación y gestión de las

infraestructuras de transportes. Así, a partir de una financiación presupuestaria, con un método de gestión funcional, vemos cómo se va extendiendo un sistema de financiación privado o público - privado, y un modo de gestión volcado hacia la calidad del servicio.

Estos hechos plantean la necesidad de establecer un sistema que permita evaluar la calidad ofrecida por las nuevas infraestructuras construidas mediante financiación privada o público-privada.

Dentro de este marco de actuación, se encuentra el sistema de concesiones chileno, en cuyo programa general de concesiones se recogen como objetivos básicos:

- Descentralizar la producción y gestión de infraestructuras, generando niveles de servicio por los cuales el usuario esté dispuesto a pagar.

- Tender hacia el desarrollo y mejora de la eficiencia en la producción y gestión de infraestructura pública.

Los objetivos que se pretenden con la adopción de un índice de calidad para obras viales concesionadas, son los siguientes:

- El desarrollo de una estrategia pormenorizada que posibilite la identificación de todos los aspectos que deben ser considerados de manera desagregada, para abarcar tanto las exigencias de la Administración como las expectativas del usuario.

- La identificación del elemento que debe servir de integración de todos ellos para la homogeneización de los valores medidos, tanto objetivos como subjetivos.

- La definición y establecimiento de un **ÍNDICE INTEGRAL DE CALIDAD** que permita la valoración

y comparación objetiva de los diferentes niveles de servicio que ofrecen las concesiones de carreteras que operan en Chile.

- La verificación de la repetitividad, coherencia y fiabilidad del índice establecido, a través de su puesta en funcionamiento y seguimiento exhaustivo.

Para llegar a la definición de la calidad de una concesión de carreteras, se debe partir necesariamente de la consideración de dicha infraestructura como un **SERVICIO** que la administración presta, de tal manera que se puede medir el grado de satisfacción del usuario con los mismos parámetros que se utilizan para la medición de cualquier servicio.

Sin embargo, para poder llevar a cabo la medición de la calidad del servicio, será necesaria la realización de tres diferentes tipos de mediciones:

- Establecimiento de estándares mínimos, exigidos por la Administración como requerimientos expresos de calidad.

- Valor añadido, aportado por la empresa concesionaria, tanto en su propuesta de adjudicación como durante el tiempo de explotación de la concesión.

- Servicio exigido por el usuario, como representativo de los índices mínimos de calidad por los que se está dispuesto a pagar.

Además de esta tríada de mediciones, debe ser considerado un aspecto que complica de alguna manera la sistemática propuesta; y es que, si bien muchas de las variables pueden ser objetivamente medibles, habrá muchos otros que, por el carácter de subjetividad que debe aportar el usuario, obligará a la aplicación de una encuesta a pie de campo.

Otro de los aspectos que no debe pasarse por alto para el logro de los objetivos planteados es el establecimiento de las características que debe reunir el índice que se quiere establecer.

Las características del mismo serán:

- **REPETITIVIDAD:** Debe tratarse de un índice de sistemática aplicación temporal, en función de los objetivos establecidos por la Administración.

- **FIABILIDAD:** El índice definido deberá tener capacidad para adaptarse a la evolución esperable del sistema concesional Chileno, así como a las distintas categorías de vía diseñada.

- **REPRESENTATIVIDAD:** Deberá garantizarse que el índice de referencia englobe, no sólo todos los aspectos considerados, sino que garantice su óptima ponderación, en orden a conseguir un índice adimensional de fácil interpretación cualitativa.

- **BAJO COSTE:** A las tres características referidas anteriormente, se debe añadir la garantía de que la aplicación de dicho índice supone un coste definido y controlable, de tal manera que se pueda obtener un porcentaje importante de la infor-



En la foto, D. Aniceto Zaragoza.

mación necesaria a través de trabajos de gabinete.

Después de sucesivos planteamientos en los que se trataba de identificar bloques de aspectos con contenido técnico y conceptual claro e independiente, que se pudieran agrupar en un índice representativo y cuya agregación global reflejará fielmente la calidad del servicio ofrecido por el sistema concesional, se optó por la siguiente estructura de índices.

1. Índice de Seguridad Vial (ISV): índice que permite la sistematización en el cálculo de los indicadores que se han entendido más representativos para permitir la caracterización y medición de la evolución de la accidentalidad, asociada al sistema concesional de transporte por carretera en Chile.

2. Índice de Compromiso Patrimonial (ICP): índice con un marcado contenido economicista, que por un lado mide el grado de esfuerzo que realiza la concesionaria para mantener y mejorar el patrimonio fiscal, con cargo a sus resultados económicos; y, por otro, permite controlar el déficit acumulado por cada concesión respecto del momento de puesta en servicio.

En él se engloban todas aquellas variables que inciden sobre el valor patrimonial de la infraestructura.

3. Índice de Calidad de Servicio (ICS): índice que está compuesto por aquellas variables directamente relacionadas con los estándares de servicio que la concesión oferta al usuario.

Dado que dicho índice dependerá en parte de la percepción del usuario para evitar una carga subjetiva demasiado importante, se ha optado por la separación del ICS en dos subíndices: un Índice de Calidad de Servicio Técnico (ICST), desarrollado desde el punto de vista ingenieril, y un Índice de Ca-



Es imprescindible la identificación de todas y cada una de las variantes susceptibles de influir sobre la calidad de servicio que un sistema de transporte por carretera pueda ofrecer a sus usuarios.

lidad de Servicio percibido por el Usuario (ICSU) que aborda las consideraciones tanto de los diferentes usuarios de la concesión como de la práctica totalidad de afectados o beneficiados por la nueva infraestructura.

Aspectos metodológicos más destacados

Partiendo de un objetivo básico de definición de un índice integral que permitiera medir la calidad del servicio prestado, durante el desarrollo del proyecto se fueron tomando una serie de decisiones estratégicas que han permitido desembocar en la estructura planteada.

Las elementos más destacados de las decisiones realizadas se pueden resumir en:

- La complejidad que suponía compatibilizar todos los elementos que inciden sobre la calidad de servicio de una vía han obligado a la definición de tres índices, en vez de uno, cuya consideración conjunta permite obtener una visión clara y objetiva del servicio ofrecido por cada carretera.

- Dadas las especiales connotaciones que presentan todos los aspectos relacionados con la seguridad vial del sistema, se decidió la separación de los aspectos de seguridad del conjunto de los índices y se procedió a la definición de un índice de seguridad vial específico (ISV).

- Si bien el objetivo final era definir índices de calidad de servicio, el equipo metodológico consideró oportuno incorporar un índice de compromiso patrimonial (ICP) que permitiera a la Administración tener un claro control económico de la evolución del sistema concesional.

- Se decidió la agrupación de las 126 variables que integran el índice de calidad de servicio técnico (ICST) con respecto a las cuatro características básicas de calidad que debe cumplir toda carretera concesionada:

- 1) garantizar la calidad de la circulación en la vía principal,
- 2) garantizar la calidad de la infraestructura secundaria,
- 3) garantizar la calidad de los servicios obligatorios y complementarios,
- 4) garantizar la calidad de la gestión medioambiental.

• La complejidad de homogeneización que suponía intentar trabajar con variables de medición objetiva, junto a otras de marcado sesgo subjetivo, obligaron al equipo metodológico a la subdivisión del índice de calidad de servicio en dos bloques independientes. Uno de componentes claramente técnicos (ÍNDICE DE CALIDAD DE SERVICIO TÉCNICO) y otro que engloba la percepción real de todos los usuarios de la vía (ÍNDICE DE CALIDAD DE SERVICIO PERCIBIDO POR EL USUARIO).

• La evidencia de que una parte representativa de los aspectos que tienen más incidencia sobre la calidad del servicio viene determinada unívocamente por las decisiones tomadas durante la fase de diseño del proyecto de la carretera, desembocaron en la desagregación del índice de calidad de servicio técnico en dos sumandos, el primero de COMPETENCIA DE LA ADMINISTRACIÓN y el segundo RESPONSABILIDAD DE LA EMPRESA CONCESIONARIA.

Esta decisión permite a la Administración, no sólo conocer claramente el servicio ofrecido por cada empresa concesionaria, sino identificar la bondad del diseño predefinido, y por tanto posibilitar su sistemática mejora.

• Por último puede destacarse que otra forma de interpretar los resultados de los trabajos de campo que se realicen para el cálculo de índices puede estar relacionado con el concepto de que el ICS estará ofreciendo una fotografía clara de lo que está pasando en el momento de la inspección con la infraestructura y su servicio; y el ICP estará ofreciendo una visión de la evolución del sistema en el tiempo, y por tanto identificará posibles problemas potenciales con el tiempo suficiente para prever las soluciones oportunas.

SUB-ÍNDICE DE EVALUACIÓN	VARIABLES	RANGO DE VALIDEZ Y MÍNIMO ACEPTABLE	ESCALA DE PUNTUACIÓN	MEDICIÓN Y TRABAJO DE CAMPO
DEMARCAIONES	Adecuación y características	Mínimo aceptable: Se precisará dotación de demarcación en: Eje y bordes (> 15 cm) (Retrorreflectancia > 50 kg/m ²)	Se puntuará 0 el incumplimiento de algún estándar mínimo. El cumplimiento de ambas condiciones = 100 Se calcula $P = [(TI-T0)/TI] \times 100$; si $P < 90\%$ se califica con 0 puntos este apartado. Si $P \geq 90$ la puntuación final será: $P \text{ (final)} = 100 - 10 \times T0/TI$	Se realizará mediante inspección visual en tramos de 100 metros cada 5 km. Esta inspección deberá ser repetida en condiciones de nocturnidad.
	Conservación	Estándar óptimo: Ausencia de tramos que precisen repintado. Mínimo aceptable: 10% de demarcaciones que requieran repintado.	Se evaluará el desgaste y la decoloración de cada tramo inspeccionado, así como la visibilidad nocturna. Se puntuará en escala de 0 a 100 en función del estado de conservación y visibilidad nocturna de la demarcación. Eventualmente se podrán verificar las mediciones visuales con las obtenidas con el "optronik".	
BALIZAMIENTO	Adecuación y características	Óptimo: presencia de hitos en puntos singulares (cada 25m), tachas cada 24 m (4 m en barrera), retrorreflexión de nivel II Mínimo aceptable: no especificado.	Sobre un máximo de 100 puntos se descontarán 25 por cada una de las siguientes inadecuaciones: Ausencia de tachas Ausencia de hitos Retrorreflexión inferior Ausencia tachas en barrera.	Se realizará mediante inspección visual en tramos de 100 m cada 5 km. Esta inspección deberá ser repetida en condiciones de nocturnidad.
	Conservación	Estándar óptimo: Ausencia de tramos sin balizar o que precisen reposición (suciedad, rotura, ocultación, ubicación inapropiada, ausencia visibilidad). Mínimo aceptable: 10% de elementos que requieran reposición.	Se evaluará el desgaste y la limpieza de cada tramo inspeccionado, así como su visibilidad nocturna. Se puntuará en escala de 0 a 100 en función del estado de conservación y visibilidad nocturna del balizamiento.	

Cuadro de caracterización de variables.

Metodología de establecimiento del ICST

Por tratarse de la parte más novedosa e innovadora del proyecto, se va a resumir brevemente la metodología seguida para la definición del ÍNDICE DE CALIDAD DE SERVICIO TÉCNICO (ICST).

Objetivos:

Se deben identificar los siguientes:

- Evaluar técnicamente el servicio ofrecido por una vía.
- Conocer objetivamente el esfuerzo que las empresas realizan sistemáticamente en busca de la mejora del servicio prestado.
- Comparar los diferentes

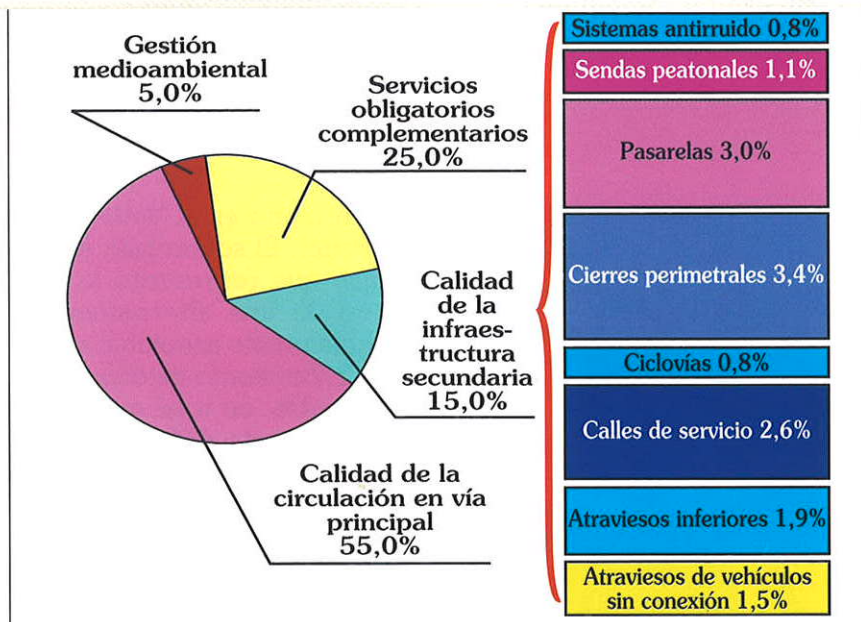
servicios que las distintas empresas facilitan a sus usuarios.

- Valorar la calidad del servicio prestado respecto a unos estándares de referencia óptimos.

Metodología:

Los pasos más importantes por los que se ha evolucionado son los siguientes:

- Identificación de todas y cada una de las variables susceptibles de influir sobre la calidad de servicio que un sistema de transporte por carretera puede ofrecer a sus usuarios.
- Agrupación de alguna manera homogénea todas ellas. Dicho proceso concluyó con la estructuración de las variables en base a cuatro funciones básicas que la carretera puede ofrecer al usuario: garantizar la



Ponderación de los componentes de la infraestructura secundaria.

calidad de la circulación en la vía principal, garantizar la calidad de las infraestructuras secundarias, garantizar la calidad de la gestión medioambiental, y por último garantizar la calidad de los servicios obligatorios y complementarios que la concesión debe ofertar al usuario.

• Paralelamente a estos trabajos se planteó la posible formulación de partida de este índice. Es la siguiente:

$$ICS_t = \sum_i (\alpha_i * \beta_i) = \sum_i \alpha_i * (a_i * f_i + b_i)$$

donde:

$$\sum \alpha_i = 100$$

$$\beta_i \in [0,1]$$

a_i, b_i son factores de escala

$$\beta_i = 1 \text{ para } f_i = f_{opt}$$

$$\beta_i = 0 \text{ para } f_i \leq f_{min} \text{ exigido}$$

$f_i = f$ (circulación vía principal; infraestructura secundaria; gestión medioambiental; servicios complementarios).

A continuación, se procedió a la definición y caracterización de cada una de las variables identificadas.

• Establecimiento de un marco de referencia para cada una de las variables designadas con dos objetivos básicos:

– establecer un estándar óptimo referencial;

– establecer el rango adecuado de variación de cada variable para identificar el estándar mínimo aceptable por el sistema.

• A continuación se elaboró

un proceso de ponderación de cada una de las variables en estudio. El criterio básico seguido para la asignación de ponderadores a cada una de las variables ha sido la de identificar aquellos aspectos más sensibles a disminuir la calidad de la circulación en la vía principal.

• A modo de ejemplo se adjuntan dos figuras representativas del desglose realizado para cada una de las variables seleccionadas dentro del ICST, así como de la ponderación de dichas variables.

Conclusiones

Dentro de las características más interesantes de la metodología desarrollada, podemos destacar:

- Su simplicidad, consistencia y coherencia interna.
- El bajo coste de aplicación.
- Su facilidad para realizar comparaciones objetivas.
- La posibilidad de analizar evoluciones en el tiempo.
- La posibilidad de combinar varios índices para reforzar los análisis.
- La capacidad de identificar la causa de los problemas.
- Su concepción como metodología dinámica susceptible de mejora sistemática.

Mundial de la Carretera

INTERVENCIÓN DE D. FELIPE RUZA TARRÍO

Esta intervención no pertenece al tema KL-1 y lleva por título "Actuaciones de la Dirección General de Carreteras española en materia medioambiental".

España ha aportado información amplia sobre actuaciones de la Administración española de Carreteras, en materia de medioambiente, para la elaboración del informe que presenta el Comité de Medio Ambiente de la AICPR en este XXI Congreso Mundial de la Carretera.

En ella, la protección de los valores medioambientales en la construcción de carreteras se analiza, especialmente, desde el punto de vista de la prevención (Política de la U.E.) en tres fases principales:

• Planificación y selección de alternativas.

• Proyecto de trazado y construcción.

• Seguimiento ambiental (muy importante).

Para las fases de planificación de trazados es necesario un conocimiento previo del medio natural y cultural con el fin de delimitar áreas sensibles y seleccionar las alternativas de menor impacto. Se establece la necesidad de contar con cartografía y bases de datos ambientales. Hemos presentado varios trabajos de la administración española a nivel nacional tendientes a dotar a los planificadores de dicha información.

A continuación y abordando la posibilidad de introducción de condicionantes ambientales en el diseño final, se analizan casos prácticos de tramos concretos en España. Se trata de carreteras donde la **problemática ambiental y la participación pública** han sido determinantes en la elección de la solución final. En todos ellos, la

ejecución de tramos en túnel resulta una alternativa de gran eficacia para la protección del medio ambiente. Se analizan los costes económicos generados.

Finalmente, en nuestro informe se indica la necesidad de realizar un seguimiento ambiental. Su finalidad es, por un lado, comprobar que la predicción de los impactos era correcta y asegurar que las medidas protectoras y correctoras previstas son aplicadas correctamente. Por otro, realizar un seguimiento de las variables ambientales afectadas, detectando situaciones no previstas y permitiendo establecer medidas adicionales. Se expone la experiencia española en este campo.

La información sobre el medio se ha instrumentado mediante cartografía ambiental y base de datos. Son de destacar: el Sistema de información global de medio ambiente (SIGMA), la Base de Datos de la Naturaleza (Proyecto Hispanat), el Proyecto CORINE/ BIOTOPOS, el Banco de Datos de la Directiva Habitats, el Plan Nacional de Cartografía Temática Ambiental, y el Atlas de Espacios Naturales y Recursos Culturales de interés para el trazado de las carreteras del Estado.

La introducción de condicionantes ambientales origina costes, **unos directos debidos a las medidas correctoras que se presupuestan en los proyectos**, y otros **indirectos debidos a las medidas introducidas en el proceso de selección de alternativas** que, por motivos ambientales, obligan a optar por alguna de mayor coste.

Los costes medios ambientales se recogen en la tabla adjunta.

Como ejemplo de actuaciones, España ha prestado tres casos especialmente significativos:

Autovía M-40, de circunvalación a Madrid.



En la foto, D. Felipe Ruza (segundo por la derecha) escuchando atentamente en una de las sesiones.

Diseñada con calzadas superpuestas para no afectar a un espacio protegido. Se excava una trinchera de más de 15 m de profundidad con estructura intermedia, de modo que la calzada inferior discurre en túnel y la superior en trinchera más de 5 m bajo la cota del terreno.

Autovía Madrid - Valencia A-3. Tramo Minglanilla-Caudete.

Este tramo presentaba una problemática especial al atravesar zonas de alto valor ecológico y paisajístico, y masas de vegetación natural de interés, con una orografía compli-

cada como es el Valle del río Cabriel. El sobrecoste económico que representó la elección de una alternativa ambientalmente aceptable superó los 1,2 millones de dólares por kilómetro, en total más de **35 millones de dólares.**

Nueva carretera de la A-49 a la N-IV. Cruce del río Guadalquivir. Corresponde a la actuación de otra Administración de Carreteras (Junta de Andalucía).

Se trataba de cruzar el río Guadalquivir (navegable) en las proximidades del Parque Nacional de Doñana, de altísimo valor ecológico. Es una zona llana, muy frágil desde el punto de vista paisajístico debido a las amplias cuencas visuales y el carácter marcadamente horizontal del paisaje. La solución elegida fue la de "túnel sumergido".

Finalmente, se considera de máxima importancia el realizar un **seguimiento y control ambiental del proyecto**, tanto en su fase de construcción como después de la explotación, para comprobar si las afecciones ambientales estaban bien evaluadas, si se han producido alteraciones de difícil previsión, y si las medidas correctoras establecidas se comportan como se había estimado en el proyecto, o es preciso establecer otras complementarias o nuevas. ■

TIPO	TERRENO	COSTES DIRECTOS		COSTES INDIRECTOS (% DEL PRESUPUESTO)
		MPTAS POR KM	% DE PRESUPUESTO	
Autopistas de nuevo trazado	Llano	14,5	3,0	2,5 - 3,5
	Ondulado Accidentado	25,5	3,0	
Duplicación de calzada	Llano	3,5	1,0	
	Ondulado Accidentado	9,0	2,0	
Variantes de población	Todos	1,5	1,0	1,0 - 2,0
Vías urbanas	Todos	25,0	2,5	1,5 - 3,0