

# Jornadas sobre auscultación y toma de datos para planificación y gestión de carreteras

POR LA REDACCIÓN

## Acto inaugural

Intervino en primer lugar **D. José A. Villa**, *Concejal del Ayuntamiento de Cáceres*, dando la bienvenida y agradeciendo la elección de Cáceres como sede de las Jornadas. Tras él, **D. Jesús Díez de Ulzurrun**, *Subdirector General Adjunto de Seguridad Vial de la Dirección General de Tráfico*, subrayó el carácter de utilidad y posibilidades que ofrecen las nuevas tecnologías para el mundo de la carretera y, especialmente para la gestión de tráfico y la seguridad. Para el ponente "conductor informado es conductor más seguro" y "todas las Administraciones relacionadas con la carretera trabajamos y nos esforzamos para equipar estas carreteras con estas tecnologías que mejoren la seguridad vial y que disminuyan la siniestralidad en España".

Posteriormente, intervino **D. Jesús Vicente**, *Consejero de ATC*, dando la bienvenida a todos los que trabajan para "mejorar la eficiencia en la gestión de la carretera", que, no es sino un medio del fin que todos los reunidos perseguimos, que es, bajo la dirección de las Administraciones Públicas, mejorar la calidad de vida de los ciudadanos, por medio de un mejor servicio de transporte de mercancías y personas por carretera". Tras excusar la ausencia de D. Ángel Laclea, agradeció las distintas colaboraciones prestadas para la celebración de estas Jornadas.

Finalizó el acto, **D. Antonio Caperote Mayoral**, *Vicepresi-*

Cáceres, 14 al 16 de diciembre de 1999.



Mesa que presidió el acto inaugural de estas jornadas.

dente de la Diputación Provincial de Cáceres, quien afirmó que "el estado de salud de las carreteras se presenta hoy en día como un referente de la calidad de vida de los ciudadanos y como un termómetro con el que medir lo económico del lugar". Por lo tanto, su adecuada gestión es un derecho del ciudadano. Además, "las civilizaciones crecen y progresan a la par que sus carreteras".

## 1ª Sesión: Posicionamiento, datos geométricos, cartográficos y meteorológicos

Los "Equipos de posicionamiento global (GPS), su

aplicación a las carreteras y el proyecto Record (Rasant)" fue el título de la presentación de **D. Fco. Javier González Matesanz** y **D. Adolfo Dalda Mourón**, del *Instituto Geográfico Nacional* y del *Ministerio de Fomento*, respectivamente. La ponencia comenzó explicando algunos principios de geodesia y las coordenadas de un equipo GPS y subrayando que, lo que inevitablemente necesitará un usuario GPS avanzado es la utilización de las coordenadas de la red geodésica española (ROI, Red de Orden Inferior con coordenadas ED50) y de las redes IBERIA95, REGCAN95, BALEAR98 y REGENTE en coordenadas plenamente compatibles con GPS. En lo que se refiere a la captura de datos en viales, el proyecto RECORD ha revolucionado

do el mundo del inventario "en tiempo real" de entidades geográficas, permitiendo precisiones de 0,5 m + 2 ppm (desviación estándar respecto a Madrid).

Posteriormente, se refirió a la actualización de cartografía con equipos GPS y, en cuanto al Proyecto Record (Radio Difusión Española de Correcciones Diferenciadas), éste forma parte del Área de Geodesia REPONTE (Red Española para Posicionamiento y Navegación) y trata de la difusión de correcciones diferenciadas GPS a través de la subportadora no audible RDS (Radio Data System) de las emisoras de Radio Nacional de España (RNE). Su corrección diferencial GPS de código se dispone en formato RTCM SC104 y se analiza y comprime en formato Rasant 2.6 que se envía a RNE, que lo incorpora a la señal FM y es recibida por un receptor FM/RDS/Rasant que lo descomprime y proporciona las correcciones originales RTCM SC04.

Tras detenerse en el sistema Record con control de integridad y Record+, informó sobre el futuro, el GNSS y Galileo, constelación esta última formada por 21 a 24 satélites orbitando a más de 19 000 km con 8 satélites geostacionarios.

**D. Luis Gallardo Menargues**, de Geocisa, presentó la "**Experiencia de Geocisa en más de 30 000 km de utilización del Sistema de Posicionamiento Global**", partiendo de 1988 cuando instaló, en el vehículo de Medidas Geométricas, el modelo NAVSTAR XR46, distribuido por AEROMARINE.

Más adelante, el equipo para la medida del coeficiente de rozamiento transversal y textura superficial en el que se instaló el sistema GPS, con corrección diferencial en post-proceso. Para la explotación de sus datos, se adquirió el modelo Geo-Explorer de Trimble Navigation, capaz de sincronizarse con 6 satélites y

con un error de disponibilidad selectiva de 40 m.

En 1997, la empresa adquirió los primeros GPS que incorporan acceso al servicio Omnistar, con corrección diferencial en tiempo real, utilizando como estación de referencia un satélite geostacionario; y en 1998, con la construcción de la última generación de vehículos de Medidas Geométricas, se utilizaron los receptores de corrección diferencial y GPS de Fugro y Asttech, respectivamente, integrados en un solo equipo, modelo 3000LR12.

De todo ello, explicó su funcionamiento, límites y obstáculos, finalizando con la última experiencia, que ha sido la obtención de coordenadas GPS en Argentina, en octubre pasado, en el que se transformaron las coordenadas UTM en Gauss Kruger, sistema empleado en ese país.

**D. Pedro M. Galán Bueno**, del Ministerio de Fomento, presentó la ponencia "**Los inventarios. El inventario de características geométricas y de equipamiento del Ministerio de Fomento**". Entre otras, expuso las características básicas del inventario de características geométricas de la D.G.C. del Ministerio de Fomento, sus objetivos, su contenido y el sistema de tramitación de la red y sus ventajas.

Más adelante y tras afirmar que la referenciación es el sistema básico de identificación de cualquier punto de la carretera, estableciéndose una correspondencia biunívoca entre ésta y los registros de inventario, presentó las variables del inventario y los soportes de la información y citó la relación de documentos y manuales entregados junto al inventario, finalizando con algunos puntos relevantes o novedosos del próximo inventario de carreteras. Entre otros, el mantenimiento del sistema de tramitación empleado en el último inventario, que para los planos

de ciudades se empleará el Atlas Urbano que se tiene permanentemente actualizado en el Área de Planificación; la realización de un inventario exclusivamente de geometría y equipamiento, etc.; y el tratamiento espacial y no sólo lineal de la carretera.

**D<sup>a</sup> Carmen Velilla Sánchez** y **D. Antonio Ruel Martínez**, de la Junta de Andalucía y Geotecnia y Cimientos S.A., respectivamente, presentaron el "**Inventario de la red secundaria de carreteras de Andalucía**". Tras subrayar que los inventarios hoy en día están totalmente automatizados y que sus ventajas son múltiples y evidentes, explicaron la composición de la red de carreteras andaluzas y la metodología utilizada: definición de criterios y variables (hasta 627 organizadas en 14 módulos distintos) y toma de datos mediante un vehículo tipo VMG, que dispone de un sistema central de ordenadores, odómetro, giróscopo, sistemas de medición de peralte y pendiente, de grabación de imágenes y GPS, y que registra, además, el radio de curvatura y coordenadas UTM. Tras ello, explicaron el trabajo en gabinete y afirmaron que en Andalucía, la herramienta base de gestión de inventario es la base visual de carreteras, que en muchos casos se complementa con información del SIG.

Tras subrayar la necesidad de la actualización de los datos informáticos, que es sencilla y rápida, y que, en cuanto a modificaciones de trazado o rehabilitación del paquete estructural, simplemente es necesario restituir la parte modificada, resaltaron que el inventario automatizado es el que más se utiliza en Europa y que está en continuo desarrollo.

**D. Sandro Rocci**, de la Universidad Politécnica de Madrid, intervino con la ponencia "**Cartografía y vuelos fotogramétricos**". Para el ponente, la difusión y el abaratamiento de la aerofotogrametría ha permitido



D. Sandro Rocci, a la izquierda, intervino con la ponencia "Cartografía y vuelos fotogramétricos".

obtener, a un coste razonable, una cartografía específica para los estudios de carreteras que abarque más grandes superficies de terreno. La labor de campo se reduce al mínimo, y el producto obtenido permite su utilización directa por los programas integrados de trazado. Su posición en planta no debe diferir de la verdadera en más de 0,5 mm a la escala del plano y su cota no diferirá de la verdadera en más de 1/4 de la equidistancia entre las curvas de nivel. Posteriormente, mencionó algunos fallos relativos al aseguramiento de la calidad, la falta de coincidencia entre cartografías contiguas y la obsolescencia.

Por lo que se refiere al tema de la cartografía, lo dividió en: *red geodésica*, explicando el concepto de vértice geodésico que se vincula por redes de triangulación de primero, segundo y tercer orden; *sistemas de proyección*, cuya elección se basa en que la figura del mapa tenga ciertas propiedades en relación con la del terreno, que aparecerá deformada y cuya anamorfosis o deformación puede ser lineal, superficial y angular; *proyección convencional*, que es un sistema policéntrico de proyección no desarrollable y que, dentro de ciertos límites, resulta prácticamente automecoico en todas las direcciones; *proyección UTM*, adop-

tada por los EE.UU. y países europeos, muy en boga hoy día, que es una proyección artificial cilíndrica en la que la transformada del meridiano de origen es la única línea automecoica; *proyección Lambert*, que es conforme y la anamorfosis lineal es muy limitada, por lo que es especialmente adaptable a los trabajos de carreteras; y *cota y altitud*.

En cuanto a los medios fotogramétricos, estos fueron explicados, continuando con la información de que el ángulo de deriva del vuelo no debe ser superior a 5° y la cámara se debe calibrar cada dos años. Además, para cubrir una zona amplia, se dan dos o más pasadas, de manera que la serie de fotogramas obtenida presente un solape longitudinal mínimo del 60% entre cada dos sucesivos, y un solape mínimo del 25 al 30% entre cada dos pasadas contiguas.

Para que la fotografía no resulte movida, el desplazamiento de la imagen durante la exposición no debe resultar superior a 0,05 mm y es muy importante tener en cuenta la posición del Sol y la de las sombras proyectadas, así como las distintas absorciones de la luz por las superficies del terreno.

Finalizó su intervención con los temas del apoyo topográfico, aerotriangulación (procedimiento analítico que permite detectar

fácilmente los puntos erróneos) y la restitución.

El "**Uso de datos meteorológicos en planificación y proyectos de infraestructuras lineales**" fue presentado por **D. Gonzalo Marín Pacheco** y **D. Rogelio Rollán Oro**, de *Synconsult*, quienes tras hacer una introducción, exponiendo los datos meteorológicos que se toman en cuenta en los proyectos de infraestructuras lineales y que dilucidan los aspectos que inciden en los proyectos, presentó las redes del Instituto Nacional de Meteorología (INM) y la del Sistema Automático de Información Meteorológica (SAIH), del Ministerio de Medio Ambiente, describiéndolas y explicando algunos de sus datos y conceptos, pasando a explicar algunas cuestiones meteorológicas, y presentando dos metodologías para el cálculo basadas en procedimientos estadísticos o hidrometeorológicos.

Tras detenerse en los aspectos normativos, se concluyó que hay que obtener coeficientes medios anuales para la obtención del número de días útiles de trabajo; caracterizar índices climáticos asociados a la zona por donde discurre la traza y determinar los caudales de referencia para el dimensionamiento de las obras de drenaje. Además, se analizaron las dos variables que intervienen en la determinación del caudal de referencia, que son la precipitación y la escorrentía, describiendo las redes hidrometeorológicas de ámbito estatal que proporcionan estos datos y esbozando las metodologías actuales que se utilizan para determinar los caudales de proyecto.

**D. César Hernando Serrano**, de *Geocisa*, presentó la ponencia "**Utilización de los datos de pluviometría en el cálculo de refuerzos de firmes**". En ella, afirmó que la O.C. 323/97 supuso un importante paso a la hora de poseer un mayor conocimiento sobre el gra-

do de humedad existente en las capas granulares del firme. En esta comunicación mostró un método que puede ofrecer un posible camino de mejora a la actual metodología, en el que se propone que, una vez determinado si el periodo es húmedo, intermedio o seco, se calcule un coeficiente de corrección medio dependiente de cada zona.

A partir de los datos históricos de pluviometría se clasifican los meses como secos, cuando la precipitación no supera los 30 mm; intermedios, entre 30 y 50 mm; y húmedos, si superan los 50 mm.

El coeficiente de corrección medio de cada zona (Cm) se obtendría como la media ponderada de los distintos coeficientes considerados para cada tipo de periodo, mientras que el coeficiente corrector resultaría de multiplicar el coeficiente de corrección medio de zona por el del tipo de periodo.

Tomando los valores de la O.C. 323, en el caso de condiciones de drenaje medias, los coeficientes para cada mes resultarían los siguientes: mes húmedo, 1/1; intermedio, 1/1,25; seco, 1/1,45; y, si en una zona tenemos 3 meses húmedos, 6 intermedios y 3 secos, el coeficiente medio de zona resultaría:

$$C_m = \frac{3x \frac{1}{1} + 6x \frac{1}{1,25} + 3x \frac{1}{1,45}}{12} = 0,82$$

De esta forma los coeficientes medios de zona variarán entre 1,00 para sitios muy húmedos y 0,69 en las zonas más secas.

### 2ª Sesión: Auscultación

**D. Ramón del Cuvillo Jiménez**, intervino con la ponencia "**Toma de datos en las inspecciones principales**". En ella informó sobre primer in-

ventario de puentes de España realizado en 1962, y sobre los documentos que comprende el inventario original actual de la D.G.C.: croquis de la obra de paso, información fotográfica y ficha técnica informatizada dividida en 7 capítulos. Más adelante, definió la inspección (doc. 24 de la D.G.C.) e informó que el documento 24 distingue tres tipos de inspecciones: rutinarias o superficiales, principales y especiales; pero el documento sobre Puentes de Carretera, publicado por el Comité C11 de la AIPCR, los clasifica en dos: las inspecciones visuales y las realizadas con instrumentos; y añade que la combinación adecuada de estos elementos resulta esencial en un programa de control eficaz. Posteriormente, destacó la importancia de la inspección de los huecos o aligeramientos y de los tendones de pretensado y armaduras pasivas embutidas en hormigón, además de la importancia de la cualificación del inspector y la necesidad de disponer de manuales y la celebración de cursos especializados.

Tras exponer las cualidades y número que compondrían los equipos de inspección, informó que la inspección principal debe estar sistematizada, regulada y recogida en un Manual con la metodología de la observación, elementos que hay que inspeccionar, deterioros tipo más comunes y su catalogación e informe de los resultados de la inspección. Tras exponer el informe realizado en 1987 por el CEDEX, pasó revista a los sistemas de gestión que se han implantado en diferentes administraciones de carreteras en el mundo.

**D. José M. Simón-Talero Muñoz**, de José A. Torroja Oficina Técnica, S.A., presentó "**El SGP, un sistema de gestión de puentes para el Ministerio de Fomento**". Tras definir sus objetivos, precisó las actuaciones básicas que debe cumplir el sistema de gestión, como la

creación de una completa base de datos, definición de las tasas de inspección rutinaria y conservación ordinaria, sistematización de las tareas de inspección (inspecciones principales), evaluación del estado de conservación de los puentes, ordenación de las prioridades técnicas, estimación de los costes de reparación, etc. De ellos, subrayó la sistematización de las tareas de inspección que debe ser congruente y homogénea y que deben definir los elementos constitutivos de la estructura, la forma en que deben ser inspeccionados y los posibles deterioros.

El Manual IP-2 del SGP y la evaluación del estado de la conservación, cuantificación objetiva, homogénea, comparable y fiable, dieron paso a la información sobre las actividades de 8 equipos de inspección que están llevando a cabo desde julio de 1999 en 3 600 puentes de la RIGE. Los puentes se agrupan en 8 itinerarios: del 1 al 6, que se corresponden con tramos de las carreteras nacionales radiales; itinerario 7: Norte (N-120, N-623, N-634) y M-40-Madrid; e itinerario 8: Centro (N-430), Este (N-330), Pirineos (N-260). Además, y para volcar los resultados al SGP, dispone del programa Inspector preparado por la propia empresa.

El "**Sistema de gestión de estructuras (SIGE)**" fue presentado por **Dª Mª Julia Alberuche Sánchez**, de Geocisa. El sistema pretende dar respuesta a las necesidades de mantenimiento y conservación de los puentes de una red de carreteras con un patrimonio numeroso y variado en el que se mezclan estructuras de nueva construcción con antiguas. Se basa en el desarrollo de un archivo de los datos de las obras (inventario), recogida de información sobre las estructuras (inspección), uso de esa información para el mantenimiento y rehabilitación (valoración) y registro de las actuaciones llevadas a



La segunda sesión estuvo dedicada a la auscultación de puentes.

cabo (control). El inventario posee el siguiente esquema de soporte de la información: una ficha de localización y datos generales, que recoge los datos básicos de la obra que deben ser precisos, necesarios y que no puedan ser recogidos gráficamente de manera sencilla; fichas complementarias descriptivas de los diferentes elementos de la estructura; croquis desarrollado en un sistema CAD; y fotografías.

Tras exponer el sistema de explotación de datos y el de control, afirmó que el SIGE constituye una poderosa herramienta de trabajo para la conservación de las estructuras, permitiendo conocer en todo momento el activo patrimonial y su situación actualizada, realizar la toma de decisiones de manera rápida y fiable, diseñar las dotaciones presupuestarias de cada periodo, y gestionar los fondos disponibles de manera más racional.

**“El IPEX: un inventario de puentes extremeños”** fue presentado por **D. Máximo Cruz Sagredo**, de la *Escuela Politécnica de Universidad de Extremadura*; **D. Manuel Rodríguez Candro**, de la misma *Universidad*; y **D<sup>a</sup> Mercedes López García** y **D. José Quevedo Laviña**, ambos de la *ET-SICCP de Madrid*. La ponencia comenzó con la explicación de los orígenes y genealogía del proyecto IPEX, que contiene la totalidad de los puentes, viaductos y

obras de paso extremeñas y constituye un inventario temático de carácter histórico, pionero en nuestro país. Tras la presentación de sus objetivos, se explicó el equipo humano y la metodología empleada, así como la confección de las fichas del inventario y sus datos.

Los resultados fueron que, de los más de 41 000 km<sup>2</sup> que abarca Extremadura, ya se ha finalizado el inventario correspondiente a la provincia de Cáceres (219 municipios) y se está concluyendo el de Badajoz, donde se han revisado 163 municipios.

El número total de puentes en Cáceres alcanza la cifra de 1 017 (192 van en fichas de formato grande y 825 en microfichas). En Badajoz, se eleva a 1 230 (152 son fichas principales y 1 078 microfichas).

Conviene reseñar que mientras Cáceres cuenta con más de 2 000 puentes antiguos, que representan el 20% del total (el 80% restante son del siglo XIX y XX), en Badajoz sólo alcanza el 10% del total, siendo en su mayoría más de 1 000 puentes, obras del siglo XX.

**D. Luis M<sup>a</sup> Ortega Basagoiti**, de *Geocisa*, presentó el **“Reconocimiento de puentes con equipos”**, comenzando por diferenciar las etapas de la conservación de estructuras: inspección, valoración y mantenimiento, y destacando las inspecciones que suelen llevarse a

cabo en puentes: rutinaria, principal y especial. Posteriormente, definió el concepto de auscultación y clasificó sus técnicas para pasar al estudio de la calidad y estado de los materiales, tanto del hormigón como del acero. Más adelante, explicó las técnicas para el estudio del comportamiento estructural: respuesta puntual o localizada, comportamiento global –sin suministro de carga o con ella– y la auscultación sistemática, con especial atención a los ensayos de avance de la profundidad de carbonatación, medidas de parámetros electroquímicos de corrosión y nivelación del tablero.

Finalizó afirmando que el problema de la conservación de las estructuras no consiste tanto en la aplicación de tecnologías más o menos complicadas, sino en la creación de una conciencia de la necesidad de mantenimiento día a día, desde el comienzo de la obra y el establecimiento de políticas de mantenimiento rutinario que garanticen, a través fundamentalmente de la limpieza, la no aparición de problemas perfectamente evitables, y el establecimiento de programas de inspección sistemática que permitan detectar cualquier anomalía antes de que su solución implique actuaciones importantes.

La **“Auscultación de puentes con la técnica Impact-Echo Test”** fue presentada por **D. Fernando Sánchez Domínguez** y **D. Alberto Sanz Rubio**, de *Euroconsult Nuevas Tecnologías y Señalizaciones S.A.* En ella presentaron las principales aplicaciones de esta técnica no destructiva y explicando que con este método se produce un impacto mecánico en un punto de la superficie de la estructura de hormigón que se ensaya. El pulso provocado se desplaza por el interior del elemento de hormigón como ondas de compresión (P) y ondas de cizalla (S) y a lo largo de la superficie como ondas superficiales o Rayleigh (R).

Las ondas P y S generadas se propagan en el interior de la estructura y se reflejan cuando en su camino encuentran fisuras, coqueas o cambios de capa (cambios de impedancia de los materiales), así como en los límites externos de la estructura, para volver a la superficie y repetirse el proceso hasta disiparse la energía del impacto.

En estas condiciones y en el caso de elementos tipo losa, se produce una condición de resonancia provocada por las reflexiones múltiples de las ondas entre la superficie del elemento ensayado y los defectos internos que tuviera o los límites externos. Con el fin de eliminar la influencia de las ondas de cizalla, se utiliza un sensor de desplazamiento colocado próximo al punto de impacto, de tal forma que se evite en lo posible la interferencia de las llegadas de las ondas S al sensor y la amplitud en la respuesta de las ondas P reflejadas sea máxima.

La frecuencia de resonancia,  $f$ , de las llegadas de la onda P al sensor, se determina transformando la señal registrada en el dominio del tiempo al dominio de frecuencia, por medio de una FFT (Transformada Rápida de Fourier). Si se conoce la velocidad de programación de las ondas P en el elemento ensayado ( $V_p$ ), entonces el espesor del elemento ( $T$ ) se puede calcular según la fórmula:  $T = V_p / 2f$

Tras ello, se expuso la detección de espesores y defectos y la instrumentación del sistema, tratando, posteriormente, la medida de la velocidad de propagación en un caso donde el espesor conocido  $T$  de la estructura o de la probeta y la frecuencia medida ( $f$ ); para calcular la velocidad de la onda P, ( $V_p$ ), puede usarse la fórmula:  $V_p = 2fT$

La ponencia "**Ensayos dinámicos y auscultación dinámica de estructuras**" fue presentada por **D. Rafael Astudillo Pastor**, del CEDEX,



La tercera sesión se dedicó a las encuestas sobre el transporte de mercancías y de viajeros.

quien clasificó los tipos de ensayos en estáticos, de investigación, dinámicos y de seguimiento a largo plazo. En los dinámicos hay que considerar una excitación dinámica (por barrido de frecuencia, por vibración libre y transitoria), una medida y registro (medidas de deformaciones, desplazamiento y de aceleraciones), y un análisis de las señales, con la obtención de parámetros, como frecuencias propias de los distintos modos de vibración, formas modales, coeficientes de amortiguamiento y factor de amplificación dinámica.

En cuanto a la auscultación dinámica entre sus problemas para la aplicación práctica del método, citó la reproducibilidad, la temperatura, apoyos y resolución de frecuencia.

Posteriormente se presentaron ejemplos de aplicación realizados en el puente atirantado de Rande, que mostró una clara ausencia de daños importantes; en dos puentes de la autovía de Aragón, con desigual resultado, ya que uno tenía el tablero con importante fisuración, mientras otro estaba en condiciones perfectas; en varios puentes de la autovía de Aragón y en la Torre de Comares sobre pérdidas de tensión en sus tendones, etc.

En los ensayos se obtuvieron, además del incremento dinámico, las frecuencias propias de las estructuras y, en los casos que ha sido posible, el decremento logarítmico como medida del amortiguamiento.

Los valores teóricos y experimentales de las frecuencias propias han sido concordantes y se han obtenido curvas de ajuste que relacionan la luz máxima y la frecuencia fundamental, que ha oscilado, según los datos experimentales, entre 1,5 Hz y 5,4 Hz.

Los valores del incremento dinámico presentan una notable dispersión, aunque siempre dentro de los rangos normales. Se han obtenido valores comprendidos entre el 11% y el 47%, siendo, por lo general, mayores en los puentes isostáticos de vigas que en los de tablero continuo.

En cuanto a los valores del decremento logarítmico, se han obtenido valores entre 0,04, para un puente en cajón, y 0,17 para uno de tablero de vigas.

### 3ª Sesión: Encuestas

**D<sup>a</sup> Carmen Marcos García** y **D<sup>a</sup> María Dolores Rebollo Rivelott**, del Ministerio de Fomento, presentaron la ponencia "**Encuesta permanente de transporte de mercancías por carretera**" en la que describieron las principales características de la que elabora la Subdirección General de Estadística y Estudios del Ministerio de Fomento, y que está dividida en dos apartados: el primero, en el que se describen los aspectos metodológicos de la encuesta con el objeto de precisar su ámbito, las variables investigadas y los procedimientos empleados; y una se-

gunda, en la que presentaron algunos de los resultados obtenidos en 1998. La encuesta contempló los conceptos de transporte pesado y vehículos autorizados, así como desplazamientos urbanos, siendo las variables investigadas. las relativas a vehículos y operaciones.

En ella, se destaca que en 1998, los 250 000 vehículos autorizados para el transporte pesado realizaron 95 000 000 operaciones de transporte, desplazando casi 720 millones de toneladas y generando 125 000 millones de t/km. De esos resultados, se deduce que todas las variables tuvieron un notable incremento. Tras ello se analizó el concepto de utilización de vehículos, de donde se dedujo que el 46% de las operaciones de transporte se realizan en vacío; además, el análisis de flujos demostró que en t/km, el transporte intrarregional representa el 21%, el interregional el 52% y el internacional el 27% y que el transporte intrarregional representa el 71% del total de mercancías.

**"El transporte de viajeros-encuestas"**, fue el título de la ponencia presentada por **D. Pedro M. Galán Bueno**, del *Ministerio de Fomento*, que definió y presentó algunos aspectos que caracterizan al transporte, subrayando la actividad económica ligada a él, como lo demuestra el dato que en 1998, las inversiones realizadas en transporte fueron de 1, 3 billones de pesetas, es decir, el 1,5% del PIB, y que el conjunto del sector transporte-comunicaciones tuvo en 1996 un Valor Añadido Bruto de 4,3 billones de ptas (5,2% del PIB).

Otro dato de interés aportado fue que en los últimos 13 años (1986-1998) se han hecho los mismos kilómetros que desde principios de siglo hasta 1985, y que en los últimos 28 años (1971-1998) se han hecho los mismos kilómetros que desde el comienzo de esta era.

Posteriormente dedicó su intervención a los estudios de movilidad, su definición, finalidad y ubicación.

Más adelante, se detuvo en la información sobre la movilidad de los viajeros en la Dirección General de Carreteras: información puntual de la carretera (Plan Nacional de Aforos) y cuyos datos se recogen en el Mapa Anual de Tráfico, información sobre movilidad total, informaciones trimestrales de coyuntura e información sobre origen-destino que se realiza mediante encuestas. A su vez, los estudios de movilidad sirven notablemente, entre otros aspectos, para la realización de planes intermodales y sectoriales, para saber el estado de un corredor de transporte, para estudios de movilidad en ciudades, dimensionamiento de una carretera, encuestas de cordón, estudio de variantes y circunvalaciones, etc.

#### 4ª Sesión: **Auscultación de firmes**

**"La medida de la capacidad estructural de firmes utilizando cuencos de deflexiones"**, fue presentado por **D. Mario S. Hoffman**, de *Yoma, Engineering Consulting Management Ltd.* En ella, se refirió a la O.C. 323/97 del Ministerio de Fomento y a algunos trabajos del Instituto del Asfalto y el Laboratorio de Transportes y Carreteras Británico. En cuanto a la medida de las deflexiones, pasó a explicar la definición y cálculo del cuenco de deflexiones y el cálculo inverso, así como los programas de computación para el cálculo inverso de módulos de elasticidad y la evaluación del número estructural del firme.

Finalizó afirmando que es recomendable que el uso de los modelos y conceptos de evaluación estructural de firmes basado en la medición e interpretación de cuencos de deflexiones esté

precedido o acompañado por un programa de medición, observación y calibración del comportamiento de los firmes y los suelos locales bajo diferentes condiciones de temperatura, época del año, magnitud de la carga de ensayo (estudio de no linealidad), antigüedad del firme, etc. Asimismo es recomendable recopilar datos de capacidad estructural en proyectos inmediatamente después de su rehabilitación.

El programa de investigación estratégico de firmes SHRP de los EE.UU. a lo largo de los últimos 12 años, ha generado un inventario de datos inmenso denominado DataPave 2.0, que se distribuye gratuitamente a quien lo solicite.

La medida de la capacidad estructural de firmes, utilizando la medición e interpretación de cuencos de deflexiones, constituye el ensayo más significativo para el mantenimiento y la rehabilitación de firmes. Los métodos de cálculo inverso para determinar los módulos de elasticidad de las capas de firme y su subrasante, o para determinar el número estructural efectivo del firme, representan el eslabón más directo, preciso y económico para dimensionar el refuerzo.

Es recomendable completar la evaluación estructural con la ejecución de un inventario de fallas, la medición de la regularidad superficial, la toma de un número razonable de calicatas y testigos para determinar el espesor y la composición de las capas del firme y la subrasante, y/o la medición del espesor de las capas por Radar de Penetración.

**D. Fernando Varela Soto**, de la *EUITOP*, intervino con la ponencia **"Tramificación automática"** y subrayó que la reposición del firme actualmente se rige por la Norma 6.3 IC y la O.C. 323/97T y que para actuar sobre una carretera hay que tener en cuenta el agotamiento estructural, el previsible aumento del tráfico y los excesivos gastos de

conservación. Para su proceso, se utilizan los deflectógrafos automáticos, cuyas deflexiones se representan gráficamente. En el eje de abcisas se representan las distancias desde un hito kilométrico o punto origen; y en el de coordenadas, el valor de la deflexión; y es allí donde se debe dividir la carretera auscultada en zonas homogéneas y por tramos que posean similares medidas de deflexión y cuyas desviaciones alrededor del valor medio no sean grandes. Tras definir un tramo "homogéneo", afirmó que existen métodos de cálculo para tramificar automáticamente una carretera basados en la aplicación de métodos estadísticos. De forma práctica, este método es aplicable siempre que la muestra sea mayor de 30 valores discretos, aunque en el método que el ponente mostró, hay ocasiones en que los tramos quedan reducidos a 20 datos. El modelo para la división de un tramo en zonas homogéneas se basa en medir el grado de normalidad que tiene un tramo, o sea, la aproximación que sus deflexiones tienen a una distribución normal de frecuencia. El ponente definió un tramo homogéneo cuando los valores que la componen presentan una desviación no superior al 15% del valor medio.

Posteriormente, pasó a describir prácticamente la secuencia de trabajo del algoritmo del cálculo que permite dividir una carretera en tramos homogéneos, enunciando las características estadísticas de la carretera, la generación de la tabla de cálculo, los filtros de unión de tramos y el punto exacto de corte.

**D. Ramón Crespo del Río, D. Pedro Aliseda Pérez de Madrid, y D. Pedro Yarza Álvarez,** de *Aepo, Ingenieros Consultores, S.A.*, presentaron el "**Cálculo de refuerzo de firmes según el método AASHTO**", muy utilizado en América Latina, y en el que el tráfico se valora por el número de

ejes que se estiman van a incidir durante el periodo de proyecto y no sólo por la IMD de vehículos pesados. Además, el firme se modela como una estructura, simplificada a un modelo bicapa, y se emplea todo el cuenco de deflexiones. Finalmente, se permite corregir la deflexión por el efecto de la temperatura, hasta 50°C, lo que, para un país tan caluroso como el nuestro, amplía la época de medida de deflexiones. A todas estas conclusiones se llegó tras la explicación de los conceptos básicos del método: espesor de refuerzo, números estructurales, nivel de servicio, confiabilidad, variabilidad y tráfico; y tras explicar el cálculo del refuerzo, analizándose el número estructural para el tráfico futuro y el efectivo del firme existente (describiéndose el método de análisis de los componentes y utilizando ensayos con deflectómetros de impacto FWD; el cálculo del módulo de explanada y del equivalente según el método AASHTO. En esta última parte, se explicaron detenidamente el área del cuenco de deflexiones, la determinación del módulo resiliente de la explanada y el equivalente del firme.

**"La auscultación de explanadas mediante el curviómetro MT-15"**, fue presentada por **D. Alberto Sanz Rubio** y **D. Fernando Sánchez Domínguez**, de *Euroconsult Nuevas Tecnologías y Señalización, S.A.* En ella desarrollaron la experiencia realizada para evaluar la homogeneidad de la construcción del firme en la autovía A-62, tramo Cañizal-Salamanca. Para ello, hicieron una descripción del equipo, del desarrollo de los trabajos y del tratamiento de los datos. Entre sus conclusiones, se dedujo que el curviómetro MT-15 facilita el registro de un gran número de datos en continuo durante un tiempo relativamente corto, lo que hace que la interferencia en el transcurso de las obras sea míni-

ma y permita detectar problemas que, posteriormente, serían de difícil solución y más costosa reparación. Además, las cargas aplicadas a la explanada son dinámicas, de igual naturaleza que las producidas por el tráfico durante su vida útil y la toma de datos se puede realizar en el sentido deseado, pudiendo coincidir con la que tendrá el tráfico futuro. Así mismo, se evalúa la desviación de los valores teóricos de los de laboratorio, la adherencia entre capas, si las hay, y se cuenta con datos orientativos antes de realizar las auscultaciones y la posibilidad de modificar la carga aplicada a la explanada.

Finalizó su exposición con la experiencia en la A-62, en la que los valores de módulos de elasticidad y CBR que se iban obteniendo era parejos a los obtenidos por la Unidad de Asistencia Técnica. Los resultados sobre el suelo estabilizado y la afirmación de que la reparación de los defectos puntuales mejoró la capacidad de soporte de la zona homogénea concreta, evitando la aparición de defectos posteriores, concluyeron esta intervención.

El "**Estudio de la capacidad portante en firmes semirrígidos**" fue el título de la ponencia que presentó **D. Juan A. Vázquez de Diego**, de *Geotecnia y Cimientos, S.A.* Tras diferenciarlos de los firmes flexibles, explicó el proceso de deterioro, afirmando que, puesto que el firme se asemeja a uno rígido con losas y juntas, como tal debe ser auscultado.

Tras ello presentó otras causas de deterioro de los firmes y pasó al estudio de la capacidad de soporte, subrayando los inconvenientes de los sistemas de auscultación continuos y destacando al deflectómetro de impacto y la normativa AASHTO para la auscultación de la transferencia de cargas, existencia de huecos o descalces bajo la losa y deflexión en la fisura. En cuanto a la primera, se estima que una



Vehículo SCRIM con texturómetro.

transferencia de carga entre el 80 y el 100% es buena, entre el 60 y el 80% es mala y por debajo del 60% es muy mala. Por lo que se refiere a la existencia de huecos, se emplean el método AASHTO y el de la Universidad de Austin. Después, se analizó la flecha en el borde de la fisura, entendiéndose como tal la diferencia de deflexiones producida entre un borde de fisura cargado y el contiguo descargado, recomendándose en todo caso comparar las deflexiones en el borde de la fisura con los existentes en el centro de la losa, ya que, si la diferencia no es muy grande, el problema podría estar en las capas inferiores a la base cementada.

Finalmente, se expuso la influencia de la temperatura, que afecta a los valores absolutos de la deflexión, y cómo las dilataciones y contracciones que se producen en las losas determinan las presiones de contacto entre las dos placas de la junta transversal, y cómo las diferencias de temperatura entre las caras superior e inferior de las losas generan un gradiente térmico que conduce a su curvatura.

**D. Carlos Bartolomé Marín**, de la DGC del Ministerio de Fomento, presentó la "**Auscultación de las características superficiales de los pavimentos**", que debe ser ob-

jetiva, continua en el espacio y periódica en el tiempo y que precisa de equipos de medida que deben satisfacer la fiabilidad y reproducibilidad de los datos, con una metodología de ensayo y toma de datos no destructivo, con la menor interferencia posible en el tráfico.

Tras analizar los tipos y usos de la macro y megatextura, dentro de la regularidad superficial definió la falta de regularidad longitudinal como la provocada por los defectos con una longitud de onda comprendida entre 0,5 y 50 m y expuso, como repercusiones negativas, por falta de regularidad transversal, la conducción forzada, la acumulación de agua en ellas, etc.

Tras ello describió las técnicas de medida y clasificó los equipos según su función, su desplazamiento y métodos de medida.

Después de citar y comentar los equipos de medida de regularidad superficial, se detuvo en la medida de la resistencia al deslizamiento y de la textura, explicando el ensayo recogido en la Norma NLT-175 y los diferentes equipos para su medida: para el coeficiente de rozamiento transversal, SCRIM, Mumeter, Odo-liographe y Stradograph; para el coeficiente de rozamiento longitudinal: rueda bloqueada (Stuttgr-treibungsmesser y ASTM 274),

rueda parcialmente bloqueada con grado de deslizamiento fijo (Grip Tester y Skiddometer) y con rueda parcialmente bloqueada con grado de deslizamiento variable (Norsemeter, Komatsu y Petra). En cuanto a la medida de la textura, citó a la NLT-335 y ciertos equipos como el permeámetro LCS (Norma NLT-327), texturómetros láser, etc.

Más adelante, centró su intervención en el Índice de Fricción Internacional (IFI), basado en el modelo AIPCR, explicando su proceso y su método de cálculo, pasando a describir las prescripciones que debe cumplir el firme en relación con la adherencia, y algunos ejemplos de medidas.

**D. Pedro Yarza, D. Pedro Aliseda y D. Ramón Crespo**, de AEPO, S.A., Ingenieros Consultores, presentaron la "**Regularidad superficial en carreteras de reciente construcción**", en la que incluyeron una serie de valores de regularidad superficial de tramos de carretera recientemente construidos y un análisis de la normativa existente en España sobre las características de regularidad en carreteras, utilizando el IRI como parámetro para su medida. Tras citar algunos ejemplos de bajo y alto rendimiento y explicar la frecuencia del muestreo y el cálculo del IRI, presentaron los valores objeto de su intervención y concluyeron que se pueden (se deben) conseguir valores de regularidad por debajo de los establecidos por la normativa vigente. Por tanto, se considera que sería más adecuada la definición de los límites aceptables como valores de regularidad mediante unos valores máximos de la media y la desviación típica del IRI de la carretera. También plantearon la posibilidad de ponerles unos límites más estrictos, ya que los valores actuales no garantizan el confort de los usuarios. Así, los valores que se plantean como punto de partida, serían una media del valor del IRI inferior a

1,25 mm/m con una desviación típica inferior a los 0,30 mm/m.

**“Otros equipos de auscultación”** fueron presentados por **D. Fernando Sánchez Domínguez**, de *Euroconsult Nuevas Tecnologías y Señalización*, S.A., quien mostró algunos equipos de uso común en la auscultación, comenzando por el georradar para la medida de los espesores de firmes, que, junto con las inspecciones de las degradaciones superficiales y la medida de la deflexión, permiten evaluar la capacidad de soporte y la vida residual del firme. Es una técnica que se está implantando, ya que las técnicas de análisis de señal cada vez son más sofisticadas, explicando su funcionamiento y añadiendo otras ventajas; pero teniendo en cuenta que es necesario disponer de una buena experiencia para interpretar sus resultados, la dificultad de caracterizar los propiedades de los materiales del firme, así como que existen factores que pueden tener efectos significativos en las propiedades electromagnéticas del firme y que, en definitiva, las técnicas de georradar dependen de la frecuencia empleada. Después se detuvo en la medida del ruido provocado por la rodadura, explicando sus métodos: medida en el lateral y al aire libre, utilización de cámaras sin resonancia con equipos ARR y Tritón y medida de la absorción acústica de los pavimentos. Después analizó la auscultación de la señalización: para la vertical se utiliza como referencia la norma experimental UNE 135 352 EX, exponiendo los aspectos que se deben analizar, y presentando equipos de evaluación y auscultación dinámica, como el Gades y Cadlum; para la horizontal, subrayó el equipo Ecodyn, del que se presentó los elementos que lo constituyen y cómo trabaja.

El ponente finalizó su intervención con los analizadores sísmicos de pavimentos (SPA, *Seismic Pavement Analyzer*) y con

las técnicas que se combinan: ultrasonidos, Impact-Echo Test y el Análisis Espectral de ondas superficiales.

**“El sistema de alto rendimiento para la evaluación de la visibilidad de la señalización vertical”** fue presentado por **D. José M. Membrillo Medrano** y **D. Jacobo Martos Martín**, de *Elsamex*. Es un sistema de medición en el que los objetos pueden visualizarse desde el punto de vista del conductor y evaluarse de acuerdo con la exigencia luminosa espectral de su ojo, denominado CADLUM.

La medición se realiza a 30 km/h y se basa en la determinación de la luminancia a través de la representación óptica.

La luminancia grabada en el elemento sensor se convierte a una señal de voltaje eléctrico proporcional a ella, que es traducida a valores digitales (escala de grises) durante el proceso de evaluación, mediante la tarjeta de vídeo del ordenador. El sistema transforma la luminancia, como dato de entrada, a escala de grises, como dato de salida. Para crear una referencia entre iluminación, voltaje transmitido y escala de grises digitalizados es necesaria la correcta calibración del sistema.

Para evaluar las imágenes grabadas en cintas de vídeo se coloca una imagen en la memoria de la tarjeta procesadora de imagen. De acuerdo con su forma geométrica se traza un marco electrónico alrededor de la señal de tráfico, dentro del cual se puede evaluar la escala de grises de cada uno de los píxeles. Se calculan dos valores de luz correspondientes al valor máximo de la escala de grises de uno o más píxeles dentro del área, y por otra parte se crea un valor medio estadístico, que se convierte en la luminancia media.

Los valores medios para una luminancia media y máxima se recogen en una base de datos

junto con otras características que describan la señal de tráfico y su posición.

El inventario por vídeo de carreteras y autopistas representan un excelente medio para reducir costes de mantenimiento, una mejora de rendimientos muy elevada y optimizar así su estado.

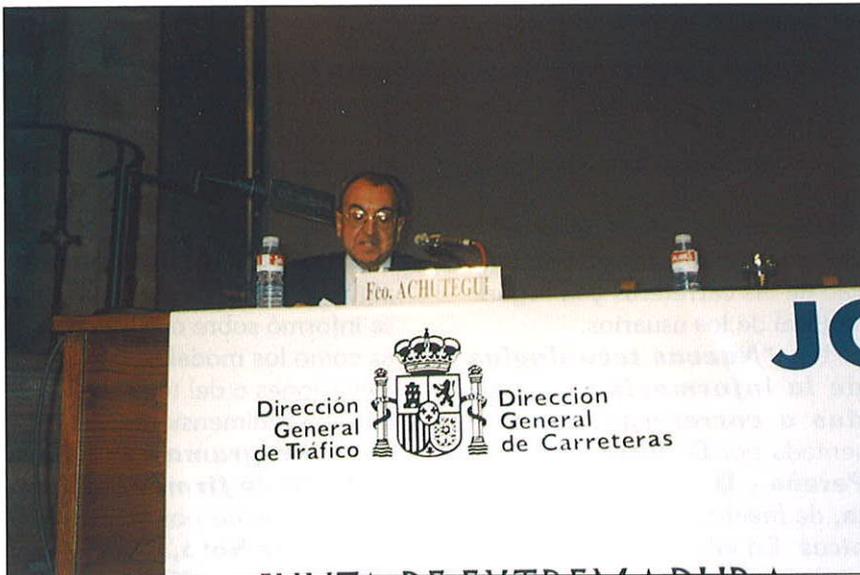
**D. Rafael L. Álvarez Loranca**, de *Geocisa*, presentó el **“Control de la compactación de las capas granulares”** en la que concluyó que existen diferentes métodos para controlar la compactación de las capas granulares que varían en precisión y costo. Cualquiera de ellos es perfectamente adecuado para realizar el control siempre que seamos conscientes del tipo que realizamos y de sus limitaciones. En resumen, la compactación de las capas granulares es uno de los procesos más importantes para conseguir una buena estructura de tierras en nuestras carreteras.

El firme es una estructura en la que todas las capas colaboran con su módulo de elasticidad. Para conseguir un módulo de elasticidad adecuado en las capas granulares es preciso reducir los huecos del material que compone la capa, manteniendo una determinada cantidad de agua que facilite su compactación.

El control de la ejecución supone establecer un determinado proceso de ejecución de la compactación y una determinada maquinaria al contratista y controlar este proceso.

El control por producto terminado supone establecer unas determinadas exigencias para el mismo, dejando en libertad al contratista en el proceso de ejecución, salvo en la exigencia de algunos mínimos en la maquinaria utilizada.

**“El control de las obras de carreteras mediante vehículos de auscultación”** fue presentado por **D. Antonio Ruel Martínez**, de *Geotecnia y Cimientos*, S.A., quien presentó el



D. Francisco Achútegui intervino con la ponencia titulada "Últimos desarrollos normativos y tecnológicos".

"Programa General de Garantía de la calidad", en cuyo seno se desarrolla el "Programa ADAR para control del afirmado durante la ejecución de las obras" que efectúa una auditoría de calidad mediante una auscultación dinámica de alto rendimiento de determinados parámetros con vehículos de auscultación de carreteras, siendo su ámbito de aplicación la Red de Carreteras de Andalucía. Trata de conocer de forma intensiva, continuada y no destructiva, a lo largo de la construcción de las distintas capas del firme, si la ejecución de la obra se ajusta a los parámetros del proyecto.

Su velocidad de ejecución de control es de 5,56 km de capas al día y el coste del programa no supera el 0,39% del importe de las obras.

Entre los datos estadísticos presentados, se obtiene que de los 2 050 km auscultados, se ha conseguido la conformidad del 70%, no consiguiéndose –según la normativa– en 620 km. La obtención del IRI medio de las capas de rodadura da como resultado que el 53% tiene un valor inferior a 1,5, elevándose al 79% del total para un IRI inferior a 2,0. En cuanto a la capacidad de soporte, se ha obtenido una conformidad del 81% y el 88% en la compactación de trasdoses.

El Programa está resultando muy valioso para los proyectos y

para la emisión de normativa como la Instrucción de Firmes de Carreteras de Andalucía, así como una gran mejora de la calidad de los firmes.

**D. Francisco Achútegui Viada**, del CEDEX, presentó la ponencia "**Últimos desarrollos normativos y tecnológicos**". Tras citar las diversas fuentes que se usan para la evaluación de las características estructurales, destacó el georradar como medio de auscultación para diferentes capas de un firme y describió el que es propiedad del CEDEX, capaz de calcular los espesores de las capas superiores de un firme con un error relativo del 10%.

Sobre el agrietamiento estructural, algunos equipos utilizan sistemas fotográficos de toma de datos (Pasco Roadrecon y Gerpho), con el principal inconveniente del tratamiento de imágenes y la resolución de las cámaras. Entre los que detectan grietas con una anchura de 2 - 2,5 mm, citó el sistema Aria y Pavue (EE.UU.) y Aran (Canadá). En Europa, citó el Hybrid, de procesamiento automático (Suecia) o mediante técnicas holográficas como el Crehos (Suiza). El ponente cerró esta parte de su intervención informando de que en nuestra red estatal hay una relación estrecha entre la gravedad del agrietamiento y su extensión.

En cuanto a la medida de las deflexiones, citó la viga Benkelman, el deflectógrafo Lacroix, el curviámetro y su modelo mejorado MT-15, así como otros con tecnología láser (como el RDT sueco, el *Rolling Wheel Reflectorimeter* americano) y el deflectómetro de impacto FWD desarrollado en Dinamarca y Suecia a partir de una idea francesa. Con relación a éste, informó que el FEHRL (*Forum of European Highway Research Laboratories*) ha empezado a publicar una serie de documentos con vistas a establecer un código común de buena práctica del uso de los deflectómetros de impacto.

Después se refirió a la normativa española sobre aplicación de deflexiones, presentando diversas soluciones de rehabilitación estructural y cómo las refleja la O.C. 323/97.

Sobre las características superficiales de los firmes, describió la normativa y la tecnología de su auscultación, fijándose en la resistencia al deslizamiento y la regularidad longitudinal. Sobre la primera, subrayó el Experimento Internacional AIPCR de comparación y armonización de las medidas de textura y resistencia al deslizamiento con su modelo de cálculo, destacando los equipos Scrim por su rendimiento para la auscultación de la fricción en la red de carreteras estatales de España. Igualmente, subrayó la necesidad del establecimiento de un sistema homologado de contraste de los equipos de medida.

Sobre la regularidad superficial y para su auscultación en sentido longitudinal, se han empleado equipos de referencia geométrica, de tipo respuesta y perfilómetros manuales y de alto rendimiento; en sentido transversal, sobre todo, reglas fijas y transversoperfilógrafos. La tendencia actual es ir a equipos que determinan el perfil de la carretera, en uno u otro sentido; y, a partir de su análisis, hallar los indicadores que nos convengan.

Después citó el estudio de 1982 del Banco Mundial en Brasil a partir del cual se definió el IRI, y el nuevo experimento emprendido por el C1 de la AIPCR dedicado al estudio de los equipos perfilométricos, dentro del cual se encuadra, el ensayo Filter europeo. Terminó refiriéndose a un estudio reciente sobre la propagación de vibraciones originadas por las irregularidades superficiales y el peso de vehículos pesados.

**D<sup>a</sup> M<sup>a</sup> de los Ángeles Yáñez Hernández**, de la *Comunidad de Madrid* y **D. Ramón Crespo del Río**, de *AEPO, S.A.*, presentaron la **"Preparación de un programa de conservación de firmes a partir de datos no estructurales"**. En ella, se analizan a los firmes como estructuras resistentes y su importancia en el presupuesto, del orden del 15 al 26 % de la inversión total de construcción de nueva infraestructura, afirmando que la opción de posponer las actuaciones de conservación de firmes implica un descenso de la calidad de servicio, de la seguridad y comodidad de los usuarios y el aumento exponencial de los costes de reparación.

Tras determinar las dificultades existentes en la toma de datos, se continúa con el Programa 2000 de Conservación de firmes de la CAM y se informa sobre algunas características principales de sus carreteras y fórmulas y equipos de trabajo utilizados, en este caso el RST sueco, y cuyos resultados se presentan en unos anejos. Tras explicar los indicadores y los criterios de intervención, según la tipología de la red, se afirman que la propuesta del programa ha consistido en actuar sobre 455 km de red con un coste de 3 722 Mpta. Visto que para el año 2000 sólo se dispondría de 1 155 Mpta con los que actuar en 136 km de los previstos, se ha determinado realizar este plan con cargo a dos ejercicios presupuestarios más.

En definitiva, los programas

de conservación extraordinaria de firmes disminuyen el coste de mantenimiento anual de la red y de los vehículos, mejoran la calidad de las carreteras y la seguridad vial de los usuarios.

Las **"Nuevas tecnologías de la información aplicadas a carreteras"** fue presentada por **D. Rubén Miguel Pereña** y **D. Antonio Hoyuela**, de *Inzamac Asistencias Técnicas*. En ella, se afirma que la tendencia actual es emplear equipos de auscultación de alta velocidad dotados de sistemas diferenciales DGPS móviles en tiempo real con una precisión del orden de 1 m.

En cuanto a las bases de datos, no está establecido el nivel de precisión y el tipo de factores de evolución que hay que recoger, pero se exige tener un buen sistema de referenciación. Tras ello, se destacan los equipos multifuncionales como el perfilógrafo Greenwood, Aran, Vídeo láser RST, MRM y SIRANO. Para la medida del coeficiente de rozamiento longitudinal, se citan los deflectómetros de impacto y los deflectógrafos Lacroix, así como los actuales desarrollos de equipos de medida de la deflexión de alta velocidad como el RDM sueco, el *Rolling Weight Deflectometer*, de EE. UU., *Rolling Wheel Deflectometer*, también de EE.UU. y el Deflectógrafo de Alta Velocidad danés, así como la técnica del georradar, que, combinada con otros medios de auscultación como el curviómetro, consiguen información sobre el espesor de las capas del firme que hasta ahora tan sólo se hacía mediante sondeos.

Más adelante, se destacaron los modelos de comportamiento y la necesidad de establecer indicadores sencillos del estado del firme que permitan dividir la red en tramos homogéneos respecto a algunas características.

Posteriormente, se detuvieron en los sistemas de información geográfica, presentando diferen-

tes definiciones de GIS y explicando las funciones que debe incorporar. Tras presentar sus nuevas tendencias, se presentaron algunos ejemplos de desarrollo y se informó sobre otras tecnologías como los modelos digitales de elevaciones o del terreno, la cartografía tridimensional, etc.

El **"Programa experto en gestión de firmes Gefirex"** fue presentado por **D. Fernando Varela Soto**, de la *E. Universitaria de ITOP* y **D. Manuel Humanes Pérez**, de *Geocisa*. El programa desarrollado en entorno Windows y programado en lenguaje Pascal, es una aplicación informática dirigida a los técnicos encargados de la conservación de firmes de carretera.

Esta herramienta describe con detalle las actuaciones que hay que realizar sobre una red de carreteras con criterios estrictamente técnicos, basados en la evolución de parámetros estructurales y funcionales del estado de un firme, como: fisuración, baches, deflexiones, regularidad superficial (IRI) y deslizamiento (CRT).

Las actuaciones que ofrece la aplicación son de dos tipos: de prevención, ofreciendo al técnico los periodos aconsejados de auscultación de firmes; y de conservación, indicando el tipo de actuación recomendada y forzosa a realizar sobre la carretera.

Su objetivo es mantener la red en el mejor estado posible, empleando los mínimos recursos económicos. Los bloques en los que está dividida esta aplicación son los siguientes: mantenimiento de datos, modelo de evolución (estudios) y utilidades (salida de resultados).

**D. Jesús Díez de Ulzurum**, de la *DGT*, presentó la ponencia **"Datos meteorológicos y de tráfico para la gestión de la circulación"**. La DGT persigue implantar a nivel nacional una infraestructura de equipamientos de toma de



La Red de Toma de Datos de la D.G.T., con sus 111 estaciones meteorológicas, facilitan la prevención e incrementan la seguridad en condiciones climatológicas adversas.

datos en tiempo real que, apoyándose en una moderna red de comunicaciones de banda ancha, logre captar y enviar a un Centro de control los datos meteorológicos y de tráfico suficientes no sólo para conocer la situación presente, sino también la predicción estimada a corto plazo. Luego afirmó que se ha justificado una red de comunicaciones SDH, compuesta por 6 nodos STM-4 (622 Mbps) instalados en la M-40 y en el centro de control de Josefa Valcárcel y 36 nodos STM-1 (155 Mbps) en las radiales.

Posteriormente, describió el Centro de Control de Madrid y su nodo STM-4, su equipamiento para la recepción de los datos y el tratamiento de la información.

A continuación explicó la difusión de los datos a través del sistema RDS, paneles de mensaje variable, etc, y la red inteligente de estaciones de toma de datos y meteorológicas en la zona centro.

Para la red de Comunicaciones de Transporte bajo tecnología SDH, se implanta un Sistema de Gestión de nodos y elementos, así como un Sistema de Sincronismo por reloj autónomo maestro externo al de la propia red. La componen 6 nodos de jerarquía STM-4 instalados en el anillo de fibra óptica de la M-40 y 1 nodo STM-4 en el Centro de Control de la DGT. Se completa con una Red de Transporte y Ac-

ceso para los periféricos de campo, compuesta por 36 nodos de jerarquía STM-1.

La Red de Toma de Datos la constituyen las 127 estaciones más las 111 meteorológicas equipadas con sensores y gestionadas por 153 ERU que conforman 120 Redes de Área Extensa (WANs). La seguridad del sistema se consigue mediante la redundancia de HW y asignando dos direcciones IP (Internet Protocol) a cada una de las ERUs.

La gestión hasta el elemento de red, se consigue por la aplicación del protocolo SNMP (*Simple Network Management Protocol*). Los equipos de campo están interconectados por unos 1 667 km de cables de fibra óptica monomodo.

Para finalizar, y entre otras cosas, afirmó que en la Red Inteligente de Toma de datos de la Zona Centro se ha realizado toda la obra civil, la instalación de cables de comunicaciones y gran número de acometidas eléctricas.

La **"Captación y tratamiento de datos meteorológicos. Sensores"** fue el título de la ponencia presentada por **D. Ángel J. Muñoz Suárez**, de la DGT, que la desarrolló explicando tanto las condiciones como los factores determinantes para su implantación, así como las características generales y objetivas de las estaciones meteorológicas. Tras hacer una breve introducción, definió las caracte-

## Simposios y Congresos

rísticas generales de una estación meteorológica y sus sensores: anemómetro, veletas o catavientos, sensor de temperatura, humedad relativa, sensor de precipitación, sonda de radiación solar, barómetro, visibilímetro, sensor de temperatura del pavimento y de detección y predicción de hielo.

Tras dividir las alarmas en estáticas y dinámicas, definió los objetivos de las estaciones meteorológicas, llegando a las conclusiones de que la calidad de la red viaria española y su elevado y significativo *ratio* de participación en los intercambios socio-económicos de usuarios y mercancías, demanda nuevos equipamientos y tecnologías, sistemas ágiles de gestión y control y una elevada información que satisfaga al usuario en tiempo real e incluso posibilite la predicción de los parámetros meteorológicos o las condiciones del estado del pavimento en el que se desarrolla el tráfico.

Se considera, pues, necesario activar el desarrollo de nuevos cauces de conocimiento relativo a los parámetros meteorológicos a través de redes de estaciones meteorológicas, cuya aportación a la reducción de la siniestralidad será notoria y altamente plausible.

**D. Juan Carlos de la Rosa Parras**, del Grupo ETRA, presentó la ponencia **"Captación y tratamiento de datos de tráfico. Sensores"** subrayando que se pretende disponer de una información en tiempo real completa, fiable y suficiente para evaluar el estado del sistema e incluso de los propios equipos de control, detectando incidencias, alarmas y situaciones críticas. Tras presentar los objetivos de un sistema de control, definió sus funciones y clasificó a los sensores en puntuales, multizona, pasivos, activos y especiales.

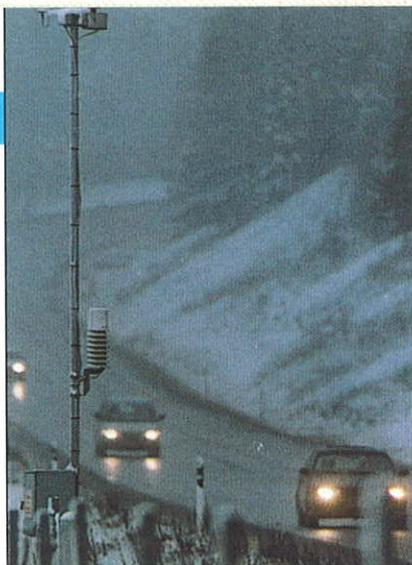
Posteriormente, se detuvo en el detector electromagnético clásico para todo tipo de medicio-

nes estables y los detectores de haces. Un haz de energía se lanza en forma de impulsos y es reflejado por los obstáculos que encuentra, volviendo al detector. La situación de los detectores puntuales y la visión artificial dieron paso a la detección automática de incidentes (túneles y carreteras), que puede llevarse a cabo tanto a nivel de sensores avanzados (visión artificial) como de módulos o paquetes de *software* que, analizando una serie de datos de sensores puntuales, obtienen las mismas conclusiones.

Tras afirmar que la tendencia actual es la de sistemas abiertos con protocolos TCP/IP en la transmisión de datos, finalizó en que si el sistema de control implantado se basa en la información y ésta se considera incorrecta durante un determinado intervalo de tiempo, se debe diseñar un procedimiento para sustituir o rellenar los errores o los huecos que tengamos.

**D. Antonio Martínez Cachafeiro**, de *ETRALUX, S.A.* intervino con la ponencia "**Tratamiento de datos meteorológicos**" concluyendo en que el objetivo fundamental que se pretende es proporcionar al conductor la información adecuada en cada momento y llevar a cabo las acciones pertinentes, a efectos de mejorar las condiciones de tráfico y reducir, los factores de riesgo que puedan derivar en accidente y, en consecuencia, su número.

Para ello comenzó presentando el proceso y sus fines, subrayando la necesidad de la concreción de los datos y su disposición rápida obligada, el *hardware* del equipo de control y sus funciones para pasar al *software* de tratamiento y gestión que deberá tener módulos de comprobación de configuraciones de estaciones meteorológicas de carretera y de captación, recepción y almacenamiento de datos, así como de comprobación con análisis, umbrales y prognosis que sirvan de



Los sensores meteorológicos proporcionan los datos necesarios para que, una vez gestionados, se facilite una conducción más segura.

base para la información, predicción y presentaciones gráficas. Además, un módulo de correlación de datos meteorológicos y parámetros de tráfico. El sistema deberá ser escalable, integrable y modular. Más adelante, se detuvo en el interfaz gráfico y en la adquisición por consultas y eventos, explicando todos los posibles datos recibidos, su depuración y las diferentes variables que son necesarias medir, así como los horizontes de predicciones.

Luego subrayó que con todas las informaciones, el sistema generará mapas de riesgo y planos de información, elaboración de estadísticas, que permitirán planificar la gestión de la red a largo plazo y prevenir cualquier fallo, con el consiguiente beneficio para la seguridad vial.

**"Estaciones de medida, recopilación y tratamiento de datos meteorológicos"** fue el título de la ponencia presentada por **D. Alfredo Barbellido Manzanares**, de *Signatura España*. El ponente comenzó presentando el sistema METEO y exponiendo que una estación automática de adquisición y recuento de datos meteorológicos mide: la temperatura y la higrometría del aire, la pluviometría, precipitación, velocidad y dirección del viento, visibilidad y radiación solar y terrestre, además de analizar en la calzada la altura de la nieve, temperatura de superficie, etc., así como otras di-

mensiones transmitidas por tensiones: corrientes, frecuencias, línea serie y salida TOR, con comunicación hacia el exterior gracias a un modem (RTS o LS), una tarjeta PCMCIA (tarjeta memoria), y un puerto serie dedicado al mantenimiento y dispone de varios protocolos.

A continuación expuso las normas de funcionamiento de la estación y describió los intercambios, los emplazamientos (en base y en extensión), las secuencias, los funcionamientos del puesto central (el logicial de gestión de datos que funciona sobre plataforma windows 3.xx, 95, 98 y N.T.4) y de la estación meteorológica capaces de detectar alertas meteorológicas y de sistemas.

Tras ello, explicó la arquitectura de la estación y describió sus elementos: *rack* electrónico, cargador de batería, batería, las protecciones del sistema y del *modem*, el propio *modem*, la caja de conexiones, la elaboración de datos y el protocolo de transmisión (Signature, Patac, Tedi-LCR, y otros).

**D. Carlos del Campo Gómez**, de la *DGT*, presentó su ponencia "**Transporte y tratamiento de la información**". Tras presentar los antecedentes de los ITS, expuso el conjunto de equipos y sensores ubicados en la carretera y en el Centro de Gestión, subrayando que los sistemas de transporte de información deben cumplir con: comunicación

en tiempo real, integración en la red de transporte de fibra óptica de los distintos formatos de información, distancias de transmisión variables, red de transporte por fibra óptica, redundante y tolerante con los fallos, fiabilidad del equipo y fácil mantenimiento, modularidad y escalabilidad.

Más adelante afirmó que la gran transformación de las redes se produce con la aparición de tecnologías TDM de multiplexación y SDH, pasando a describir las posibilidades y funcionamiento en torno al audio y vídeo, y afirmando, entre otras, que la última tecnología de composición de vídeo (CODECS, MPEG) permite la integración de la señal sobre las redes digitales de transporte y comprimir la señal de vídeo digital desde los 128 Kbps hasta 3-6 Mbps, explicando, además, la tecnología WDM que comienza a desarrollarse.

Posteriormente, informó que las redes de transporte más utilizadas son: SDH (STM 1-4); SDH (STM1/SDH (STM1 compacto) y SDH (STM1/Multiplexor), las cuales fueron definidas y de las que se expusieron algunos ejemplos. Después se detuvo en los niveles de distribución y acceso, con los diferentes modos de redes usados por la DGT.

Finalizó la ponencia con el tratamiento de la información: sus herramientas, la arquitectura multagente, el tratamiento de los parámetros de tráfico (ETD's internas y externas), el de los datos meteorológicos (con 6 niveles), tratamiento de la señalización de incidencias, explicando las funciones del sistema y la necesidad de señalización coherente y segura.

**"Los sistemas de comunicaciones"** fueron presentados por **D. Pedro R. García Serrano**, de Indra, exhibiendo el estado del arte actual de las tecnologías de la información en España, exponiendo algunos conceptos básicos con una visión conceptual de las técnicas em-

pleadas en las dos últimas décadas y lo que dispondremos en un futuro inmediato. Tras definir algunos conceptos básicos, precisó la división de los medios de transporte de la información (alámbricos e inalámbricos) que utilizan nuevas tecnologías, para pasar al tratamiento de las señales que preparan la transmisión, realizar su digitalización, codificarla, adaptarla para su modulación y completar el proceso mediante su conmutación.

La transmisión se puede realizar de modo analógico o digital y en cuanto a la interconexión de ordenadores, se pretende una red capaz de compartir recursos, mejorar la fiabilidad, obtener máxima rentabilidad y proporcionar un poderoso medio de comunicación. Tras ello citó y clasificó las redes, así como el OSI (*Open Systems Interconnection*) y sus siete niveles o capas, algo así como el "esperanto" de las redes de comunicaciones, pasando a presentar los niveles, los equipos HW y los protocolos SW.

Posteriormente, describió la integración de los servicios de audio, vídeo y datos, explicando sus problemas, incompatibilidades y definiendo el concepto de "protocolo de comunicaciones", así como la Red de Área Local y conceptos como "trama" y "célula".

Después explicó la técnica de la "Conmutación de paquetes" y la tecnología actual de transporte, las redes SDH, analizando este sistema de transmisión flexible y configurable, exponiendo sus jerarquías, capacidades y comparándolo con otros protocolos como ATM e IP ATM.

Finalizó con las tecnologías del transporte de la información en los inicios del próximo milenio, así como los sistemas actualmente implantados en proyectos de tráfico interurbano, especialmente la señalización en la M-40 de Madrid y Meteorológicas de la Zona Centro.

**D. Carlos M<sup>a</sup> Buira Ros**, de SICE, presentó **"El proceso**

**de la información para la gestión del tráfico"**. Comenzó afirmando que convertir la información obtenida de los variables que miden el tráfico de las vías en conocimiento real del estado del parque de vehículos permite dar a los conductores una información muy precisa, que debe mejorar la seguridad y los servicios básicos de los gestores de la red vial. Las etapas en la gestión de la información las dividió en tres grupos:

a) Adquisición de datos básicos: datos de vídeo, digitales o analógicos derivados de la obtenida por CCTV; del flujo de tráfico obtenidos de los sensores instalados en las vías; de las condiciones climáticas medidas por estaciones meteorológicas; y las obtenidas de otras fuentes.

b) Proceso de los datos básicos para que sean fiables y precisos, cuyas etapas se clasifican en: validación primaria de los datos entregados por el subsistema de comunicaciones y el proceso combinado de los datos válidos para convertirlos en conocimiento del estado del tráfico. En cuanto a la relaciones intensidad-densidad, se usan cuatro niveles: tráfico fluido (nivel 1), denso (nivel 2), con retenciones (nivel 3) y congestionado (nivel 4).

Además, prosiguió, se pueden utilizar algoritmos distantes según que la variable sea discreta (nivel de servicio) o continua (intensidad, ocupación, velocidad, separación y clasificación): Filtrado de nivel de servicio, de variables continuas, obtención de curvas históricas, definición de un lenguaje de programación de reglas, según sintaxis similar al lenguaje C, denominado STCL) y que permite que se opere de forma manual, asistida y automática.

c) Finalmente, la aplicación y difusión de la información, en la que se utilizan medios de información previa y durante los desplazamientos; pero en todo caso los indicadores para informar al conductor deben ser claros y pre-

cisos, así como sus mensajes. Para terminar explicó el sistema instalado en Madrid, en el que se ha desarrollado el algoritmo de cálculo de tiempos de recorrido, denominado SAETA, mediante un proyecto desarrollado conjuntamente con el Ayuntamiento de Madrid.

El **"Sistema de vigilancia de tráfico a través de RDSI en el Área SERTI"** fue presentado por **D<sup>a</sup> Leonor Berriochoa Alberola, D. Federico Fernández Alonso, y D. Jesús López López**. El proyecto, cuya iniciativa y área ya tratamos en nuestro número anterior, se realiza por anualidades y el SERTI IV corresponde al ejercicio enero 99/julio-agosto 2000. Además, se le ha sumado una nueva administración, el Servicio Catalán de Tráfico.

El sistema de aplicación de tráfico a través de RDSI, que se utiliza debido a la carestía que supondría la prolongación de la red de fibra óptica para comunicar la señal de vídeo de las cámaras hasta el centro de Gestión, se compone un Sistema lógico (*software*) instalado en el sistema de videoconferencia disponible en los 6 centros de Gestión de Tráfico de la DGT que permite establecer conexión de vídeo utilizando un acceso básico RDSI. El sistema soporta operaciones de posicionamiento, *zoom* y enfoque y el sistema de control también incluye un módulo de gestión de red que permite la configuración y diagnóstico remoto de los principales parámetros de los equipos de vigilancia. Además, se dispone de 15 equipos de videovigilancia, cuyas características fueron definidas y explicadas.

El sistema dispone de otro de seguridad de acceso. Tanto los Centros como los remotos utilizan plataforma *intel pentium* con sistema operativo MS-Windows 98.

Tras explicar la localización de las cámaras y el proceso de utili-

zación llegó a las conclusiones de que todas estas iniciativas innovadoras, puestas en marcha en la U.E., forman parte de una nueva generación de proyectos que tienen como meta completar una red de transporte integrada y eficiente.

Para aquellos puntos de interés que no se encuentran situados sobre la red de fibra óptica actual, resulta de gran interés la instalación de los sistemas de videovigilancia a través de RDSI.

Este proyecto se ampliará con la instalación de nuevas cámaras en nuevos emplazamientos seleccionados de acuerdo a los criterios de necesidad.

**"Las estaciones meteorológicas-sensores"** fue el tema presentado por **D. Dionisio Cediell Pulido**, de *Etralux, S.A.*, describiendo los elementos utilizados en la captación de los datos meteorológicos que influyen de forma importante en el estado de la calzada, y por tanto, de la seguridad de los vehículos que transitan por ella, para poder tomar las medias oportunas desde el Centro de Control. Tras analizar los fenómenos atmosféricos y la superficie de la calzada, se detuvo en los dos fenómenos físicos más importantes que pueden producirse en la calzada: condensación (humedad) y congelación (hielo), analizando temas como "punto de rocío" o temperatura del rocío, temperatura de licuefacción o de la solidificación, etc. Tras ello presentó y definió una estación meteorológica de recogida de datos que, en general, estará formada por la estación meteorológica y sensores de estado de calzada, de temperatura ambiente, de humedad relativa del aire, de velocidad y dirección del viento, de presión atmosférica, de precipitación de visibilidad y sensor de radiación solar (piranómetro), que mide la radiación solar global e, indirectamente, la cantidad de luz ambiental.

La ponencia se complementó con la exposición de diversos

captadores de temperatura e higrómetros del aire, de dirección del viento y velocidad, etc.

La **"Toma de datos meteorológicos y tratamiento de los mismos"** fue el título de la ponencia presentada por **D. Eduardo Bonet Sánchez**, de *Indra Sistemas*. En ella, daba cuenta de la ejecución del proyecto "Red inteligente de estaciones de toma de datos y estaciones meteorológicas en la zona centro" que pretende la implantación de un sistema de meteorología en tiempo real que ayude a los gestores del tráfico a prever incidencias en las vías, a través de una herramienta capaz de predecir con la máxima antelación y precisión posible, los fenómenos meteorológicos que afectan a la seguridad vial. Tras destacar la arquitectura de las estaciones meteorológicas, los equipos y las alarmas físicas o de operación, dio una visión general de algunos de los aspectos más relevantes de la aplicación residente en el centro como el interfaz de usuario: lugar de explotación del usuario final del sistema que consta de una mapa base de representación de datos y estados, y con una serie de ventanas que permiten la actuación sobre él. Se divide en menú y botones de acceso rápido, mapa de detalle y ventana de cronología. En general, los datos mostrados serán: humedad ambiente y del pavimento, temperatura ambiente y del pavimento y velocidad y dirección del viento. El usuario obtiene gráficos simples (de un parámetro) y comparativos (de dos parámetros) correspondientes al instante actual o a las últimas 24 horas. Para la elaboración de los datos meteorológicos se maneja el concepto de "período o intervalo de integración". La estación trabaja con un periodo de entre 1 y 60 minutos con paso de 1 minuto.

El análisis estadístico a medio plazo de los datos meteorológicos permitirá determinar los denominados mapas de clima de la



Paneles de mensajes variables.

ruta interurbana seleccionada, lo que ayudará a la prevención y la edición de planes, algunos asociando incidencias como visibilidad, temperatura, velocidad y dirección del viento, etc., los cuales deberán especificarse. El plan que se encuentra en la base de datos, una vez recibida la incidencia, propone al usuario la ejecución de un plan.

Posteriormente, se detuvo en el parámetro "rango de valores" para los que salta la incidencia y sobre las distintas alarmas, así como sobre la posibilidad de obtención de informes meteorológicos para previsiones de tráfico.

**D. Ismael Gómez Lucena**, de *Sistemas de Control y Comunicaciones del Grupo FCC*, presentó la ponencia "**Aspectos avanzados de un sistema Integrado de Control del Tráfico**", comenzando por presentar el sistema SICTBA-2000, versión del sistema integrado en Barcelona. Su ámbito de competencia son los accesos Sur (C-246, A-2, Cinturón lateral) y Norte (A-17, A-18 y A-19), Circunvalaciones externas (A-7 y B-30), Rondas urbanas (B-10 y B-20) y las vías principales de Barcelona, Gerona, Lérida y Tarragona. SICTBA se basa en una arquitectura que integra múltiples tecnologías, está dotado de una interfaz de usuario universal y construido sobre un entorno unificado y abierto de tecnologías de *software* y comunicaciones. Posteriormente, se presentó el

*software* del centro de gestión, explicó la gestión de señalizadores, gestión de postes SOS, mapa continuo de tráfico en tiempo real y los murales.

En cuanto a la información de tiempos de recorrido en tiempo real, el equipamiento de ETDs de SICTBA ha permitido desarrollar una aplicación informática (INTRYS) que calcula el tiempo de recorrido entre 2 puntos de una vía, así como detectar cualquier problema y mostrarlo en un panel informativo al conductor que le permite, entre otros, elegir itinerarios. El sistema no sólo informa de las tiempos de recorrido o la detección de incidentes, también ofrece información sobre tiempos medios de itinerarios, cambios bruscos del estado del tráfico, etc. Las dos aplicaciones informáticas: cálculo de tiempo de recorrido y la detección de congestiones, subrayando la importancia de las tres magnitudes básicas para un detector: intensidad, ocupación y velocidad, finalizaron su intervención.

**D. Luis Serrano Sadurní**, de la *Jefatura Provincial de Tráfico de Barcelona*, expuso "**Un caso particular de información al usuario. Información de los tiempos de recorrido e incidentes**" en la que, tras exponer los diferentes proyectos de tráfico habidos en Barcelona, se centró en la experiencia de la nueva aplicación informática "Servicio de información de tiempos de recorrido"

aplicada a dos vías de acceso a la ciudad (A-19 y B-20). Para su funcionamiento cuenta como herramientas a la actual aplicación de gestión de tráfico de Barcelona (SICTBA) y el TRYS (Tráfico, Razonamiento y Simulación). Su principal objetivo es la información del tiempo de recorrido y la detección de accidentes, así como de tiempos intermedios de itinerarios controlados, aplicando un ciclo de razonamiento de 1 minuto, transcurrido el cual se actualizan las propuestas del sistema automáticamente. Tras ello presentó el cálculo de los tiempos de recorrido, explicando ejemplos a través de distintas gráficas y pasó a la detección de incidentes y retenciones, subrayando que lo se detecta es la localización de un incidente y, luego, la posterior retención provocada por él. De todo ello presentó ejemplos gráficos, así como de la información conjunta de tiempo de recorrido y retenciones.

Finalizó destacando que se está analizando el nivel de adecuación del sistema a las situaciones *reales* y *diarias* que se presentan y que, actualmente, se está pensando en escalonar algo más la situación de "retención", en el sentido de distinguir 3 niveles: tráfico lento, retención y colapso (o congestión), no habiéndose llegado a una decisión al respecto.

"**La información al usuario. Paneles de mensajes variables**" fue presentado por **D. Manuel Sánchez Guillén**, de la *Dirección General de Tráfico*. En ella, clasificó a los equipos basándose en la posibilidad de programar el mensaje remotamente o no, o dependiendo del tipo de mensajes que se pueden presentar o de las funciones que tiene asignada. En cuanto a los primeros, los clasificó en: equipos con mensajes almacenados localmente (físicos, como prismas, o electrónicos, como EPROM) y equipos programables remotamente, entre ellos y fundamentalmente los paneles de mensajes

variables. En cuanto a los segundos, los dividió según el tipo de mensajes y funciones, señales de mensajes variables SMV, señales de control lineal de la vía SCLV, paneles de mensajes variables PMV y paneles mínimos PM.

Posteriormente, explicó los paneles de mensajes variables que se refieren a las siguientes configuraciones: panel de 3 líneas de 12 caracteres más 1 ó 2 zonas gráficas, de tres líneas de 16 caracteres más 1 ó 2 zonas gráficas. De ellos, explicó sus componentes eléctricos como el diodo led con intensidades medias de 1 500 milicandiles para el verde, 3 000 para el rojo, 2 250 para el azul e igual cantidad para el ámbar; y el pixel -elemento formado por un grupo de diodos con encendido conjunto- cuyo tamaño, forma y cantidad varía, de 9 a 15 para letras de 310 mm y de 14 a 24 para letras de 400 mm, con una luminancia mínima medida a 1 m de distancia de 16 000 candelas/m<sup>2</sup> en ámbar y 8 500 candelas/m<sup>2</sup> en los pixel con led rojo, verde y azul. Finalizó su intervención con el resto de elementos, así como los aspectos funcionales y de protección.

**“La gestión del tráfico en función de la demanda”** fue presentada por **D. Arturo Corbí Vallejo**, de *Sainco Tráfico*, S.A., quien, tras hacer una introducción, explicó sus estrategias y las principales medidas de gestión de la demanda y tecnologías asociadas. Posteriormente se detuvo en el caso concreto de Ecovías dos Imigrantes, ejemplo de operación en función de la demanda, dando detalles del Sistema Anchieta-Imigrantes (SAI), que está formada por una red de autopistas de 176 km con una IMD de 80 000 vehículos y que enlaza São Paulo con diferentes polos.

En resumen, las medidas para gestionar el tráfico en función de la demanda dependen fundamentalmente de los medios técnicos y humanos de que se dispongan; pero, en especial, de los

Sistemas Inteligentes de Transporte que constituyen la mejor herramienta para optimizar la gestión, y cuya mejor baza está en la Integración de los sistemas y su depuración hasta adaptarlos completamente a las necesidades de operación.

Evidentemente, no se puede resolver todos los problemas de la operación del tráfico en un solo paso; por ello es importante planificar la implantación de los sistemas ITS, seleccionando sistemas abiertos como el propuesto para Ecovías dos Imigrantes que sean fácilmente ampliables, con herramientas estándar para la explotación y que permitan su mejora continua.

**D. Alonso Domínguez Herrera**, de *Prointec*, y **D. José M<sup>a</sup> Pardillo Mayora**, Profesor de la *EUITOP*, presentaron el **“Sistema de gestión de señalización”**. La ponencia destacó a la planificación de inventarios ( para señalización horizontal, vertical y elementos de encarrilamiento) como una eficaz herramienta para los servicios técnicos de la Administración de cara al conocimiento y la explotación del patrimonio público. El sistema es un método avanzado, de estructura flexible, basado en la adecuada descomposición de la información en elementos simples para ser recogidos en una base de datos de tipo relacional que permita obtener el máximo rendimiento.

El inventario posibilita la localización, identificación, etc. del equipamiento, facilita las operaciones de mantenimiento y reposición, constituye un elemento fundamental en la definición de programas de renovación del equipamiento, contribuye a la eficacia en la regulación de la circulación, etc. Además, permite adaptar los procesos de introducción y actualización, la creación de consultas e informes conforme a las necesidades de la Administración. Tras ello, se explicaron sus características principales. En cuanto al sistema de gestión, se

divide en tres módulos funcionales: 1.- Mantenimiento (altas, bajas y modificaciones que pueden ser de corrección de errores en los datos introducidos, de una o varias de las características o atributos del elemento, sustitución de señales, etc.). 2.- Consultas y reportes (generales, situación histórica y a medida e informes generales con los estados y conservación). 3.- Módulo de procesos (tiempo en servicio, nivel de retroreflexión y de deterioro, situación de actuaciones, coste de conservación, etc. De ellos y de sus aplicaciones, los ponentes dieron una amplia exposición.

La **“La Gestión de la información e información al usuario. Paneles de mensaje variable”** fue presentada por **D. Ángel Guerra Zalabardo**, de *SICE*, quien afirmó que los modelos de gestión integral de la información deben permitir la consecución de la totalidad de los objetivos de seguridad vial mediante la utilización de diferentes métodos de distribución, tanto por vía indirecta como emisoras de radio, DGT, internet y WAP; como por vía directa, paneles de mensaje variable que deben gestionarse dinámica y efectivamente. Posteriormente, describió las tres partes diferenciadas en un proceso de información: adquisición de datos, proceso y difusión al usuario.

Dentro de los paneles de mensaje variable, explicó su evolución histórica a través del prisma, la fibra óptica y el LED explicando sus pros y contras pasando al estado actual y distinguiendo las zonas de un panel, la alfanumérica y la gráfica, destacando que su tendencia vendrá dada por el aumento de la luminosidad de los leds y la incorporación del led *“Pure Green”* con lo que podría visualizar los colores reales del Código de Señalización Vial y realizar nuevos colores, aumentando sus prestaciones. Tras explicar los tipos de leds y las funciones, aspectos mecánicos y

electrónicos, fiabilidad, etc., llegó a las conclusiones de que en un mundo en que la información es algo básico, la forma en que se gestione y se transmita es también primordial. Además es fundamental conocer en tiempo real del estado de las carreteras, posibles accidentes o incidencias que afecten al normal desarrollo de la circulación y ponerlo en conocimiento de los conductores. Con ello, es posible mejorar la seguridad y evitar o disminuir atascos y congestiones.

### 6ª Sesión: Toma de datos de tráfico para planificación y proyectos

La ponencia "**Estaciones de aforo**" fue presentada por **D. Francisco J. Guillén Borruy**, de la *DGC del Ministerio de Fomento*. Tras comentar el Plan de Aforos de 1960 y la clasificación de las estaciones: permanentes, de control primario, de control secundario y de cobertura, hizo un repaso de los condicionantes de un plan de aforos. Posteriormente, se detuvo en sus consideraciones que incluyen: las características del tráfico, variaciones cíclicas de la intensidad de tráfico, tipos de tráfico y la afinidad entre estaciones.

Por otro lado, en 1994, y en un estudio realizado al efecto, se enunciaron una serie de recomendaciones; y, fruto de ello, en 1997 y 1998, se produjo una mejora sustancial en el 40% de dichas actuaciones.

En cuanto al futuro, se mejoran sensiblemente los equipos electrónicos contadores instalados en 7 estaciones permanentes, cuyo número se va incrementar, con sistemas de telemetría, y es posible que ya se estén obteniendo datos de pesaje dinámico de camiones, utilizando como captador el cable piezoeléctrico. Por otro lado, el número de estacio-

Nº ESTACIONES, TIPO Y AÑO				
Año	Permanentes	Primarias	Coberturas	Secundarias
1989	3	26	282	20
1990	3	67	294	14
1991	3	104	259	12
1992	3	112	247	2
1993	3	112	249	0
1994	3	112	234	0
1995	3	131	222	0
1996	3	149	210	0
1997	3	149	211	0
1998	3	164	190	0
1999	6	184	170	0

nes programadas para 1999 fue: permanentes (210), primarias (152), secundarias (367) y de cobertura (1796).

Finalizó afirmando que en este año se están realizando tomas de velocidades de vehículos en todas las estaciones permanentes, primarias y secundarias, durante una semana completa al trimestre en las permanentes y primarias, y durante dos días al trimestre en las secundarias. En 11 permanentes, representativas de los tipos de tráfico, la toma de velocidades se realiza durante una semana todos los meses.

La "**Red de estaciones de aforo en la Comunidad de Madrid**" fue presentada por **D. Manuel Antonio Martínez Martínez**, de la *Comunidad de Madrid* quien analizó brevemente los tipos de estaciones existentes en la red de la CAM, prestando especial atención a las permanentes de aforo, y, más concretamente, a la implantación en ellas en los elementos necesarios para la recogida de datos y su posterior explotación mediante telefonía móvil -GSM- con tarjetas SIM convencionales. En 1989 existían 4 tipos de estaciones: permanentes, primarias, secundarias y de cobertura.

A día de hoy se dispone de 6 estaciones permanentes (tres de ellas en ejecución) equipadas con telefonía móvil GSM y tarjeta móvil, ubicadas en las M-607 y M-501; además, de 184 estacio-

nes primarias y 170 de cobertura. En estos 10 últimos años, el número de estaciones permanentes se ha duplicado, el de primarias se ha multiplicado por 7 y el de cobertura se ha reducido a mitad. Posteriormente, se detuvo en la aplicación de telefonía móvil-GSM a la recogida de datos en las estaciones permanentes de la CAM, explicando sus antecedentes y equipos, las modificaciones realizadas en campo y en gabinete (con módulo de transmisión recepción, idéntico al utilizado en las estaciones permanentes ubicadas en campo). Posteriormente, analizó las ventajas e inconvenientes tras la experiencia de 1 año y medio de las tres estaciones permanentes, deduciéndose que económicamente la inversión es muy rentable, además de optimizar los medios y la fiabilidad de los datos, finalizando su intervención presentando el presente y futuro de las estaciones de aforo en la CAM, afirmando que pasa por el empleo de tecnologías como la telefonía móvil, en un porcentaje de situaciones altísimo, tecnologías que están en un proceso de desarrollo importantísimo y deseosas de captar nuevos clientes que demanden servicios no convencionales.

Ha quedado patente que estas tecnologías, que seguirá implantando la CAM, conllevan ahorros de distintos tipos y que llevan implícitas unas mayores y mejores condiciones de explotación.

**"El pesaje de vehículos en movimiento"** fue presentado por **D. Jesús M<sup>a</sup> Leal Bermejo**, del **CEDEX**, quien definió el pesaje de vehículos en movimiento (WIM) y afirmó que los sistemas de pesaje en movimiento, que pueden ser portátiles o permanentes, proporcionan dos tipos diferentes de resultados: datos estadísticos acumulados y datos detallados. Después se detuvo en la estructura de los sistemas de pesaje en movimiento y clasificó los sensores de peso en: superficiales (puentes-báscula con células de carga, placas en flexión con bandas extensométricas, esferas capacitivas y puentes de carreteras con bandas extensométricas) y lineales (barras piezoeléctricas, capacitivas y fibra óptica).

Más adelante, afirmó que la precisión de un sistema de pesaje en movimiento estará limitada por la dinámica del movimiento de los vehículos pesados sobre la superficie de la carretera y que las cargas dinámicas máximas que el vehículo ejerce sobre el firme en cada oscilación vendrán dadas por la amplitud de ésta, cuya magnitud depende de la irregularidad superficial del pavimento, de la velocidad del vehículo y de las características de su suspensión. Después definió y analizó los tres métodos de calibración del sistema: estática, dinámica y autocalibración, y presentó los ensayos para la evaluación de la precisión de los sistemas de pesaje en movimiento.

Los ensayos conjuntos de sistemas de pesaje en movimiento ocuparon la atención de los asistentes, presentándose las experiencias en carretera urbana en Zurich, con equipos portátiles de pesaje en movimiento en Trappes (Francia), en una autopista continental en Metz (Suiza) y en un ambiente frío, en Lulea (Suecia). Tras ello, analizó la normativa existente, destacando la norma ASTM E 1318 y las "Especificaciones europeas de pesaje en movimiento de vehículos de carretera", en

proceso de elaboración y a punto de ser publicada en el informe final de la Acción Cost 323.

Finalmente, presentó las clasificaciones de los sistemas de pesaje en movimiento establecidas por las normas citadas, junto con los niveles de precisión y las condiciones que debe cumplir el emplazamiento.

**"La implantación de estaciones de pesaje dinámico en la Red de Carreteras del Estado"** fue presentada por **D. Francisco Javier Pardo Ríos**, de la *Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento*, que subrayó que los objetivos que se persiguen son: preservar el patrimonio viario, regular el sector del transporte y la seguridad vial. Después informó sobre la intención de instalar 70 estaciones de pesaje dinámico, 39 en vías de gran capacidad y 31 en carreteras convencionales, y de los criterios utilizados.

Tras expresar la situación actual del programa, explicó los dos tipos de existen y que se diferencian fundamentalmente en el dimensionamiento de los viales de entrada/salida y en la amplitud de la zona de estacionamiento de vehículos pesados. Después explicó las diferencias entre un sistema de pesaje dinámico en alta velocidad y baja velocidad o estático, describiendo los distintos elementos que los componen: alta velocidad (báscula dinámica bajo la calzada de la vía con un error del 10% en el peso total y del 15% por eje y obtener estadísticas del uso de la red en términos de intensidad de tráfico, velocidad, peso, etc.), lazos de inducción y armarios de conexiones; de baja o estático (báscula dinámica de baja velocidad o estática, homologada con precisión de  $\pm 20$  kg para el pesaje estático y  $\pm 2\%$  del peso estático en pesaje dinámico, es decir, a 6 km/h, lazos de inducción, detectores de eje de tipo neumático, etc.), caseta de control, y elementos de regulación de tráfico.

Más adelante presentó los datos que proporciona el sistema, el funcionamiento que se puede apreciar en el gráfico, y la explotación estadística de un sistema de alta velocidad aislado.

Los **"Sistemas de pesaje dinámico a alta velocidad"** fueron presentados por **D. Miguel González Fabre** y **D. Octavio Cabello Villalobos**, de **INARSA, S.A.** Más conocido como **HS-WIM (High Speed Weight in Motion)**, un sistema de pesaje de alta velocidad es un conjunto de dispositivos que colocados en una vía permiten la medición del peso de los vehículos que circulan por ella sin necesidad de interrumpir su marcha. En general, sus principales componentes son: sensor de peso, detector de presencia, electrónica del sistema y armario de conexiones. Estos sensores de peso se dividen en lineales, cuya anchura es inferior a la superficie de contacto de una rueda, y superficiales, cuya anchura es superior.

Entre los sensores superficiales, se refirieron los ponentes a los basados en células de carga y en placas en flexión y en placas capacitivas. Entre las lineales, explicaron los basados en materiales piezoeléctricos y en barras capacitivas. Posteriormente, explicaron los factores que influyen en la precisión de la medida como las condiciones del pavimento (profundidad de roderas, regularidad superficial, etc.), las características geométricas del emplazamiento (el bueno tiene una pendiente longitudinal  $< 2\%$ , y constante, así como una pendiente transversal  $< 3\%$ , un radio de curvatura  $> 1000$ m), la climatología y el propio vehículo.

Más adelante se expusieron los tipos de sistemas de pesaje dinámico según su colocación (de instalación fija, portátiles o móviles), o según la velocidad de circulación (de baja y alta velocidad). Finalmente, se expusieron las líneas actuales de investigación como los sistemas de pesaje dinámico

## FUNCIONAMIENTO



## Simposios y Congresos

el gestor puede situarse en cualquier sección de la red sin desplazarse de su punto de trabajo.

La aplicación maneja 2 tipos de ficheros: numéricos o alfanuméricos (Access) en forma de tablas en las que se almacenan datos relativos a características administrativas, físicas, geométricas, etc. de las carreteras y los denominados gráficos de información (JPEG) concernientes a las imágenes de los pavimentos por secciones de 10 m.

La dimensión de cada uno de los ficheros de imágenes comprimidos oscila entre los 12 y 24 kbytes para una resolución de 385x275 puntos por pulgada y 16 millones de colores, por lo que, de media y para un kilómetro de carretera, es necesario una capacidad de almacenamiento de 1,8 Mbytes en disco.

El programa ejecutable se encuentra diseñado en Visual C++ y el tratamiento de las imágenes, debido al elevado número de ficheros que maneja, puede plantear algún tipo de problema. En la mayor parte de ocasiones, el megafichero de imágenes se ha almacenado en discos CD-ROM.

En la actualidad y dado el continuado avance tecnológico de los sistemas DVD, se estima que en un muy corto plazo de tiempo, se podrán sustituir los CD-ROM por estos nuevos tipos de soporte.

Ya, dentro de sus características operativas, el programa se constituye en 3 módulos conexados entre sí: visualización de imágenes, consultas y listados de datos e incorporación gráfica, describiendo el alcance operativo de cada uno de ellos. Con el módulo de consulta y listado de datos se puede acceder directamente a la información existente y con la incorporación gráfica, en los soportes: CD-ROM, disco duro o servidor de la red, el usuario puede cambiar el dimensionamiento de las fichas de imágenes.

**D. Pedro Aliseda Pérez de Madrid, D. Ramón Crespo**

de alta velocidad basados en múltiples sensores (*MS-WIM Multiple Sensor Weight in Motion*), o en sensores de puentes (*Bridge Weight in Motion*).

### 7ª Sesión: Recopilación, bases de datos y GIS

**D. Carlos Bartolomé Marín**, del Ministerio de Fomento, presentó la "**Recopilación de la información. Bases de datos de carreteras**", cuyos datos cualificables y cuantificables caracterizan con la mayor precisión, objetividad y uniformidad de criterios el estado de dicha red o tramo en estudio. Las bases de datos son el conjunto de ficheros informáticos coherentes entre sí, con una estructura y formato que permiten el uso conjunto de todos los datos, accesibles a numerosos usuarios, modificables en función de las necesidades y actualizados permanentemente. Tras destacar lo que es información útil, los tipos de bases de datos y su contenido, explicó los principios generales de su elaboración. Una vez fijados los objetivos, lo primero es definir el sistema de referencia en el que se va a apoyar el resto de la información; en cuanto a los métodos, se distinguen dos grandes opciones en el sistema de referencia espacial por la combinación de tres elementos: puntos de referencia, nudos y coordenadas geométricas. En cuanto a los sistemas, el de nudos tiene la ventaja de que es estable y corresponde a una división natu-

ral de la red, pero es poco concreto, siendo el más completo y riguroso el alemán; en cuanto al de puntos de referencia, es muy sencillo, pero puede implicar actualizaciones laboriosas y es difícil de aplicar en el caso de intersecciones con varios nudos, aunque es el adoptado por Dinamarca, Francia, Japón y por España en 1961; el de posicionamiento global es el de mayores posibilidades y de él ya se ha tratado con anterioridad y se seguirá tratando. Tras ello, pasó a analizar la explotación de los datos: sistemática y temática, así como las bases de datos de carreteras en España, la integración de bases de datos y la experiencia habida en la Dirección General de Carreteras para concluir que las bases de datos de carreteras de un sistema de gestión deben ser: *coherentes* entre sí (especialmente en cuanto a referenciación y definición de los datos), *accesibles* a numerosos usuarios, *modificables* en función de las necesidades y *actualizadas* permanentemente.

Un concepto más, que se añadiría a los anteriores, es el que se haya relacionado con la *cantidad* de información y la *calidad* que se le supone. Es decir, la información justa, ni más ni menos.

La "**Base visual de datos para carreteras**" fue presentada por **D. Luis Ortega Reico**, de Geocisa, quien presentó un programa que permite manejar el conjunto de datos inherentes a las carreteras junto con la visualización de las imágenes por secciones de 10 m, de forma que

del Río y D. Pedro Yarza Álvarez, de AEPO, Ingenieros Consultores, S.A., presentaron los "**Sistemas de Información Geográfica aplicados a carreteras**". La ponencia comenzó situando a los GIS en la gestión de carreteras y por definirlos, destacando dos de ellos, para pasar a explicar los componentes de un GIS y su clasificación estos últimos con tres tipos de entidades: puntas, líneas y áreas, y deteniéndose su exposición, para explicar los conceptos de distancia, geocodificación, operaciones topológicas entre entidades, análisis de redes y la presentación de resultados. Posteriormente, se analizaron las particularidades de los sistemas GIS para carreteras con el análisis de sus redes, la segmentación dinámica y las distancias entre hitos kilométricos. Tras analizarse la situación y evolución del mercado, así como algún sistema de gestión de bases de datos relacionales, etc., se expusieron las tendencias y nuevas tecnologías.

Si no conocemos la tecnología GIS, conviene hacer un sistema pequeño y barato que nos enseñe sus capacidades, siendo importante planificar todo el proceso de su creación y el mantenimiento del sistema, ya que la información se queda obsoleta rápidamente y hay que actualizarla.

Es conveniente huir de sistemas propietarios que impidan o dificulten en un futuro ampliar o mejorar nuestro sistema y diseñar sistemas fáciles de usar, que vayan dirigidos a las personas que los van a usar. Los GIS deben ser herramientas para un mejor conocimiento de la carretera y para mejorar la planificación, el mantenimiento y la gestión.

Y por último, una vez superadas todas las dificultades es importante compartir la información, porque redundará en un mayor mercado de datos GIS más baratos o incluso gratuitos, y una mayor demanda de su calidad, de rapidez de actualización



Mesa que presidió el acto de clausura de las jornadas.

y, en definitiva, de mejor información.

También conviene diseñar sistemas adecuados a las necesidades que se pretenden para que puedan ampliarse a medida que aumentan aquellas.

**D. Alonso Domínguez Herrera**, de Prointec, S.A., y **D. Roberto Llamas Rubio**, del Ministerio de Fomento, hicieron la "**Presentación de un sistema de información geográfica aplicado a la seguridad vial**". Comenzaron por definir un Sistema de Información Geográfico y subrayando que un SIG permite cruzar diferente información geográfica con datos espaciales asociados, y representar gráficamente el resultado de consultas realizadas sobre la base de datos. En cuanto a sus componentes, el SIG debe contar con una base de datos con anchuras fundamentales de red y de partes de accidentes, actuaciones, travesías e intersecciones. Para la realización de la aplicación se ha utilizado la Base Cartográfica Nacional, adecuadamente actualizada.

Dentro de las prestaciones, ampliables, habituales y las consultas que se pueden realizar fueron enumeradas: Siniestralidad (IMD por tramo, datos de accidentes y gráficos estadísticos de accidentes por tramo, etc.); Actuaciones (datos de identificación, localización, actuación y control, etc.); Inventario de travesías (datos de identificación, localización, generales, tratamiento y equipamiento de travesías); e Inventario

de intersecciones (datos de identificación y localización, demarcación, descriptivos y de equipamiento). Entre sus posibles ampliaciones, se presentaron la incorporación de nuevos datos y la gestión de la conservación ordinaria, actualizando, emitiendo y clasificando este trabajo, y sería posible recoger la inspección de elementos, calzadas y arcnos (firmes), red de drenaje, etc.

"**Las técnicas GIS aplicadas a la auscultación de firmes**" fueron presentadas por **D<sup>a</sup> Begoña Ballesteros Vadillo**, de Euroconsult Nuevas Tecnologías y Señalización, S.A. quien destacó la creación de aplicaciones que utilizan la técnica de segmentación dinámica que permite en los GIS calcular la localización de un evento dinámicamente en tiempo de ejecución, y permite asociar múltiples conjuntos de atributos a cualquier porción de elemento lineal, mejorando el modelo de datos tradicional en ARC/INFO, "de arco/nodo". Además, define distintos puntos sobre un mismo sistema de arcos y sitúa los eventos según el sistema de medidas definido sobre la ruta. Tras ello, subrayó que las relaciones topológicas resultan útiles a los SIG y que los modelos lineales de segmentación dinámica se basan en rutas y eventos. Las primeras representan un elemento lineal como carretera, eje, calle o río y contienen medidas que describen distancias entre ellas que son utilizadas para localizar los datos que describen parte de una ruta. Los eventos son los da-

• tos alfanuméricos con componente geográfica que queremos representar sobre los sistemas de rutas, los cuales son un elemento lineal sobre el que se definen una suma de atributos. Los atributos asociados a una ruta, eventos, puede ser los que los equipos de auscultación recopilan y que están almacenados en una base de datos relacional. Tras afirmar que los elementos que se pueden asociar a una ruta pueden ser tanto lineales como puntuales, explicó las tablas de eventos y sus tres tipos: lineales, continuos y puntuales.

### Acto de clausura

Intervino en primer lugar **D. Jesús Vicente**, de la A.T.C. agradeciendo a todas las instituciones públicas su patrocinio y apoyo de estas Jornadas, así como a empresas, asistentes y ponentes.

Tras él, intervino **D. Francisco Achútegui Viada**, del CEDEX, que presentó las **conclusiones generales** que ya fueron publicadas en el número anterior de RUTAS.

**D. Francisco Rozas**, Director General de Infraestructuras de la Consejería de OO. PP. y Turismo de la Junta de Extremadura, agradeció a todos los profesionales del mundo de la carretera su trabajo para que la red viaria sea más completa y segura, mejor gestionada y conservada. Además, estos contactos "mejoran una gestión que imponga las actuaciones que son necesarias realizar, valorarlas y con los medios más avanzados para priorizar objetivamente las distintas planificaciones y asignar los recursos públicos necesarios para dotarlas económicamente". Posteriormente, subrayó la trascendencia que las nuevas tecno-

logías de la información y de la comunicación están teniendo en todos los ámbitos, pero destacando que la tecnología es el instrumento y no la causa. Debemos, por ello, anteponer los intereses generales y el beneficio de la mayoría, a la hora de decidir de qué manera aplicar uno u otro método.

Finalizó afirmando que "debemos participar y operar para que no se generen ni exclusiones ni excluidos" y que los resultados que impongan los canales económicos, sociales, técnicos y científicos sean coherentes con las aspiraciones de mejora de la calidad de vida para todos los ciudadanos"; y que "la planificación y la programación de las infraestructuras sean verdaderos instrumentos para generar una mayor igualdad, aumentar la cohesión social y mantener el necesario equilibrio territorial". ■