

# CARRETERAS

ASOCIACION ARGENTINA DE CARRETERAS AÑO XL - Nº 145 AGOSTO 1995

INFORME ESPECIAL



## PRIMER CONGRESO ARGENTINO DE CAMINOS NATURALES

ORGANIZADO POR LA ASOCIACION ARGENTINA DE CARRETERAS



# SEGURIDAD VIAL

"la única solución pasa por un trabajo en común y por concientizar a la gente"

# POR PRIMERA VEZ EN SUDAMERICA

## World of Concrete – Buenos Aires



Del 20 al 23 de septiembre de 1995  
Centro Costa Salguero  
Buenos Aires, Argentina

**UN EVENTO HISTORICO PARA  
LA INDUSTRIA DE LA  
CONSTRUCCION DEL CONO SUR**

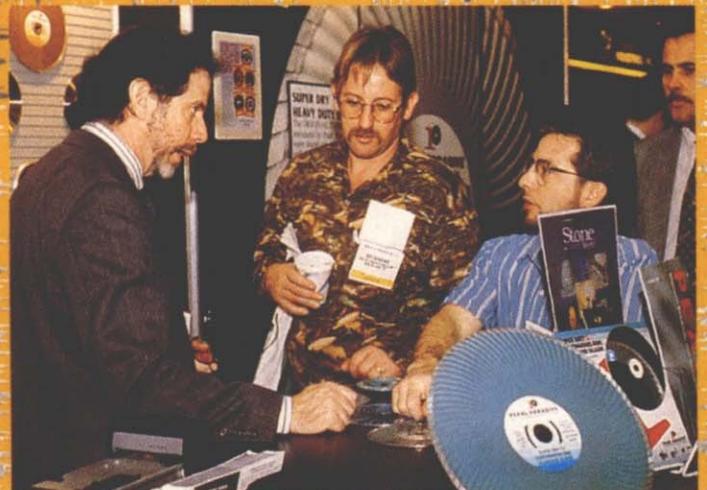
ORGANIZAN:



Abierto para:  
**WORLD OF '95  
CONCRETE**  
Buenos Aires



INSTITUTO DEL CEMENTO PORTLAND ARGENTINO  
San Martín 1137  
Buenos Aires, Argentina  
Teléfono: 312-3040 FAX: 312-4700



# Alcantarillas Arsa

## Flexibilidad total para la solución de problemas de drenaje



Construcción de la Gran Vía del Sur  
Av. Pavón - Avellaneda  
Estructuras Arsa MP 100/152/HC 68 y TL 457



Autopistas del Sol - Vicente López  
Tubos Arsa MP 68



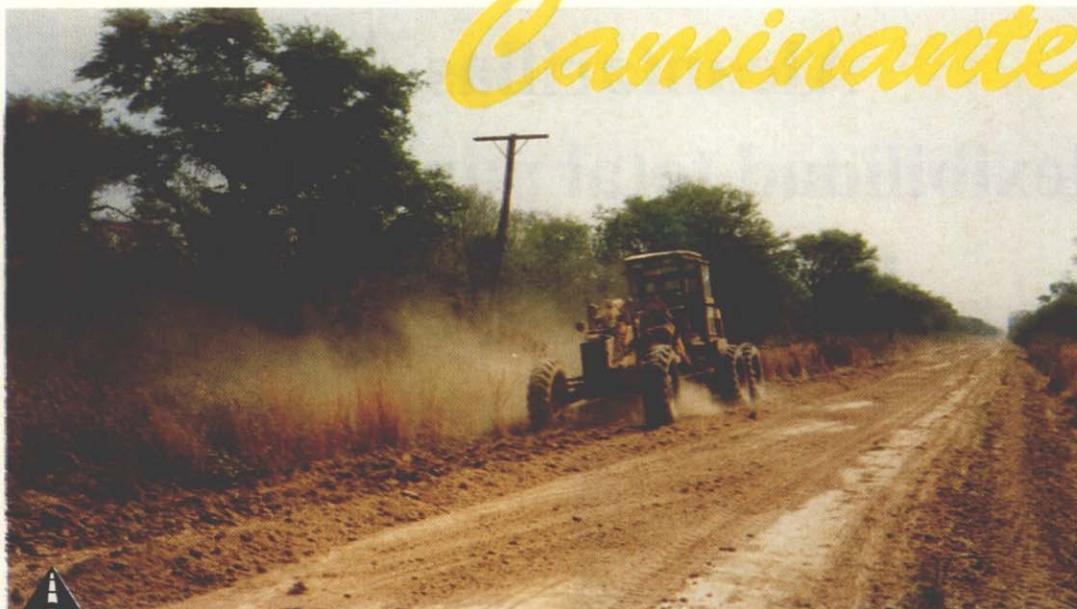
Ruta Provincial N° 1 - Catamarca  
Estructura Arsa MP 100



UNA DIVISION DE SIDERAR S.A.I.C.  
V. GOMEZ 214 (1706) HAEDO, BUENOS AIRES, ARGENTINA  
TEL/FAX: 489-5103



# *Caminante...*



Mitigando el impacto ambiental.



La póliza de seguro de vida más barata del mundo.



Por una red vial bien mantenida, una producción asegurada.

*Se hace camino al andar!!!*



DIRECCION VIALIDAD PROVINCIAL  
-CHACO-

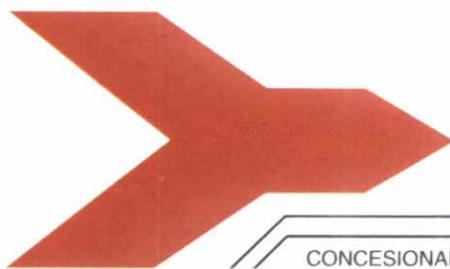
Adhesión al 1<sup>er</sup> Congreso Argentino  
de Caminos Naturales - Mar del Plata



## **Burgwardt & Cia.**

SOCIEDAD ANONIMA, INDUSTRIAL, COMERCIAL Y AGRO-GANADERA

### **1927 - 1995**



**NUEVAS  
RUTAS S.A.**

NECON S.A.  
J.J. CHEDIACK S.A.

CONCESIONARIO VIAL

# **UNA EMPRESA DE EMPRESAS**

*Que trabaja para brindarle Seguridad y Confort en  
un viaje más placentero*



*A Través de:*

*Ruta Nac. Nº 5 - Luján - Santa Rosa*

*Ruta Nac. Nº 7 - Luján - Laboulaye*

ADHESION



CAMINOS  
del  
RIO URUGUAY

S.A. de construcciones y  
concesiones viales

Tronador 4102 - (1430) Capital Federal

# PAVIQUIARG S.A.

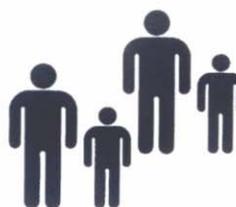
## SEÑALIZACION HORIZONTAL Y VERTICAL DE CALLES Y CARRETERAS

- ✓ Provisión y Aplicación de Materiales Termoplásticos y Pinturas en Frío.
- ✓ Tachas Reflectivas y Divisores Físicos.
- ✓ Carteles y Señales para Rutas y Ejidos Urbanos.
- ✓ Proyectos de Señalización y Asesoramiento Técnico.



# LA CONEXION ESENCIAL

CALIDAD E INNOVACION MUNDIAL



CALIDAD E INNOVACION MUNDIAL



Shell es el líder mundial del mercado de asfaltos. Está presente en más de 80 países suministrando productos asfálticos innovadores de la más alta calidad para cumplir con los diversos requerimientos de sus clientes.

Los caminos vinculan y comunican a la gente. A su vez, los requerimientos de los usuarios con respecto a la seguridad, comodidad y durabilidad están relacionados con la construcción y el mantenimiento del camino. Los productos y servicios Shell Bitumen ofrecidos mundialmente, son una parte esencial de esta cadena.

 **Shell  
Bitumen**

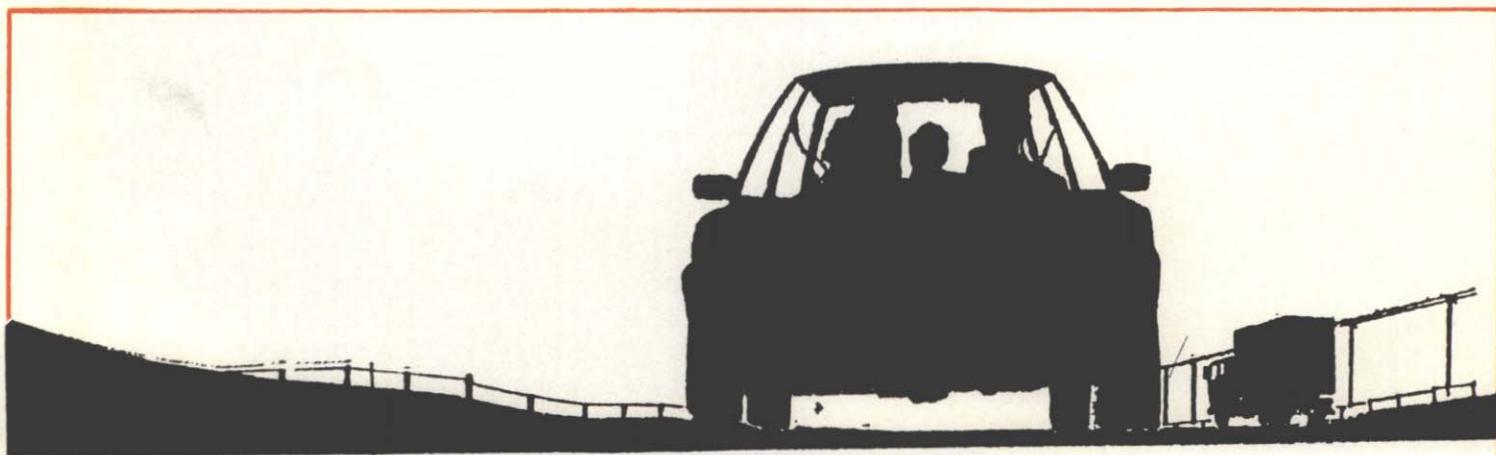


## **Química Bonaerense C.I.S.A.**

- EMULSIONES ASFALTICAS CATIONICAS: RAPIDA, MEDIA Y LENTA. PARA TODOS LOS CLIMAS Y DIVERSOS MATERIALES PETREOS.
- ADITIVO AMINICO MEJORADOR DE ADHERENCIA.
- ADITIVO QB-BACHE.
- ASFALTOS DILUIDOS.
- CEMENTOS ASFALTICOS.
- CEMENTOS ASFALTICOS CON ADITIVO AMINICO MEJORADOR DE ADHERENCIA.
- MEZCLAS ASFALTICAS DE APLICACION EN FRIJO.

Planta Wilde y Administración: Fabián Onsari 1847 - (1875) WILDE, Pcia. Bs. As.  
Teléfonos: 246-6800/7725/5513/8919 - Fax: 246-6797

Planta Roldán: Ruta Nacional N° 9 y Santa Rosa - (2134) ROLDAN, Pcia. Santa Fe  
Teléfono: 041-961073 y 961214



*Por el buen  
camino...*

**COVINORTE SA  
COVICENTRO SA  
CONCANOR SA**

Reconquista 672, piso 5°  
(1003) Capital Federal





# COMISION PERMANENTE DEL ASFALTO

**Se adhiere a la Campaña Nacional de Seguridad Vial  
que realiza la Asociación Argentina de Carreteras.**

Balcarce 226, piso 6º, Of. 15  
(1064) Buenos Aires

Telefax: 331-4921

# ORESA

## Organización Estudio Aeropuertos

**Ing. Tomás F. Hughes  
Ing. Oscar A. N. Alemán**

Proyectos de pistas, edificios e instalaciones especiales de iluminación y balizamiento.  
Repavimentaciones. Estudios operativos y de sistemas de control y seguridad de vuelo.

Estudio de obstáculos. Elección de emplazamientos.

Asistencia Técnica a Organismos Provinciales y  
Empresas Privadas.

*Santiago del Estero 454, Of. 34- Tel.: 383-9997 - Buenos Aires*

# ING. TOSTICARELLI Y ASOCIADOS S.A. ESTUDIOS Y SERVICIOS DE INGENIERIA

- NUEVAS TECNOLOGIAS EN MATERIALES Y PAVIMENTOS.
- MICROCONCRETOS ASFALTICOS. CAPAS DRENANTES. ASFALTOS MODIFICADOS.
- EVALUACIONES DE RUGOSIDAD E INDICE DE ESTADO.
- AUDITORIA TÉCNICA Y CONTROL DE CALIDAD.
- BANCO DE DATOS Y MODELOS DE GESTION DE PAVIMENTOS.
- ESTUDIOS ESPECIALES DE OBRA Y DE PROYECTO.

Riobamba 230 - (2000) - ROSARIO

Teléf.: (041) 820531/7950  
Fax: 041-821511

## TECNOLOGIA VIAL S.R.L.



- MEZCLA ASFALTICA ELABORADA en CALIENTE de APLICACION en FRIO para CARPETA de RODAMIENTO "RAPIROD"
- MATERIAL INSTANTANEO PARA BACHEO "RAPIBACH"
- MATERIAL INSTANTANEO PARA TOMADO DE JUNTAS Y FISURAS RAPIBACH "F"
- CONCRETO ASFALTICO EN CALIENTE
- SERVICIOS INTEGRALES DE PAVIMENTACION Y BACHEO
- PINTURA VIAL PARA DEMARCACION HORIZONTAL
- SEÑALIZACION INTEGRAL
- ASESORAMIENTO TECNICO SIN CARGO

**ADMINISTRACION Y VENTAS**  
Av. Callao 468 - 1º of. 6 y 8 Bs. As.  
Tel. y Fax: 476-3823 - 40-2493 y 374-9094

**PLANTA OLAVARRIA (Bs. As.)**  
P. Industrial - Tel. y Fax: (0284) 20710

# CONSULBAIRES

## Ingenieros Consultores S.A.

Servicios profesionales para proyectos de:

- **TRANSPORTES**
  - Inspección de obras; supervisión de la construcción.
- **ENERGIA**
  - Asistencia para la obtención de financiación para proyectos de inversiones públicas.
- **INGENIERIA SANITARIA**
  - Preparación de planes y programas de obras.
- **INGENIERIA HIDRAULICA**
  - Estudios de diagnóstico, prefactibilidad técnico-económica.
  - Anteproyectos y proyectos ejecutivos.

Maipú 554 - Buenos Aires  
Teléfonos: 322-2377/7357/5048/4579

Cables: BAICONSULT  
Télex: 24398 Baico Ar - Fax: 322-9639

**3M** *Innovation*



***Usted sabe  
quiénes son  
los reaseguros  
de su compañía ?***

*No sólo poseemos excelentes niveles de liquidez,  
comprobable solvencia interna,  
y real compromiso con el cliente.*

*Externamente, estamos respaldados por compañías  
internacionales de reconocido prestigio.*

*Es bueno que lo sepa. Para que cuando usted elija La Construcción,  
se quede bien tranquilo... sabiendo por qué.*

**La Construcción**

SOCIEDAD ANONIMA COMPAÑIA ARGENTINA DE SEGUROS

***Seguridad para nuestros clientes***

## EDITORIAL

### PLAN NACIONAL DE SEGURIDAD VIAL

Nuestra realidad en cuanto a Seguridad Vial es fruto de un largo proceso en que se han sumado componentes negativos de todas las áreas involucradas:

- 1) Ausencia por más de 10 años de la Ley Nacional de Tránsito.
- 2) Escasa e incipiente Educación Vial.
- 3) Campañas de Prevención, esporádicas.
- 4) Penalización con falta de rigurosidad casi siempre demorada y de frecuentes vicios de aplicación.
- 5) Cultura transgresora tanto en los Conductores como en los Peatones.
- 6) Ausencia de un Plan Nacional de Seguridad en el Tránsito con organización, metas y presupuesto adecuado.

Lo detallado más arriba no es ninguna novedad, lo singular es que aunque se viene diciendo desde largo tiempo, hasta la fecha poco o nada se ha hecho en cada una de las áreas involucradas, para empezar a resolver estas falencias.

Estamos en un momento especial, tal que la inacción del pasado puede quedar como suma de errores que no volverán a suceder y pueden ser reemplazados por el acierto en la organización y la acción responsable de los ciudadanos y las autoridades correspondientes.

Por qué tenemos esa esperanza?

- 1) Se ha promulgado la Ley Nacional de Tránsito N° 24.449 del 23/12/94 - Decreto Reglamentario N° 179 del 6/2/95.
- 2) Por el Artículo 6° de dicha Ley se ha creado el Consejo Federal de Seguridad Vial.
- 3) Se ha iniciado la Revisión Técnica de los Automotores.
- 4) Los medios de comunicación están ubicados y día a día alertan de la extraordinaria gravedad del problema.
- 5) Otros Países han sabido superar tendencias crecientes de siniestralidad parecidas a las nuestras y hoy tienen valores 3 y 4 veces inferiores a los nuestros. No tenemos en vista a los países de menor siniestralidad como Suecia, EEUU y Japón, ellos tienen índices 10 veces inferiores a los nuestros.

En el Seminario de "Experiencias Internacionales de Seguridad en el Tránsito" realizado por la Asociación Argentina de Carreteras el 12 de junio hemos podido apreciar por ejemplo como España ha reducido notablemente su siniestralidad los últimos 10 años y también cómo está encarando Chile el control y dominio de este flagelo.

Es preciso encarar inmediatamente la formulación del **Plan Nacional de Seguridad Vial** que en cinco años puede reducir a la mitad la actual siniestralidad de tránsito. Esa decisión comporta concertar la acción de diversas áreas del gobierno. Dejar librado a cada una de ellas las iniciativas en tal sentido. dependiendo de su disponibilidad presupuestaria, de su empeño y de su decisión, hará fracasar la estrategia.

Podemos controlar y reducir este flagelo de las actuales brutales cifras anuales de 9.000 muertos y 200.000 heridos en accidentes de tránsito: **REDUCIRLO A LA MITAD DEBE SER EL OBJETIVO DEL PLAN NACIONAL DE SEGURIDAD VIAL.**

A partir del 2000, cada año **4.500 habitantes de nuestro suelo no morirán y 100.000 no resultarán heridos**, si se implementa ahora la Educación, Prevención y Penalización que establecen las actuales normas jurídicas cuya complementación, armonización y efectivización debe ser objetivo de primera prioridad en el interés nacional.

Si a estas imprescindibles acciones se le suman mejoras en nuestra vías de transporte:

- a) Mejor señalamiento horizontal y vertical.
- b) Mejoramiento de banquetas.
- c) Calzadas Multitrocha de acuerdo al tránsito.
- d) Detección y Corrección de tramos con Puntos Negros.

Entonces podremos confiar en el éxito de nuestra acción y emprender el alcance de los valores de siniestralidad de los países que marchan a la cabeza de la Seguridad en el Tránsito, pero para ello necesitaremos 20 años más. **NUESTRO PROBLEMA ES GENERACIONAL ¡EMPECEMOS HOY!**

CARRETERAS. Revista técnica impresa en la Republica Argentina, editada por la ASOCIACION ARGENTINA DE CARRETERAS (sin valor comercial) - Adherida a la Asociación de la Prensa Técnica Argentina - Registro de la Propiedad Intelectual N° 321.015 - Dirección, Redacción y Administración: Paseo Colón 823, p 7° (1063) Buenos Aires, Argentina - Teléfono y Fax: 362-0898.

DIRECTOR: Ing. MARCELO J. ALVAREZ

SECRETARIO DE REDACCION: Sr. JOSE B. LUINI

## SUMARIO

Editorial	Pág.
Plan Nacional de Seguridad Vial .....	11
Seminario sobre "Experiencias Internacionales de Seguridad en el Tránsito" .....	12
Primer Congreso Argentino de Caminos Naturales .....	18
Cincuentenario de la Comisión Permanente del Asfalto, XXVIIIª Reunión del Asfalto .....	20
Varios .....	25
ODISA - VIALCO - U.T.E. Inauguró importante obra vial .....	26
Aplicación de deflectógrafos a impacto (FWD) en Argentina. Por los Ings. Oscar Giovanón y Jorge Tosticarelli .....	28
Seminario sobre las carreteras rurales. Por el Dr. Ing. O. L. Gómez .....	35
Campaña Nacional de Seguridad Vial .....	38
Nuevas consideraciones para el proyecto de mezclas asfálticas en caliente. Por el Ing. Boris Dorfman .....	40
Demarcación horizontal - Seguridad Vial. La visibilidad de las marcas viales. Por el Lic. Quím. David Calavia Redondo .....	47
Vías agrícolas y forestales. Por el Ing. Agrón. José M. Martín Montalvo y Vera .....	56
Asociación Argentina de Carreteras. Consejo Directivo .....	64
Construcción de pavimentos de hormigón de rápida habilitación al tránsito. Por M. J. Knutson y G. F. Voigt .....	66
Introducción a las nuevas tecnologías SHRP para asfaltos y mezclas asfálticas. Por el Ing. Pablo E. Bolzán .....	71

# SEMINARIO SOBRE EXPERIENCIAS INTERNACIONALES DE SEGURIDAD EN EL TRANSITO

Con motivo de la celebración anual del Día de la Seguridad en el Tránsito, la Asociación preparó un Seminario denominado "Experiencias Internacionales de Seguridad en el Tránsito"

Para ello obtuvo la participación de cuatro expertos extranjeros para que expliquen qué acciones se emprendieron en sus respectivos países, cómo se llevaron a cabo, qué resultados se obtuvieron, cuánto se invirtió y qué economías se lograron en términos socioeconómicos en un período dado.

El objetivo final radicó en contribuir a establecer en qué forma se puede aprovechar en nuestro medio la experiencia acreditada en otros países y qué economía en vidas y bienes deben resultar.

Las conclusiones mostraron que en los países involucrados las acciones respondieron a programas multidisciplinarios donde se incluyó la Ingeniería Vial, la Educación, la Legisla-

ción y el control técnico y sanitario, todos los cuales son efectivos si operan en conjunto pero no cuando se aplican en forma aislada.

El acto se llevó a cabo en los salones del Hotel Crowne Plaza Panamericano de esta Capital el día 12

de junio pasado y contó con las exposiciones del Ing. Gregory SPEIER, Director Ejecutivo del Instituto Panamericano de Carreteras con sede en Washington, EE.UU.; El Ing. Capitán Jorge R. VIDAL VARAS, del Departamento de Tránsito del Cuerpo de Carabineros de Chile; el Dr. Ing. Liberto SERRET IZQUIERDO, presidente del Comité de Seguridad Vial de España y el Sr. Harald ERNBERG, consejero de la Embajada de Suecia en Buenos Aires.

El Seminario se abrió con una exposición del Sr. Presidente de la Asociación Argentina de Carreteras, Ing. Rafael Balcells y se cerró con la lectura de las conclusiones por parte del Ing. Mario J. Leiderman integrante de esta Asociación y las palabras de clausura a cargo del señor Administrador General de la Dirección Nacional de Vialidad Lic. Miguel A. Salvia.

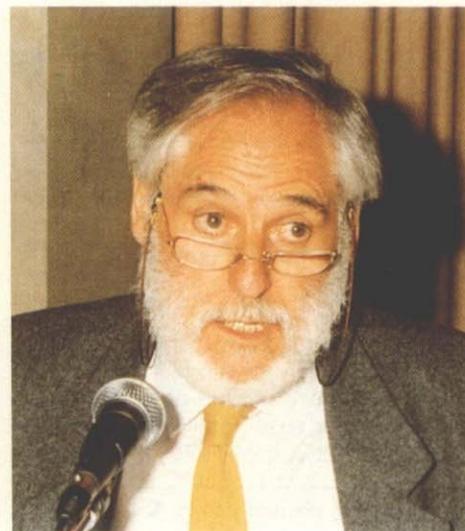
Durante el acto, el Ing. Balcells hizo entrega de material didáctico edita-



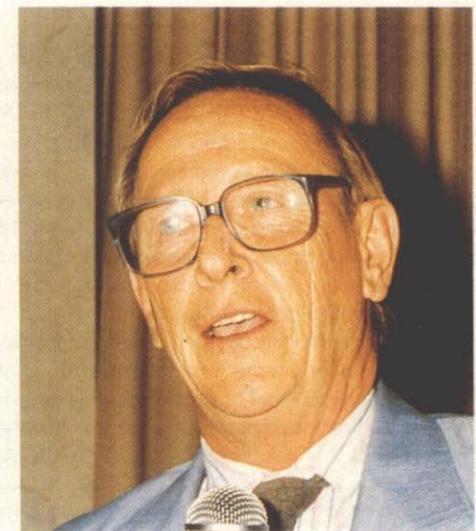
*Ing. Gregory Speier. Director Ejecutivo del I.P.C. - Washington, U.S.A.*



*Ing. Cap. Jorge R. Vidal Varas, del Departamento de Tránsito del Cuerpo de Carabineros de Chile.*



*Dr. Ing. Liberto Serret Izquierdo. Presidente del Comité de Seguridad Vial de España.*



*Sr. Harald Ernberg. Consejero Embajada de Suecia en Buenos Aires.*

do por la Asociación a la Policía Federal y a la Municipalidad de la Ciudad de Buenos Aires. Funcionarios de ambos organismos agradecieron vivamente estas donaciones. Por su parte, Radio Nacional entregó a la Asociación Argentina de Carreteras y a la Dirección Nacional de Vialidad sendas bandejas recordatorias en reconocimiento por su acción en favor de la Seguridad Vial.

La respuesta a este seminario fue entusiasta registrándose 135 asistentes, a todos los cuales se les extendieron los correspondientes certificados de participación. La prensa escrita, la radio y la televisión brindaron amplia cobertura. Durante el desarrollo del seminario los periodistas presentes pudieron entrevistar a los expositores extranjeros y obtener así información complementaria de interés.

Ejerció la coordinación del Seminario y la moderación del debate el Prof. Juan E. Tornielli de esta Asociación.

Se encuentra en preparación la edición de un volumen con las exposiciones, los debates y las conclusiones de este seminario para su entrega oportuna a las autoridades, como contribución de la Asociación Argentina de Carreteras a la lucha contra el flagelo de la Siniestralidad Vial en nuestro país.

**DISCURSO DE APERTURA POR EL ING. RAFAEL BALCELLS.**



La Asociación Argentina de Carreteras ha convocado a este Seminario, sobre Experiencias Internacionales de Seguridad en el Tránsito, habida cuenta de que la Siniestralidad del Tránsito en Argentina viene creciendo en forma alarmante, ya sea en número absoluto o en función de la tasa de motorización, a lo largo de la última década y aceleradamente en los últimos años.

Esta realidad pone en evidencia que los medios utilizados hasta la fecha para detener este flagelo están lejos de ser suficientes y adecuados a su importancia, naturaleza y evolución. Este fenómeno de nuestro tiempo está ocasionando en el mundo: 400.000 muertes por año y más de 16.000.000 de lesionados., de los cuales más de 3.000.000 seriamente heridos.

En la Comunidad Europea, las víctimas fatales en el año 1990 fueron 50.000. En EE.UU.: 45.000.

En los países de la Organización para la Cooperación Económica y Desarrollo, los fallecidos hasta 30 días después del accidente, durante el año 1992 fueron 125.000.

Nuestra siniestralidad comparada con la del promedio de estos 22 países es cinco veces superior: 16 Víctimas Fatales cada 10.000 Automotores.

Los países que integran la Comunidad Europea (12) entre los años 1975 y 1990 elevaron su motorización en un 140 % y redujeron el número (total) de víctimas en un 20 %. Se nos podrá decir y con razón que mucho es el camino que deberemos recorrer para alcanzar resultados parecidos a los mencionados. Pero también es evidente que dado el enorme apartamiento de nuestra tasa de siniestralidad de la alcanzada por esos países, es posible y deberíamos lograr importantes disminuciones a poco que nos dediquemos a programar y cumplir, un PLAN de reducción y/o eliminación de los factores que incrementan año a año nuestra dramática estadística.

Mención de segundo término pero de importancia para cualquier país que ordena sus factores de producción económica y desarrollo humano, es la cuantificación de las pérdidas socioeconómicas que produce este flagelo de la motorización moderna. En los países de la OCDE el drenaje originado por los siniestros de tránsito, se escala entre el 1% del P.B.I. para Japón y el 3,5% del P.B.I. para Portugal. Estimaciones de las pérdidas derivadas de los accidentes de tránsito, para nuestro país, superan el 2% del P.B.I. ubicando el desahorro de nuestra economía en cifras cercanas a los Cinco Mil Millones de Dólares.

Hay circunstancias que debemos subrayar: todos en forma reiteradamente cíclica, nos alarmamos y nos dolemos de la triste realidad de nuestro tránsito y de la conducta de conductores y peatones que va elaborando día a día la estadística que debilita nuestra sociedad en miles de vidas útiles y en miles de millones de dólares, pero todos hemos dejado transcurrir más de 10 años sin una Ley de Tránsito que regulara este factor de progreso que estamos convirtiendo en un freno para nuestro crecimiento en calidad y contenido humano y económico. Y si ello fuera poco hemos dejado sin poner en marcha una Ley de Educación Vial que desde el año 1983 espera su implementación en nuestros tan debatidos Planes y Presupuestos de Educación.

Con la implantación de la Educación Vial en el ciclo Preescolar, Escolar y Secundario, que provea a la formación ética y educativa de nuestros niños y adolescentes, dando un sentido de solidaridad y armonía a la conducta en sociedad y en particular en la vía pública, será como es de esperar sólido basamento de una reducción en los siniestros de tránsito en gran parte derivados de desórdenes en el comportamiento de conductores y peatones, fuente principal de las colisiones de tránsito y sus fatales consecuencias.

Hoy ha sido finalmente sancionada

la Ley Nacional de Tránsito y la Ley de Educación Vial espera su puesta en marcha. Estos recursos fundamentales deben dar lugar a inmediatos programas de Seguridad Vial y Planes Concretos con objetivos mensurables basados en la Estadística específica continua y veraz.

Decidiéndonos es posible que en cinco años no sólo hayamos detenido este incremento de dolor y pérdida económica, sino estar en valores sensiblemente menores.

Países que consideramos pueden ser comparables con el nuestro en pocos años han logrado reducciones superiores al 50 % en sus tasas de siniestralidad relativas al índice de motorización y aún al número de casos fatales.

La Asociación Argentina de Carreteras, recogiendo enseñanzas de otras instituciones: Automóvil Club Argentino, Vialidad Nacional e Instituciones Privadas como el I.S.E.V. y Luchemos por la Vida viene bregando por llamar la atención de los poderes públicos para que se de a la Seguridad Vial la prioridad que corresponde a uno de los problemas capitales de la sociedad de nuestro tiempo, donde el transporte carretero es factor de progreso que no debe ser enturbiado por la falta de solución a un problema que está siendo controlado y reducido en los países que realmente integran el "primer mundo".

La actual situación de permanente crecimiento de nuestra siniestralidad de tránsito no es fruto de indiferencia generalizada ante el problema: la Policía Federal Argentina, las Policías Provinciales y las organizaciones viales del País, Vialidad Nacional y el Automóvil Club Argentino, organizaciones oficiales como la Comisión Nacional de Tránsito y Seguridad Vial y organizaciones privadas como nuestra misma Asociación, estamos contribuyendo con nuestros mejores esfuerzos para paliar este flagelo de nuestra sociedad. Los medios de prensa, radio y televisión desarrollan con creciente intensidad acción informativa y correctiva.

Pero debemos reconocer que todos los esfuerzos hasta ahora han resultado decididamente insuficientes.

La recientemente sancionada Ley de Tránsito y la Ley de Educación Vial, Ley 23.348/86 que debe ponerse en marcha son instrumentos que permitirían dar forma al necesario Programa de Seguridad Vial e iniciar el proceso de necesario control y reducción creciente de nuestra alta, muy alta, tasa de siniestralidad de tránsito. Estamos ubicándonos en el problema, hagamos todo lo necesario para resolverlo.

El hecho de que la mayoría de los países modernos y progresistas han hallado y practican estrategias y métodos, elaboran planes y programas y los cumplen, ha motivado que la Asociación Argentina de Carreteras haya solicitado a los Señores Expertos de los países de EE.UU. Ingeniero Gregory Speier, de Suecia Sr. Consejero de la Embajada de Suecia en Buenos Aires; Sr. Harald Ernberg; de España Dr. Ingeniero Liberto Serret Izquierdo y de Chile Sr. Ing. de Tránsito Capitán Jorge R. Vidal Varas, a que nos ilustren con el proceso que en sus respectivos países ha venido cumpliendo para incrementar la Seguridad en el Tránsito, durante la última década.

Lo hemos hecho porque estamos seguros que extraeremos conclusiones que nos han de permitir encontrar mejor y más rápidamente el encauzamiento de nuestra voluntad, esfuerzo y persistencia en la solución gradual pero creciente de este, una de nuestras mayores falencias como sociedad organizada.

**PALABRAS DEL ADMINISTRADOR GENERAL DE LA D.N.V., Lic. MIGUEL A. SALVIA EN EL ACTO DE CLAUSURA**

Hemos visto a lo largo de este seminario algunas experiencias concretas de como los países han atacado el problema de la seguridad vial, tomándolo en cuenta no sólo desde el



punto de vista del daño social, sino también desde el daño que los accidentes provocan dentro de la economía nacional.

El vehículo a motor es el resultado de uno de los más tangibles progresos de la civilización. Su desarrollo y el consecuente incremento del tránsito es sinónimo de avance de la tecnificación y crecimiento económico.

Pero este símbolo, paradójicamente, es una de las herramientas que el hombre utiliza para su destrucción. Las víctimas en accidentes de tránsito se elevan día a día, como consecuencia en la mayor parte de los casos de las desmedidas velocidades que se desarrollan.

Tal como se ha afirmado existen tres elementos sobre los que se basa la seguridad vial. Ellos son la conducta humana, los vehículos y el camino sobre el cual transitan los vehículos.

En nuestro país, la cantidad de accidentes producidos en los últimos años se ha incrementado como consecuencia del crecimiento del parque automotor y de las mejoras introducidas a los vehículos, que permiten el desarrollo de altas velocidades con una sensación de confort y seguridad por parte del conductor, que lo inducen a no percibir los peligros. Por otra parte las redes viales requieren una modernización compatible con los cambios en el tránsito y los vehículos modernos.

El riesgo potencial que involucra la posibilidad de desarrollo de altas velocidades, junto con otros factores propios de la circulación como las condiciones de la vía y la aptitud de los conductores, ha desembocado en uno de los fenómenos más acuciantes de nuestro tiempo: los accidentes de tránsito.

Indudablemente los esfuerzos tanto en las áreas de gobierno como en los entes y empresas privadas están dirigidos al estudio, análisis y gestión de medidas que permitan disminuir la posibilidad de ocurrencia de accidentes y en el caso en que se produzcan, atenuar su intensidad y la de los daños a bienes y personas.

Durante muchos años en reuniones similares a la presente se reclamaba por la sanción de una Ley de Tránsito que legisle el tema con un criterio integrador, y que permita unificar las reglamentaciones de todo el país.

Dentro del profundo proceso de cambio que vive nuestro país, debo remarcar la importancia que aquel antiguo reclamo a las autoridades, ha sido cumplido.

La nueva Ley de Tránsito, de reciente sanción, resulta el adecuado instrumento organizador y normativo, que junto con la investigación accidentológica, permitirán individualizar los factores concurrentes en los accidentes y orientar las medidas de control y prevención.

Tenemos por tanto hoy un instrumento integral que ha tomado todos los aspectos del problema, que los ha desarrollado normativamente y que se completará con la reglamentación de la ley.

La incorporación de la educación vial en la enseñanza sistemática y asistemática para lograr ciudadanos conscientes en el uso responsable de los caminos y de los medios de transporte; la normalización de los requisitos de seguridad, equipamiento y mantenimiento de los automotores y su control técnico obligatorio; la habilitación de conductores que reúnan condiciones psicofísicas y técnicas adecuadas para una conducción se-

gura; son solo parte de los objetivos a cumplir en el más corto plazo.

La implantación de medidas necesarias para que las estructuras viales ofrezcan las condiciones básicas de transitabilidad y seguridad; la reglamentación y organización de servicios para una atención oportuna y eficaz de las víctimas y la difusión de estos principios básicos, así como su estricta y fiel aplicación en todo el ámbito del país, conforman una solución integral para ejercer, en forma plena, el derecho de libertad de tránsito garantizado por nuestra Constitución Nacional.

En este marco de política nacional, la Dirección Nacional de Vialidad tiene la responsabilidad de atender y dotar a la red vial bajo su jurisdicción, de condiciones de seguridad para los usuarios, preservando el patrimonio nacional a su cargo.

En ese aspecto la mejora y rehabilitación de los tramos de la red, que viene realizando desde 1992 apunta a conservar el patrimonio y a mejorar las condiciones de seguridad de la misma.

Este plan que se está llevando adelante se ha apoyado en la adopción de medidas dirigidas en particular al control del peso máximo admitido en los vehículos de carga, para que ese esfuerzo realizado en la reconstrucción y mantenimiento no se diluya en la destrucción anticipada de la red vial.

El incremento del transporte interjurisdiccional de cargas nacional e internacional, incluyendo los efectos generados por el tratado del MERCOSUR, producido en los últimos años inclina a algunos empresarios del transporte a utilizar equipos de superior capacidad de cargas, sobrecargando en algunos casos sus vehículos con la finalidad de transportar mayores volúmenes en la menor cantidad de viajes posibles.

Frente a la situación planteada, esta Administración ha generado políticas que tienden a reordenar e intensificar los controles de tránsito y a aplicar severas penalidades en aquellos

casos en que no se cumplan con las normas establecidas.

El estricto control de la normativa vigente se considera una herramienta clave para lograr la disminución de posibilidad de ocurrencia de accidentes, ya que los vehículos que transportan cargas excesivas no sólo destruyen los pavimentos sino que atentan contra la seguridad del resto de los usuarios del camino.

Junto a ello y atacando al componente de conducta humana generadora de accidentes es necesario trabajar sobre los dos aspectos centrales: la formación en la prevención y el control y la sanción de faltas.

Si bien se ha desarrollado este aspecto, el peligro potencial de los automóviles a alta velocidad y con maniobras de supuesta audacia requiere una sanción y un control permanente y activo que desaliente las conductas inadecuadas y ayude a revertir la mentalidad agresiva de muchos conductores.

Tal como hemos dicho desde el punto de vista de las redes viales la conservación de los caminos tiene para esta Dirección Nacional la más alta prioridad. Prioridad que esta dada en dos aspectos: el esfuerzo en la dedicación sobre el camino; y el esfuerzo por evitar los daños sobre el mismo.

Dentro de la conservación en relación a la seguridad vial deseo remarcar la importancia que se le está dando a los aspectos vinculados al señalamiento preventivo, informativo y reglamentario.

En ese aspecto en los últimos años hemos avanzado decididamente hacia la preservación de la demarcación horizontal como elemento de la seguridad y confort para el usuario. Al respecto hemos demarcado más de 1 millón de metros cuadrados anuales en los últimos cuatro años, y hemos impuesto el criterio que una vez reparado cualquier tramo de ruta debe ser inmediatamente señalado.

Este criterio se extiende al señalamiento vertical sobre el cual tenemos un grave problema cual es el hurto y

destrucción sistemática de las señales, lo que origina no sólo un daño económico de magnitud, sino también la generación de situaciones de inseguridad vial. En este sentido debemos generar una campaña de resguardo de las señales, la que deberá abarcar no sólo el aspecto represivo, sino el de generar en la comunidad la conciencia de la preservación de las mismas y la denuncia cuando se observe un daño a las señales.

Existe un problema grave con respecto a la seguridad y es el relacionado con el señalamiento precaucional de obras. En este aspecto nuestro país demuestra un gran déficit, ya que la precariedad de muchos sistemas de señales que se instalan no cumplen con la necesaria función de advertencia de peligro para los usuarios de la vía.

La responsabilidad de los entes públicos y de los empresarios es crucial en este aspecto, y la toma de conciencia de la necesidad de normar el señalamiento de obra y de cumplir con el mismo debe ser una de las prioridades a llevar adelante en el año en curso.

Sobre este tema ha habido en el último año algunos avances tanto en la normativa pública (por ejemplo la nueva norma de la DNV presentada en la reunión de seguridad del último año), como en la iniciativa privada con la compra de elementos de seguridad de nueva generación que pueden verse en algunas obras.

Paralelamente, y con relación específica a los accidentes de tránsito ocurridos, cuya naturaleza y complejidad pueden analizarse desde el punto de vista de las causas que los originan y de las consecuencias que tienen para las personas, vehículos, instalaciones y otros bienes, la Dirección Nacional de Vialidad se halla abocada al desarrollo de un programa que permita minimizar los daños a personas y mercaderías transportadas en relación al conjunto de viajes que se realizan.

Si bien las causas o factores que los desencadenan son frecuentemente

asociados a los tres elementos del sistema: hombre, vehículo y medio, el objetivo es la detección de aquellos casos en que el medio, en este caso el camino, resulta el causal del accidente.

La obtención de datos suficientemente confiables de la totalidad o de una muestra representativa de los accidentes resulta imprescindible para realizar estudios en profundidad, por lo que se están reactivando convenios con las Policías Provinciales, para la integración de dichos Organismos a este esfuerzo dirigido a la comunidad en su conjunto.

La actual base de datos disponible centraliza la información relativa a los incidentes ocurridos en la Red Vial Nacional, y a corto plazo se anexará la información de algunas rutas complementarias a la misma.

Debo señalar como un logro trascendente concretado en los últimos meses, la creación del Registro Nacional de Antecedentes de Tránsito que unificará la totalidad de la información de los accidentes de tránsito ocurridos en el país, evitando así la dispersión de esfuerzos en pos de un único objetivo, y permitirá los análisis técnicos para detectar los puntos negros de la Red.

Mediante el tratamiento estadístico de los datos relativos a accidentes de tránsito se realiza el diagnóstico de la situación general de la seguridad vial.

La cuantificación del fenómeno de la seguridad vial y el análisis de las posibles mejoras se efectúan a partir del estudio pormenorizado de cada accidente, sus características y consecuencias, clasificándolos y determinando los casos en que la causa es el camino. Sobre estos casos la Dirección Nacional de Vialidad encara estudios de rediseño y mejoras.

La determinación y planificación de las acciones tendientes a la mejora y eliminación de los factores concurrentes en la producción de accidentes permitirá cumplir los objetivos ya expresados.

Los incrementos de tránsito señalados, los desarrollos técnicos de los vehículos y los datos relevados de accidentes, nos obligan a pensar en trabajar en la modernización de la red vial adecuándola a estos tiempos.

En ese sentido la cantidad de accidentes de choques frontales que se vienen registrando demuestra que en muchos tramos de la red es necesario planificar la construcción de multitrochas que permitan mejorar la capacidad y el nivel de servicio de la vía y separar las corrientes de tránsito de sentidos opuestos.

También y en función de los bajos volúmenes de tránsito de algunos tramos que registran peligrosidad, se hace necesario contemplar la posibilidad de mejorar mediante la instalación de terceras trochas que permitan un sobrepaso seguro, así como también la pavimentación de banquetas evitando su desestabilización y brindando a los usuarios un lugar seguro para su detención en emergencias.

En esta modernización de la red vial debe contemplarse el tratamiento particularizado de los sectores de ruta que atraviesan áreas urbanas. En este aspecto los usuarios del camino suelen considerar esos tramos como de idénticas características que otros tramos rurales, desatendiendo las indicaciones de las señales por las que se les indica la reducción de velocidad. A ello se suma el tránsito urbano de características netamente diferentes a la del tránsito pasante.

Para encarar este problema debe planificarse la diferenciación física de estos tramos de la red, tomando la experiencia de otros países generando espacios que resulten visibles al usuario y que lo induzcan a reducir las velocidades, conjuntamente con la adopción de medidas de planificación urbana que evite las construcciones barriales linderas al camino.

En muchos casos será el momento de desarrollar circunvalaciones o by

pass que diferencien el tránsito pasante con el urbano.

Es decir desde el punto de vista del camino también hay mucho por hacer. Hemos atacado el estado del camino, su señalamiento y debemos pensar en una nueva etapa que modernice su diseño pensando en la seguridad vial como un factor clave.

El mejoramiento del estado de la red vial nacional del país y el asegurar una adecuada transitabilidad a lo largo de todas las rutas, se logrará mediante la conjunción de resultados de las líneas de acción encaradas, a fin de que los conductores puedan circular por la Red Vial Nacional con un alto grado de comodidad y mínimas posibilidades de peligro, y la concientización de la población con relación a los factores y conductas intervinientes en la seguridad con el claro objetivo de proteger la vida humana.

En síntesis y tal como hemos visto en esta tarde, el problema de la seguridad vial o más bien de la inseguridad vial nos atañe a todos.

Debemos generar una conciencia social que valore las actitudes correctas en el tránsito y que descalifique a las personas que incumplen con las normas vigentes y son potenciales peligros sociales.

En este sentido los programas de educación a los menores darán resultados, si somos constantes, en el mediano y largo plazo. Por ello, en el corto plazo, es necesario encarar campañas de prevención e información sobre el tema.

El gobierno nacional consciente de la problemática de la seguridad vial y de la necesidad de preservar la vida como valor esencial ha sancionado la Ley de Tránsito para que sea la columna vertebral del sistema de seguridad en el tránsito.

Nos queda a todos nosotros la responsabilidad que desde la función pública y la función privada llevemos adelante las acciones tendientes al logro de los objetivos perseguidos.

## CONCLUSIONES DEL SEMINARIO Por el Ing. MARIO J. LEIDERMAN

Los accidentes de tránsito son uno de los mayores flagelos que enfrenta la sociedad moderna ya que ello implica la pérdida de un gran número de vidas humanas, heridos y daños a la propiedad.

La Asociación Argentina de Carreteras, conciente de este grave problema que afecta a nuestra sociedad, ha convocado a expertos extranjeros en el tema, para que expongan sobre las acciones que han sido tomadas en sus países con el fin de reducir la accidentalidad.

El Ing. Gregory Speier de los Estados Unidos de América hace referencia, en su exposición, a la responsabilidad del gobierno Federal y de los gobiernos Estaduales en materia de seguridad vial y pone énfasis en los programas dedicados específicamente al mejoramiento de las carreteras a fin de reducir la accidentalidad.

En tal sentido menciona que el coeficiente de fricción de los pavimentos es uno de los aspectos que se tienen muy en cuenta en su país y que es estudiado y analizado en detalle ya que es uno de los factores causantes de los accidentes de tránsito.

El mejoramiento de los elementos laterales del camino, haciéndoles en muchos casos colapsables y en otros casos resguardándoles de la posibilidad de que los vehículos que por diferentes causas salen de su trayectoria e impacten esos elementos, como así también el mejoramiento de los dispositivos de control del tránsito son aspectos de los programas que en forma permanente se están llevando a cabo en su país a fin de hacer menos inseguras las carreteras.

Los programas para ciclistas y peatones forman parte de los objetivos para reducir la cantidad de accidentes con pérdida de vidas humanas

El señor Jorge Vidal Varas de Chile presenta una serie de datos estadísticos sobre accidentes de tránsito y pone de relieve que si bien el nú-

mero de accidentes aumentó en el período que va de 1980 a 1994 se ha producido una reducción en ese mismo período si se relaciona el número de accidentes con el parque automotor de Chile.

El sector en el cual se desempeña Vidal Varas que es el departamento de tránsito de Carabineros de Chile, es el encargado de recibir la información de todos los accidentes que se producen en el país y no sólo elabora información estadística sino también se analizan las causas de los accidentes.

Por otra parte, existe en Chile una Comisión Interministerial para la Seguridad del Tránsito que fija las políticas en la materia con objetivos precisos y con líneas de acción bien claras.

El Ingeniero Liberto Serret Izquierdo en su exposición, hace una descripción de lo realizado en España en la materia mediante una ley de Seguridad Vial, el Plan estratégico Básico y el Programa Anual de Seguridad Vial. Hace un análisis sobre los datos estadísticos de España en materia de siniestralidad; los criterios utilizados para obtener el impacto económico de los accidentes y la legislación europea.

Por otra parte hace mención de las tareas llevadas a cabo por los Organismos del Estado tales como la Dirección General de Tráfico y la Dirección General de Carreteras, sus programas anuales, la evaluación de los resultados y por último la contratación de la Seguridad Vial a empresas privadas.

Por último, el señor Harald Ernberg de Suecia hace su presentación, mostrando datos estadísticos en materia de accidentalidad y haciendo notar que entre los años 1980 a 1994 se produjo una reducción del 50 % en el número de muertos por accidentes de tránsito. Esa reducción se ha debido básicamente a un proceso de educación de la población que ha incorporado nuevas pautas de conducta en el tránsito.

# PRIMER CONGRESO ARGENTINO DE CAMINOS NATURALES

COMO LO ANUNCIARAMOS EN NUESTRO NUMERO ANTERIOR LA ASOCIACION ARGENTINA DE CARRETERAS ESTA ORGANIZANDO EL PRIMER CONGRESO ARGENTINO DE CAMINOS NATURALES QUE SE LLEVARA A CABO EN LA CIUDAD DE MAR DEL PLATA DURANTE LOS DIAS 21 Y 22 DE SETIEMBRE VENIDERO, EN LAS INSTALACIONES DEL "MAR DEL PLATA GOLF CLUB" CALLE ARISTOBULO DEL VALLE 3940.

## OBJETIVOS

Los objetivos básicos de este Congreso son los siguientes:

1. Identificar la red de caminos naturales de todo el país.
2. Definir las prioridades.
3. Estimar las obras y trabajos necesarios.
4. Evaluar los correspondientes presupuestos.
5. Elaborar un plan.
6. Procurar el encuadre legal que permita obtener los recursos necesarios para llevar adelante el plan.
7. Poner en marcha las acciones necesarias para concretar el plan.

Como ya lo informáramos, en el mes de octubre último se constituyeron cinco comisiones de estudio y trabajo, en las cuales tienen especial participación profesionales con sede activa en provincias.

De esas cinco comisiones, la N° 1 ha desarrollado ya prácticamente la totalidad de su tarea, consistente en definir los tramos prioritarios de la red de caminos naturales de todo el país y preparar un INFORME en tal sentido.

Las N° II, III y IV realizan su labor en dos etapas: a) la Etapa Previa, que está en vías de ser concluída, consistente en recoger información y antecedentes y elaborar un INFORME y, b) la Etapa Deliberativa, que se desarrollará los días de celebración del Congreso en Mar del Plata, mediante las consultas y debate en las correspondientes sesiones de comisión. La Comisión V actuará recién a partir de la etapa deliberativa.

## LEGISLACION RECIENTE

La reciente sanción de la Ley 24.354 por la cual se crea el SISTEMA NACIONAL DE INVERSIONES PUBLICAS (SNIP), promulgada por Decreto 1427/94 y reglamentada por Decreto 720/95 de fecha 22 de mayo de 1995, abre un espectro de particular interés, dentro del cual podría tener cabida el plan de inversiones resultante del Congreso de que estamos tratando, en la medida en que su preparación se adopten los recaudos y condiciones que imponen los documentos legales citados.

Se estima que es el Primer Congreso de Caminos Naturales el motor idóneo para poner en marcha el proceso destinado a encuadrar el plan de mejoras de caminos naturales en el sistema mencionado.

En tal sentido, la celebración de este Congreso resulta ser entonces un acontecimiento oportuno de excepcional interés nacional.

## CONVOCATORIA

Se convoca entonces a todas las personas interesadas a participar de las deliberaciones, inscribiéndose cuanto antes y asegurar así la buena organización del Congreso, para lo cual basta con hacer llegar personalmente, por correo o por fax la "solicitud de inscripción". El importe pertinente puede ser abonado al mismo tiempo (en efectivo, cheque o giro a nombre de la ASOCIACION ARGENTINA DE CARRETERAS), en el acto de comienzo de las deliberaciones en la sede del Congreso (Mar del Plata). Esta convocatoria está especialmente destinada a:

a) Funcionarios de Vialidades Provinciales.

b) Funcionarios de la Dirección Nacional de Vialidad.

c) Funcionarios del área de Economía y Obras Públicas de la Nación y las Provincias.

d) Funcionarios de Municipalidades de todo el país.

e) Funcionarios de las áreas de Agricultura, Ganadería, Minería y Turismo de la Nación y las Provincias.

f) Productores de todo orden que tengan interés en el desarrollo de los caminos naturales.

g) Sociedades que agrupan a los productores.

h) Expertos en la tecnología de caminos secundarios.

i) Estudiosos de la Economía del Transporte y de las exportaciones argentinas.

j) Miembros de consorcios viales.

k) En general, toda persona interesada en el tema.

## TRABAJOS

La inscripción da derecho a la presentación de trabajos escritos. Estos pueden versar sobre cualquiera de los múltiples aspectos involucrados en el tema, siempre que se trate de trabajos no considerados antes en otras reuniones de este tipo. Son especialmente interesantes aquellos aportes que se refieran a experiencias concretas sobre el funcionamiento de regímenes especiales de mejoramiento y conservación de caminos naturales. La presentación de estos trabajos deberá ser hecha en dos (2) ejemplares y presentada en cualquier momento hasta la apertura de las deliberaciones del Congreso, sin limitaciones en cuanto a su extensión, con el agregado de un resumen en no más de una página.

En TODOS LOS CASOS quedará a juicio exclusivo de las autoridades del Congreso la inclusión de los mismos en alguna de las siguientes categorías:

a) trabajos que serán leídos y discutidos en las deliberaciones y que se incluirán en Actas del Congreso.

b) Trabajos de los que se leerá solamente el resumen, pero que no serán discutidos ni incluidos in extenso en Actas.

c) Trabajos que solamente serán citados en actas.

## VARIOS

La presidencia del Congreso estará a cargo del señor Presidente de la Asociación Argentina de Carreteras, Ing. RAFAEL BALCELLS; cualquier comunicación o consulta sobre el desarrollo del mismo debe efectuarse a la sede de la Asociación. Ejercerá la coordinación general el Sr. Juan E. Tornielli.

## INSCRIPCIONES

La inscripción se hará en una de las categorías siguientes.

A) Invitados especiales.

B) Miembros y representantes de entidades públicas y de Asociaciones civiles. Asistentes individuales.

C) Miembros y representantes de entidades privadas.

Las inscripciones podrán hacerse presentando la solicitud (una por persona) en la ASOCIACION ARGENTINA DE CARRETERAS, Paseo Colón 823, piso 7°. (1063) Buenos Aires, o en la sede del mismo Congreso en el momento de su iniciación.

El costo de la inscripción para las categorías B y C será de \$ 85.- por persona, la que puede ser abonada hasta el día 31 de agosto de 1995 en la sede de nuestra institución. Con posterioridad a esa fecha, será de \$ 100.-

**SI DESEA INSCRIBIRSE CON ANTICIPACION PUEDE UTILIZAR FOTOCOPIAS DEL FORMULARIO QUE FIGURA EN LA PAGINA 76 DE ESTA REVISTA.**

# CINCUENTENARIO DE LA COMISION PERMANENTE DEL ASFALTO

## XXVIIIº REUNION DEL ASFALTO

Durante los días 24 al 28 de abril último, la Comisión Permanente del Asfalto llevó a cabo con todo éxito su XXVIIIº Reunión del Asfalto, como acto central del programa desarrollado en celebración de su cincuentenario que cumplió el 26 del citado mes.

Las sesiones técnicas como asimismo los actos sociales se realizaron en el Crown Plaza Panamericano Hotel de esta Ciudad, destacándose la presentación de 32 trabajos técnicos de autores argentinos y extranjeros y la exposición de cuatro conferencias a cargo de los siguientes expertos: Ing. John D'Angelo, del Federal Highway Administration de los EE.UU.; Ing. Alistair Gilmour, de la Shell International Petroleum Co. de Inglaterra; Ing. Juan A. Fernández del Campo, Presidente de la Asociación Española de la Carretera, España e Ing. Gregory Speier, Director Ejecutivo del Instituto Panamericano de Carreteras de los EE.UU.

En el acto de apertura usaron de la palabra el Presidente de la Comisión Permanente del Asfalto, Ing. Félix J. Lilli; el Presidente de la Asociación Argentina de Carreteras, Ing. Rafael Balcells, invitado en forma especial por la entidad y el Director General del Instituto del Cemento Portland Argentino, Ing. Julio C. Caballero, quien por no poder estar presente en el acto de clausura en el que se entregarían las distin-

ciones a otorgar por otras Instituciones, lo hizo en esta oportunidad elogiando con breves palabras la trayectoria de la Comisión a través de sus cincuenta años de existencia. En el acto de clausura de la Reunión, las siguientes autoridades de instituciones amigas de la Comisión Permanente del Asfalto le presentaron sus felicitaciones procediendo a

entregarle diversas distinciones en testimonio de sus 50 años de actividad ininterrumpida: Ing. Rafael Balcells, Presidente de la Asociación Argentina de Carreteras; Ing. Jorge W. Ordoñez, de la Cámara Argentina de la Construcción; Ing. José M. Adjiman, Director del Instituto de Estudios de Transporte de la Facultad de Ciencias Exactas e Ingeniería de



El Presidente de la Comisión Permanente del Asfalto, Ing. Félix J. Lilli, agradece al Ing. Rafael Balcells, Presidente de la Asociación Argentina de Carreteras el pergamino ofrecido por esta entidad. Sentado el Ing. Luis Molinare Alvarado, Presidente del Instituto Chileno del Asfalto.

Rosario; Lic. Miguel A. Salvia, Administrador General de la Dirección Nacional de Vialidad y el Ing. Luis Molinare Alvarado, Presidente del Instituto Chileno del Asfalto. Además los Directores de los Centros de Transferencia de Tecnología de nuestro país, hicieron llegar a la Comisión un pergamino suscrito por ellos.

Por último la Comisión ofreció su homenaje a sus ex-presidentes y vicepresidentes con la entrega de una medalla recordatoria del cincuentenario de la Institución a los siguientes profesionales: Ing. Egberto F. Tagle; Dr. Alfredo Pinilla; Ing. Hipólito Fernández García; Ing. Marcelo J. Alvarez y Dr. Jorge O. Agnusdei (como ex-presidentes), e Ing. Alberto Gatica; Ing. Oscar A. Rivara; Dr. José Wainhaus; Ing. Félix J. Lilli e Ing. Honorio Añon Suárez (como ex-vicepresidentes).

Después de las palabras expresadas por el Ing. Juan A. Fernández del Campo, Presidente de la Asociación Española de la Carretera, el Presidente de la Comisión, Ing. Félix J. Lilli dió por finalizado el acto.

#### DISCURSO DEL ING. FELIX J. LILLI

Al dar por iniciadas estas sesiones de la Vigésima Octava Reunión del Asfalto, en homenaje y conmemoración del Cincuentenario de la Comisión Permanente, sean mis primeras palabras para saludar y dar una cordial bienvenida a las Autoridades Viales, Presidentes de Instituciones amigas, autoridades universitarias y de otros entes estatales y privados, y muy especialmente a los señores Delegados de países Latinoamericanos., Estados Unidos, España y Francia, que hoy nos honran con su presencia, y que nos brindan su apoyo transfiriéndonos lo mejor de su técnica; les auguramos y deseamos a todos una placentera estadía en la Ciudad de Buenos Aires.

En la presente Reunión, contamos con cinco distinguidos conferencistas extranjeros, que tendrán a su cargo



*El Ing. Egberto F. Tagle, luego de recibir la distinción como primer Presidente de la Comisión por parte del actual Presidente, Ing. Félix J. Lilli.*

disertaciones magistrales durante los cuatro días de deliberaciones; su vasta experiencia en los temas que han de abordar y la colaboración ofrecida por estos especialistas realzará el desarrollo de nuestras sesiones técnicas. Ante tan calificada delegación y personalidades, es de esperar un importante intercambio técnico y científico para tratar de encontrar soluciones a los problemas que nos interesan. Agradecemos, como argentinos y como técnicos, la colaboración que nos brindan.

Cabe destacar la numerosa y calificada nómina de trabajos, que en número de treinta y dos, integran el denso programa a desarrollarse desde hoy hasta el viernes 28. En tal período será analizado un amplio temario que incluye tareas de campo y de laboratorio, técnicas constructivas, diseño, proyecto y conservación de pavimentos. Los problemas de dosificación de mezclas, estructuras de calzadas, fatiga de los revestimien-

tos, equipamiento y técnicas de evaluación de pavimentos, control de comportamiento y gerenciamiento de redes, ocuparán a pleno las jornadas venideras. El empleo de métodos racionales o científicos en sustitución de los empíricos y ortodoxos, que aún predominan en ciertos temas de la tecnología vial, prevalecen en el temario a ser desarrollados. De forma similar, la tecnología de los ensayos de laboratorio, tanto en pruebas mecánicas como de orden químico será apoyada hoy en base a teorías de la estructura de la materia. La elaboración de emulsiones bituminosas catiónicas y de una amplia gama de aditivos para usos diversos mostrarán los adelantos basados en estos principios.

La tecnología conocida como Superpave, para diseño de mezclas en caliente, involucra el uso de nuevos ensayos que miden las propiedades ingenieriles fundamentales. El desarrollo de betunes modificados con distin-

tos polímeros y sus aplicaciones en las diversas Técnicas de obra, ocuparán preferente atención de los asistentes a esta Reunión. Lo mismo que los nuevos conceptos en el control de calidad de ligantes asfálticos después del ensayo Norteamericano Shrp. La auscultación estructural de carreteras y el monitoreo de su comportamiento, resultan fundamentales para programar el mantenimiento en forma racional y económica. La utilización de modernos equipamientos, como los deflectógrafos a impacto, equipos de última generación que evalúan la capacidad estructural de las calzadas y los georadares para la detección de fisuras y espesores, serán presentados con ventajas basadas en su alto rendimiento operacional.

Metodológicamente, y dentro de la estructura de la Reunión, cada sector expondrá, a través de los autores de trabajos, su opinión o sus conclusiones, y en la discusión posterior se intercambiarán ideas, se aclararán conceptos y se emitirán recomendaciones. De esta forma, mediante la libre opinión y la libre discusión en el ambiente profesional, podrá arribarse a las conclusiones técnicas y económicas que el país requiere.

Pero ahora señalaremos algunos aspectos propios de nuestra Comisión y del momento en que ésta fue fundada, hace exactamente cincuenta años. No es nuestro propósito hacer una historia retrospectiva, pero se recordarán sí algunas circunstancias distintivas. Se genera la COMISION PERMANENTE DEL ASFALTO como derivada de las Reuniones de Caminos de los años '42, en base a un destacado grupo de profesionales universitarios altamente capacitados y con deseos de superarse en la tecnología de los pavimentos flexibles, y por otro lado la necesidad de información, divulgación y coordinación de conocimientos sobre el tema, estos son los dos hechos principales que han impulsado la creación de nuestra Comisión.

Constituída la Comisión del Asfalto

en abril de 1945, como ente no lucrativo, se plantearon formalmente sus metas y objetivos. Se entendió también que deberían estar representados en ella todos los sectores interesados en la tecnología del asfalto, agrupando aparentemente intereses dispares que, sin embargo, con un elevado espíritu de asociación, han prevalecido durante cincuenta años, generando una entidad fortalecida y en evolución, como lo revelan sus reuniones y publicaciones.

Sus fundadores, Ingenieros Tagle, De Carli, Grisi, Campanella, Dr. Oscar Rial, Ingeniero Andrés Barros, Ing. Edgardo Rambelli, Dr. Alfredo Pinilla y Dr. Celestino Ruiz, tuvieron un gran mérito y una real vocación, en la creación de una institución que luego de cincuenta años de existencia, recibe el reconocimiento de la Vialidad argentina y Latinoamericana y cuya acción sistemática y continua le ha otorgado merecido prestigio. Sus congresos y publicaciones han contribuido decididamente al desarrollo tecnológico de Iberoamérica.

Nuestra Comisión, como ente promotor de trabajos e investigaciones sobre materiales asfálticos, y desde su inicio oficial de actividades en el año 1946, ha realizado veintisiete reuniones, nueve simposios y tres eventos técnicos especiales, que han jalado indubitablemente los avances tecnológicos en el campo de los pavimentos asfálticos; tarea continua, permanente, silenciosa, desde la primera reunión en Buenos Aires hasta hoy. Las publicaciones de estas Reuniones constituyen sin duda el más importante aporte a la técnica vial de los países de habla hispana. Sus volúmenes incluyen setecientos cincuenta trabajos.

Esta actividad ha sido posible por el desinteresado aporte de todos aquellos que, desde los cargos directivos de nuestra institución hasta los técnicos asistentes a sus Reuniones, han brindado a la comunidad tecnológica local e internacional, lo mejor de sus capacidades y la más profunda

vocación de servicio. Su acción continua y sistemática ha sido posible por el auspicio de entidades y organismos estatales y privados que patrocinan nuestra tarea; la Asociación Argentina de Carreteras, Asociaciones Profesionales, Universidades, Organismos Viales, Cámara de la Construcción. Dejamos sentado nuestro agradecimiento a todas estas entidades que apoyan a la Comisión por la confianza que nos han dispensado en estos 50 años transcurridos. En estos cincuenta años la Comisión Permanente del Asfalto ha merecido, por sus trabajos los más elogiosos comentarios y premios, en el extranjero, tanto por su nivel científico como por su valor práctico. Asimismo, en estos cincuenta años, la Comisión ha recibido a los más distinguidos tecnólogos del extranjero, jerarquizando las sesiones de trabajo y brindando recomendaciones a problemas de actualidad. En tal período ha integrado diversos organismos nacionales y extranjeros, participado de sus reuniones y tomado oportunamente posiciones definidas en lo referente al panorama vial del país. Si bien la Comisión Permanente del Asfalto es una entidad eminentemente técnica, de carácter no lucrativa, no se ha mantenido indiferente frente a situaciones que reclamaron posiciones claras y oportunas.

Considero útil describir, muy rápidamente, algo de lo hecho últimamente; impresión en castellano de la Guía para Instructores del Asphalt Institute, participación organizativa en los Congresos Iberolatinoamericanos, manteniendo el Secretariado Permanente, edición del Boletín Trimestral del Asfalto, creación de subcomités de estudio, trabajo e investigación, participación y dirección de experiencias con nuevos materiales. También, desde 1992, la Comisión Permanente del Asfalto forma parte de la Red de Centros de Transferencia de Tecnología del IPC (Instituto Panamericano de Carreteras). Sus directivos y técnicos participan activamente en reuniones, cursos y conferencias na-

cionales e internacionales.

En un país como la Argentina, donde el 70 % del transporte de cargas y un 85 % del de pasajeros se realiza sobre carretera, el camino juega un rol trascendente en el desarrollo nacional. Dentro de las múltiples aplicaciones de los materiales asfálticos, la construcción y conservación de caminos constituye entonces la de mayor importancia, no solo por el volumen físico del consumo, sino también por el aporte que la obra vial significa para la economía del país. La producción total del asfalto es consumida en muy alto porcentaje por las obras viales, aproximadamente un 75 %. El pavimento asfáltico o flexible tiene gran desarrollo, tanto en nuestro país como en todo el mundo, sea en los países que disponen del recurso petrolero, como así también en aquellos que deben importarlo. La multiplicidad de aplicaciones en construcciones viales de costo reducido, medio o superior, y las ventajas que ofrecen como superficie de rodamiento, bases y sub-bases, mejoradas o estabilizadas, bajo condiciones de tránsito cada vez más severas y reiteradas, apoyan y fundamentan tal expansión frente a otras soluciones.

Tal gama de aplicaciones impone un juicioso análisis de todos los factores que inciden en el comportamiento de las estructuras en su etapa de servicio. En estos cincuenta años de vida de la Comisión, hemos asistido a tremendas transformaciones en la tecnología de las carreteras; así por ejemplo, en la década del '50, las mezclas asfálticas comienzan a utilizarse, y los métodos de diseño de calzadas procuran superar el empirismo inicial. En el período '60/'70 adquieren difusión los métodos de diseño apoyados en realizaciones experimentales grandiosas como el ASSHO Road Test Americano. Aparecen también los primeros criterios racionales, Método Shell (1963). La década del '70 hace prioritario el refuerzo y rehabilitación de los pavimentos en función del alto nivel del

deterioro que han alcanzado las redes pavimentadas merced al aumento de las cargas, en magnitud y frecuencia.

En la década del '80 se dispone de herramientas analíticas para resolver, vía elástica o viscoelástica, el problema de esfuerzos y deformaciones en las calzadas. El presente nos encuentra utilizando mezclas no convencionales y variado equipamiento para la auscultación de pavimentos. El empirismo y la ciencia convergen, acercándose progresivamente pero sin olvidar la realidad práctica de la obra vial.

Asistimos en la Argentina actual a un extraordinario incremento del parque automotor, imponiendo la necesidad de la construcción de más caminos internos y conexiones internacionales. En base a la Ley N° 17.520 de concesiones se presencia hoy la ejecución de importantes obras y autopistas, como Buenos Aires - La Plata, obra que visitaremos el próximo miércoles, los Accesos a la Ciudad de Buenos Aires, con buen ritmo de trabajo; son obras realmente trascendentes.

En estos programas de expansión, los pavimentos asfálticos tienen prioridad y preponderancia por su calidad, durabilidad, economía, excelente comportamiento y gran versatilidad, igual que en Estados Unidos y en Europa, y las emulsiones catiónicas, ofrecen inimaginables oportunidades de empleo en caminos secundarios y rurales, naturales o de tierra, reforzando el concepto de que constituyen el impacto de la tecnología vial de los últimos años.

Señores Delegados: en las sesiones que se iniciarán seguidamente, aguardamos de ustedes el entusiasmo, empeño y desinterés que caracterizaron reuniones anteriores. Hacemos votos para que las deliberaciones sean de alto valor para nuestro país, su técnica y la de los países de América.

A los expositores, verdaderos artífices del éxito de estas reuniones, los felicitamos por el valioso aporte de

su experiencia, que será transferida a las más jóvenes generaciones.

En reconocimiento a los méritos y esfuerzos que desarrollaron y ofrecieron a esta Comisión varios destacados profesionales, que colaboraron desinteresadamente con la institución, se ha dispuesto que con motivo del cincuentenario de la Comisión, se realice un homenaje durante la sesión de clausura del viernes, consistente en una medalla que testimonie el reconocimiento por los trascendentes servicios prestados.

Algunos de quienes tuvieron el privilegio hace 50 años de participar en la organización y nacimiento de la Comisión Permanente del Asfalto, están hoy con nosotros; será un gran honor contarlos como activos participantes en las sesiones de trabajo.

Señoras y Señores, el día de hoy nos encuentra, como hace cincuenta años, confiados y empeñados en el desarrollo de nuestro país y de la actividad en carreteras. Tenemos la obligación de asumir posiciones sensatas, lógicas, reconociendo aciertos y errores, limitaciones y capacidades, pensando en un futuro adecuado a nuestras expectativas y fundado en nuestros propios valores.

#### **PALABRAS DEL ING. RAFAEL BALCELLS**

Conmemoramos en oportunidad de esta Vigésima Octava Reunión del Asfalto, el Cincuentenario de la fundación de esta prestigiosa institución: La Comisión Permanente del Asfalto. Nunca mejor utilizada la calificación de permanente, la fe y la perseverancia en el esfuerzo que sus fundadores infundieron, a esta hoy cincuentenaria institución, creó tradición de continuidad en el tiempo, afirmando la calidad de los estudios, investigaciones y recomendaciones de los profesionales que se dedicaron con fervor a la Investigación y Desarrollo de la Tecnología Vial Argentina, sorteando, los altibajos que jalónaron la historia de nuestro país y a los cuales la obra vial y la ingeniería aplicada estuvieron peligrosamente sometidos.

En abril de 1942, se realizó una Reunión de Representantes de Técnicos de los Productores y Consumidores de Asfalto. Esta reunión organizada en el L.E.M.I.T. la calificamos como Prolegómeno, de la creación de la C.P.A. tres años más tarde.

El Ingeniero Adolfo Grisi, Jefe del LEMIT, planteó, en dicha reunión, la necesidad de introducir en los "Pliegos de Condiciones" un ensayo (Oliensis) como medio de asegurar comportamiento eficaz en las mezclas asfálticas, evitando el uso de "betunes" deficientes. Y, fue el Doctor Celestino Ruiz el que propuso: "Normalizar la técnica e interpretación práctica de los ensayos, teniendo en cuenta las condiciones particulares en nuestro País".

Permítanme reflexionar en los principios básicos, comprensivos de la propuesta del Dr. Ruiz, pues creo que son los que han animado desde su origen el quehacer de la Comisión Permanente del Asfalto. Ellos son: Información - Adaptación - Innovación. Este es el derrotero que ha permitido acrecer el acervo tecnológico vial argentino, en estos cincuenta años de trabajo ininterrumpido.

Cerca de cuarenta publicaciones, resumen las Reuniones Anuales y los Simposios que ha concretado la C.P.A., sus tomos integran obligadamente la biblioteca de los expertos nacionales y extranjeros, coadyuvando al progreso de la Tecnología Vial. Los directivos, profesionales, técnicos, ingenieros y químicos que integran esta asociación de voluntades, llevan adelante la responsabilidad, que les transmitieron los Fundadores; con dedicación con esfuerzo, sin otra remuneración que el humano ideal de superación. Aportando a la tarea común, trabajando mejor que ayer y cuando es posible mejor que los demás, apoyándose en métodos racionales, basados en sólidas hipótesis científicas o en seguros valores fruto de análisis estadísticos y experiencias comprobadas.

La participación de los integrantes de la C.P.A., en: los Congresos Argenti-

nos de Vialidad y Tránsito, los Congresos Ibero-Latinoamericanos del Asfalto o las Conferencias de Ann Arbor, y en múltiples Encuentros-Congresos y Conferencias Nacionales o Extranjeras es fértil intercambio, estableciendo una corriente inmaterial de transporte: La información y el Debate, imprescindible para el Desarrollo Tecnológico, bien imbricado con una Educación e Instrucción de Base y Específica, que unida a la infraestructura Física de una nación: Transporte, Energía y Comunicaciones sustenta, el progreso de la sociedad organizada.

La Red Vial Pavimentada o Mejorada de nuestro país es de 90.000 Kms. de caminos y autopistas, de ellos más del 95% tiene pavimento flexible. Por esta red transita si excluimos los ductos más del 85% del transporte de cargas y pasajeros.

Estamos transcurriendo por el inicio de una recuperación de la inversión vial, con el aporte del Estado y del sector privado en todo el sistema de Concesión por Peaje. La inversión total anual es superior a los 1.000 Millones de pesos.

Los próximos diez años deberán ser de una sostenida inversión, con una fuerte participación de las obras de rehabilitación, actualización y mantenimiento (más de 6.000 millones de pesos en el período). Los profesionales y las empresas viales deberán aguzar sus recursos tecnológicos, para lograr mejor competitividad, mejor calidad y mejores beneficios. Debemos agradecer a la C.P.A. haber mantenido viva la llama del conocimiento en esta disciplina de los pavimentos flexibles, que en cuanto al paquete estructural de base y subbase se conjuga con la tecnología del hormigón para las calzadas rígidas.

Han asistido desde su origen a la C.P.A.: la Dirección Nacional de Vialidad y las Direcciones Provinciales de Vialidad; el quehacer de los profesionales se ha alimentado en las obras, los cursos y desarrollos tecnológicos e investigaciones que han emprendido los organismos viales

del país; en particular la D.N.V. ha sido un fuerte sustento del Desarrollo Tecnológico, y debe seguir siendo así en el futuro, para lo cual se debe proveer de los recursos adecuados en forma continua tales que se puedan concretar en tiempo y forma los Planes Plurianuales que orienten sucesivamente su accionar, ello consecuentemente permitirá el desarrollo tecnológico que el área vial necesita. Hoy que la descentralización del quehacer vial es mucho más importante que en el pasado, les corresponde a las Vialidades Provinciales reforzar su aporte en la formación profesional y el desarrollo tecnológico como un objetivo prioritario, para afrontar con éxito las mayores responsabilidades.

El actual recupero de la inversión debe mantenerse, evitando fluctuaciones que se traducen en deterioro de nuestra Red de Transporte carretero, generando grandes pérdidas económicas, agravadas por la discontinuidad en la formación tecnológica de nuestros profesionales.

Ello ha producido en el pasado inmediato un importante encarecimiento del costo operativo del transporte, generando desahorros en nuestra economía global de Miles de Millones de Pesos Anuales.

A cincuenta años de su primera reunión, la Comisión Permanente del Asfalto, tiene la fortuna de contar con su primer Presidente el Ing. Egberto Tagle que ha mantenido su calificada profesionalidad como testimonio de valor perdurable. Le acompaña una pléyade de colegas de la primera época y los que se sumaron a la C.P.A. a lo largo de tan distinguida tarea. A todos ellos la Asociación Argentina de Carreteras les da las gracias.

Prestigian esta Reunión Expertos de diversos Países de América y Europa, ellos y los profesionales argentinos se sumarán en esta tarea que es la nuestra: ¡Por más y mejores caminos para un futuro mejor!

## OPERATIVO DE SEGURIDAD VIAL

Un amplio operativo de seguridad y prevención de accidentes se realizó en las Rutas Nacionales 12 y 14 .

La Dirección Nacional de Vialidad ha informado que en conjunto con Gendarmería Nacional, Policías de las Provincias de Entre Ríos y Corrientes, la concesionaria Caminos del Río Uruguay S.A. , coordinados por la Secretaría de Seguridad y Protección a la comunidad, realizaron durante los días 12 al 17 de abril último un amplio operativo de prevención y seguridad vial en las Rutas Nacionales 12 y 14 .

Este operativo se llevó a cabo desde el Complejo Zárate-Brazo Largo hasta Paso de los Libres, en Corrientes, con la colaboración de 38 móviles y 2 helicópteros que sobrevolaron las mencionadas rutas, manteniéndose en contacto permanente con las unidades ubicadas cada 30 km.

Como resultado de ese operativo no se registraron durante esos días accidentes fatales ni heridos de gravedad, lo que demuestra que el conductor es el princi-



pal factor que provoca los accidentes viales .

La Dirección Nacional de Vialidad recomienda una vez más las siguientes principales normas:

- . Respetar las velocidades mínimas y máximas señaladas.

- . No realizar sobrepasos en curvas y puentes señalizados con doble línea amarilla .

- . El vehículo debe poseer las luces reglamentarias en condiciones.

- . El uso del cinturón de seguridad es obligatorio .

## ACTO EN ROSARIO POR EL DIA DE LA SEGURIDAD VIAL

La delegación Rosario de la Asociación Argentina de Carreteras, realizó una serie de acciones para celebrar el "Día de la Seguridad en el Tránsito".

El acto central, que contó con el auspicio de la Municipalidad de Rosario y de la Cátedra de Transporte, se realizó el lunes 12 de Junio a las 17 hs. en la sala del Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura, quien asoció así este acto a su programa de festejos del 75º Aniversario de la creación de dicha Facultad.

En la nota gráfica se observan, de derecha a izquierda, el Vice-Decano Ing. Angel Vernava, nuestro delegado en Rosario Ing. Jorge R. Tosticarelli, el Secretario de Gobierno de la Municipalidad de Rosario Dr. Marcelo Lopez Marul y el Prof. de Transporte Ing. Santiago Tazzioli .

Simultáneamente se efectuó la distribu-



ción " en mano" por parte de alumnos del último año de la Facultad de Ingeniería, del folleto N° 13 de la Campaña Nacional de Seguridad Vial, quienes concurren a los respectivos colegios donde oportunamente cursaron sus estudios primarios y efectuaron además

de la entrega, una breve explicación del contenido de dicho folleto.

Se incorporaron así 50 nuevos colegios de la zona de Rosario, en los cuales la Delegación Rosario se hará cargo de la distribución de los futuros cuadernillos.

# ODISA - VIALCO S.A. - U.T.E. INAUGURACION DE IMPORTANTE OBRA VIAL

**Puente sobre Río Neuquén y accesos.  
Vinculación Centenario (Pcia. del Neuquén) - Cinco Saltos (Pcia. Río Negro)  
y R.P. Nº 7 Tramo Parque Industrial  
Neuquén - Centenario R. P. Nº 7.**

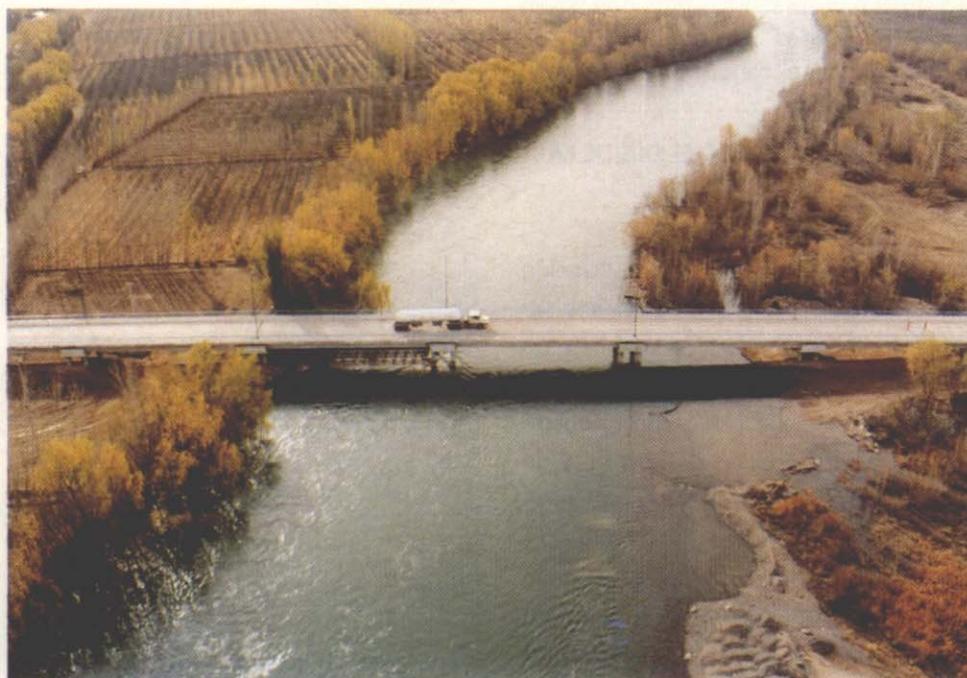
El día 6 de junio del corriente, con la presencia del Sr. Presidente de la Nación Dr. Carlos Saúl Menem y autoridades nacionales y provinciales, se procedió a la inauguración de la mencionada obra vial. La concreción de esta obra relevante en cuanto al aporte significativo al desarrollo de las vías de comunicación de

nuestro país, vincula las provincias del Neuquén y Río Negro. La obra, de gran importancia por la magnitud de la inversión privada efectuada, realizada por ODISA-VIALCO S.A.- U.T.E. y contratada mediante el sistema de concesión de Obra Pública consiste en:

## REMODELACION DEL TRAMO NEUQUEN - CENTENARIO DE LA R. P. Nº 7

Las obras cubrieron una longitud de 10.554 mts. ampliando la ruta en dos manos, constituyendo un camino tipo multitracha en pavimento flexible, empleándose a tal efecto 57.671 toneladas de concreto asfáltico. 5.274 m<sup>3</sup> de hormigón para las calzadas laterales y 24.040 de material pétreo para las banquetas y calzadas enripiadas.

La construcción de una estación para cobro de peaje con seis islas y cabinas, siendo en consecuencia siete las vías de paso y control, constituye otro aspecto de la obra; la edificación consta de dos plantas donde se ubican las oficinas de administración, servicios sanitarios, comedor para el personal, sala de primeros auxilios, taller de mantenimiento de vehículos, local de tableros eléctricos, grupo electrógeno, sanitarios para el público usuario y dependencias para personal policial. Un moderno sistema computarizado para el cobro y control de peaje completa este sector de la obra.



*Vista aérea del puente sobre el río Neuquén inaugurado.*

## ACCESOS VINCULACION CENTENARIO (Pcia. Neuquén) CINCO SALTOS (Pcia. de Río Negro).

El camino consta de una longitud total de 5.665,43 mts. de pavimento de hormigón donde se utilizaron 11.100 m<sup>3</sup>. Completándose la obra

con la construcción de alcantarillas de hormigón armado, tendido de alambrados, señalamiento horizontal y vertical, etc.

En función del trazado de la vinculación con respecto a las rutas de la zona y a la Ciudad de Cinco Saltos, se determinaron intersecciones en los



Estado actual Ruta Provincial número 7 después de las obras realizadas.

siguientes puntos:

- Empalme a nivel con R. N. N° 151 Acceso a Cinco Saltos en el inicio del tramo Vinculación Cinco Saltos - Centenario (Río Negro).
- Empalme a nivel con R. P. N° 7 en el final del tramo Vinculación Cinco Saltos - Centenario (Neuquén).
- Empalme a nivel con R. N. N° 151 Acceso Norte en el inicio del acceso Complementario.
- Empalme a nivel de Acceso Complementario con tramo Vinculación Cinco Saltos - Centenario (Río Negro).

El trazado se desarrolla en zona semi-urbana por lo cual se han construido empalmes a nivel, iluminándose los dos situados sobre la R. N. N° 151, más cercanos a la Ciudad de Cinco Saltos.

### **NUEVO PUENTE SOBRE EL RIO NEUQUEN (Pcia. del Neuquén)**

El puente, de 272 mts. de luz total, es de eje longitudinal recto, desarrollándose en él una curva vertical, y compuesto de ocho tramos de 34 mts. cada uno. La calzada, de 8,30 mts., se complementa con dos veredas de 1,80 mts. de ancho en cada mano.

La superestructura está formada transversalmente por cuatro vigas pretensadas prefabricadas, sobre las cuales apoya la losa del tablero de 0,17 mts. de espesor continua cada cuatro tramos mediante losa de continuidad sobre apoyos.

La infraestructura de hormigón armado está constituida en los extremos por estribos cerrados, fundados sobre pilotes excavados. Las pilas intermedias están compuestas por pilotes-

columnas excavadas, que se continúan hasta una viga dintel, donde se apoya el tablero del puente. Se utilizaron 2.027 m<sup>3</sup> de hormigón de distintas calidades y 332 toneladas de aceros especiales.

La obra se completa con losas de aproximación y revestimiento de taludes, baranda metálica cincada para defensa, baranda metálica peatonal, desagües, apoyos de policloropreno, juntas de dilatación armadas, topes antisísmicos, sistema de iluminación y señalamiento horizontal y vertical.

Con la realización de esta Obra, las Empresas ODISA OBRAS DE INGENIERIA S.A.C.C. e I. y VIALCO S.A. han demostrado una vez más, su capacidad para el desarrollo de grandes proyectos, y su permanente aporte al servicio de la red caminera nacional.

# APLICACION DE DEFLECTOGRAFOS A IMPACTO (FWD) EN ARGENTINA

Por los Ings. Oscar GIOVANON y Jorge TOSTICARELLI\*

## RESUMEN

La auscultación estructural de carreteras es una técnica que proporciona un conocimiento detallado del estado de los pavimentos, lo que permite efectuar el monitoreo de su comportamiento a través del tiempo y programar el mantenimiento de un modo racional y más económico.

La metodología de auscultación estructural ha ido variando con el tiempo en función de los continuos avances de la técnica y se requiere que los nuevos equipos de medición permitan la evaluación sistemática de los parámetros característicos del pavimento, que además posibiliten un gran rendimiento operacional y que su trabajo interfiera lo menos posible con el uso normal de la carretera.

Los deflectógrafos a impacto (FWD) son equipos de última generación que cumplen con las características citadas; los mismos evalúan la capacidad estructural de la calzada a través de la medición de la deflexión de la superficie, bajo la acción de una carga de impacto, simultáneamente en el centro del área cargada y en varios puntos alejados de la misma; de tal forma que se obtiene el cuenco de la deformada bajo una carga dinámica, similar a la de un vehículo pesado. A través de un software es-

pecífico de retroajuste modular es posible modelizar la estructura del pavimento y caracterizar las distintas capas componentes de la misma.

En el presente trabajo se realiza una descripción de los deflectógrafos por impacto, de la técnica de medición, del software para el retroajuste modular y se exponen los resultados obtenidos con el primero de estos equipos incorporados al medio Vial Argentino.

Se efectúa además un análisis comparativo de los resultados obtenidos, con los logrados por las metodologías de difundida aplicación en nuestro país, o sea la Regla Benkelman y el Deflectógrafo Lacroix.

## INTRODUCCION

El Laboratorio Vial del IMAE ha estado siempre presente en el medio Vial Argentino, en la actualización, desarrollo y difusión de las técnicas relacionadas con la medición de la deformabilidad estructural y su metodología de explotación.

Podríamos recordar como puntos relevantes el desarrollo de la Regla Benkelman Doble, la posibilidad de su instrumentación, y el énfasis puesto en la importancia no sólo de la deflexión sino también del radio de curvatura como indicadores globales del estado estructural del camino. (1) Posteriormente con la introducción de los deflectógrafos LACROIX a nuestro país se realizó la coordina-

ción entre la Dirección Nacional de Vialidad y la misión francesa lo que dió lugar a publicaciones conjuntas, donde se analizaron particularidades del equipo, metodologías de medición y se plantearon también correlaciones con las deformaciones medidas con la Regla Benkelman de acuerdo a diferentes tipos estructurales. (2)

El desarrollo de programas de retroajuste modular BACKMOD por medio del Grupo de Trabajo del Laboratorio Vial del IMAE posibilitó la explotación de las mediciones de deformabilidad con las distintas tecnologías, con el objetivo de su utilización para alimentar con datos más confiables a los métodos de diseño racional. (3)

Al presente, desde el mes de abril de 1994, ha transcurrido un año durante el cual el Laboratorio Vial canalizó actividades de difusión tecnológica y asistencia técnica al medio mediante el uso de un equipo deflectógrafo dinámico por impacto (Falling Weight Deflectometer) perteneciente a la firma KUAB Konsult and Utreckling A.B. de Suecia. Para lo cual fue firmado un Convenio con el acuerdo de las partes.

## II. DESCRIPCION DEL EQUIPO

El KUAB 2M-FWD consiste básicamente de un trailer que contiene el equipamiento para la realización del ensayo de carga por impacto con la

\* Instituto de Mecánica Aplicada y Estructuras de la Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura de la Univ. Nac. de Rosario.

correspondiente medición de las deformaciones en la superficie del pavimento, el cual es remolcado por un vehículo en el que se encuentran instalados la computadora y los puentes destinados al control de la medición y adquisición de resultados. Figuras 1 y 2.

El mismo permite la auscultación de todo tipo de pavimentos mediante la aplicación de una carga de impacto sobre la calzada. La magnitud y forma del pulso de carga son controlados mediante la altura de caída, la masa que efectúa el impacto y las características de los amortiguadores intermedios, de manera de simular fielmente la sollicitación de los vehículos sobre la calzada. Figura 3.

Este esquema es importante ya que valora el comportamiento de los materiales en una condición de trabajo similar a la real del tránsito y por lo tanto se minoran las diferencias de:

- comportamiento de las mezclas asfálticas a frecuencias reducidas.
- comportamiento no lineal de los suelos y materiales granulares.

El sistema de doble masa permite una mejor repetibilidad de resultados, mejorando el contacto inicial entre el plato de carga y la calzada antes de aplicar el impacto.

Para lograr una mayor uniformidad en la presión de contacto dispone de un plato de transferencia de carga segmentado adaptándose de esa manera a las irregularidades de la superficie de pavimentos deteriorados y aproximándose en mayor grado a la hipótesis de presión uniforme realizada habitualmente en la utilización de los programas destinados a la explotación de los resultados. Figura 4.

Sus siete sensores de deflexión (tipo sismógrafos) permiten valorar la deformación absoluta de los puntos elegidos para la auscultación con precisión suficiente para la realización de mediciones sobre pavimentos rígidos, pudiendo estar el sensor más alejado a 180 cm. del centro de la carga, y siendo posible ubicar sensores delante del eje de carga para el análisis de movimiento de juntas en pavimentos de hormigón.

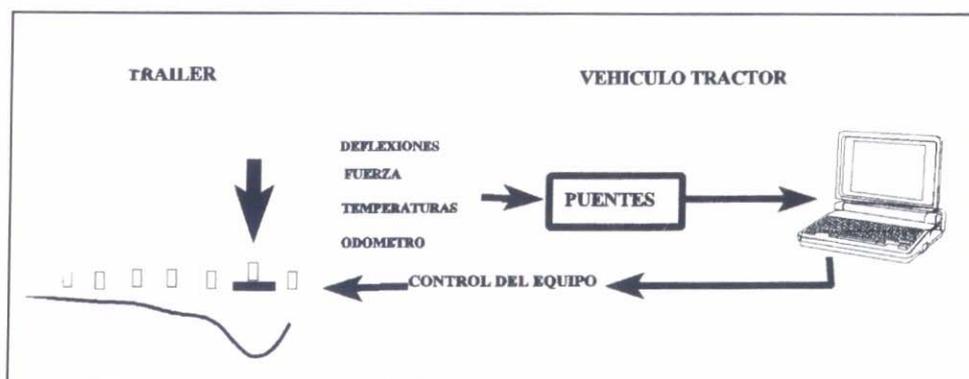


Fig. 1. Esquema de un deflectógrafo a impacto (tipo FWD)



Fig. 2. Foto del equipo FWD-KUAB

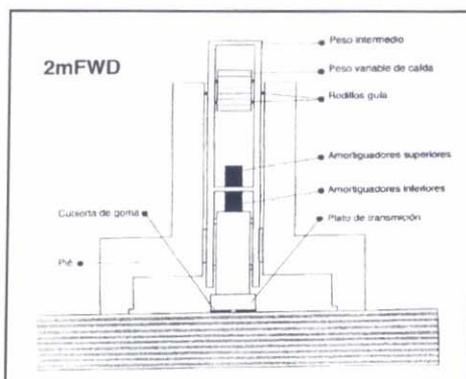


Fig. 3. Esquema del sistema de carga

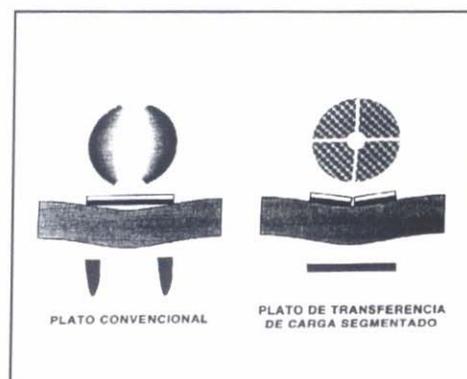


Fig. 4. Esquema del plato de carga

La existencia de una señal odométrica, con posibilidad de diferenciar movimientos en reversa, proveniente de una de las ruedas del trailer permite en todo momento conocer la

progresiva sobre la que se encuentra el equipo, posibilitando la programación de alarmas con equiespaciamento para la ejecución de ensayos. Completan la información recabada

en cada punto de medición un sensor de carga y dos de temperatura, uno del aire y el otro de la superficie del pavimento.

### III-CARACTERISTICAS DE LA MEDICION

El rendimiento del equipo en operación depende del número de cargas aplicada por punto de auscultación, al menos dos, de la distancia entre puntos de auscultación y de la precisión con que deba posicionarse. Orientativamente puede considerarse un ciclo de medición cada 2 minutos, o sea que si se releva un punto cada 500 metros se evalúan 15 kilómetros por hora.

Las normas ASTM 4694/5-87 fijan la metodología general de medición de deflexiones y en particular de los FWD, estableciendo para la temperatura un rango de operabilidad de los equipos entre -10 y 50 grados centígrados (4). Consideramos deseable corregir las mediciones por temperatura para poder valorar a estas en conjunto y recordando el espíritu con el que se concibió el equipamiento, esta temperatura de referencia puede adoptarse como la temperatura de la mezcla asociada a la media anual ponderada.

Entre las utilidades principales podemos mencionar:

- Determinación de tramos de comportamiento homogéneos.
- Obtención de datos para el cálculo de refuerzos por métodos empíricos o racionales mediante el retrocálculo de módulos.
- Auscultación en pavimentos de hormigón de transferencia de cargas en juntas y huecos bajo las mismas.
- Evaluación de pistas en Aeropuertos.

Las mismas serán comentadas en el punto V donde se exponen algunas de las tareas realizadas.

## IV. SOFTWARE

### IV.1. SOFTWARE PROPIO DEL EQUIPO KUAB

El control del equipo y la adquisición de datos son realizados mediante una PC Notebook ubicada en la cabina del vehículo tractor, cada una de estas funciones son realizadas a través de un software específico dado por el fabricante.

Los programas de control efectúan chequeos internos, dan instrucciones al operador vía pantalla, preguntan al operador datos de identificación, fuerza máxima a utilizar, etc. Operan los sistemas hidráulicos y de medición, archivan exponen los datos recolectados, y finalmente los presentan en una tabla.

Los programas encargados de manejar los datos presentan tablas de deflexiones, etc., vía pantalla o impresora, editan datos, unen archivos de datos, normalizan, ordenan, calculan módulos de superficie, dividen secciones de testeo en subsecciones con deflexiones homogéneas, calculan valores de media y característica, además grafican perfiles de deflexiones y módulos de superficie vía pantalla.

La realización rutinaria de un muestreo consiste en ajustar inicialmente las variables deseadas, número de golpes por punto, alturas de caída, equiespaciamiento, datos generales de la sección y luego una vez comenzado el programa de medición sólo hace falta oprimir una tecla de función en la PC para realizar un ciclo de medición e introducir los comentarios asociados al punto auscultado.

### IV.2. SOFTWARE DE RETROAJUSTE

Es importante destacar que el disponer de mayor cantidad de datos sobre la forma de la deformada en superficie (con este tipo de equipamiento hasta 7 puntos ubicados hasta 180 cm. de la carga), permite utilizar programas de retroajuste de módulos estructurales con mayor grado de preci-

sión. Siendo de particular importancia si el análisis se realiza sobre estructuras como las de aeropuertos donde el bulbo de tensiones provocado por las cargas es mayor.

Este análisis y el software correspondiente no forma parte del equipo sino que es un servicio de ingeniería adicional al de las mediciones. Si bien la empresa KUAB proporciona software específico, por el momento para realizar un mayor control de las variables puestas en juego hemos preferido la utilización del software propio.

En el Laboratorio Vial del IMAE se desarrolló, con bastante anterioridad a este convenio, el Programa BACKMOD. A través del mismo puede realizarse el ajuste de los módulos de las distintas capas existentes en la estructura del pavimento a partir del conocimiento de los espesores de las mismas y de la deformada en superficie, siendo de gran utilidad en este análisis el poseer datos de ensayos de penetración con Penetrómetros Dinámicos de Cono DCP para la adopción de los módulos de partida en el proceso iterativo de retroajuste modular. (5)

El programa BACKMOD permite la simulación de cuatro tipos de mediciones de la deformada: deflectógrafos tipo Lacroix, regla Benkelman simple, regla Benkelman doble y mediciones absolutas, en ésta última se encuentran las mediciones con KUAB. Pueden además ser definidas las características modulares de las distintas capas como: dato, con variación de su módulo en función de las tensiones, con escalonamiento modular con respecto a la capa inferior o como incógnita, característica que va de acuerdo al tipo de datos de la deformada que se posea, y distintas condiciones de interface, ligadas o no ligadas.

## V. TRANSFERENCIA DE TECNOLOGIA - TRABAJOS A TERCEROS

En el año que se dispuso del equipo,

se realizaron trabajos con diferentes objetivos los que resumen las distintas aplicaciones de los equipos FWD. Como punto de partida puede comentarse su utilidad como cualquier deflectómetro para obtener parámetros estructurales globales que contribuyan a la **definición de tramos de comportamiento homogéneo**. Pero gracias a la mayor precisión de los resultados de deformabilidad logrados, pueden obtenerse valores del radio de curvatura con menores dispersiones manteniendo prácticamente sólo la variabilidad motivada por las distintas condiciones estructurales.

En la Figura 5 se muestra un caso en el que se realizaron mediciones sobre estructuras semirígidas, notándose una buena homogeneidad dentro de los subtramos que se pueden diferenciar tanto en la deflexión como en el radio de curvatura, sin las grandes variaciones observadas punto a punto en el radio de curvatura que son habituales en las mediciones con regla Benkelman.

La mayor utilidad consiste en que todo el equipamiento está diseñado de manera de obtener valores adecuados para la **realización del retroajuste modular de la estructura auscultada**. En la medida que la frecuencia y nivel de la sollicitación impuesta resulta similar al del tránsito que provoca el deterioro del camino, se obtienen los módulos de la calzada para esta condición de trabajo, salvando así diferencias que alteran las predicciones sobre el comportamiento.

Recordemos que los materiales no ligados presentan un módulo de trabajo función del nivel de sollicitaciones (6) cobrando así importancia la carga por eje utilizada para la auscultación; de similar manera la frecuencia condiciona las capas asfálticas afectando los módulos obtenidos en el retroajuste.

Consideramos muy útil la realización de ensayos en paralelo (como ser el penetrómetro dinámico de como) que guíen/confirmen el proceso de ajuste

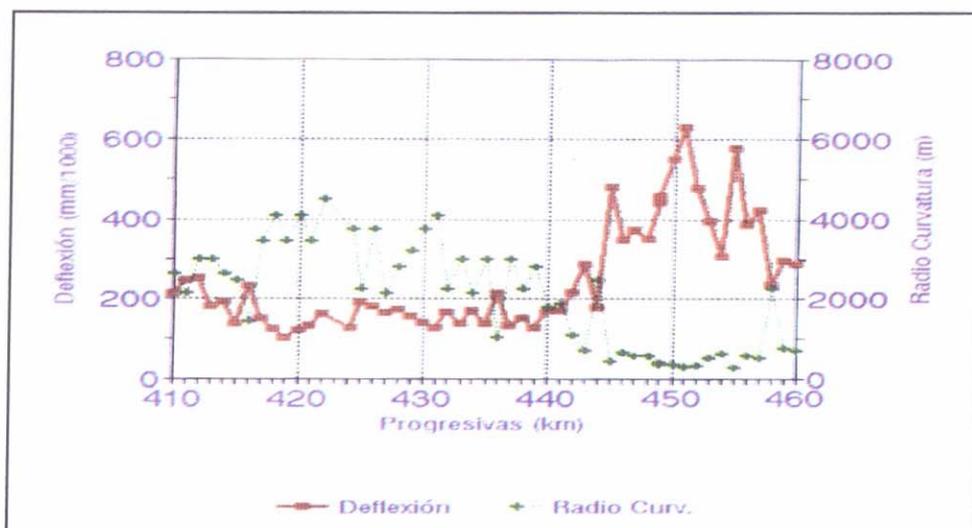


Fig. 5. Medición de deformabilidad para determinación de tramos homogéneos.

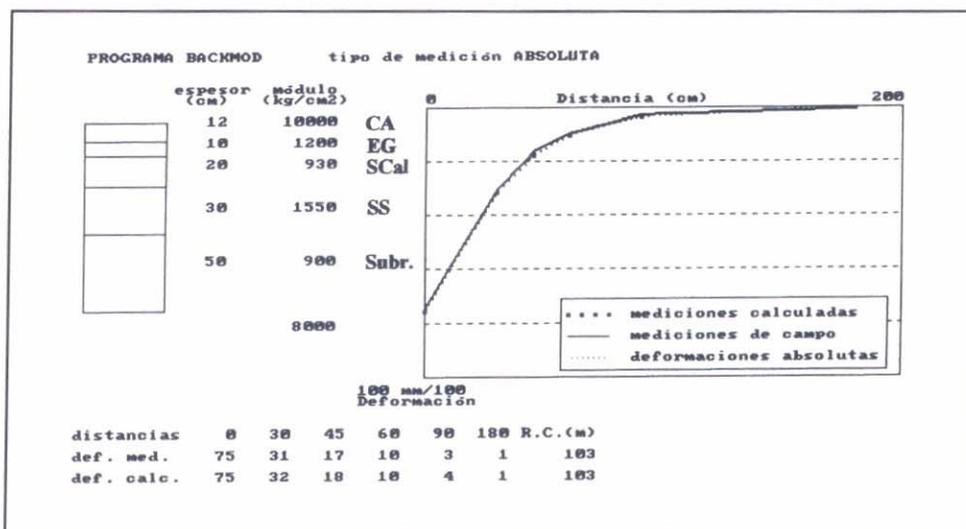


Fig. 6. Ajuste modular en condiciones medias para un tramo homogéneo.

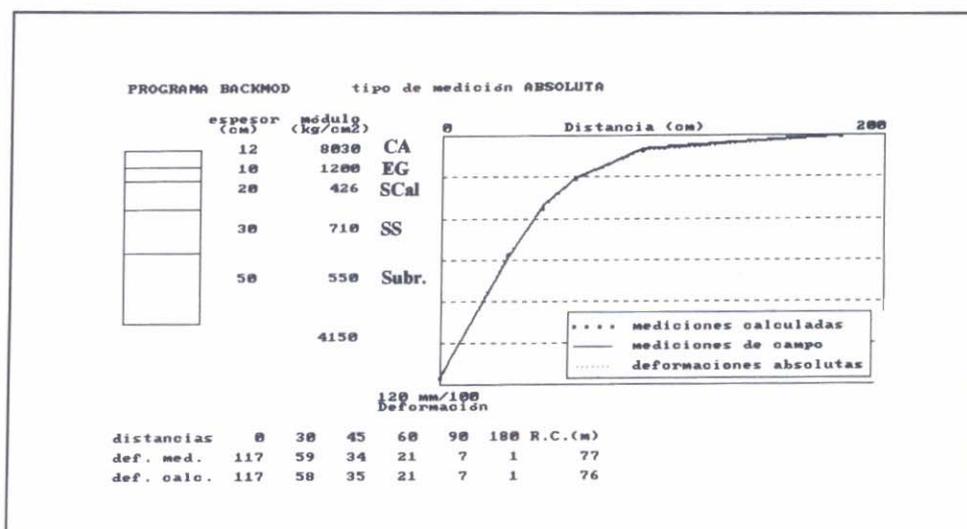


Fig. 7. Ajuste modular en condiciones características (20%) para el mismo tramo

modular a partir del conocimiento de los espesores. Una vez obtenidos los módulos de las distintas capas es posible realizar un análisis utilizando teorías mecanicistas o las guías para el Diseño de Estructuras de Pavimentos AASHTO 1993.

A título de ejemplo se muestran en la Figuras 6 y 7 los modelos estructurales obtenidos a partir de valores medios y característicos de las deformabilidades medidas sobre un tramo homogéneo en el que pueden comentarse la menor rigidez obtenida para el Suelo Cal con respecto al Suelo Seleccionado para ambas condiciones, como así también la existencia bajo la subrasante de un estrato de mayor rigidez.

Es importante recalcar las limitaciones de esta metodología a las reales capacidades de modificar la deformada en superficie de las distintas capas; es aquí la mayor importancia de realizar ensayos adicionales.

La precisión de las mediciones realizadas permite extender esta metodología a los pavimentos rígidos y semirígidos de difícil o nula aplicabilidad con las metodologías convencionales en nuestro país Benkelman o Lacroix.

Es posible el **cálculo del coeficiente de balasto Kc** a partir de las mediciones efectuadas con los equipos FWD, para lo cual pueden utilizarse las recomendaciones dadas por las guías para el Diseño de Estructuras de Pavimentos AASHTO 1993 pag. II 44.(7)

Es posible realizar el **análisis del estado de las juntas de pavimentos de hormigón**, para lo cual la metodología consiste en evaluar las deformaciones producidas con la carga próxima a la junta, siendo factible el posicionamiento a ambos lados de la misma; una auscultación en el centro de la losa complementa la información respecto a la condición de trabajo como medio multicapa sin la interferencia de las juntas.

En la Figura 8 se muestran las cinco auscultaciones realizadas sobre una losa, en este caso pertenecientes a

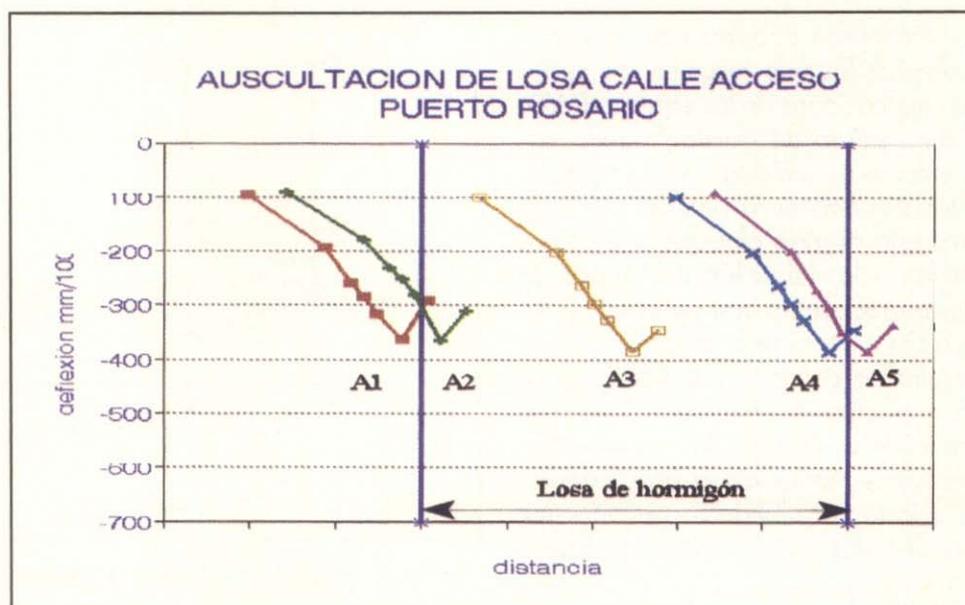


Fig. 8. Juntas de una losa de hormigón en perfecto estado.

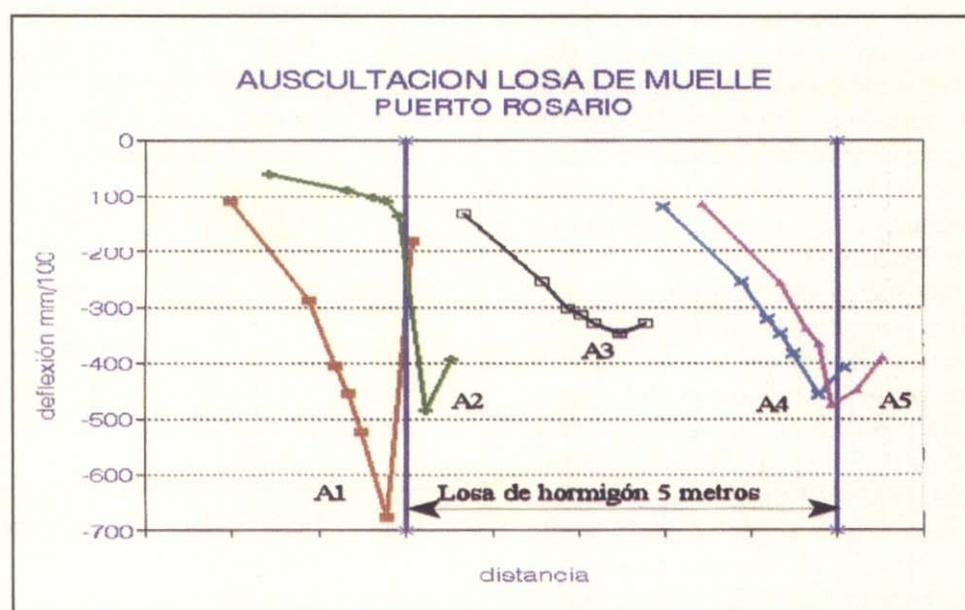


Fig. 9. Losa de hormigón con junta en estado deficiente.

una calle de acceso dentro del puerto de Rosario; la A1 y la A5 con la carga aplicada en las losas adyacentes y con el plato de carga lo más próximo posible a la junta mientras que la A3 corresponde a una auscultación en el centro de la losa. En este caso particular puede observarse una completa analogía entre las 5 mediciones lo que pone de manifiesto el buen estado de la junta pero además una importante colaboración de la sub-base, en este caso de suelo arena escoria cal.

Por el contrario la losa de muelle correspondiente a la Figura 9 presenta la junta valorada con las auscultaciones A1 y A2 donde es muy manifiesta la menor deformación de la losa adyacente a la que se está aplicando la carga y por lo tanto pone en evidencia una baja transmisión de carga en la misma.

Gracias a la calidad y cantidad de la información suministrada los FWD son indicados para incluir dentro del equipamiento destinado a la **valoración y seguimiento de tramos testi-**

go; en esta línea se utilizó en el análisis de mejoras realizadas con la técnica de reciclado en frío tarea que es descrita en el trabajo "Reciclado en frío in situ - "RFS" interesante herramienta para la recuperación de Pavimentos Asfálticos", presentado a este mismo congreso (8).

Dentro de otro trabajo realizado se estudió la diferente deformabilidad en la junta longitudinal entre una calzada de hormigón existente y el ensanche de la misma realizado como tipo estructural semirígido. El objetivo fue proyectar la estrategia para retardar la aparición de fisuras reflejas y disponer de datos confiables para el análisis futuro de eventuales trabajos experimentales.

La Figura 10 muestra parte de la información recabada, en esta gráfica se indican la deformación a cada lado de la junta longitudinal auscultada. En la losa de hormigón es notoria la variación punto a punto, motivada por la evaluación sistemática de centro de losa y junta. En la Figura 11 puede verse una foto del equipo en el momento de realización de este trabajo.

El comentario de algunos de los trabajos realizados no pretende el desarrollo de los mismos dentro de este artículo sino sólo poner de manifiesto la versatilidad del equipo y el interés puesto en el medio por la utilización de nuevas tecnologías que compiten comercialmente con las convencionales.

## VI. COMPARACION CON OTRAS METODOLOGIAS EN USO

Frente al requerimiento de como correlacionan las deflexiones medidas con el FWD KUAB respecto a las en uso en nuestro país (Benkelman y Lacroix) pensamos que lo realmente importante es como difieren los modelos estructurales logrados por las diferentes metodologías y finalmente que error en la prognosis del comportamiento motivan estas diferencias.

Este segundo planteo es lo que es-

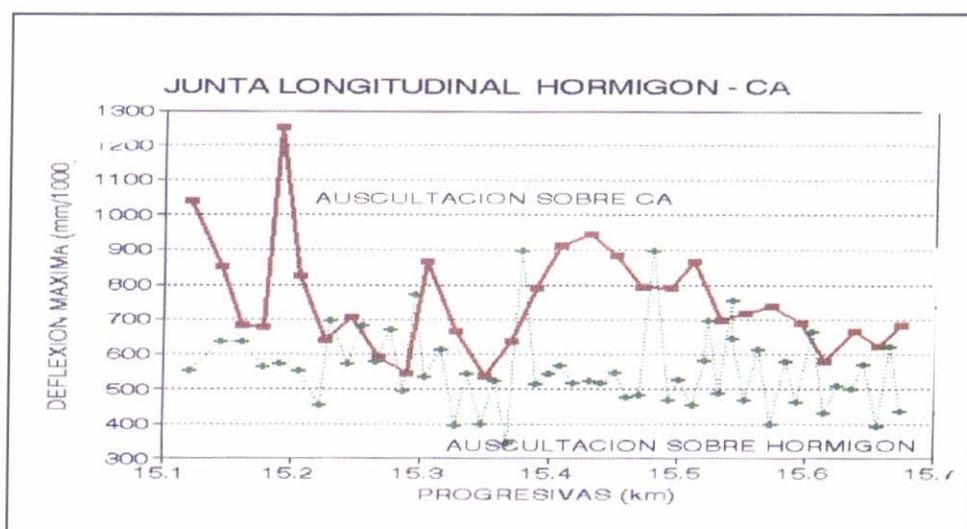


Fig. 10. Deformación en ambos lados de una junta longitudinal.

tamos estudiando, pero por el momento no tenemos conclusiones definitivas. Con respecto a la primera podemos realizar algunos comentarios:

- La magnitud de la carga juega un papel fundamental y difiere en las distintas metodologías, con el FWD realizamos la auscultación rutinaria con una carga de 5000 Kg. que representa un eje de 10000 Kg. Por ser mayor a la de los otros sistemas, este aspecto motivaría la obtención de mayores deflexiones.

- La frecuencia de ensayo es mayor en el caso de los FWD (similar a la del tránsito pesado), por lo cual en este aspecto las diferencias resultan dependientes del tipo estructural logrando mayor reducción de la deflexión y aumento del radio de curvatura en la medida que aumente el espesor de las capas asfálticas y estas se mantengan íntegras.

- No es de menor importancia la temperatura de ensayo que en este caso depende de las circunstancias particulares en que se realizó la auscultación. Recordemos que consideramos como temperatura óptima para la realización de las determinaciones con FWD la temperatura media anual ponderada asociada a la mezcla del orden de los 30°

C en la zona litoral y mayor a los 20° C normalizados para la deflexión Benkelman.

- El medir las deformaciones por medio de sismógrafos permite, en los FWD, la valoración total de la deformada y no respecto a puntos situados en general dentro del mismo cuenco, con lo que se arriba en los métodos por impacto y a mayores valores. Y además sensibles a capas de mayor profundidad (razón por la cual poseen amplia ventaja en la auscultación de aeropuertos). Esta circunstancia plantea en realidad un aumento de la dispersión de los resultados cuando se pretende relacionar sólo las deformaciones máximas de cada sistema de medición.

Sólo a título de ejemplo mostramos en la Figura 12 la correlación obtenida entre mediciones Benkelman y FWD realizadas sobre un tipo estructural semi-rígido, es necesario tener en cuenta lo reducido de las deformabilidades valoradas, lo que puede motivar importantes dispersiones en las mediciones Benkelman. En la actualidad estamos teniendo buenos resultados en regresiones obtenidas de las deflexiones Benkelman o Lacroix con respecto a un conjunto de deformaciones FWD (0, 30 y 180 cm. de la carga) y no sólo respecto a la máxima deformación.

## BIBLIOGRAFIA

(1) J. TOSTICARELLI "Sobre la determinación de deflexiones y radio de curvatura en pavimentos flexibles" XVII Reunión anual del Asfalto, 1971.

(2) A. TAGLE, J. TOSTICARELLI, E. PETRONI y grupos de trabajo. "Premières expériences d'utilisation des deflectographes Lacroix en Argentine". Bulletin de liaison des L.C.P.C. n° 121, sept-oct 1982.

(3) O. GIOVANON Y M. PAGOLA. "El programa Bakmod, para el cálculo de los módulos estructurales a partir de mediciones de la deformada en superficie" XXVII Reunión del Asfalto, Buenos Aires, diciembre 1992.

(4) Normas ASTM 4694/5-87 "Standard Test Method for Deflections with a Falling-Weight-Type Impulse Load Device" y "Standard Guide for General Pavement Deflection Measurements" Annual book of ASTM STANDARDS.

(5) S. ANGELONE, J. TOSTICARELLI y F. MARTINEZ. "Aplicación del penetrómetro dinámico de cono en obras viales y controles de compactación". 3er. Encuentro anual de Centros IPC de Transferencia de Tecnología, Brasil, 1994.

(6) S. ANGELONE y F. MARTINEZ. "Módulo Resiliente de Suelos y Materiales Granulares no tratados. Su aplicación al Diseño Estructural de Pavimentos en la Argentina". Vigésima quinta Reunión del Asfalto.

(7) American Association of State Highway and Transportation Officials" AASHTO Guide for Design of Pavement Structures 1993.

(8) COVINORTE, IMAE, WIRTGEN BRASIL y PRODUCTORA QUIMICA. "Reciclado en frío in situ-"RFS" interesante herramienta para la recuperación de Pavimentos Asfálticos" XXVIII Reunión del Asfalto.

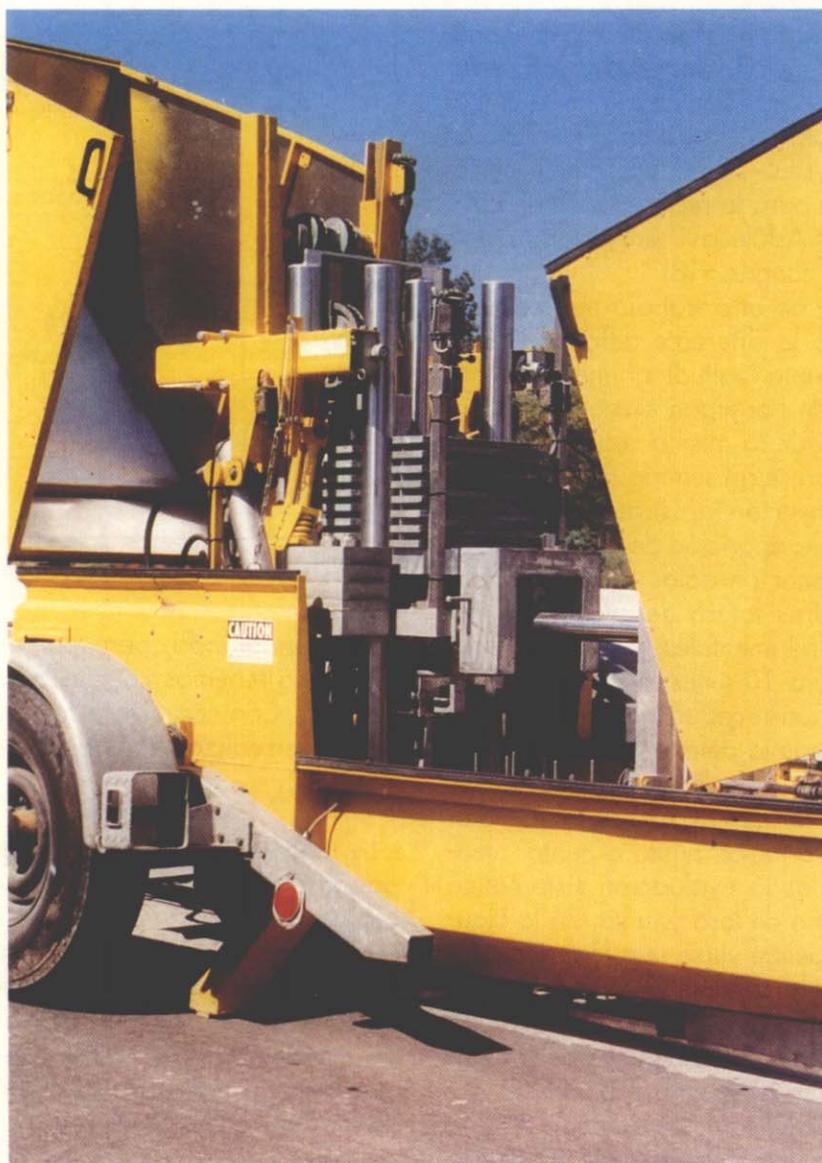


Fig. 11. Vista del equipo FWD-KUAB en operación.

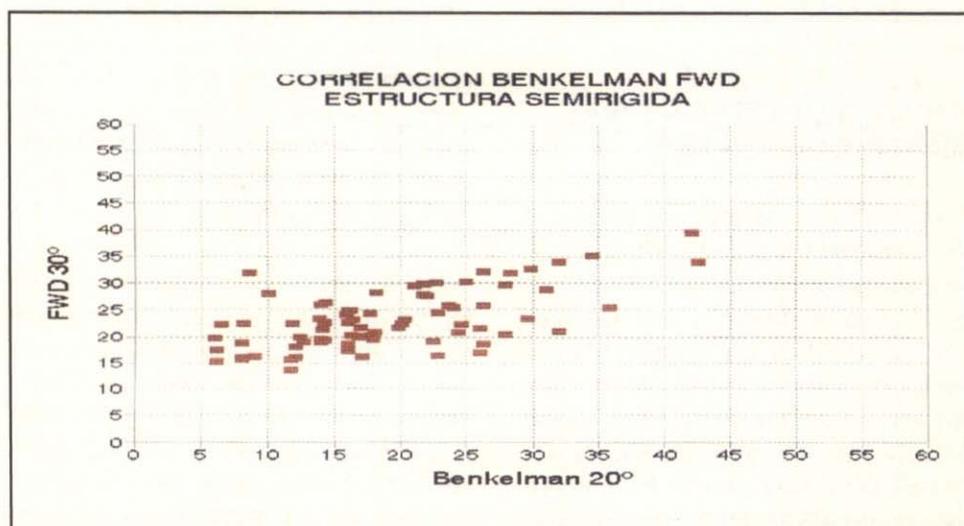


Fig. 12. Ejemplo de correlación Benkelman - FWD.

# SEMINARIO SOBRE LAS CARRETERAS RURALES

Pitesti, (Rumanía), 17-19 de mayo de 1994

Por O. LL. Gomez  
Dr. Ingeniero de Caminos  
Canales y Puertos

Transcripto de la Revista Rutas número 48, II Epoca, junio de 1995, de la Asociación Técnica de Carreteras de España.

La red viaria global de un país es el conjunto de carreteras, caminos y otras vías de tránsito público y permanente con diverso rango y titularidad; dentro de esta red, una gran parte, que puede estimarse, en media, del 70 al 80% de su longitud total, la constituyen las genéricamente llamadas carreteras rurales, vías locales de bajo tráfico que excepcionalmente pueden llegar a intensidades medias de 2000 vehículos de tracción mecánica por día, pero suelen ser inferiores a 500 vehículos (regiones agrícolas pobres) ó a 100 vehículos (casos de pistas mineras o forestales y accesos a pequeños núcleos locales). Su ancho de calzada es como máximo de 6 metros, y su firme puede ser pétreo (macadam ordinario o capas granulares), protegido por un tratamiento superficial bituminoso a partir de un determinado límite de tráfico, relacionado con el

clima seco ó húmedo de la zona de emplazamiento.

En la gran evolución de la tecnología de carreteras que ha tenido lugar en los últimos cincuenta años, como obligada respuesta al crecimiento del tráfico automóvil, se ha llegado a experiencias de comportamiento y soluciones de proyecto que en parte, y salvando todas las diferencias, pueden ser aplicables a las vías de bajo tráfico, singularmente en las secciones estructurales del firme, con espesores estrictos y materiales que pueden ser válidos para las moderadas solicitaciones que, en frecuencia y carga, han de soportar estas "carreteras menores".

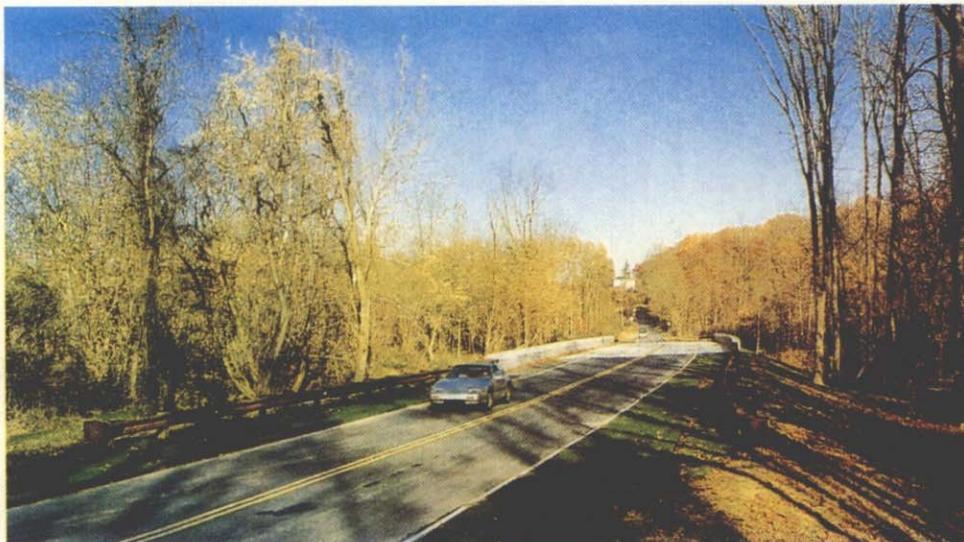
La Asociación Internacional Permanente de los Congresos de Carreteras (AIPCR) creó en 1969 el Comité de Carreteras Económicas (C3), cuyas primeras actividades se dedicaron a las prescripciones de los materiales que debían utilizarse en tal ti-

po de obras, ampliándose después a los temas de proyecto, construcción y conservación. La evolución de la tecnología y la creciente demanda de las vías que nos ocupan para el desenclavamiento de determinadas regiones, servicios a zonas de transformación agrícola, explotaciones forestales, etc. trajo consigo un aumento de los objetivos del Comité que, catorce años después de su creación, en 1983 recibió un nuevo nombre: **Comité de Carreteras en las Regiones en Desarrollo.**

Esto ha permitido a los miembros del C3 no sólo ampliar el temario de su competencia sino orientar la elección determinadas cuestiones de otros Comités Técnicos más especializados, que asimismo representaban un destacado interés para las carreteras rurales.

Uno de los motivos básicos de la evolución de actividades ha sido la adaptación a una nueva concepción

“Una vez más la AIPCR se adaptó a las necesidades de las regiones en desarrollo, con vistas a la transferencia de tecnologías y a la respuesta de las necesidades de transporte que postulan el progreso y la calidad de vida”



Las carreteras rurales precisan una legislación y programación *ad hoc*, para que sean desarrolladas de modo eficaz y económico.

de los ingenieros e instituciones de los países en desarrollo, es decir, la integración, en los medios locales, de los modos modernos de organización, planeamiento, proyecto y construcción.

Una vez más la AIPCR se adaptó a las necesidades de las regiones en desarrollo, con vistas a la transferencia de tecnología y a la respuesta de las necesidades de transporte que postulan el progreso y la calidad de vida, y a la formación del personal necesario a todos los niveles, considerando el estímulo y la ayuda que durante una fase inicial, más o menos dilatada, van a necesitar los países o regiones menos desarrollados. En esta línea, y para concretar bases de partida y planes de actuación divulgadora y solidaria, se convocó el Seminario sobre carreteras rurales que, con asistencia de 77 participantes de 14 países, se celebró en el lugar y fecha arriba indicados. La organización corrió a cargo de la AIPCR y la Comisión Internacional de Ingeniería Rural (\*). Las conclusiones que -como consecuencia de ponencias y coloquios- se adoptaron sobre los diversos aspectos del temario se incluyen a continuación.

#### PLANEAMIENTO DE REDES DE CARRETERAS RURALES

Las carreteras rurales cumplen diversas funciones de acceso, tráfico de paso, turismo y ocio; tales funciones precisan una legislación y progra-

mación *ad hoc*, para que sean desarrolladas de modo eficaz y económico. La utilización de un sistema adecuado para la recogida y tratamiento de datos con ayuda de técnicas informáticas es necesario para el proyecto, pronóstico de tráfico y análisis de accidentes con vistas a la mejora de la seguridad.

En los países de crecimiento rápido la definición de la responsabilidad administrativa en el conjunto de la red global, de los caminos vecinales a las carreteras nacionales, es una condición previa e indispensable para una programación y financiación correcta. Es obligado subrayar la interacción existente entre la infraestructura viaria de una zona rural y su desarrollo económico (accesibilidad).

#### PROYECTOS DE CARRETERAS RURALES

La puesta a punto de una filosofía y una normativa de aplicación a las carreteras rurales, por razones de su diversificada función y heterogeneidad del tráfico que soportan, no se ha concluido aún ni en los países desarrollados. El nuevo reparto de los espacios agrícolas de los países de la Europa exsocialista, con explota-

ciones privadas y división parcelaria, postula una nueva red viaria rural que asegure accesos y servidumbres. En algunos aspectos, la experiencia de los países de la Europa occidental en materia de ordenación del territorio puede ser de gran utilidad.

Es preciso definir las responsabilidades y organizar el régimen jurídico de las carreteras rurales.

En algunos casos serán necesarias asociaciones de usuarios. Estos deberán pagar la utilización de las vías directamente (peaje) o indirectamente (impuestos); en todo caso, deberá contarse con ayudas financieras procedentes de los fondos públicos cuando sean de interés general el incremento de producción agrícola de la zona u otros tipos de desarrollo.

Dada la amplia gama de vías que entran en la denominación de carreteras rurales, las características geométricas (radios en planta, perfil longitudinal, secciones transversales, curvas de transición, etc.) y estructurales (firmes con o sin revestimiento superficial) presentarán notables variaciones. El principal parámetro es la velocidad de proyecto, que deberá fijarse de acuerdo con la función de las carreteras y la topografía del terreno por donde se desarrolla su trazado. Un criterio que abona elegir velocidades prudentes es la circuns-

tancia desfavorable de la mezcla de tráfico de carros, ciclista, peatonal, paso de ganado, etc., que circula por estas carreteras menores.

Considerando que las carreteras rurales deberán soportar, más o menos frecuentemente, vehículos de grandes dimensiones, esto debe tenerse en cuenta en curvas, intersecciones, etc., ponderando necesidades y tratando de evitar obstáculos al normal flujo del tráfico.

## CONSTRUCCION DE CARRETERAS RURALES

Las soluciones adoptadas para carreteras nuevas tendrán en cuenta los costos de construcción y conservación a largo plazo.

- \* En muchos casos, por el bajo tráfico circulante la solución más aconsejable puede ser una calzada sin afirmar; para evitar la erosión y la producción de polvo contaminante se recomiendan simples tratamientos bituminosos o aplicación de lechadas.
- \* Los revestimientos con mezcla asfáltica necesitan una buena capacidad estructural de la capa inferior, ya que, si no, se producirán el agrietamiento y otros deterioros. En todo caso, será preferible emplear mezclas en frío.
- \* Se pueden utilizar bases estabilizadas con cemento.
- \* Un buen drenaje es muy importante, para evitar erosiones y la reducción de la resistencia del firme por imbibición.



*Los tramos de carreteras rurales que presenten características técnicas deficientes o mal estado de conservación pueden constituir un peligro para la circulación.*

## GESTION Y CONSERVACION DE CARRETERAS RURALES

Se recomienda asegurar la mayor coherencia, a todos los niveles, entre las actividades de construcción y conservación de las carreteras rurales. Esta coherencia debe extremarse singularmente entre las administraciones de la red, las entidades de financiación y los servicios técnicos correspondientes. Se pone énfasis en la atención al sistema de drenaje y a la conservación de las obras de paso para mantener en buenas condiciones su función y estabilidad.

\* Organismo internacional no gubernamental, que agrupa Sociedades regionales y nacionales de Ingeniería Rural (Ingeniería Agrícola) y empresas privadas para la investigación, desarrollo y formación de personal dentro de su campo de actividad.

## CONSIDERACIONES FINALES

Los tramos de carreteras rurales que presenten características técnicas deficientes o mal estado de conservación pueden constituir un peligro para la circulación. En este caso se debe ofrecer al usuario una información suficiente (señalización horizontal y vertical) para la prevención de accidentes.

Debe tratarse de que haya una comunicación directa y dialogante entre los decisores en materia de financiación de actuaciones, y los encargados de la conservación. Es deber del ingeniero advertir a los decisores de las consecuencias posibles de una asignación insuficiente para la conservación (consecuencias económicas, sociales y de inseguridad vial).

### AUTOPISTA BUENOS AIRES LA PLATA

Al cierre de esta edición la empresa COVIARES S.A. anunciaba la inauguración de un tramo de la Autopista Buenos Aires - La Plata, una de las obras más importantes encaradas últimamente. En nuestro próximo número de esta

Revista publicaremos un amplio informe de carácter técnico-financiero brindado por la mencionada firma, la que está integrada por las siguientes empresas: Construcciones Civiles J. M. Aragón S.A., Benito Roggio e Hijos S.A.; Francisco Natino e Hijos S.A.; Hemarsa S.A.; Polledo S.A. y Constructora Servente S.A.

C A M P A Ñ A N A C I O N A L D E

**SEGURIDAD**

**VIAL**

Los expertos en accidentes de tránsito de España, Estados Unidos, Suecia y Chile que se reunieron por primera vez en la Argentina en el Seminario sobre "Experiencias Internacionales de Seguridad en el Tránsito" organizado por la Asociación Argentina de Carreteras y la Dirección Nacional de Vialidad, del que nos hacemos eco en otra sección de esta revista, coincidieron en afirmar que la situación de nuestro país en este tema es un "verdadero desastre" y que la única solución es educar a la sociedad en temas de seguridad vial, ya que la tasa de accidentes en la Argentina es seis o siete veces superior a la de cualquiera de estos cuatro países.

La campaña en la que estamos empeñados, desarrollada con el esfuerzo común entre la Asociación Argentina de Carreteras, la Dirección Nacional de Vialidad e YPF S.A., es un claro ejemplo de esta iniciativa, que sin duda debe ser el complemento de la enseñanza obligatoria de la educación vial en las escuelas primarias y secundarias, como lo dicta la Ley 23.348 desde 1986.

La campaña toma nueva fuerza con la aparición de los folletos 13 y 14, ya distribuidos gratuitamente (1.000.000 de ejemplares por cada número), en cabinas de peaje, estaciones de servicio YPF, escuelas dependientes del Ministerio de Educación y de la Subsecretaría de Transportes y Tránsito de la Municipalidad de la Ciudad de Buenos Aires, Policía Federal Argentina y en la vía pública, a través de camionetas y personal de Relaciones Públicas y Prensa de Vialidad Nacional.

**"LA UNICA SOLUCION PASA POR UN TRABAJO EN COMUN Y POR**

Campaña Nacional de Seguridad Vial

12

Campaña Nacional de Seguridad Vial

13

Don Riesgoso avanza zigzagueando, y a todos va molestando.



ASOCIACION ARGENTINA DE CARRETERAS

Campaña Nacional de Seguridad Vial

14



ASOCIACION ARGENTINA DE CARRETERAS

JUNIO 1995



DIRECCION NACIONAL DE VIALIDAD

CONCIENCIAR A LA GENTE"

# NUEVAS CONSIDERACIONES PARA EL PROYECTO DE MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE

## 2<sup>da</sup> PARTE EN DOS SECCIONES

Por el Ing. Boris Dorfman\*

### 2<sup>º</sup> Sección

(Continuación del número anterior)

2.- La granulometría empleada correspondió a la del concreto asfáltico denso para carpeta de rodamiento, tipo IVb del Asphalt Institute (6).

3.- Los agregados pétreos componentes de las mezclas asfálticas fueron de dos tipos diferentes:

a- Mezcla T: 100 % agregado pétreo triturado granítico de buena cubicidad.

b- Mezcla G: 100 % grava zaran-deada limpia de forma redondeada y textura lisa.

4.- La energía de compactación utilizada en la preparación de las probetas Marshall correspondió a 75 golpes por cara, y en cada caso la densificación se realizó a la temperatura de la mezcla indicada para la viscosidad del asfalto igual a  $2,8 \pm 0,3$  poise.

5.- Las concentraciones volumétricas corregidas (Cvc) del árido en las mezclas y los valores de VAM

CEMENTOS ASFALTICOS	T <sub>800</sub> por °C (*)	Pen 25°C 0,1 mm (*)	IP (*)
50-60	53	41	-1,0
70-100	49	55	-1,5
150-200	44	100	-1,25

(\*) Valores obtenidos después del ensayo de Películas Delgadas

Cuadro 1. Cementos asfálticos utilizados en la preparación de las mezclas asfálticas.

resultantes en las seis mezclas asfálticas fueron los siguientes:

MEZCLA ASFALTICA	Cvc	V.A.M.
Mezcla T	0,87	16 %
Mezcla G	0,89	14 %

A igualdad de granulometría y energía de compactación, la diferencia entre los valores de Cvc o V.A.M. tiene una importancia no desestimable en el cálculo del módulo de rigidez de la mezcla en el campo elástico.

6.- A fin de efectuar las evaluaciones, con propósitos esencialmente comparativos, se utilizaron la Estabilidad Marshall, la rela-

ción E/F y el módulo de rigidez de las mezclas, calculado mediante las ecuaciones indicadas en la FIGURA 3. Se representaron en cada caso los valores de los citados parámetros en función de la temperatura de ensayo y del módulo de rigidez ( $S_b$ ) del ligante asfáltico determinado con el nomograma de Van der Poel (1).

Los análisis de los valores de Estabilidad y relación E/F en función de la temperatura, ilustrados en las FIGURAS 7,8,9 y 10, se efectuaron separadamente de acuerdo con las variables siguientes: 1) Forma y textura del agregado pétreo, (2) Concentración volumétrica corregida (Cvc) del agregado pétreo en la mezcla asfáltica y 3)

\* Profesor de la Facultad de Ingeniería - UBA  
Trabajo realizado en el Laboratorio de Investigaciones Viales de la Escuela de Graduados Ingeniería de Caminos.

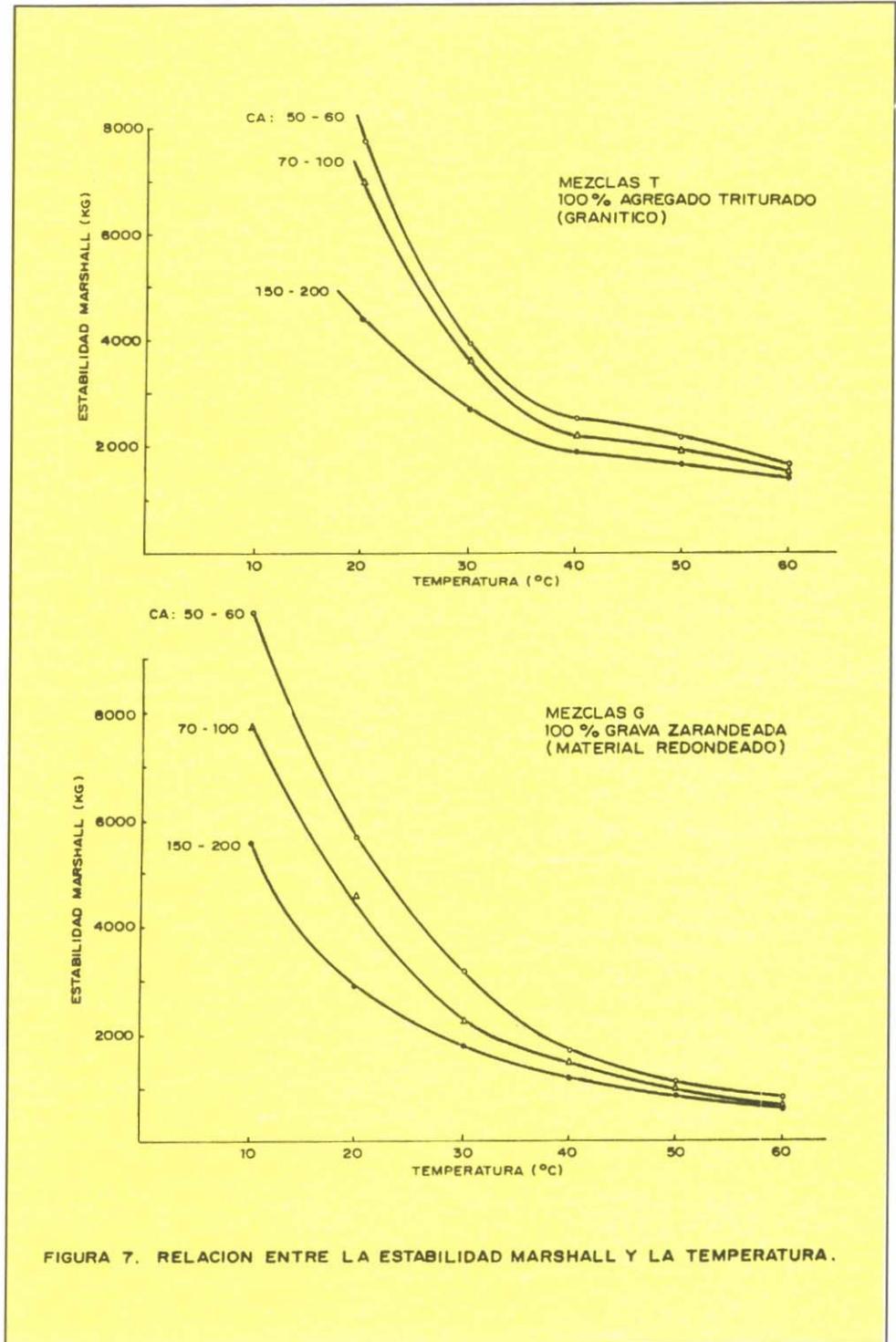
Grado del cemento asfáltico.

1) Forma y textura del agregado pétreo.

En la FIGURA 9 se observa la influencia de la componente friccional, aportada por las características de los agregados pétreos, en los valores de Estabilidad. Siendo dicha componente independiente de la temperatura, la diferencia entre los valores de Estabilidad utilizando los dos tipos de árido se mantiene prácticamente constante en el orden de 2.

Esta relación es particularmente importante para temperaturas superiores a  $30^{\circ}\text{C}$ , dado que las componentes cohesivas de la mezcla asfáltica se reducen a su mínima expresión para las condiciones impuestas por el ensayo Marshall. No obstante, en este rango de temperaturas (superiores a  $30^{\circ}\text{C}$ ) la relación E/F permanece aproximadamente constante. En primer término, ello se origina en el hecho de no ser la Fluencia función de la temperatura de ensayo, tal como se ha verificado en los ensayos, sino que se halla directamente relacionada con el grado de acomodamiento de las partículas en la estructura granular (6). Además, como se ha indicado, los valores medios de la Fluencia para cada tipo de agregado pétreo fueron 0,40 cm. y 0,20 cm. para las mezclas T y G respectivamente.

De lo expresado se infiere que para estas condiciones de servicio o de ensayo, es decir, dentro del comportamiento viscoelástico o viscoso de las mezclas, la Estabilidad constituye uno de los parámetros representativos, necesario pero no suficiente, de la resistencia a la deformación plástica o permanente de las mismas, debiendo ser igual o superior al valor mínimo a  $60^{\circ}$  especificado para cada caso particular.



En cambio, cuando la temperatura es inferior a  $30^{\circ}\text{C}$ , la incidencia de la forma y textura del árido deja de tener relevancia en los valores de Estabilidad frente al pronunciado incremento de la misma impulsado por las componentes cohesivas del ligante asfáltico. A título ilustrativo, se observa que la Estabilidad a  $20^{\circ}\text{C}$  de

la mezcla T preparada con cemento asfáltico (150-200) es del mismo orden de la obtenida con la mezcla G elaborada con el asfalto (70-100).

Con referencia a la relación E/F en este rango de temperaturas, adquieren mayor importancia la concentración volumétrica del agregado pétreo en la mezcla y el

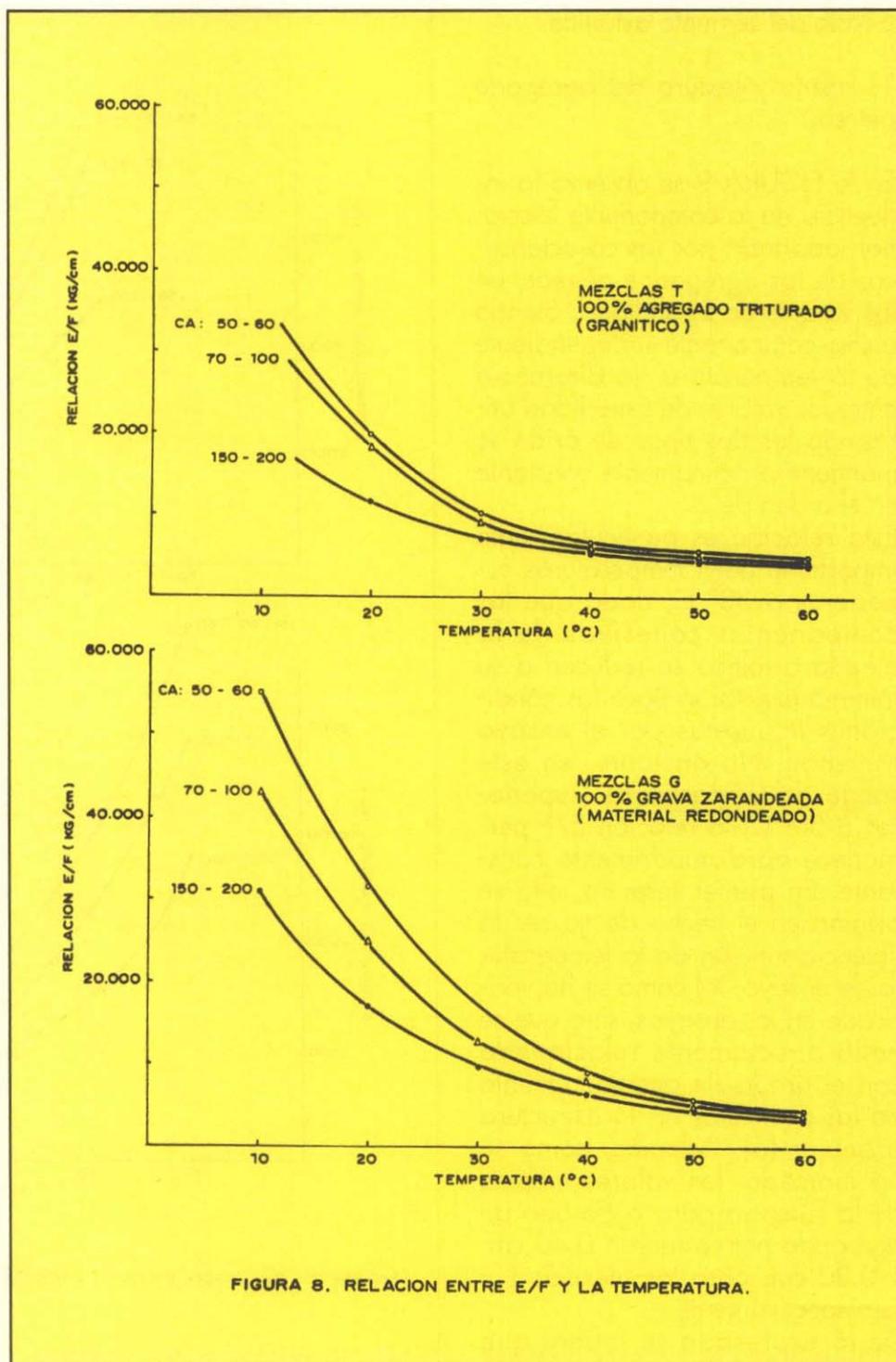
agregado del ligante asfáltico. Se logran los mayores valores de este parámetro en las mezclas asfálticas conteniendo grava zarandeada.

Mientras en el ejemplo anterior las Estabilidades a 20° C de las dos mezclas registran valores similares, la relación E/F de la mezcla G, a la misma temperatura, duplica el valor de dicho parámetro de la mezcla T preparada con cemento asfáltico (150-200). Al mismo tiempo se observan valores similares de E/F a 20° C de la mezcla G preparada con el asfalto (150-200) y la mezcla T elaborada con el ligante asfáltico (70-100).

2) Concentración en volumen corregida del agregado pétreo (Cvc) en la mezcla asfáltica.

Para temperaturas superiores a 30° C, el incremento de la concentración volumétrica del árido en la mezcla, función de la granulometría, forma y texturas del agregado pétreo, produce aumentos en los valores de la Estabilidad y en la relación E/F como se muestra en las FIGURAS 5 y 6. Sin embargo, para estas condiciones de servicio o ensayo, el comportamiento reológico de la mezcla es más complejo, convergiendo la incidencia de los factores indicados en las FIGURAS 1 y 2, y no pudiéndose definir aisladamente la influencia de Cvc tal como se observa en las FIGURAS 2 y 9.

En el ámbito del comportamiento elástico de las mezclas asfálticas-temperaturas inferiores a 30° C- la concentración en volumen del árido constituye una de las dos variables que definen el valor del módulo de rigidez elástico (Smo) de acuerdo con los estudios de Van der Poel, Heukelom y Klomp-FIGURA 3. Experimentalmente se muestra en la FIGURA 9 la incidencia de los valores de Cvc o V.A.M. de las mezclas en los va-



lores de la relación E/F obteniéndose los mayores valores para las mezclas G, con Cvc igual a 0,89. La FIGURA 10 muestra la variación de la relación E/F en función de So de los asfaltos utilizados para las condiciones de tiempo y temperaturas del ensayo Marshall. Se observa la incidencia de la forma, textura y concentración

volumétrica corregida del árido en la mezcla en el amplio espectro del comportamiento reológico de las mezclas asfálticas T y G.

3) Grado del cemento asfáltico. Cuando las temperaturas son superiores a 30° C los asfaltos de menor penetración incrementan la Estabilidad y la relación E/F en una medida sensiblemente menor

con referencia al efecto que producen la forma y textura del agregado pétreo. Se observa que el incremento de dichos parámetros a  $60^{\circ}\text{C}$ , debido al ligante asfáltico en las mezclas T y G con asfaltos (150-200) y (50-60), son del orden de 1,1 y 1,4 respectivamente. No obstante, los ligantes asfálticos de menor graduación mejoran la resistencia a la deformación plástica cuando las condiciones de servicio ubican a las mezclas dentro del ámbito del comportamiento viscoelástico o viscoso.

En cambio, cuando las temperaturas de las mezclas asfálticas son inferiores a  $30^{\circ}\text{C}$ , el tipo y susceptibilidad térmica del ligante asfáltico incrementan en forma notoriamente marcada los valores de Estabilidad y de la relación E/F con respecto a la variación de los valores Cvc. A título ilustrativo se observa que la Estabilidad y la relación E/F a  $20^{\circ}\text{C}$  son del orden de 4 y 6,5 veces los valores de los mismos parámetros a  $60^{\circ}\text{C}$  para las mezclas asfálticas T y G respectivamente.

Finalmente, resulta interesante señalar que de acuerdo con los resultados obtenidos en las relaciones  $S_o - T^{\circ}\text{C}$  de los asfaltos empleados, para un tiempo de aplicación de la carga de 0,02 segundos, el valor mínimo de  $S_o$  igual a  $5 \times 10^6 \text{ N/m}^2$  (5 Mp) le corresponde una temperatura del orden de los  $30^{\circ}\text{C}$ .

#### IV. RELACION ENTRE LAS CARACTERISTICAS DE LAS MEZCLAS ASFALTICAS Y DEL LIGANTE BITUMINOSO Y LOS PARAMETROS DE DISEÑO ESTRUCTURAL DE LAS CAPAS ASFALTICAS.

Los nuevos métodos de diseño de pavimentos flexibles y de sus capas de refuerzo, específicamente aquellos apoyados en el análisis elástico de los sistemas multicapas

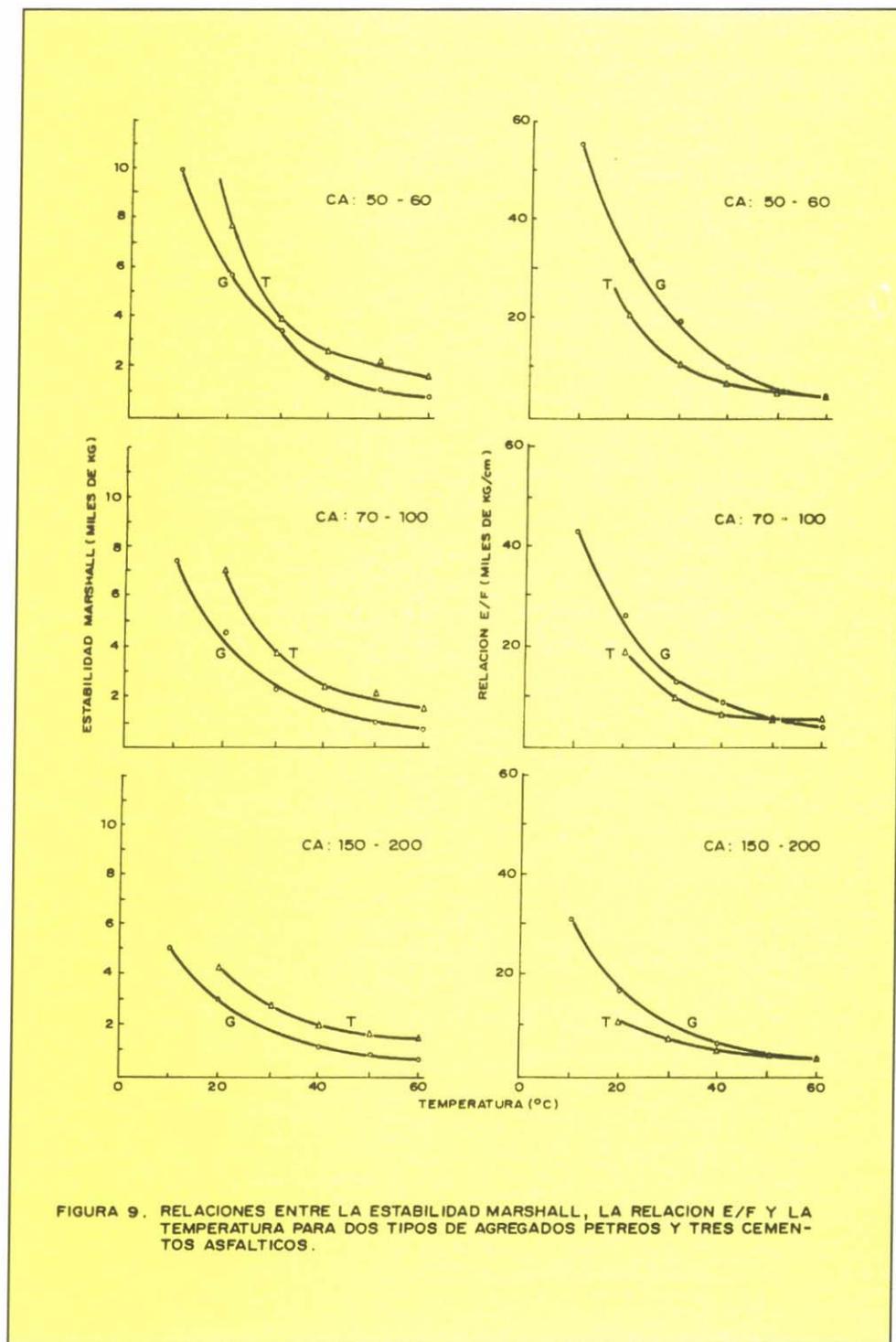


FIGURA 9. RELACIONES ENTRE LA ESTABILIDAD MARSHALL, LA RELACION E/F Y LA TEMPERATURA PARA DOS TIPOS DE AGREGADOS PETREOS Y TRES CEMENTOS ASFALTICOS.

o simplificados, consideran, entre otros parámetros, el módulo elástico de los materiales y de la subrasante. Los métodos Shell 78 y AASTHO 86 constituyen ejemplos más conocidos en nuestro medio, donde el módulo elástico de las capas asfálticas es determinado mediante métodos de predicción o medido por medio de ensayos

de laboratorio de diversos tipos. Para la definición de los espesores de las capas bituminosas el método Shell, versión 1978, contempla dos mezclas asfálticas tipos (S-1 y S-2), cada una ligada con dos grados de cementos asfálticos (50 y 100).

Si se llevan las curvas de las mezclas S-1 y S-2 de la FIGURA 11

(CHART M-1- Shell) al nomograma de Heukelom y Klomp (2), representando en la FIGURA 3, se determina que las citadas mezclas asfálticas poseen los valores de la concentración volumétrica corregida del árido en las mezclas y de V.A.M. siguientes:

MEZCLA ASFALTICA	C <sub>vc</sub>	V.A.M.
S-1	0,85	18%
S-2	0,81	22%

Estos valores característicos son compatibles con las definiciones establecidas por Shell para las mezclas típicas S-1 y S-2, y las identifican con mayor precisión.

En las FIGURAS 12 y 13 se observa la marcada incidencia del módulo de rigidez (S<sub>0</sub>) del ligante bituminoso en función de la temperatura con relación a la variación de la concentración volumétrica del árido (C<sub>vc</sub>) en la mezcla y al grado del cemento asfáltico en los valores de S<sub>mo</sub>. Obviamente la magnitud de esta incidencia depende de la susceptibilidad térmica del asfalto (I<sub>p</sub>).

En las FIGURAS 11, 12 y 13 se han representado las mezclas asfálticas T y G estudiadas, cuyas curvas fueron calculadas mediante las ecuaciones indicadas en la FIGURA 3. En ellas se observa la influencia de los valores de C<sub>vc</sub> de las mencionadas mezclas en los valores de S<sub>mo</sub> con relación a las mezclas tipos S-1 y S-2.

Estas diferencias en los valores de S<sub>mo</sub>, a determinada temperatura de la mezcla, implicará variaciones en los espesores de las capas asfálticas, como resulta sencillo constatar comparando los espesores de las capas asfálticas utilizando las mezclas S-1 y S-2 a igualdad de los demás parámetros de diseño. Por otra parte, el método Shell contempla correcciones cuando se consideran mez-

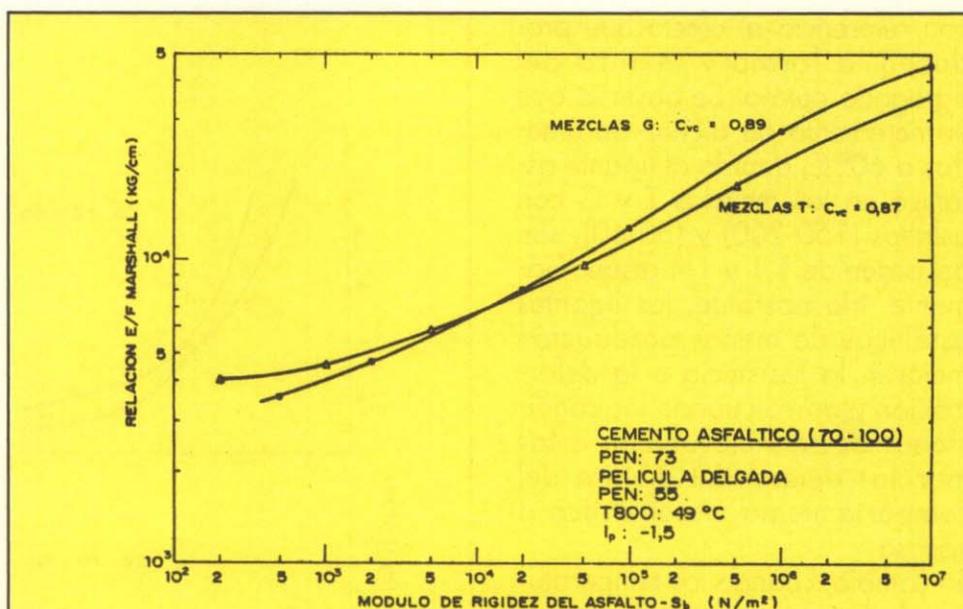


FIGURA 10. RELACION ENTRE E/F MARSHALL Y EL MODULO DE RIGIDEZ DEL ASFALTO (S<sub>b</sub>) - CA (70-100) PARA DIFERENTES TEMPERATURAS DE ENSAYO (T), TIEMPO (t) DE APLICACION DE LA CARGA: GRAVA: t = 2,4 seg, TRITURADO: t = 4,8 seg.

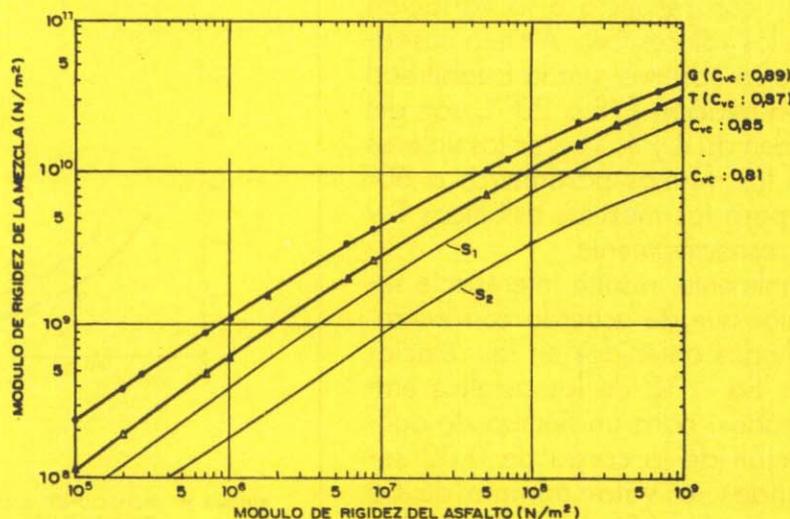


FIGURA 11. RELACION ENTRE EL MODULO DE RIGIDEZ DE LA MEZCLA Y EL MODULO DE RIGIDEZ DEL ASFALTO.

clas asfálticas cuyas características se apartan de las que poseen las mezclas S-1 y S-2 con sus dos grados de ligantes asfálticos.

Un análisis similar puede realizarse con el método AASTHO-versión 1986(8)- considerando los valores del coeficiente estructural a<sub>1</sub> válido para las capas de concretos asfálticos densos. El citado

método determina el valor de a<sub>1</sub> en función del módulo de rigidez de la mezcla asfáltica a 20° C de acuerdo con la curva representada en la FIGURA 14.

Si se obtienen de las FIGURAS 12 y 13 los valores de S<sub>mo</sub> a 20° C de las mezclas S-1-50, S-2-50, S-1-100 y S-2-100 se determina con ellos en la FIGURA 14 los

coeficientes estructurales  $a_1$  indicados en el Cuadro II.

El análisis de los valores de  $a_1$  obtenidos permite verificar la coherencia de los mismos, por cuanto a mayor valor de  $C_{vc}$  y menor grado del ligante asfáltico corresponde mayores valores del coeficiente estructural. Asimismo se observa una similitud entre las características de la mezcla S-1-100 y el coeficiente estructural  $a_1$  igual a 0,17/cm, valor adoptado normalmente para concretos asfálticos densos en ocasión de utilizarse el método ASSTHO en sus versiones de 1972 y 1986.

Similares consideraciones son factibles de formular empleando mezclas asfálticas densas con otras características ( $S_b$  y  $C_{vc}$ ) determinando los módulos de rigidez ( $S_{mo}$ ) de las mezclas a 20°C utilizando las ecuaciones indicadas en la FIGURA 3.

Con referencia al aspecto práctico, se ha verificado en las obras el empleo de concretos asfálticos densos con concentraciones volumétricas del árido ( $C_{vc}$ ) comprendidas entre 0,84 y 0,89 (3) correspondientes a la densidad máxima de la compactación Marshall de 75 golpes por cara de la probeta. A su vez estos valores de  $C_{vc}$  se reducen cuando las densidades de obra se hallan por debajo de la densidad máxima.

## V. CONCLUSIONES

Las evaluaciones realizadas con-

FIGURA 12  
RELACION ENTRE EL  
MODULO DE RIGIDEZ  
DE LA MEZCLA Y  
LA TEMPERATURA  
TIEMPO = 0,02 SEG.

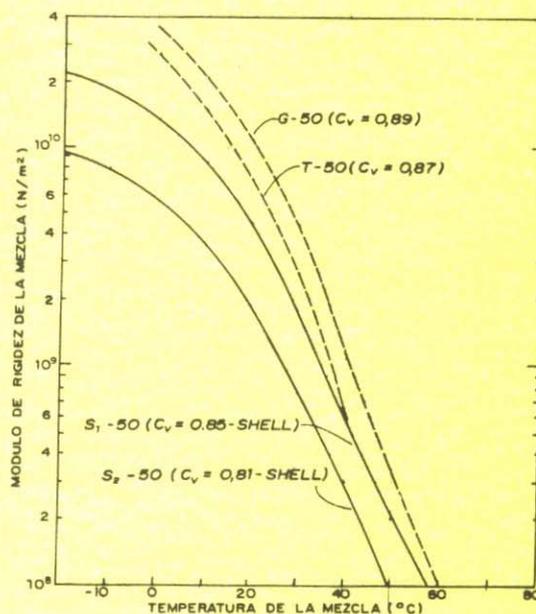
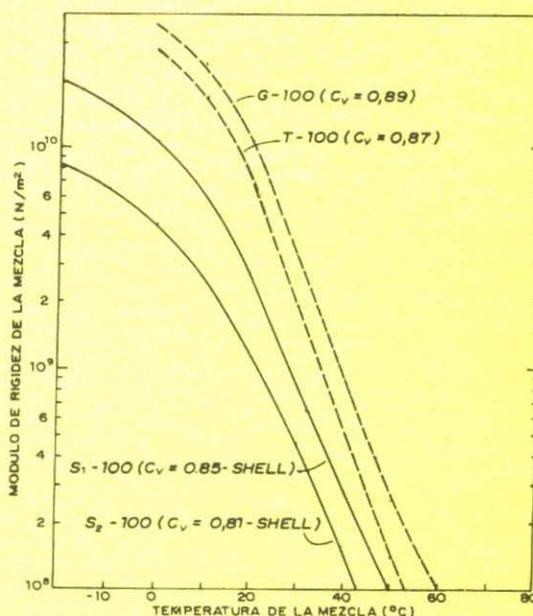


FIGURA 13  
RELACION ENTRE EL  
MODULO DE RIGIDEZ  
DE LA MEZCLA Y  
LA TEMPERATURA  
TIEMPO = 0,02 SEG.



Cuadro 2.

MEZCLA ASFALTICA	$C_{vc}$	$S_{mo}$ 20°C N/m <sup>2</sup>	$a_1$
S-1-50	0,85	$4,5 \times 10^7$	0,20
S-2-50	0,81	$2,0 \times 10^7$	0,14
S-1-100	0,85	$2,7 \times 10^7$	0,16
S-2-100	0,81	$1,2 \times 10^7$	0,11

ducen a las consideraciones fundamentales siguientes:

1- En el proyecto de las mezclas asfálticas preparadas y distribuidas en caliente de tipo convencional, debería contemplarse aspectos similares a los adoptados en el diseño de pavimento o de las capas de refuerzo tales como: características de las cargas de los vehículos, condiciones ambientales, conformación y respuesta estructural del pavimento a reforzar, etc., por cuanto son diferentes los factores actuantes y su grado de incidencia en el amplio espectro de su comportamiento reológico.

2- Las características de las mezclas medidas y calculadas, y el criterio de calidad establecido de acuerdo con valores límites de dichos parámetros, conforme al método Marshall, solo brindan una información parcial sobre su respuesta frente a las acciones de los factores que determinan su deformación plástica o permanente. En este campo, y para casos específicos, existen ensayos complementarios basados en criterios racionales que permiten realizar una evaluación más completa de las mezclas asfálticas para esas condiciones de servicio.

3- Se ha analizado la incidencia de las características de las mezclas y ligantes asfálticos en la definición de los espesores de las capas bituminosas de acuerdo con los métodos Shell 78 y ASSTHO 86, obteniéndose diferencias significativas en los valores calculados.

4- Estos análisis pretendieron destacar la necesidad de lograr el mayor grado de armonía posible entre el proyecto de las mezclas asfálticas, las pautas contempladas en el diseño del pavimento nuevo o del refuerzo estructural, y

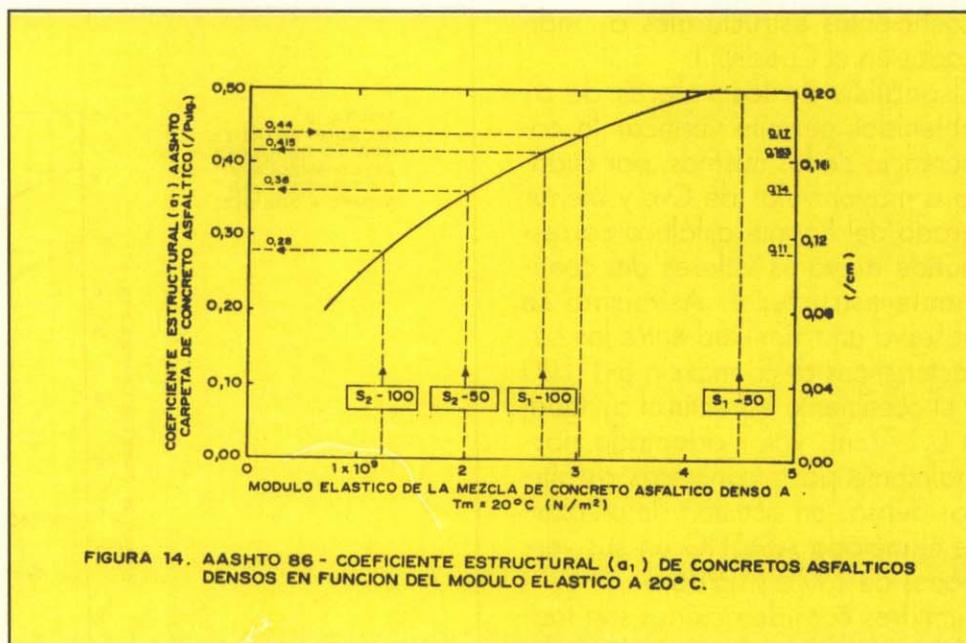


FIGURA 14. AASHTO 86 - COEFICIENTE ESTRUCTURAL ( $a_1$ ) DE CONCRETOS ASFALTICOS DENSOS EN FUNCION DEL MODULO ELASTICO A 20°C.

las condiciones ambientales de cargas actuantes, en beneficio del comportamiento de las obras y, consecuentemente, del mejor rendimiento de las inversiones destinadas a las mismas.

## VI. BIBLIOGRAFIA

1. SHELL PAVEMENT DESIGN MANUAL - 1978.
2. HEUKELOM, W. y KLOMP, A.J.G.  
"Road design and dynamic loading". Association of Asphalt Pavement Technologists. Vol. 33, 1964.
3. DORFMAN, B.  
"Nuevas consideraciones para el proyecto de mezclas asfálticas en caliente". XXIV Reunión de la Comisión Permanente del Asfalto. 1986.
4. BONNAURE, F.; GEST.; GRAVOIS, A. y UGE, P.  
"A new method predicting the stiffness of asphalt paving mixtures". Association of Asphalt Pavement Technologists. Vol. 46, 1977.
5. PELL, P.S.

"Pavement materials" Sixth International Conference on the Structural Design of Asphalt Pavements. Vol. II, 1987.

6. RUIZ, C.L.; RIVARA, Y.R. y LLANO, O.F.

"Sobre la estructura granular de las mezclas asfálticas convencionales" 2º parte. XX Reunión de la Comisión Permanente del Asfalto. 1977.

7. RUIZ, C.L.

"Interpretación del ensayo Marshall, Relación Estabilidad Fluencia. XIV Reunión de la Comisión Permanente del Asfalto. 1966.

8. ASSTHO GUIDE FOR DESIGN OF PAVEMENT STRUCTURES - 1986.

## RECONOCIMIENTO:

A los ingenieros Juan M. Campana y Fabián A. Schvartzer y a los técnicos Oscar F. Llano y Benito López Rodríguez, docentes del Laboratorio de Investigaciones Viales de la Escuela de Graduados - Ingeniería de Caminos - U.B.A., por la valiosa colaboración prestada en la realización del presente trabajo.

# DEMARCAACION HORIZONTAL - SEGURIDAD VIAL LA VISIBILIDAD DE LAS MARCAS VIALES - ASPECTOS FOTOMETRICOS - RETRORREFLEXION

Por el Lic. en Ciencias Químicas David Calavia Redondo \*

Conferencia dictada por el autor en Buenos Aires el 4 de Noviembre último auspiciada por Glass Bead S.A.

## MAGNITUDES Y UNIDADES FOTOMETRICAS

Previamente a la consideración de la visibilidad de las marcas viales, se hace conveniente definir una serie de magnitudes y unidades fotométricas, que serán de utilidad para su mejor comprensión, sirviendo asimismo, para unificar la terminología. (Tabla 1)

## ASPECTOS DE ILUMINACION

La visibilidad de las marcas viales depende del contraste que muestran frente al pavimento adyacente, puesto que siempre están colocadas sobre él. De esta forma la iluminación (y por tanto la iluminancia) sobre la marca y sobre el pavimento adyacente debe considerarse idéntica. Así el contraste (el contraste de luminancia) debe determinarse por la diferencia entre las propiedades reflectivas de la marca y del pavimento, y se expresa por el cociente entre esa diferencia y la del pavimento adyacente :

$$R_c = \frac{L_N - L_p}{L_p}$$

En lo que respecta a la iluminación debe distinguirse entre dos formas diferentes de incidencia de la luz :

**Iluminación difusa :** debida a la iluminación diurna o a la iluminación pública, que a estos efectos se consideran ambas, en una clara aproximación, independientes de la direccionalidad. En el caso iluminación con lámparas de sodio, los problemas de color deberían tenerse en cuenta.

**Iluminación bajo los faros de un vehículo :** en este caso la dirección de iluminación coincide, más o menos, pero no completamente, con la de observación, además ni la dirección de iluminación ni la de observación debe considerarse como constante. De hecho, estas variaciones pueden modificar considerablemente las percepciones, para diferentes distancias entre el observador y el objeto y para las distintas clases de vehículos.

A veces, hay solapamiento entre la iluminación pública y las de los vehículos, cuando tanto la iluminación pública como la diurna no es suficiente. Incluso los distintos niveles de estas iluminaciones pueden afectar sensiblemente a la visibilidad de las marcas viales.

Estos problemas hacen que la evaluación de la visibilidad de las marcas viales pudiera hacerse imposible si se tuviera en cuenta toda la causística expuesta. Por esta razón se hace necesario normalizar las condiciones en que esta visibilidad ha de ser evaluada, fijando para cada una de las magnitudes fotométricas las condiciones geométri-

cas de medida, el iluminante y el observador patrón.

## DISTANCIAS DE VISIBILIDAD REQUERIDAS

Los requisitos de distancia de visibilidad se refieren a la información previa que debe tener el conductor ante cualquier obstáculo o eventualidad que pudiera surgir en la carretera. La información previa es de dos tipos, de rango largo o de rango corto. La información previa de rango largo se refiere al trazado longitudinal de la carretera que está viendo delante de su vehículo, tales como curvas u obstáculos. La información previa de rango corto, se refiere a la ubicación lateral del vehículo en la carretera y a su velocidad.

Para fijar un sistema de demarcación, deben considerarse tanto la visibilidad diurna como la nocturna, sin embargo, la visibilidad nocturna debe tratarse con especial interés, puesto que no existen otros elementos de referencia sobre la carretera que puedan proporcionar información previa.

La visibilidad en situaciones de iluminación diurna o iluminación pública, no puede considerarse crítica, debido a la gran cantidad de elementos que rodean la carretera que actúan de delineadores no intencionados, pero que proporcionan gran cantidad de información previa.

En consecuencia, para ser eficaces,

\* Representante de España en el Grupo de Trabajo del Comité Europeo de Normalización: CEN-TC-226WG2 - Señalización Horizontal.

FUNCION V ( $\lambda$ )	Función normalizada por la Comisión Internacional de l'Eclairage (CIE), por la que se permite pasar, para cada longitud de onda, de flujo luminoso a sensaciones luminosas para un observador medio en visión fotópica: ojo adaptado a niveles de luminancia de al menos 1 cd/m <sup>2</sup> . La longitud de onda 555 nm, corresponde al máximo de sensibilidad del ojo en visión diurna.
FLUJO LUMINOSO	Magnitud derivada del flujo energético, que permite evaluar una radiación luminosa, después de su acción sobre un receptor cuya sensibilidad espectral es conforme a V ( $\lambda$ )  Símbolo: $\Phi$ Unidad: Lumen
INTENSIDAD LUMINOSA (De una fuente en una dirección)	Cociente entre el flujo luminoso que sale de la fuente y se propaga en un elemento de ángulo sólido, que contiene la dirección, y este elemento de ángulo sólido. $\varsigma$  Símbolo: I Unidad: candela $I = d\Phi / d\Omega$
ILUMINACION (en un punto de una superficie)	Cociente entre el flujo recibido por elemento de superficie que contiene el punto y el área de este elemento:  Símbolo: E Unidad: Lux $E = d\Phi / dA$
LUMINANCIA	Cociente entre la intensidad luminosa emitida por un elemento de superficie, en una dirección dada, y el área dA de la proyección ortogonal de este elemento de superficie sobre un plano perpendicular a la dirección (área proyectada o aparente) considerada. Símbolo: L Unidad: cd/m <sup>2</sup> $L = dI / dA \cdot \cos \Theta$
FACTOR DE LUMINANCIA (en un punto sobre la superficie de un cuerpo no radiante)	Es la relación entre la luminancia de un cuerpo y la de un difusor reflectante o transmisor perfecto, iluminado de la misma manera.  Símbolo: $\beta$ Unidad: Factor
COEFICIENTE DE INTENSIDAD LUMINOSA	Permite caracterizar un retrorreflector de pequeñas dimensiones (Tacha o captafaro, delineador, etc.) que se comporta como una fuente secundaria puntual. Es el cociente entre la intensidad luminosa emitida en la dirección de observación y la iluminación recibida en el plano perpendicular a la dirección de iluminación. Símbolo: R Unidad: cd/lx $R = I/E_{\perp}$
COEFICIENTE DE RETRORREFLEXION	Permite caracterizar retrorreflectores de grandes dimensiones (láminas retrorreflectantes). Es el cociente entre el coeficiente de intensidad luminosa R de una superficie plana por su superficie.  Símbolo: R' Unidad: cd/lx.m <sup>2</sup> $R' = I/E_{\perp} \cdot A$
COEFICIENTE DE LUMINANCIA RETRORREFLEJADA	Permite caracterizar a elementos retrorreflectantes observados bajo ángulo rasante (como son las marcas viales). Es el cociente entre la luminancia L de una superficie retrorreflectante en la dirección de observación y la iluminación recibida sobre un plano perpendicular a la dirección de la luz incidente. Símbolo: R <sub>L</sub> Unidad: cd/m <sup>2</sup> .lx $R_L = L/E_{\perp}$
COEFICIENTE DE LUMINANCIA EN ILUMINACION DIFUSA	Permite caracterizar a elementos retrorreflectantes observados bajo ángulo rasante (como son las marcas viales). Es cociente entre la luminancia de una superficie, observada en ángulo rasante e iluminación difusa y la iluminación sobre el plano de la superficie. Símbolo: Q <sub>d</sub> Unidad: cd/m <sup>2</sup> .lx $Q_d = L/E$

Tabla N<sup>o</sup> 1

los requisitos sobre la visibilidad de las marcas viales deben basarse en las situaciones más críticas, como son las carreteras locales, sin iluminación pública, cuya única fuente de información previa son las marcas viales. Las características ópticas y la geometría de las marcas viales deben cumplir ciertos requisitos para que sean visibles a una distancia suficiente. Cuanto mayores sean las propiedades reflectivas de las marcas viales mayor será su relación de contraste y por lo tanto mayor será su distancia de visibilidad. Cuanto mayor sea su ancho más nítida será la percepción del conductor.

De acuerdo con las conclusiones del grupo de expertos de la C.I.E., que han estudiado los aspectos visuales de las marcas viales, puede resumirse que para que un conductor pueda maniobrar el volante, de una manera eficaz, se requiere un tiempo de previsualización mínimo de entre 3 y 5 segundos. Para las condiciones de conducción habituales, en vías de alta velocidad, esto equivale a 150 m. Para poder definir las propiedades ópticas que deben tener las marcas viales para que sean visibles a esa distancia, es necesario fijar previamente los anchos de líneas y geometría de otras marcas particulares. Los anchos de línea están, generalmente, definidos en documentos diferentes, y más por criterios economicistas que por criterios técnicos, tendiéndose a aplicar anchos de línea lo más estrechos posibles. Cuando estas marcas estrechas pierden, por el uso, sus características iniciales (aún manteniéndose por encima de los mínimos establecidos), su distancia de visibilidad puede descender a más de la mitad, por lo que su eficacia queda gravemente dañada.

A título de orientación, en base a estudios prenormativos ya realizados, puede darse la siguiente orientación, para elegir los anchos de línea apropiados de acuerdo con los requisitos de visibilidad diurna y nocturna actualmente vigentes: (Tabla 2)

Tipo de banda	Velocidad km/h	Ancho de línea: cm
Banda lateral	120	30
Banda lateral	80	20
Banda de eje	120	15
Banda de eje	80	10

Tabla N° 2

### LA VISIBILIDAD DE LAS MARCAS VIALES

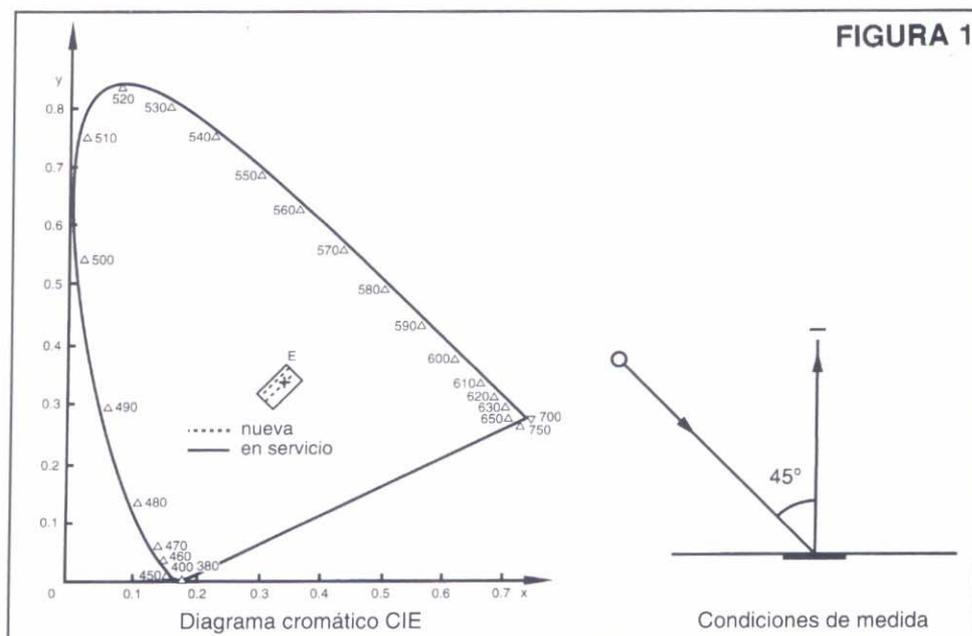
#### LA VISIBILIDAD DIURNA

La visibilidad diurna se consigue mediante la aplicación de productos que presenten un adecuado contraste con el pavimento sobre el que están colocados. El contraste se logra mediante diferencias de luminosidad y de color, y en consecuencia la medida se realizará mediante una evaluación de las coordenadas cromáticas, utilizando un iluminante patrón CIE D65, una geometría de medida 45/0 y observador patrón 2°, de acuerdo con los criterios establecidos por la C.I.E. Existen en el mercado, colorímetros portátiles de fácil manejo, que permiten realizar este tipo de medidas de forma habitual.

La medida del color se realiza mediante la determinación del punto de color (x,y) en el diagrama cromático de la C.I.E., y el valor del factor de luminosidad es el valor de la mayor o menor "claridad" o "luminosidad" de un color, y sería de 100 para el blanco perfecto, y 0 para el negro absoluto. Cuanto más claro es un color más alto es su factor de luminosidad y cuanto más oscuro menor será su factor de luminosidad (Figura 1).

Sin embargo, estas condiciones de medida, que tienen la ventaja de poder ser realizadas con equipos comerciales existentes desde hace mucho tiempo, no reproducen adecuadamente las condiciones de visibilidad que un conductor tiene de las marcas viales.

Una geometría 45/0, reproduce la percepción visual que tendría más



bien un peatón situado sobre la marca vial, que estaría iluminada con un ángulo de  $45^\circ$  que la de un conductor que la visualizaría bajo un ángulo rasante.

Por esta razón el coeficiente de luminancia en iluminación difusa  $Q_d$  y observación rasante, reproduce más adecuadamente estas condiciones. Actualmente ya está desarrollado el equipo correspondiente y su aplicación se considera ya exigible (Figura 2).

### LA VISIBILIDAD NOCTURNA

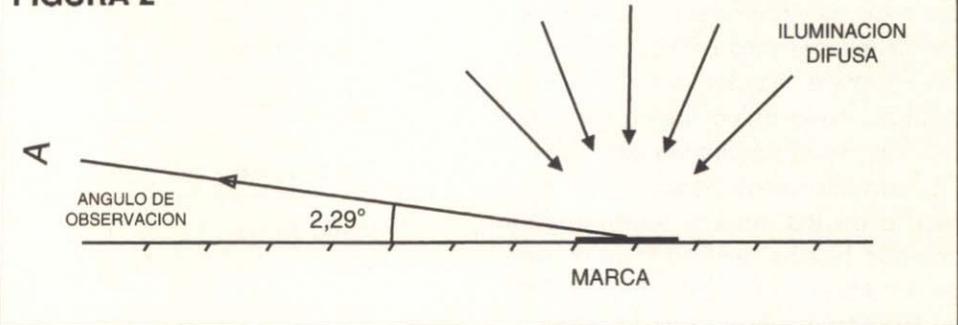
La visibilidad nocturna de las marca viales se consigue mejorar mediante la adición de materiales de marcado de microesferas de vidrio que se incorporan bien a través del mismo producto (premezclado), bien por post-mezclado, o por los dos.

Puede demostrarse, a partir de las leyes de la óptica geométrica, que la mayor parte de la luz que llega a una esfera de vidrio insertada en una pintura blanca, retorna en la misma dirección en la que ha llegado. A este fenómeno se le llama RETRORREFLEXION. (Figura 3).

La cantidad de luz retrorreflejada, o retrorreflexión, depende de numerosos factores de importancia variable, de entre los cuales, los más importantes que podemos citar, son los siguientes:

- 1.- La naturaleza del vidrio utilizado y su índice de refracción.
- 2.- La forma de las esferas y sus imperfecciones.
- 3.- La granulometría de las esferas en relación al espesor de película de material.
- 4.- La cantidad de esferas utilizadas.
- 5.- El tratamiento superficial que eventualmente puedan llevar las esferas.
- 6.- La forma de aplicación: por gravedad, por depresión, por presión; en relación a la viscosidad y propiedades reológicas de los materiales en el momento de la aplicación.

FIGURA 2

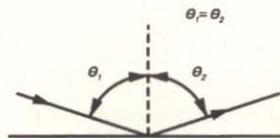


Condiciones de medida del coeficiente de luminancia en iluminación difusa y observación rasante  $Q_d$ .

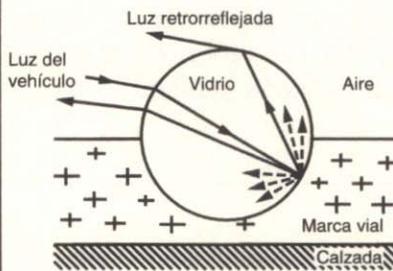
FIGURA 3



Reflexión difusa: calzada seca y rugosa

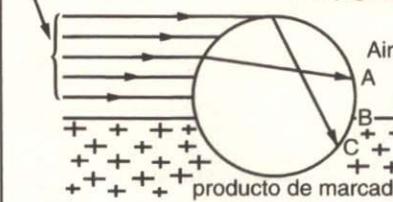


Reflexión especular: calzada mojada



Fenómeno de retrorreflexión en una esfera de vidrio

FIGURA 4



Camino de la luz en una esfera de vidrio hundida parcialmente en una marca vial, para una incidencia rasante.

Estos diversos factores condicionan el grado de incorporación de las esferas en la línea, lo que a la vez condiciona su eficacia visual y su adherencia, pues es preciso lograr que las esferas estén convenientemente clavadas en la película, para que el rendimiento de la retrorreflexión sea máximo, sin que sean arrancadas demasiado rápidamente por efecto del tráfico.

### INFLUENCIA DEL GRADO DE HUNDIMIENTO DE LAS ESFERAS SOBRE LA RETRORREFLEXION:

El fenómeno de la retrorreflexión sólo puede producirse cuando la luz procedente de los faros de un vehículo, se refracta sobre la parte hundida de la esfera (parte BC de la figura). En caso contrario la luz es refractada fuera de la esfera: parte AB de la figura.

En condiciones ideales, el cálculo demuestra que, en incidencia rasante, el hundimiento óptimo se sitúa en un 60% cuando el índice de refracción es de 1,5 y en un 50% cuando el índice de refracción es de 2. (Figura 4).

En efecto, cuando el índice de refracción del vidrio aumenta, la relación AB/BC de la figura anterior disminuye y las posibilidades de retrorreflexión crecen. Sin embargo, a pesar de la importancia de este parámetro en el fenómeno de la retrorreflexión, son muchos los factores que limitan el uso del vidrio de alto índice de re-

fracción, particularmente su baja resistencia mecánica y su muy elevado coste, además de que se pierde más luz por reflexión.

El índice de refracción de las esferas comerciales, está siempre comprendido entre el 1,50 y 1,55, por lo que el grado de hundimiento ideal de las esferas debe ser del 60 %.

La pregunta ahora es ¿Cómo se puede controlar este grado de hundimiento?

El grado de hundimiento de una esfera que ha sido aplicada por post-mezclado, depende de la acción conjugada de tres fenómenos físicos que se oponen al peso de la esfera:

- El empuje de Arquímedes soportado por la esfera.
- Los fenómenos de tensión superficial entre la esfera y el producto.
- La reología del producto.

La importancia relativa de estos tres parámetros varía según el diámetro de las esferas.

Este diámetro está habitualmente normalizado, para las esferas de postmezclado, por lo que ahora, no es una variable.

Así, para una granulometría dada, y para productos de señalización no demasiado viscosos (pinturas y ciertos plásticos en frío), el grado de hundimiento de las esferas depende esencialmente de los fenómenos de tensión superficial. Para estos productos, si hay una buena humectación, las microesferas se hunden profundamente, y sólo el espesor de la película limita este hundimiento. (Figuras 5 y 6).

Se puede imaginar fácilmente que un aumento en la dosificación de la pintura, conduce a un hundimiento cada vez más importante de las esferas, y en consecuencia a una disminución de la cantidad de luz retrorreflejada, que llegaría a ser teóricamente nula cuando el espesor de película alcance el diámetro de las esferas más gruesas (habitualmente 0,65 mm).

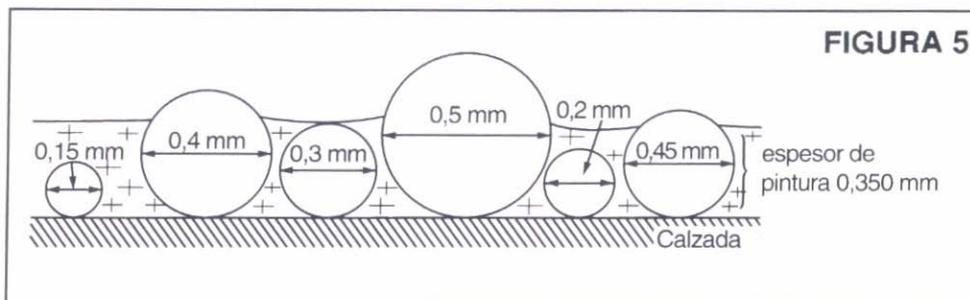


FIGURA 5

*Cuando hay buena humectación*

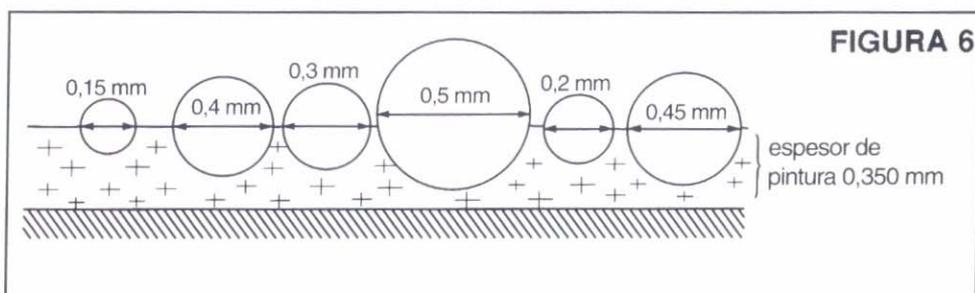


FIGURA 6

*Cuando no hay buena humectación*

En realidad este caso se produce muy raramente, pues la calzada no es siempre plana, y es necesaria una dosificación superior a 2 kg/m<sup>2</sup> de pintura seca para obtener en todo momento un espesor de película seca de al menos 0,65 mm.

Sin embargo, la retrorreflexión disminuye conforme la dosificación aumenta, las esferas se "ahogan" en la pintura.

Si la humectación es mala, las esferas se quedan en la superficie, cualquiera sea la dosificación de pintura utilizada. Las figuras anteriores ilustran este comportamiento. Este comportamiento, que es muy favorable para la retrorreflexión inicial, no es siempre el más aconsejable para la durabilidad, a menos que las microesferas tengan un tratamiento específico que asegure la adherencia a la película de pintura.

Estas diferencias de comportamiento, debidas a los fenómenos de tensiones superficiales, provienen de las propiedades de los componentes de los productos de marcado, y de los eventuales tratamientos superficiales de las microesferas de vidrio. Los disolventes utilizados en las pinturas, son casi siempre favorables a la hu-

mectación del vidrio: caso de las microesferas no hidrofugadas. Para las microesferas hidrofugadas, el comportamiento varía según las pinturas, y más particularmente según la acción del disolvente sobre el producto de hidrofugación. Para ciertas pinturas, la utilización de esferas hidrofugadas o no hidrofugadas conduce a resultados muy diferentes. Es necesario tener una gran experiencia con los materiales que se emplean para poder desarrollar al máximo sus posibilidades.

Además de la hidrofugación, es posible realizar otros tratamientos superficiales sobre las esferas de vidrio. Algunos, tienen por finalidad obtener un grado de hundimiento próximo al teórico ideal, son los llamados tratamientos de flotación. Para tratar de ilustrar el papel jugado por el hundimiento de las microesferas de vidrio en la retrorreflexión, la tabla número 3 muestra la importancia del fenómeno en los ensayos realizados en un campo de ensayo para tres pinturas y cuatro tipos de esferas. Las dosificaciones secas son de alrededor de 600 g/m<sup>2</sup> para las pinturas y de alrededor de 250 g/m<sup>2</sup> para las microesferas.

### GRANULOMETRIA DE LAS ESFERAS DE POST-MEZCLADO

Dimensiones del tamiz (mm)	Rechazo acumulado % en peso
0.630	0 - 10
0.500	10 - 40
0.315	50 - 75
0.250	75 - 100
0.125	95 - 100

Tabla N° 3

Grado de hundimiento y retrorreflexión (medida con retrorreflectómetro Ecolux). Influencia de los tratamientos superficiales de las esferas sobre el grado de hundimiento.

Pintura	Esferas	No hidrofugadas	Hidrofugación A	Hidrofugación B	Tratamiento para flotación
A	Hundimiento %	60	55	55	60
	Retrorreflexión	640	571	491	775
B	Hundimiento %	75	50	50	55
	Retrorreflexión	470	308	366	555
C	Hundimiento %	95	90	85	55
	Retrorreflexión	62	133	231	853

Tabla N° 4

Se ve claramente:

- El comportamiento selectivo de las esferas frente a las pinturas
- La importancia del grado de hundimiento para la retrorreflexión: Las seis mejores retrorreflexiones corresponden a los seis grados de hundimiento más próximos a los valores teóricos ideales 55 y 60%.

La acción de los fenómenos de tensión superficial puede ser deformada en obra, por la rápida formación de pieles o velos superficiales, bajo el efecto de condiciones meteorológicas particulares: viento, temperatura elevada, etc. Es preciso, pues, intentar limitar al máximo el efecto de estos elementos perturbadores, principalmente el del viento, mediante una protección adaptada para obtener sobre las pinturas el hundimiento normal esperado de las esferas de vidrio, y en consecuencia la retrorreflexión correspondiente. Por la misma razón, el tiempo transcurrido entre la aplicación de la pintura y las microesferas de vidrio debe ser el más corto posi-

ble. Esta última condición es siempre cumplida por las máquinas de aplicación, no siempre ocurre lo mismo con las aplicaciones manuales. Se ha podido demostrar sobre dos pinturas, de uso habitual en el mercado, que un retraso de 20 segundos para una, y de 30 segundos para la otra, y en condiciones de secado favorables, el grado de hundimiento quedaba seriamente disminuído. Se ha estudiado, en ausencia de viento, la importancia de los otros parámetros, ligados a la aplicación de las microesferas de vidrio, sobre su grado de hundimiento.

- Altura de la pistola de aplicación: sin influencia.
- Inclinación de la pistola: sin influencia.
- Presión en el depósito de las esferas: Infiuye a partir de 1 bar, salvo para las esferas tratadas para flotación. La Tabla número 5 muestra la evolución del grado de hundimiento para tres tipos de esferas sobre dos tipos de pinturas a cuatro presiones

de aplicación:

En el caso de los productos de marcado más viscosos, esencialmente los termoplásticos de aplicación en caliente, los parámetros estudiados anteriormente, que condicionan el grado de hundimiento, también intervienen, pero su influencia está considerablemente disminuída por la alta viscosidad de los productos y su rápido endurecimiento. Es preciso, antes que nada, que la temperatura de aplicación del producto sea la correcta:

- Si es muy baja: el grado de hundimiento de las esferas es insuficiente.

- Si es muy alta y se hace posible la humectación: el grado de hundimiento, corre el riesgo de ser demasiado elevado.

### INFLUENCIA DE LA DOSIFICACION DE ESFERAS SOBRE LA RETRORREFLEXION.

Si un grado de hundimiento del 50 al 60 % de una esfera en un producto de marcado permite obtener una retrorreflexión óptima, conviene ahora estudiar el comportamiento de un conjunto de esferas. La siguiente figura muestra que el espaciamiento entre las esferas (d) debe ser muy importante si se quiere evitar que se estorben unas a otras. (Figura 7).

Si se considera un vehículo, cuya altura de faros es de 65 cm., el ángulo de incidencia en la figura anterior vale 3,7° a 10 m y 0,25° a 150 m. Se puede calcular el valor de "d" que evita la zona de sombras para estos dos ángulos y para esferas de vidrio con diámetros comprendidos entre 0,2 y 0,6 mm., hundidas un 60%. A partir de estos resultados, se puede, igualmente, calcular las dosificaciones teóricas equivalentes tomando un espaciamiento lateral nulo entre las esferas. La tabla número 6 muestra los resultados:

Estas dosificaciones teóricas son muy inferiores a las dosificaciones utilizadas en la práctica. Se corresponden a una repartición ideal de esferas, de las mismas dimensiones, que emergen todas en un 40 %. Estos resultados teóricos no permiten saber

cómo evoluciona la retrorreflexión, cuando las dosificaciones aumentan, como es la práctica normal.

A partir de ensayos realizados sobre probetas metálicas con esferas de dos tipos de granulometría (> 0,315 mm. y < 0,315 mm.), se pueden trazar las curvas de retrorreflexión en función de la dosificación de esferas de g/m<sup>2</sup> a diferentes grados de hundimiento. Esta curva se presenta en la figura siguiente para la granulometría de 0,315 a 500 mm y a continuación para la granulometría de 0,125 a 0,315 mm.

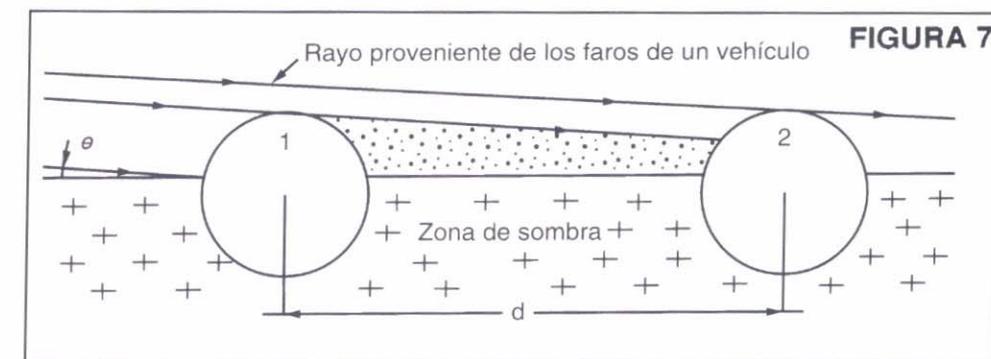
Durante la ejecución de los ensayos ha podido verse que para los grados de hundimiento superiores al 80 % no hay correlación entre la dosificación real y el número de esferas visibles. Una buena parte de las esferas se encuentran totalmente sumergidas en la película de pintura. (Figura 8).

Se ve inmediatamente, sobre estas dos figuras que la dosificación que permite obtener la mejor retrorreflexión varía según el grado de hundimiento de las esferas. Para un grado de hundimiento del orden del 60 %, que permite obtener la mejor retrorreflexión con esferas de índice de refracción de 1,5, se comprueba que la retrorreflexión máxima se consigue a una dosificación comprendida entre 60 y 180 g/m<sup>2</sup> para una granulometría 0,315-0,500mm.; y a una dosificación entre 30 y 80 g/m<sup>2</sup> para la granulometría 0,125-0,315 mm. Estos resultados, obtenidos con un ángulo de iluminación de 3,5°(retrorreflectómetro Ecolux), pueden compararse con los obtenidos en la tabla de dosificaciones teóricas equivalentes para el ángulo de 3,7° asimilando el tipo 0,315-0,500 mm. a un diámetro medio de 0,4 mm. y el tipo 0,125-0,315 a un diámetro medio de 0,2 mm. La práctica se corresponde bastante bien con la teoría.

El trazado de estas curvas, permite interpretar, en gran parte, los resultados obtenidos sobre la carretera, en los que las dosificaciones habituales oscilan entre 250 y 480 g/m<sup>2</sup>.

En obra, la retrorreflexión evoluciona a menudo, según uno de los escenarios siguientes:

1.- Una fuerte retrorreflexión inicial (>300 mcd. 1x<sup>-1</sup>.m<sup>-2</sup>), aumenta du-



Estorbo mutuo entre esferas, en observación rasante

PINTURA	TIPO DE ESFERA	HNDIMIENTO %			
		Presión en la cuba (bar)			
		<1	2	3	4
C	No hidrofugadas	80	85	90	95
	Hidrofugadas	70	75	85	90
	Tratadas para flotación	55	55	55	55
D	No hidrofugadas	55	65	70	80
	Hidrofugadas	60	60	75	80
	Tratadas para flotación	60	60	60	60

Tabla N° 5

Influencia de la presión de aplicación sobre el grado de hundimiento de tres tipos de esferas sobre dos pinturas.

DIAMETROS DE LAS ESFERAS (mm)	DISTANCIA ENTRE LAS ESFERAS (mm)		DOSIFICACIONES TEORICAS (g/m <sup>2</sup> )	
	3,7°	0,25°	3,7°	0,25°
0,2	1,3	18,6	40	3,0
0,4	2,7	37,1	78	6,0
0,6	4,0	55,7	118	8,5

Tabla N° 6

Ejemplos de espaciamientos entre esferas que permiten evitar estorbos mutuos, y dosificaciones teóricamente equivalentes.

rante un período de 1 a 4 meses, y después disminuye rápidamente.

2.- Una retrorreflexión débil inicial (200 mcd. 1x<sup>-1</sup>.m<sup>-2</sup>), aumenta lentamente durante un período de 4 a 8 meses, y después comienza a disminuir también lentamente.

El primer escenario se produce para los grados de hundimiento inferiores

al 75 %. La circulación elimina bastante rápidamente una parte de las esferas, con lo que la dosificación disminuye rápidamente, y la retrorreflexión se desplaza sobre una de las curvas de campana de las figuras anteriores, pasa por un máximo, y luego disminuye.

El segundo escenario se produce pa-

ra grados de hundimiento superiores al 75 %. La circulación provoca el desgaste de la marca vial, las esferas están cada vez menos hundidas y se hacen visibles en mayor número. La evolución de la retrorreflexión es mucho más lenta.

El primer escenario es el más general, el segundo se observa únicamente sobre marcas viales muy sobredosificadas y cuando hay una buena humectación.

En la práctica, la solución actual, que consiste en aplicar sobre la marca una dosificación importante de microesferas, en relación a la dosificación teórica, permite mantener un nivel de retrorreflexión elevado durante más tiempo: a pesar de la eliminación diaria de esferas por efecto del tráfico, la dosificación práctica, continúa siendo superior a la dosificación teórica. La nueva aportación de tratamientos de adherencia específicos para cada material, podrá hacer reconsiderar esta situación, y aproximar las dosificaciones prácticas a las teóricas, para asegurar un nivel de retrorreflexión equivalente.

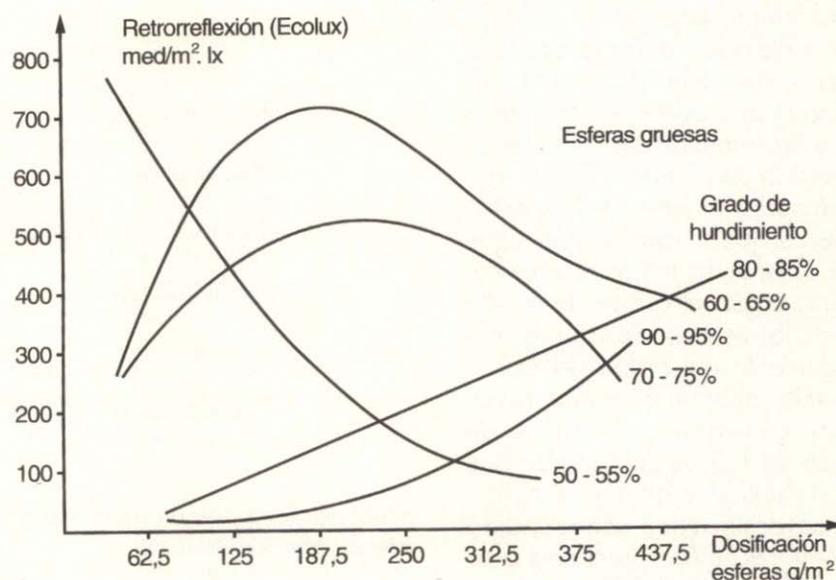
Si el Jefe de obra debe supervisar la calidad y cantidad de las esferas utilizadas, también debe, igualmente, asegurarse de la regularidad de la aplicación, para evitar las acumulaciones locales de esferas. Por esto, los distribuidores de esferas deben estar siempre en perfectas condiciones y ser revisados regularmente. Además, es preciso facilitar la caída de las esferas a lo largo de las conducciones para evitar cortes de suministro, disponer tubos de diámetro suficiente y colocar, si es posible, el depósito de las esferas justo sobre los aplicadores, para minimizar las conducciones. Actualmente se tiende cada vez más a disponer de depósitos de esferas con presión para facilitar la dosificación y correcta distribución de las esferas sobre la marca. En cualquier caso el aplicador debe conocer las curvas de caudal de esferas, para, en función de la velocidad de aplicación, garantizar la dosificación correcta de microesferas.

**DURABILIDAD DE LA RETRORREFLEXION.**

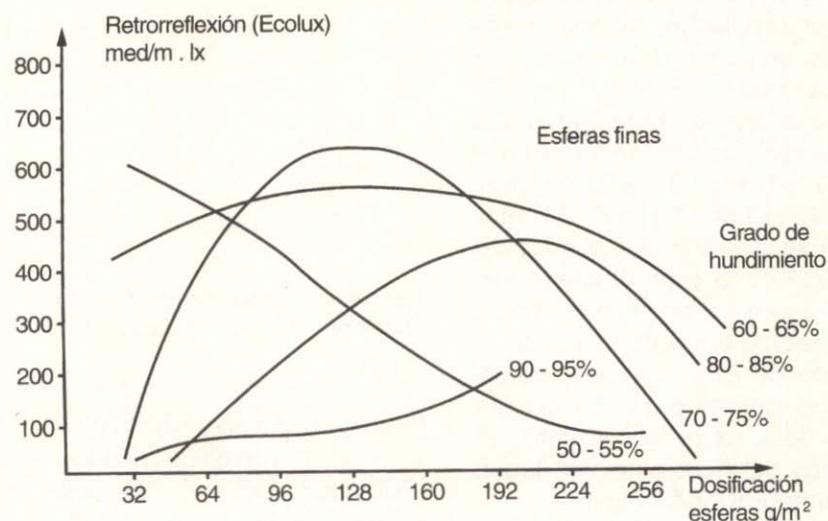
Angulo de iluminación	Angulo de observación	Tipos de equipos
3,5° (empleada en Francia, EEUU y Argentina)	4,5°	Mirolux, Ecolux, Retrolux
3,5° (empleada en Alemania y España)	5,0°	Optronik
1,24° (nueva geometría CEN)	2,29°	LTL - 2000

Tabla Nº 7

FIGURA 8



Retrorreflexión en función del número de esferas por cm² o de la dosificación (g/m²) para granulometrías 0,315-0,500 mm.



Retrorreflexión en función del número de esferas por cm² o de la dosificación (g/m²) para granulometrías 0,125-0,315 mm.

Las microesferas de vidrio situadas en la superficie de las marcas viales están sometidas a la acción de los neumáticos. Las energías puestas en juego dependen de los vehículos y de su velocidad. El comportamiento de las esferas, bajo estos condicionantes, va a depender de su grado de hundimiento, de su diámetro y de las energías de enlace que existen en la interfase esfera-producto (adherencia).

Se ha visto que por encima de un 85 % de hundimiento, es difícil obtener una buena retrorreflexión, incluso aumentando la dosificación de las esferas en proporciones importantes. Para conciliar los requisitos de adherencia y retrorreflexión hay que jugar dentro de un margen estrecho de hundimiento, por otra parte difícil de medir, que se puede situar entre el 50 y el 85 %.

En lo concerniente al diámetro de las esferas, la granulometría actual se estudia para responder a dos objetivos:

- Las más gruesas, 0,500 mm., deben conservar con las dosificaciones usuales (720 g/m<sup>2</sup> equivalentes a 0,350 mm. de película seca) una parte importante emergente, habiendo incluso humectación.

- Las más finas, 0,300 mm. y menos, deben jugar bien el papel de esferas premezcladas, si hay buena humectación (llegando a ser útiles progresivamente, gracias al desgaste del producto) o bien permanecer en la superficie, y en este caso, merced a su menor diámetro, ser menos sensibles a la acción de los neumáticos.

Las granulometrías de las microesferas de vidrio están definidas en casi todos los países, y sobre este tema hay poco que discutir. Simplemente indicar el progresivo aumento del empleo de microesferas con un corte granulométrico homogéneo a la altura de 1,5 a 2,2 mm., que debidamente tratadas para mejorar su adherencia a los productos, mejora considerablemente la visibilidad de las marcas viales en condiciones de lluvia o de humedad.

En cuanto al problema del enlace esfera-producto, la situación es mucho más compleja. pero se está desarro-

llando una tecnología muy avanzada de tratamientos superficiales, que deben tratarse de forma individualizada, producto por producto, y que han conseguido grandes resultados en lo que se refiere a mejora de la adherencia, y al control del grado de hundimiento. Las perspectivas actuales en este campo son las más extraordinarias dentro del campo de los productos de señalización.

### CONCLUSIONES

La teoría demuestra que se puede mejorar el nivel de retrorreflexión jugando con el grado de hundimiento de las esferas y su distribución sobre la superficie de la marca. Estos dos parámetros son difícilmente controlables en obra, pues ello exigiría un buen conocimiento de la teoría y del material correspondiente. Estas condiciones hacen que sea la retrorreflexión el parámetro más aleatorio de la aplicación de las marcas viales. Un buen producto, muchas veces constatado, puede conducir a mediocres resultados en obra a causa de :

- una sobredosificación de pintura
- una incorrecta dosificación de esferas
- a la utilización de tratamientos superficiales inadecuados a los cuales hace falta añadir los factores climáticos.

A pesar de todo, las aplicaciones tienden a ser correctas gracias a una sobredosificación de esferas, que en caso extremo puede conducir a un engrisecimiento de las pinturas por exceso de esferas, pero que, en general, asegura la duración de la retrorreflexión. Un mejor conocimiento de los fenómenos que condicionan la retrorreflexión y su durabilidad, debería conducir a un empleo más racional de las microesferas de vidrio.

La nueva generación de microesferas con tratamientos específicamente estudiados para cada producto, está permitiendo mejorar considerablemente los resultados con unas disminuciones de consumo superiores al 25%.

No hay que olvidar, que un buen control de la dosificación y una correcta distribución de las microesferas es la mejor garantía para lograr los buenos resultados, por lo que la

adaptación de las nuevas tecnologías de aplicación - máquinas con control automático de la dosificación - debe ser un objetivo paralelo e inmediato.

### MEDIDA DEL COEFICIENTE DE LUMINANCIA RETRORREFLEJADO R<sub>L</sub> O RETRORREFLEXION

La medida del coeficiente de luminancia retrorreflejado debe realizarse mediante equipos diseñados al efecto, que definan adecuadamente la geometría de medida y utilicen un iluminante CIE A.

Existen numerosos equipos en el mercado que pueden clasificarse en portátiles y dinámicos según realicen la medición de una manera puntual o montados sobre un vehículo en marcha. Esta última generación de equipos, de los cuales es un ejemplo claro el ECODYN, ha supuesto una profunda revolución en lo que respecta al control de calidad pues pueden obtenerse datos absolutamente fiables de la visibilidad diurna y nocturna con un rendimiento entre los 300 y 600 Km. diarios de líneas.

Respecto a los portátiles, existen tres familias fundamentales, en función de la geometría que utilizan. (Tabla Nº 7)

Los valores proporcionados por cada uno de ellos varían considerablemente, y su proporcionalidad no es tampoco lineal, si bien la norma europea correspondiente marca unas equivalencias que pueden ser de utilidad:

Las siguientes equivalencias están referidas a la geometría que reproduce la visibilidad a 30 metros, que es la nueva geometría CEN, (1,24/2, 29)

R<sub>L</sub> (30)=0,89. R<sub>L</sub> (Ecolux) - 17 s= 14

R<sub>L</sub> (30)=1,33. R<sub>L</sub> (Optronik) - 27 s= 18

Algunos ejemplos de transformación son los siguientes:  
(valores en mcd/m<sup>2</sup>. 1x)

Ecolux/ Mirolux	Optronik	CEN (30 m)
150	100	120
225	150	170
300	220	250
400	300	350

# VIAS AGRICOLAS Y FORESTALES

José María Martín-Montalvo y Vera  
Ingeniero Agrónomo. Jefe de Departamento de Operaciones de Madrid y Castilla-La Mancha.  
Empresa de Transformación Agraria. S.A. (TRAGSA)

Transcripto de la Revista CARRETERAS Nº 68, 4ª Epoca, de la Asociación Española de la Carretera.

La tendencia mundial, cuya pauta es marcada por los países más desarrollados, es la de disminuir el porcentaje de la población acupada en el Sector Agrario y Forestal, sobre el total de población activa. Si este porcentaje está actualmente situado a nivel mundial sobre un 45 %, algunos países, considerados como muy desarrollados, presentan cifras muy inferiores citando a título de ejemplo: Estados Unidos el 2, Canadá el 3, Alemania el 4, Francia el 5, Japón el 6 o la propia C.E.E. cuya media se sitúa en el 6.

En España se ha pasado de un porcentaje próximo al veinte, al principio de la pasada década de los ochenta, hasta el actual situado cercano al nueve o diez, y con perspectivas de alcanzar el óptimo situado en el cinco.

Para lograr este óptimo es necesario crear puestos de trabajo en la industria o en los servicios para que se pueda absorber el excedente de mano de obra agrícola. Este éxodo rural está provocando y provocará aún en mayor medida en el futuro, la desaparición de numerosas entidades menores de población y por lo tanto una concentración de municipios que obligará a incrementar notablemente las distancias de desplazamiento entre los lugares de producción y los de

residencia, elaboración o transformación.

Por otro lado, y unido a la anterior reflexión, el avance de una agricultura más competitiva, ha reducido notablemente los tiempos de transporte empleados en las tareas propias del Sector, al utilizar medios mecánicos más capaces y veloces.

Vemos pues, con todo lo anterior, el papel protagonista que desempeñan los caminos y vías de acceso en el desarrollo de la agricultura, tanto más cuanto más próspera y competitiva sea ésta, ya que según se avance en su desarrollo, existirán mayores distancias de transporte pero por contra, será necesario que sean recorridas en menores tiempos y por lo tanto se les exigirá mejores prestaciones.

Podemos afirmar que éste tipo de vías, que definiremos como aquellas vías de comunicación de baja intensidad de tráfico que dan servicio a zonas agrícolas y/o forestales, no solo constituyen un elemento vital en el desarrollo de un país, sino que tienen una importancia mucho mayor de lo que se piensa, en cuanto a su cuantía en número y en inversión. Así a título de ejemplo citaremos (según fuentes del M.A.P.A.) que la inversión pública, a principios de esta década de los noventa, en el Sector

Agrario y Alimentario, destinada a mejora de la infraestructura agraria de los cientos de miles de kilómetros de estas vías existentes en nuestro país, rondaba los cuarenta mil millones de pesetas, lo que supone aproximadamente el treinta por ciento del total de la inversión pública en el sector.

## CARACTERISTICAS ESPECIFICAS DE LAS VIAS AGRICOLAS Y FORESTALES

### 1. CLASIFICACION. TIPOLOGIA. CATEGORIAS DE TRAFICO Y SUELOS.

Antes de proseguir mostrando otro tipo de consideraciones respecto a las vías que nos ocupan, lo primero que procede es intentar clasificar éstas en función de algunos criterios sencillos. En primer lugar, y dado que cualquier método de dimensionamiento de firmes utiliza como variable fundamental, en el comportamiento de los mismos, la influencia del tráfico, será este parámetro el empleado como primer criterio de clasificación. Si nos referimos al tráfico que soportan estas vías, la Instrucción 6.1. y 6.2 IC 1975 (Instrucciones de la Dirección General de Carreteras y Caminos Vecinales sobre "Firmes flexi-

bles" y "Firmes rígidos" respectivamente, promulgados mediante Orden Ministerial de 12 de marzo de 1976 por el Ministerio de Obras Públicas) lo clasifica como de categoría T4, es decir, menos de 50 vehículos pesados por día y por sentido en la vía que se proyecte durante año de puesta en servicio. Parece lógico a partir de esta limitación impuesta para toda la categoría utilizar ese mismo criterio de clasificación.

Así es posible realizar una clasificación del tráfico de estas vías, en la que establezcan cinco categorías en función del número diario de vehículos pesados por sentido en el momento de la puesta en servicio (Cuadro 1).

CATEGORIA DE TRAFICO	Nº DIARIO DE VEHICULOS PESADOS POR SENTIDO EN EL MOMENTO DE LA PUESTA EN SERVICIO
T41	25 - 49
T42	12 - 24
T43	6 - 11
T44	2 - 5
T45	0 - 1

CUADRO 1

Como en muchas ocasiones no resulta sencillo estimar el número aproximado de vehículos pesados diarios que se espera circulen por la vía a proyectar, se recurre entonces a utilizar otras clasificaciones con un criterio subsidiario de la presentada anteriormente. A efectos prácticos se podría establecer dos grandes grupos en función del uso predominante de las mismas (Cuadro 2), y por tanto fijar como uno de los factores principales la categoría del tráfico pesado que circula por ella. Así tendríamos:

- Vías de uso general; son las que dan servicio a núcleos de población, como alternativas a otras vías de mayor importancia. Soportan mayor intensidad de tráfico que el resto de los caminos, así como velocidades de circulación más elevadas. Su im-

CATEGORIA DE TRAFICO EN FUNCION DEL TIPO Y USO DE LA VIA			
VIAS AGRICOLAS Y FORESTALES	AGRICULTURA INTENSIVA	PRINCIPALES	T43
		SECUNDARIAS	T44
VIAS DE USO GENERAL	AGRICULTURA EXTENSIVA Y VIAS FORESTALES	PRINCIPALES	T44
		SECUNDARIAS	T45
		< 200	T44
	Nº DE HABITANTES DE LOS NUCLEOS DE POBLACION A LOS QUE SIRVE LA VIA	200 - 500	T43
		500 - 2000	T42
		> 2000	T41

Cuadro 2

portancia, y por tanto la categoría del tráfico pesado que por ella circula, está en proporción directa con la población de los núcleos a los que sirven.

También, en otras ocasiones, cumplen además una función turística y de ocio ecológico, por discurrir por zonas de interés general: parques naturales, parajes insólitos, etc. En este caso deben proyectarse teniendo en cuenta la intensidad media diaria de vehículos, que puede ser muy elevada en períodos punta, aunque el resto del tiempo su intensidad de circulación sea muy baja.

- Vías agrícolas y forestales, propiamente dichas, o vías utilizadas como medio de producción. Como cualquier otro medio de producción, su coste debe ser mínimo y asegurar una buena explotación y obtención de los productos finales. Pueden dar servicio también a núcleos de población, pero sólo lo hacen como alternativa a otras vías y no es ese su uso predominante.

Podría considerarse a diferencia de las del otro grupo, que en éstas, el porcentaje de vehículos pesados sobre el total de la intensidad de tráfico, puede superar incluso el cuarenta por ciento.

En ellas habría que distinguir claramente las que sirven a explotaciones intensivas, principalmente de regadío, de las que sirven a explotaciones extensivas como labores de secano o zonas de vocación forestal.

Otro criterio sencillo para ordenar las vías de baja intensidad de tráfico, es el de considerar la capacidad soporte de la explanada como un factor fundamental en el comportamiento de un firme. Para clasificar los suelos en función de la capacidad soporte, se suele emplear como práctica habitual el valor del índice CBR, estableciendo cuatro categorías de calidad ascendente. (Cuadro 3).

CATEGORIA DEL SUELO	INDICE C.B.R.
SO	3 - 5
S1	6 - 10
S2	11 - 20
S3	> 20

Cuadro 3

## 2. CONDICIONANTES BASICOS PARA EL DISEÑO DEL CAMINO

A la hora de diseñar un camino rural, tres son los condicionantes básicos que hay que conocer: tráfico, velocidad de circulación y características del suelo.

- Tráfico: la estructura del firme será función del número y características de los vehículos pesados que se prevea vayan a circular durante el período de proyecto. El camino debe proyectarse con visión de futuro, por dicho motivo hay que considerar un período mínimo de 5 años.

En el tráfico se consideran dos aspectos fundamentales, el índice IMD

(intensidad media diaria) y la carga por eje.

- **Velocidad de circulación:** parámetro fundamental a la hora del diseño de un camino rural: radio de las curvas, distancia de parada, peralte, sobrecancho, etc. Viene determinada en la Norma 3.1 de la Instrucción de Carreteras.

- **Características del suelo:** el dimensionamiento de los firmes exige el conocimiento profundo y exhaustivo del suelo sobre el que se va a asentar el camino. Para poder determinar la calidad de un suelo basta con evaluar algunas de sus características, sobre todo aquellas que más influyen en su comportamiento como cimiento de un firme o como material de construcción.

Las características fundamentales a considerar son la granulometría, plasticidad y densidad.

**Granulometría:** los análisis granulométricos consisten en la determinación de las proporciones de los distintos tamaños de granos que componen el conjunto de un suelo. Normalmente se realizan por tamizado. La Norma NLT 104/58 establece el procedimiento a seguir.

Se distinguen dos series: la gruesa y la fina. La serie gruesa abarca los tamices que van desde 4" a 1/4", variando de mayor a menor en intervalos de 1/2" en los cinco primeros, 1/4" en los cuatro siguientes; 1/8" en los otros cuatro y 1/16" en los cuatro últimos. En la serie fina los tamices más utilizados son los números 4 (4,76 mm.), el 10 (2 mm.), el 40 (0,42 mm.) y el 200 (0,074 mm.). Los análisis granulométricos se representan gráficamente utilizando curvas acumulativas en escala semilogarítmica. En ordenadas se representa el tanto por ciento que pasa por un tamiz determinado y en abscisas se lleva el tamaño de las partículas en mm. o bien el número de tamiz correspondiente.

**Platicidad:** imaginemos un suelo cohesivo al que se le ha desecado pre-

viamente a 105° C hasta peso constante. Si a dicho suelo se le va añadiendo agua poco a poco, pasará del estado seco (sólido) al fluido (con exceso de agua), pasando por estados intermedios. Se definen así los llamados límites de Atterberg o de consistencia, siendo los que se deben conocer los denominados límites líquidos (LL), límite plástico (LP) y límite de retracción (LR) los pasos de estado fluido al plástico, del plástico al blando y del blando al duro, respectivamente.

Suele determinarse esta característica con el denominado índice de plasticidad ( $I.P.=LL-LP$ ) que representa el entorno en el que un suelo conserva sus propiedades plásticas.

Ligado a este concepto representado por los límites de Atterberg se hallan otros conceptos interesantes como el de la humedad natural y el de entumecimiento.

**Densidad:** considerando el suelo como material de construcción, entendemos que se trata de un elemento susceptible de manipulación y por tanto lo que verdaderamente interesa es la densidad que se puede llegar a alcanzar después de someterlo a un proceso de compactación o de reducción de huecos mediante la aplicación de una energía mecánica. La resistencia de un suelo es función del grado de compactación al que se llegue, pero este a su vez es función de su naturaleza, de la energía aplicada durante el proceso y de la humedad con que se ha realizado. La relación entre estas variables se establece en una serie de ensayos normalizados de compactación conocidos como ensayos Proctor (nombre tomado del ingeniero que los definió) regulados por las Normas NLT 107/58 y 108/58 en las que se describen las rutinas de laboratorio para llegar a determinar las curvas de humedad/densidad.

Así pues, vemos que la capacidad soporte que puede llegar a desarrollar un suelo depende principalmente de sus características intrínsecas (granulometría y plasticidad) y de la compactación a la que se le haya so-

metido y humedad que tenga en cada momento. Por tanto si conocemos estas características diferenciadoras, podemos estimar cual será el comportamiento de un suelo cualquiera. Para conocer esas características se clasifican los suelos encuadrándolos dentro de una determinada tipología, siendo los dos sistemas de clasificación más utilizados el de la A.A.S.H.T.O. (derivado del antiguo sistema HRB) y el de la A.S.T.M. (que se creó a partir de la conocida clasificación de suelos de Casagrande). Analizando esta clasificación, observamos que tiene un sentido enormemente lógico en su planteamiento y desarrollo. Al pasar desde un suelo clasificado como el A-1-a hasta el A-7-6 los tipos de suelo van perdiendo calidad a efectos de comportamiento como sub-rasante del camino.

### 3. CARACTERISTICAS GEOMETRICAS

Podríamos citar algunas de las más importantes por sus diferencias con respecto a las vías de carácter convencional:

- **Trazado:** en las vías de uso general, el trazado ha de ser lo más recto posible, siempre que lo permita el relieve del terreno al objeto de tener un menor coste de ejecución y unos menores gastos de transporte. En las redes agrícolas influye además la parcelación de la zona, que obliga frecuentemente a un trazado ortogonal de las redes de caminos. Normalmente el trazado vendrá impuesto por la pendiente del terreno. Siempre que sea posible se tomará como pendiente máxima el 8% en vías de uso general y en vías de uso agrícola. Este porcentaje se podrá elevar hasta un 10 % en vías forestales.

- **Rasantes:** en este tipo de caminos, los terraplenes y desmontes han de ser los mínimos indispensables para permitir la circulación de vehículos. Lo más indicado será proyectar su trazado por lugares donde el movimiento de tierra necesario sea mínimo.

La distancia a la cual debe ser movida la tierra, está correlacionada con la longitud de los terraplenes y desmontes. La dificultad que existe para encontrar tierras de préstamos a distancias convenientes y las molestias que supone no emplear para terraplenes toda la tierra obtenida de los desmontes, hace que se equilibren los volúmenes de terraplén y desmonte. Es decir en estas vías se acomoda la rasante a la relación de desmonte/terraplén que dá un menor coste de ejecución.

- Elementos de seguridad: Curvas, peraltes y sobrecanchos. En carreteras convencionales, las curvas están formadas por un arco de circunferencia y un acuerdo entre el círculo y la alineación recta.

En caminos rurales, dado que no existen grandes velocidades de circulación, la curva suele replantearse en su totalidad como circular, aunque en función del uso del camino, como en el caso de las vías de uso general, se tiende más a emplear otro de los parámetros fundamentales que definen la curva además del radio, es el peralte. Estos tienen que tener unos valores de manera que la curva sea segura, sin peligro de vuelco ni deslizamiento transversal. El radio mínimo se proyecta siguiendo la Norma 3.1 de la Instrucción de Carreteras que fija una relación entre la velocidad, el peralte y el coeficiente de rozamiento transversal. Sin embargo, hay que señalar que éste varía con el tipo de firme, siendo mayor en aquellos firmes cuyo coeficiente de rozamiento sea menor, como por ejemplo en capas de rodadura con revestimiento asfáltico. El peralte en este tipo de vías debe ser el mínimo necesario, ya que no sólo encarece la obra, sino que además puede suponer un peligro para la circulación de vehículos lentos ya que éstos al deslizarse tienden a circular por la parte interna de la curva. Por esto en aquellas vías más principales o de mayor densidad de tráfico se suelen proyectar sobrecancho como elementos de seguridad.

- Entroques: es aconsejable que sean lo más perpendicular posible a la vía de entroke y que su pendiente no supere el 5% al menos en los 25 metros anteriores.

Se utilizan curvas y radios de acuerdo con las obras tipificadas por el I.R.Y.D.A. (serie OT-C 13) y para vías de uso general, lo dispuesto por la legislación del Organismo al que pertenezcan.

### CRITERIOS DE DIMENSIONAMIENTO. ESTRUCTURA DE UN FIRME.

El dimensionamiento de los firmes exige la evaluación de la capacidad de soporte de la explanada. Ya se ha visto anteriormente que la misma se puede estimar clasificando el suelo. También existen determinaciones directas mediante: ensayos de carga con placa o índice de C.B.R..

En caminos rurales los pavimentos que más se utilizan son los pavimentos flexibles, siendo los pavimentos rígidos de uso muy restringido a determinadas zonas y condiciones: por ejemplo caminos con pendientes superiores al 12-13% frecuentemente son hormigonados. Existen muchos métodos para el dimensionamiento de los pavimentos flexibles, atendiendo a las características físicas del terreno, sin embargo nos referiremos solamente a aquellos sistemas que tienen más utilidad para los caminos agrícolas.

Los valores que se obtienen para el dimensionamiento lo son en función de la capa subyacente, es decir que para determinar el espesor total de un pavimento se toman las características de la explanación; obtenemos así el espesor total del pavimento. Si consideramos la capa de subbase obtendremos el espesor de la capa base y capa de rodadura. En todos los métodos se emplea este sistema diferencial; aunque el modo de proceder es calcular el espesor total y luego teniendo en cuenta unas tablas de equivalencia, como se ex-

pone más adelante, se fijan los espesores de las distintas capas de pavimento en función de la estructura de firme elegida o proyectada.

### 1. METODOS DE CALCULO DE ESPESORES DE FIRME

Seguidamente se expone una relación de los principales métodos utilizados para el cálculo de firmes.

a) Método del Índice de Grupo.

El índice de grupo es un número entero obtenido al calcular una expresión que es función de la composición granulométrica y de las características plásticas de un suelo.

El espesor total del pavimento viene dado por la siguiente fórmula:

$$E = \frac{11}{4} \cdot IG - \frac{1}{16} IG^2 + e$$

En la cual IG es el índice de grupo de la subrasante y e el espesor fijo que se asigna al conjunto de base y capa de rodadura, cuyos valores dependen del tipo de tránsito.

- Ligero: 15 cm.

- Medio: 22 cm.

- Pesado: 30 cm.

Por este método, lo que realmente es variable es el espesor de la subbase.

Es evidente que para suelos no plásticos cuyo índice de grupo sea nulo, el espesor que se obtiene para el pavimento es el mismo. Es decir, que para suelos de los tipos A-1-a, A-1-b, A-3, A-2-4 y A-2-5 el espesor calculado es siempre el mismo. Esto nos indica que la fórmula, si bien puede responder eficazmente en suelos de bajas calidades, en los de mejor calidad ésta no se considera.

b) Método del índice del C.B.R.

Es un método que tienen en cuenta la resistencia del terreno a la penetración.

Es un método empírico pero con fundamento en un sin número de trabajos de laboratorio y de obra, razón por la que ha alcanzado su actual difusión.

Las rutinas de laboratorio para la obtención del C.B.R. se especifican en las normas NLT-111 y 112/58.

El espesor se puede calcular con los ábacos existentes, o bien con la siguiente fórmula:

$$E = \frac{100 + 150}{1 + 5} \sqrt{P}$$

En la cual P es la carga por rueda expresada en toneladas; l es el valor del C.B.R. calculado y E el espesor del pavimento en centímetros.

Como norma general no deben utilizarse espesores de firme sobre la subrasante menores de 15 cm. Como única excepción, se podría reducir a 12 cm. en el caso de magníficos materiales de la explanación y con un buen drenaje.

Si en la fórmula anterior hacemos E=15 cm; P=4 toneladas, obtenemos un valor de C.B.R. de 21; luego quiere decir que en caminos rurales, cuando la explanación tenga C.B.R. ≥ 21 no será necesario dimensionar el espesor, pues se pondrán 15 cm.

El método C.B.R. tiene algunas dificultades, es un ensayo caro y además los resultados no siempre son fácilmente interpretables, como es el caso de suelos muy plásticos, en los que la inmersión en agua durante cuatro días no es suficiente. En estos casos como el C.B.R. se hace con una arcilla parcialmente humedecida, nos da valores excesivos, y valores de espesor que no son suficientes.

c) Método de Peltier

En los casos de suelos plásticos en que el C.B.R. sea menor de 20 se puede utilizar el método de Peltier desarrollado en el Laboratorio Central de Puentes y Carreteras de Francia.

En estos casos se sustituye el C.B.R. por un valor F (valor soporte de Peltier) que viene dado por:

$$F = \frac{4 \cdot 250}{IP \times LL}$$

donde IP es el índice de Plasticidad y LL el Límite Líquido.

El valor de F es muy próximo al de C.B.R. salvo en suelos muy plásticos, en los que el C.B.R. es anormal y demasiado alto, siendo más real F.

La simplicidad de la fórmula y la correspondencia con el valor de C.B.R. permite, para suelos plásticos, prescindir del ensayo C.B.R. sobre todo teniendo en cuenta que en caminos rurales los datos del tránsito introducen un grado de error muy superior al que se puede deducir por el empleo de F.

Con los valores de F así deducidos podremos entrar en las fórmulas o ábacos establecidos para el C.B.R. obteniendo los espesores para el pavimento. Es un método sencillo y cómodo y de validez completa para caminos rurales.

d) Método de Trocchi

De la misma forma que se señalaba en el método anterior, cuando no se disponen de medios para la obtención del C.B.R., se puede evaluar con bastante aproximación, mediante la expresión debida al Ingeniero Giorgio Trocchi.

$$C.B.R. = \frac{(22 - IG) \times \frac{D}{1,45}}{1 + \frac{LL \times IP}{750}}$$

en donde:

D= densidad máxima seca Próctor normal (t/m<sup>3</sup>)

IG= Índice de grupo

LL= Límite líquido

IP= Índice plástico

e) Método de Massachussets

Basado en la resistencia del terreno

de fundación. Es el método más antiguo, pues data de 1901.

Admite que la distribución de la presión se hace hasta el cimiento según una pirámide cuyas caras forman un ángulo de 45° con la horizontal.

$$e = \sqrt{\frac{P}{4R}}$$

donde:

P (Kp)

R (Kp/cm<sup>2</sup>): Presión admisible del terreno

e (cm)

Para determinar el valor de R se hace en función del factor F del Peltier, obteniendo un valor de carga estática, que al tratarse, normalmente de cargas dinámicas, disminuir en un 20 %.

f) Coeficiente de calidad

Con los métodos anteriores, y eligiendo el que sea más aconsejable en función de las características del suelo, procederemos a dimensionar las distintas capas del pavimento; pero para ello hay que tener en cuenta que no todos los materiales tiene la misma calidad, por lo que los espesores de cada uno de ellos dependerán del material. Para ello se establecen unos coeficientes que se reflejan en el Cuadro 4 y que pueden utilizarse para sustituir espesores calculados por capas de cada uno de los distintos materiales que se proyecten a los que se les aplica el coeficiente de calidad que corresponda.

**2. MATERIALES ESPECIFICOS. ESTABILIZACIONES DE SUELOS.**

Podría decirse, con carácter general, que cualquier capa constituyente de un firme está formada por materiales, o bien de una única naturaleza, o bien por la combinación de varios de diferente naturaleza: áridos naturales y adicionales. Las capas granu-

TIPO DE FIRME	COFICIENTE DE CALIDAD
Mezclas asfálticas en caliente	2
Mezclas asfálticas en frío	1,7
Grava-cemento	1,5
Macadam	1,2
Suelo A-2 estabilizado con cemento	1,2
Estabilización granulométrica a 1º	1
Suelo-betun	1
Suelo-cemento	1
Suelo A-2-6 con aceite sulfonado	1
Estabilización granulométrica a 2º	0,9
Suelo A-4 con aceite sulfonado	0,9
Suelo A-6 con aceite sulfonado	0,8
Zahorras naturales	0,8
Suelo A-6 y A-7 con cal	0,7
Estabilización arena-arcilla	0,7

Cuadro 4

lares están formadas, exclusivamente, por áridos naturales, por lo que, en este caso, se habla de suelos con estabilización granulométrica. En el resto, la estabilización de los suelos se efectúa a partir de un terreno y un aglomerante u otras adiciones.

Tradicionalmente en España se venían utilizando, en la construcción de la red viaria de baja intensidad de tráfico, capas de firmes granulares formadas por áridos de granulometría continua (zahorras) o capas formadas por áridos de granulometría uniforme (macadam). Esta última, si bien es una técnica muy correcta está en clara regresión debido a las dificultades de ejecución que plantea. El empleo de zahorras naturales en capas de base (y en ocasiones más que frecuentes como capa de rodadura) se ha generalizado por varios motivos; primero, por su economía, al disponer de los materiales normalmente a pie de obra o en zonas próximas (lo que evita el encarecimiento de la obra al no tener apenas transporte); segundo, por su facilidad de extracción que permite paliar los impactos medioambientales al no ser muy costosos los trabajos de acondi-

cionamiento o restauración de esos yacimientos granulares.

Sin embargo, actualmente es cada vez más frecuente el uso de materiales de los denominados zahorras artificiales o de machaqueo al no ser fácil encontrar materiales granulares naturales. En este caso, existe un evidente encarecimiento del coste. Además en ocasiones hay dificultades para encontrar materiales, que reuniendo unas características adecuadas, están en lugares relativamente próximos a las obras a realizar para no encarecer, aun más, con el transporte, el coste final del producto.

Por ello, hoy en día está generalizado el sistema de estabilización de los suelos existentes en la explanada del camino a proyectar. Los suelos estabilizados tienen unas características muy variables, en función de las que tengan los suelos de partida y del sistema empleado para lograr la estabilización.

Así pues, se podría hablar de dos tipos de estabilizaciones; en primer lugar, de estabilización mecánica, cuando el proceso consiste en mezclar el suelo existente con otro de características diferentes que mejoran

su calidad. Y en segundo lugar, de estabilización con aditivos, en las que se incorporan al suelo productos que actúan física y/o químicamente con el mismo, consiguiendo unas mejores características. En ambos casos, se pretende el máximo aprovechamiento de los materiales locales. Sobre todo en vías de baja intensidad de tráfico, en que el transporte de materiales a unas ciertas distancias, incide de una manera elevadísima en el coste final del firme construido.

La estabilización mecánica se plantea cuando los suelos de la explanación no son de la calidad exigible, y a distancia reducida se encuentran suelos de materiales complementarios. Como ya se ha comentado, no hay muchas zonas en las que existen materiales de la calidad adecuada. En estos casos habría que recurrir a utilizar materiales obtenidos mediante procesos de transformación más o menos complejos. Nos estamos refiriendo al empleo de materiales procedentes de canteras en explotación o al de plantas de machaqueo, tanto fijas como móviles, en las que se obtengan materiales granulares a partir de piedras calizas, cuarcitas, granitos en descomposición, formación de pedrizas, etc. No obstante, si no disponemos de canteras en las proximidades de la obra, estas otras explotaciones provisionales no son fáciles de montar, por existir muchas dificultades para obtener los necesarios permisos de los organismos competentes, ante los problemas derivados de las medidas de protección del medio ambiente.

Por todo lo anterior, actualmente en este tipo de vías es cada día más frecuente la estabilización de suelos mediante el empleo de aditivos. Dentro de los utilizables en la construcción de caminos se pueden considerar varios grupos principales, como:

- cales aéreas
- conglomerantes hidráulicos
  - cementos
  - cales hidráulicas

- conglomerados puzolánicos
- escorias granuladas de alto horno
- cenizas volantes silicoaluminosas
- puzolanas naturales

- Ligantes hidrocarbonados
- alquitranes
- betunes fluidificados
- betunes fluxados
- betunes asfálticos
- emulsiones bituminosas

De todo los citados, hay que separar, por su escaso empleo en la construcción de firmes, las cales hidráulicas y las puzolanas naturales. Actualmente tampoco se utilizan en vialidad los alquitranes por su rápido envejecimiento y alta toxicidad, y apenas los betunes fluidificados y fluxados por el empleo de productos volátiles, como fluidificantes, de alto coste.

Igualmente, habría que destacar los betunes asfálticos, que aunque se usan en construcción de firmes, no se deben emplear como aditivos en estabilizaciones, sino en la construcción de capas con mezclas bituminosas en caliente, dado su alto coste.

El resto, viene siendo utilizado habitualmente en estabilizaciones de suelos. Así, por ejemplo las cales aéreas se emplean para la estabilización in

<b>SOLUCIONES DE ESTABILIZACION IN SITU</b>	
<b>CATEGORIA DEL SUELO</b>	<b>ADITIVO MAS APROPIADO PARA ESTABILIZAR A MAS BAJO COSTE</b>
S0	CAL AREA (1)
S1	CAL AREA/CEMENTO (Y/O SUSTITUTIVOS)
S2	CEMENTO (Y/O SUSTITUTIVOS) EMULSION BITUMINOSA
S3	EMULSION BITUMINOSA (2)

(1) Solo para mejorar explanaciones y subbases.  
(2) Siempre que no se trate de suelos confinados.

**Cuadro 5**

situ de suelos arcillosos con elevada plasticidad y/o elevada humedad natural. Los cementos se emplean para la estabilización in situ de suelos de reducida plasticidad. Las escorias granuladas de alto horno y las cenizas volantes silicoaluminosas, pueden ser utilizadas con ventajas como sustitutos del cemento o en mezcla con él, siempre y cuando, el camino

a construir no esté lejos de los centros de producción de estos materiales. Aunque es preciso mencionar las dificultades que presenta su distribución sobre el terreno.

Para clarificar ideas, es posible afirmar, que en función de la categoría del suelo se pueden presentar unas soluciones de estabilizaciones in situ que combinan calidad de firme y

<b>CAPA DE FIRME</b>	<b>UNIDADES DE OBRA SOLUCIONES MAS UTILIZADAS</b>
Sub-bases	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Estabilización granulométrica</li> <li>- Estabilización suelo-cemento</li> <li>- Estabilización con cal</li> <li>- Otras: escorias, tout-venant, material de rechazo de cantera</li> </ul>
Bases	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Estabilización granulométrica</li> <li>- Estabilización suelo-cemento</li> <li>- Grava-cemento</li> <li>- Macadam</li> <li>- Estabilización con emulsión bituminosa</li> <li>- Otros: escorias</li> </ul>
Capa rodadura	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Riego de penetración</li> <li>- Tratamiento superficial</li> <li>- Mezcla bituminosa en frio. Grava-emulsión</li> <li>- Lechadas bituminosas</li> <li>- Mezcla bituminosa en caliente</li> </ul>

**Cuadro 6**

coste del mismo. Son las indicadas en el cuadro 5.

Se comprende que cuanto más se avanza hacia suelos de mejor categoría (tipo S3) mayor calidad presentará el firme (aunque puede tener un coste más alto) ya que las soluciones apuntadas para suelo de categoría máxima, son utilizables en las categorías inferiores, mejorando notablemente la calidad de ese firme (o capa de firme) aunque eso sí, con un mayor coste.

Con todo lo anterior, puede decirse, que en las vías de baja intensidad de tráfico (vías que requieren bajas inversiones de construcción) y para capas de base y/o sub-base, la estabilización in situ de los firmes constituye una de las mejores opciones. Por lo visto anteriormente, lógicamente una de las soluciones de más calidad la constituirá el empleo de emulsión bituminosa.

También es necesario dejar bien claro que si el camino a proyectar tiene una intensidad de tráfico importante y al firme se le quiere dotar de una alta calidad, habrá que pensar en estas soluciones para las capas inferiores pero deberán proyectarse capas de rodadura de mayor calidad.

### 3. SECCIONES ESTRUCTURALES TIPO EN CAMINOS AGRICOLAS Y FORESTALES

Hasta ahora hemos hablado del material que nos ha de servir de soporte al camino y del firme tanto desde su dimensionamiento como desde el punto de vista de materiales y aditivos más empleados. Sin embargo la estructura total del camino puede no estar completa al faltarle otras capas que doten a la estructura de algunas propiedades necesarias para su mantenimiento y conservación, como por ejemplo el pavimento o capa de rodadura que actúa como zona de desgaste, capa de impermeabilización, etc.

En todos los supuestos prácticos de un camino nos encontramos alguna de las siguientes capas :

- CIMENTACION
  - . explanación
  - . explanación mejorada

- FIRME
  - . sub-base
  - . base
  - . capa de rodadura o pavimento

En caminos agrícolas y forestales nos encontramos cualesquiera de las secciones tipo formadas por combinación de una o varias capas de las descritas anteriormente. Así por ejemplo, una pista forestal para saca de madera puede estar constituida por una sección en la que solo exista una explanación compactada o como mucho mejorada y en el nivel opuesto de la escala una vía de uso general que una dos núcleos de población puede tener una estructura con todas las capas descritas e incluso con altas calidades por capa (como pudiera ser una sub-base estabilizada con cemento, más una capa de base con zahorras artificiales y una capa de rodadura a base de mezcla asfáltica en caliente).

Según aumentamos la categoría del tráfico y la calidad del suelo para formación de explanadas, estaremos ante secciones estructurales más sofisticadas y de mayor calidad (tráfico T 41 suelo S3), que si bajamos en la escala hacia tráfico de menor importancia y suelos de peor calidad (tráfico T45 y suelo S0), aunque para cada tipo de tráfico y suelo siempre se podrán adoptar soluciones equivalentes en función de cada sección estructural que se proyecte.

Por último y para mostrar una amplia gama de unidades de obra que se pueden utilizar en este tipo de vías, se presenta seguidamente (cuadro 6) las soluciones más utilizadas para cada una de las capas descritas.

### CONCLUSIONES

En el presente artículo se ha tratado de presentar un aspecto general de las características especiales que tienen estas vías, de los condicionantes para el diseño y proyecto de las mis-

mas, de los materiales y técnicas constructivas empleadas en sus firmes, pero sobre todo se ha tratado de resaltar que la utilización de técnicas propias de las carreteras convencionales no son privativas de estas últimas, sino que en menor escala y en determinadas ocasiones también se emplean en este tipo de vías agrícolas y forestales o vías de baja intensidad de tráfico.

No obstante lo anterior, la principal conclusión que se ha de sacar es que el lógico reducido coste de las infraestructuras en este sector obliga a utilizar materiales autóctonos o próximos a las zonas de actuación condicionando claramente las soluciones técnicas adoptadas. Además existe un fuerte predominio de los condicionantes paisajísticos y de impacto ambiental.

Las soluciones técnicas serán tanto más parecidas a las utilizadas en carreteras convencionales cuanto más exigencias y prestaciones se le soliciten a la vía.

Por último apuntar que en el presente artículo se ha omitido todo lo relativo a obras de fábrica, obras auxiliares, señalización, obras de saneamiento, drenaje y protección por considerar que la intención no es exponer un tratado sobre la construcción de estas vías, sino más bien significar su importancia y resaltar sus peculiaridades.

### BIBLIOGRAFIA

MOPU - Pliego de prescripciones técnicas generales para obras de carreteras y puentes. Pág. 3 y 4.

AYUSO MUÑOZ - Trazados y cálculos de caminos rurales.

IRYDA - Caminos rurales - Manuales técnicos.

LOSA, J (1979) - Caminos económicos.

BARDESI, A. y DEL VAL, M.A. - Manual de pavimentos asfálticos para vías de baja intensidad de tráfico.

# ASOCIACION ARGENTINA DE CARRETERAS

## CONSEJO DIRECTIVO

El 26 de abril último la Asociación Argentina de Carreteras realizó su 41º Asamblea General Ordinaria, de acuerdo con lo establecido en el artículo 12 de su Estatuto, en la que se aprobaron la memoria y el balance general del año 1994 y se procedió a la elección de los miembros del Consejo Directivo y de la Comisión Revisora de Cuentas que finalizaron sus mandatos al 31 de diciembre último.

En esta oportunidad ingresaron al Consejo Directivo los siguientes miembros titulares de la Categoría "B" (Entidades Oficiales y Civiles) el Ing. Fernando A. Sananez en representación de la Cámara de Concesionarios Viales y de la Categoría "A" (Socios Individuales), el Sr. Hugo R. Badariotti. Como miembro suplente de la Categoría "A" (Socios Individuales), el Agr. Diego F. Mazzitelli y como integrante de la Comisión Revisora de Cuentas, el Ing. Norberto J. Salvia.

Con posterioridad a la Asamblea el Consejo Directivo delegó en el Presidente de la Asociación la designación de la Junta Ejecutiva, quedando constituido el Consejo en la siguiente forma:

### JUNTA EJECUTIVA

Presidente: **Ing. Rafael Balcells**

Vicepresidente 1º: **Ing. Carlos A. Bacigalupi**

Secretario: **Ing. Carlos F. Aragón**

Tesorero: **Ing. Carlos J. Priante**

Vicepresidente 2º: **Ing. Jorge W. Ordoñez**

Prosecretario: **Ing. Enrique L. Azzaro**

Protesorero: **Ing. Juan Morrone**

Consejeros Adjuntos:

**Ing. José Bertrán, Ing. Mario J. Leiderman e Ing. Félix J. Lilli**

### MIEMBROS TITULARES

Categoría Ex Presidentes (Art. 11º Estatuto): **Ing. Néstor C. Alesso e Ing. Pablo R Gorostiaga**

### MANDATOS POR CATEGORIAS DE SOCIOS

#### CATEGORIA SOCIOS PROTECTORES

#### Mandatos por 2 años

ACINDAR S.A.

Rep.: **Ing. Ricardo G. Gattoni**

DIRECCION DE VIALIDAD DE LA PROVINCIA  
DE BUENOS AIRES

Rep.: **Ing. Horacio C. Albina**

INSTITUTO DEL CEMENTO PORTLAND ARGENTINO

Rep.: **Ing. Julio C. Caballero**

YPF S.A.

Rep.: **Sr. Rubén Campaño**

AUTOLATINA ARGENTINA S.A.

Rep.: **Ing. Orlando Grassetti**

#### Mandatos por 1 año

SIDERAR S.A.C.I. (División Vial)

Rep.: **Ing. Guillermo V. Balzi**

AUTOMOVIL CLUB ARGENTINO

Rep.: **Ing. Gustavo R. Carmona**

CAMARA ARGENTINA DE LA CONSTRUCCION

Rep.: **Ing. Carlos A. Bacigalupi**

DIRECCION NACIONAL DE VIALIDAD

Rep.: **Ing. Guillermo M. Cabana**

LA CONSTRUCCION S.A. COMPAÑIA ARGENTINA  
DE SEGUROS

Rep.: **Ing. Julio A. Micillo**

## CATEGORIA ENTIDADES COMERCIALES

### Mandatos por 2 años

NEUMATICOS GOODYEAR S.A.

Rep.: **Sr. Alberto K. Johnson**

3 M ARGENTINA S.A.

Rep.: **Ing. Bernardo G. Schiffrin**

SHELL C.A.P.S.A.

Rep.: **Dr. Jan C.A. Schellekens**

TECHINT S.A.

Rep.: **Ing. Jorge J. Asconapé**

VIALCO S.A.

Rep.: **Sr. Daniel Wuhl**

DYCASA, DRAGADOS Y CONSTRUCCIONES S.A.

Rep.: **Ing. Enrique T. Huergo**

CONEVIAL S.A.

Rep.: **Ing. Adolfo B. Quintana**

### Mandatos por 1 año

CONSTRUCCIONES CIVILES J.M. ARAGON S.A.

Rep.: **Ing. Carlos F. Aragón**

CONSULBAIRES S.A.

Rep.: **Ing. Jorge M. Lockhart**

POLLEDO S.A.

Rep.: **Sr. Diego Ibañez Padilla**

SERVICIOS VIALES S.A.

Rep.: **Ing. Rubén Genolet**

MACROSA DEL PLATA S.A.

Rep.: **Sr. Eugenio O. Cavanagh**

JOSE CARTELLONE S.A.

Rep.: **Sr. Gerardo Cartellone**

## CATEGORIA ENTIDADES OFICIALES Y CIVILES

### Mandatos por 2 años

ASOCIACION DE FABRICAS DE AUTOMOTORES

-ADEFA-

Rep.: **Ing. Juan Morrone**

CAMARA ARGENTINA DE CONSULTORES

Rep.: **Ing. Juan J.G. Buguñá**

F.A.D.E.E.A.C.

Rep.: **Sr. Julio Vilaltella**

SOCIEDAD RURAL ARGENTINA

Rep.: **Ing. Carlos A. Hubert**

CAMARA ARGENTINA DE EMPRESAS VIALES

Rep.: **Ing. Juan V. Bradach**

F.A.T.A.P.

Rep.: **Arq. Eduardo Moreno**

CAMARA DE CONCESIONARIOS VIALES

Rep.: **Ing. Fernando A. Sananez**

### Mandatos por 1 año

ASOCIACION DE FABRICANTES DE CEMENTO

PORTLAND

Rep.: **Ing. Guillermo Carrizo**

CENTRO ARGENTINO DE INGENIEROS

Rep.: **Ing. Enrique P. Ferrea**

COMISION PERMANENTE DEL ASFALTO

Rep.: **Dr. Jorge O. Agnusdei**

TOURING CLUB ARGENTINO

Rep.: **Agr. Mario E. Dragan**

CONSEJO VIAL FEDERAL

Rep.: **Ing. Pedro Doval Vazquez**

FATVIAL

Rep.: **Sr. Anthony Robson**

## CATEGORIA SOCIOS INDIVIDUALES

### Mandatos por 2 años

**Ing. Roberto M. Agüero Olmos**

**Ing. Carlos J. Priante**

**Sr. Hugo R. Badariotti**

**Dr. José María Avila**

### Mandatos por 1 año

**Ing. Marcelo J. Alvarez**

**Ing. Enrique L. Azzaro**

**Ing. Mario J. Leiderman**

**Ing. Jorge W. Ordoñez**

## MIEMBROS SUPLENTE

### Mandatos por 2 años

**Agr. Diego F. Mazzitelli**

**Ing. Roberto A. Cuello**

### Mandatos por 1 año

**Sr. Atilio E.D. Buchanan**

**Prof. Juan E. Tornielli**

## COMISION REVISORA DE CUENTAS

**Ing. Manuel H. Acuña   Ing. Juan C. Ferreira   Ing. Norberto J. Salvia**

Director Ejecutivo: **Sr. José B. Luini**

# CONSTRUCCION DE PAVIMENTOS DE HORMIGON DE RAPIDA HABILITACION AL TRANSITO\*

UTILIZACION DE LA TECNICA "FAST TRACK" EN LOS ESTADOS UNIDOS.

Por M. J. Knutson y G. F. Voigt

## RESUMEN

La tecnología del pavimento de hormigón "fast track" brinda alternativas que pueden cumplir con las demandas del público a acceder rápidamente a pavimentos de calidad. La construcción del pavimento de hormigón "fast track" incluye cualquier método para acelerar la construcción. Algunos cambios en el uso tradicional del pavimento de hormigón y la consideración de ciertos aspectos de su construcción acompañan a esta tecnología. Sin embargo, las mezclas de hormigón "fast track" no requieren materiales o técnicas sofisticadas. Los contratistas pueden construir pavimentos de hormigón de alta resistencia inicial utilizando equipos normales de moldes deslizantes. Los materiales y métodos necesarios para obtener altas resistencias iniciales son conocidos y el concepto se utiliza con éxito en casi todos los tipos de pavimento de hormigón en los Estados Unidos. El factor fundamental en la construcción "fast track" es determinar cuando el tránsito puede comenzar a utilizar el nuevo pavimento. Esta decisión debe tomarse evaluando la resistencia y no el tiempo.

## INTRODUCCION

Las autoridades de los aeropuertos de

los Estados Unidos y los departamentos viales se están enfrentando con grandes problemas a raíz del volumen de tránsito creciente en aeropuertos, caminos y calles. Dichas reparticiones deben reparar o reemplazar pavimentos deteriorados y, al mismo tiempo, mantener el tránsito sobre estas estructuras. La solución que brinda la construcción, la reparación o el reemplazo del pavimento tradicional ya no es aceptable debido a que el público es cada vez más consciente del problema que representa la interrupción del tránsito. Las soluciones tradicionales son inapropiadas especialmente en áreas urbanas donde la congestión es severa. La construcción del pavimento de hormigón "fast track" resuelve estos problemas. Esta tecnología brinda resultados de calidad y duraderos con rápido acceso al público. El "fast track" es adecuado para proyectos de construcciones nuevas, reconstrucciones y recubrimientos o refuerzos.

Para la construcción de pavimentos de hormigón "fast track" es necesario utilizar algún método para acelerar la terminación de la obra. Los métodos tradicionales incluyen incentivos económicos o multas. Las especificaciones de las reparticiones sobre estos incentivos ya tienen varios años. Con frecuencia, los contratistas cumplen con estos requerimientos alargando el día de trabajo o aumentando el número de obreros en la construcción. Si un contratista utiliza construcciones mo-

dernas de hormigón "fast track", es muy posible que pueda terminar una obra sin aumentar el número de operarios o los días de trabajo.

Para implementar un proyecto "fast track", el contratista y la repartición deben hacerle algunos cambios a las especificaciones y procesos tradicionales de construcción (1). Generalmente, se necesita para esto un hormigón de alta resistencia inicial, pero también se puede incluir la revisión del criterio de habilitación, las etapas constructivas y la responsabilidad del constructor. El resto de este artículo enfatiza algunos de los cambios y brinda información esencial sobre ellos.

## PLANIFICACION DE LA OBRA

Tener en cuenta la manera en que se va a ordenar el tránsito durante la construcción es un elemento esencial en la planificación de la obra. Las reparticiones se benefician al planear la habilitación rápida al tránsito ya que reducen las quejas del público, los costos por demoras del usuario y los costos del control del tránsito. El contratista se beneficia ya que reduce el tiempo de exposición de su cuadrilla a accidentes en la zona de construcción. Entre las soluciones válidas para reducir la interrupción del tránsito se encuentran la reducción del tiempo de clausura de los carriles y la reducción del número de carriles cerrados. Los cierres direccionales, es decir de una sola ma-

(\*) Trabajo presentado al 7º Simposio Internacional sobre Pavimentos de Hormigón realizado en Viena, en octubre de 1994.

no, dan como resultado el retraso o la interrupción de ambas direcciones del tránsito. Los cierres de los aeropuertos interrumpen el movimiento del tránsito terrestre y causa demoras en las salidas y los arribos.

Los métodos tradicionales que utilizan las reparticiones viales en los Estados Unidos para asegurarse la terminación de la obra dentro de un tiempo determinado es incentivar económicamente al contratista o multarlo. Los contratos con incentivos o multas en el plazo de ejecución son excelentes para transferirle al contratista la responsabilidad del plazo de obra y no le dan lugar a acomodar dicho plazo o discutir su impacto sobre el tránsito.

El cobro de un alquiler de trocha es una práctica innovativa en ciertos países que estimula a los contratistas a disminuir el impacto de la construcción sobre los usuarios de las rutas (2). La repartición debe determinar el costo del alquiler teniendo en cuenta si el contratista utiliza toda o parte de la ruta. Este costo debe coincidir con el costo estimativo por demoras del usuario durante la construcción de la obra. Los costos del usuario varían en cada proyecto, en consecuencia también varían los alquileres. Existen tres maneras de cobrar el alquiler: costo por retrasos, alquiler continuo del lugar y alquiler trocha por trocha.

El cobro del alquiler trocha por trocha es adecuado para construcciones de pavimento de hormigón "fast track". bajo este proceso el contratista paga solo por las trochas o la combinación de trochas que ocupa durante la construcción. La repartición puede variar las tarifas del alquiler dependiendo de la trocha en uso (externa, interna, banquina) o del momento del día o de la semana. Esto estimula al contratista a utilizar las trochas fuera de las horas pico y a organizar cuidadosamente las distintas etapas de la construcción.

No todos los proyectos garantizan que el cálculo del alquiler sea el correcto (que no implique pérdidas). Esto requiere cláusulas especiales en el contrato y generalmente es adecuado para proyectos importantes en los que la manera como se maneja el congestionamiento causado por la construcción

Tabla 1. Mejoras para implementar la tecnología "fast track" en la construcción del pavimento de hormigón.

COMPONENTE DEL PROYECTO	CAMBIOS POSIBLES
Planificación	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Implementar un costo de la trocha en el contrato de obra.</li> <li>* Especificar la construcción nocturna.</li> </ul>
Especificaciones	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Permitir al contratista el uso de equipo o procedimientos de avanzada para la ejecución de la obra.</li> <li>* Especificar diversas mezclas de hormigón de diferentes resistencias.</li> <li>* Brindar opciones a los contratistas, no procedimientos paso por paso.</li> <li>* Utilizar incentivos o multas en el cumplimiento del plazo de obra.</li> </ul>
Materiales del hormigón	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Probar diferentes tipos de cemento (particularmente de alta resistencia inicial).</li> <li>* Utilizar aditivos que resulten beneficiosos.</li> <li>* Utilizar una granulometría uniforme de los agregados.</li> <li>* Mantener la relación agua-cemento debajo de 0,43.</li> </ul>
Aserrado y sellado de juntas	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Permitir equipos de aserrado muy livianos.</li> <li>* Permitir el aserrado en seco.</li> <li>* Permitir el corte en una sola pasada.</li> <li>* Utilizar selladores que no les afecte la humedad y la limpieza de la ranura.</li> </ul>
Curado del hormigón	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Especificar cubiertas de curado para lograr el aumento de la resistencia.</li> <li>* Tener en cuenta la influencia del ambiente, la subrasante y la temperatura de la mezcla en el aumento de la resistencia.</li> <li>* Controlar la temperatura del hormigón antes de colocarlo.</li> </ul>
Ensayos del material	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Utilizar ensayos no destructivos para reemplazar o complementar los cilindros y las vigas utilizados en los ensayos de resistencia.</li> <li>* Utilizar el método de madurez del hormigón para predecir la resistencia.</li> </ul>
Criterios para la habilitación del tránsito	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Decidir la habilitación evaluando la resistencia, no el tiempo.</li> <li>* Canalizar las cargas iniciales en secciones de pavimento menos comprometidas.</li> <li>* Permitir solo el tránsito de automóviles en el período inicial.</li> </ul>

es crítica. En proyectos menores una repartición puede modificar únicamente los materiales del hormigón y las especificaciones de la construcción para lograr la reducción necesaria del tiempo de cierre.

### ESPECIFICACIONES

Las especificaciones por resultado final dan al contratista máxima libertad.

Bajo los criterios del resultado final el contratista debe dar a la repartición las características del material que va a utilizar en la construcción del pavimento, el espesor y la regularidad superficial. La repartición no controla de cerca el método de pavimentación o el diseño de la mezcla de hormigón. Bajo estas especificaciones la construcción con hormigón "fast track" se convierte automáticamente en opcional.

Una manera simple de aumentar la libertad de elección del contratista es darle lugar a que elija las mezclas de hormigón. Las especificaciones para una nueva obra podrían incluir mezclas para hormigón de resistencia normal, moderada y alta. El contratista elegirá la mezcla más apropiada para su caso. La mayoría de las mezclas en una obra importante serán las de diseño normal. El contratista puede elegir una mezcla de alta resistencia en las coladas finales para asegurarse de que su equipo de aserrado pueda completar su tarea antes de la noche. La mezcla de alta resistencia también asegura que la junta de construcción esté lista para comenzar el trabajo al día siguiente. El contratista puede elegir la mezcla de resistencia moderada en las áreas de acceso del tránsito a las nuevas losas. La elección de las mezclas abren muchas posibilidades.

### MATERIALES DEL HORMIGÓN

Las mezclas de hormigón "fast track" no requieren materiales o técnicas especiales (1). Sin embargo, la selección del material requiere más atención de la que se le presta a las mezclas normales. La experiencia muestra que los ingenieros pueden adaptar cementos, aditivos, adiciones y agregados locales para producir hormigón de alta resistencia inicial.

La relación agua-cemento, el contenido del cemento, la fineza del cemento y las reacciones químicas de las partículas cementicias controlan la resistencia inicial de cualquier mezcla de hormigón. Sin embargo cuando se diseña el hormigón para aplicaciones "fast track" los ingenieros deberían considerar la influencia adicional del calor de hidratación, la granulometría del agregado, el aire incorporado, la temperatura del agua, los requisitos del curado y la temperatura del ambiente y la subbase. Estos factores también influenciarán la resistencia inicial del hormigón.

La calidad de hormigón "fast track" favorece la durabilidad. Mantener la relación agua-cemento por debajo de 0,43 contribuye a una baja permeabilidad y a una buena durabilidad (1).

La durabilidad no es una función de la resistencia inicial, pero es una función de la resistencia a largo plazo, la relación agua-cemento y la permeabilidad (3). Es importante efectuar un estudio de laboratorio completo antes de especificar el diseño de la mezcla "fast track" (de alta resistencia inicial). Los estudios de laboratorio deberían determinar las propiedades del hormigón fresco y del hormigón endurecido utilizando materiales locales y verificando la compatibilidad de todos los componentes químicamente activos de la mezcla.

**Cemento** - Es posible hacer mezclas "fast track" utilizando cualquier tipo de cemento. Los ingenieros tuvieron éxito utilizando cemento portland normal y de alta resistencia inicial. También existen varios cementos especiales que presentan las cualidades necesarias para su uso en la técnica del "fast track" (1). Sin embargo algunos cementos y aditivos que contribuyen a la resistencia inicial del hormigón no siempre estimulan el desarrollo de la resistencia años después. A causa de esta incompatibilidad, los técnicos del hormigón deberían considerar todas las fases de la hidratación para determinar la adecuación de la mezcla.

**Puzolanas** - Las mezclas de hormigón pueden contener cenizas volantes y escoria granulada para reemplazar parcialmente al cemento portland. Las cenizas volantes y la escoria son residuos puzolánicos que se pueden encontrar en ciertas regiones de los Estados Unidos. La ventaja de estas puzolanas es su capacidad de reaccionar con productos químicos de hidratación del cemento. El resultado es que ayudan a extender el período de aumento de la resistencia (9).

**Aditivos** - Los agentes incorporadores de aire son los aditivos del hormigón más comunes. El aire incorporado mejora la durabilidad del hormigón al reducir los efectos adversos del congelamiento y deshielo (3). El volumen de aire incorporado necesario para la durabilidad varía dependiendo de las condiciones adversas del medio y del

tamaño máximo del agregado grueso en la mezcla. Es importante no superar el porcentaje necesario de aire incorporado en una mezcla "fast track" porque esto podría reducir la resistencia inicial de la misma. Todos los agentes incorporadores de aire deben cumplir con los requerimientos ASTM C-260.

Una práctica muy común de las reparaciones viales de los Estados Unidos es utilizar reductores de agua para mejorar la trabajabilidad de una mezcla, y sirven también para aumentar la resistencia inicial del hormigón "fast track". Por ejemplo, si el contenido del cemento normal y el asentamiento deseado de una mezcla típica de hormigón se mantienen constantes, al agregarse un reductor de agua dará como resultado una alta resistencia inicial al disminuir la demanda de agua (requiriendo una relación agua-cemento) (3). Disminuir la demanda de agua permite que las mezclas que contienen cemento normal incrementen su resistencia rápidamente y trabajen bien en aplicaciones "fast track".

**Agregados** - Todos los agregados que cumplen con los requerimientos de los agregados normales son aceptables para el uso en hormigón "fast track". Los proyectos "fast track" existentes en los que se utilizó hormigón con granulometrías normales cumplieron con los requerimientos de resistencia inicial. Sin embargo, si se tiene en cuenta la uniformidad de la granulometría y la forma de las partículas del agregado se puede optimizar en mayor medida la resistencia inicial y a largo plazo del hormigón (1,4). Estos factores pueden tener una influencia significativa sobre las propiedades del hormigón plástico y de la mezcla endurecida y pueden asegurar el resultado de los estudios para las aplicaciones de "fast track".

En los diseños típicos de mezcla se tienen en cuenta las proporciones de agregados gruesos y finos sin importar demasiado la granulometría combinada o total. Generalmente, los agregados se extraen de dos acopios, uno material grueso y otro de fino. Como resultado, no se le da una importancia directa a la cantidad de material de ta-

maño intermedio que se encuentra entre los tamices número ocho y el 9.5 mm (3/8 pulg.) (4). La combinación de estos acopios generalmente da como resultado una mezcla con granulometría no uniforme. Para mejorar la uniformidad de la granulometría del agregado se requiere un acopio adicional de material de tamaño intermedio en el lugar de la construcción.

Una granulometría uniforme también influye en la trabajabilidad y en la facilidad de la colocación, densificación y terminación del hormigón. Cuando la granulometría del agregado total es uniforme el asentamiento puede cambiar en 9.5 mm (3.5 pulg.) con respecto a una mezcla similar con granulometría no uniforme. Esto se debe a que una granulometría uniforme requiere menos agua para mantener la consistencia de la mezcla (4).

## CONSTRUCCIONES

El contratista no necesita un equipo especial para construir un pavimento de hormigón de alta resistencia inicial. Sin embargo, para la pavimentación con "fast track" se requiere una secuencia de construcción bien planeada, ya que el tiempo de colocación es menor que el de la pavimentación convencional. Los contratistas y las reparticiones que elaboran las especificaciones deben tener en cuenta que es necesario hacer ajustes al iniciar las operaciones mientras las cuadrilla se acostumbra a las características de la mezcla. A cada obrero le llevará ciertos tiempo sentirse cómodo con la nueva velocidad de trabajo. Las coladas de prueba harán que el obrero inexperto se familiarice con las propiedades plásticas del hormigón de alta resistencia inicial antes de comenzar el trabajo.

Los contratistas construyeron buenos pavimentos de hormigón "fast track" utilizando métodos de construcción con moldes deslizantes y con moldes normales. No se registraron problemas con ninguno de los equipos de pavimentación con hormigón, ni con las plantas centrales ni con las de hormigón elaborado (1). Los camiones volcadores y agitadores son adecuados

para transportar la mezcla al lugar que se va a pavimentar. Es importante que el contratista y la repartición tengan en cuenta cuidadosamente la distancia del transporte en una obra importante.

Los jefes de obra y los obreros informan que no existe una gran diferencia entre el mezclado, la colocación y la terminación del hormigón "fast track" y del hormigón convencional. Sin embargo, puede ser necesario un ajuste de vibración mecánica en las pavimentadoras de moldes deslizantes para las mezclas que posean un alto contenido de cemento y una gran proporción de agregado fino. Estas mezclas pueden tener baja movilidad y requerir ajustes para una buena consolidación y facilidad de terminación. Antes de pavimentar, la cuadrilla que trabaja con el molde deslizante debería asegurarse que los vibradores estén funcionando y de que cada uno esté en el lugar, la profundidad y el espaciado correcto.

Los ajustes finos que acompañan el comienzo de la construcción no interfieren con el confort en la circulación o con la calidad general del pavimento. Las reparticiones no deberían adaptar sus especificaciones de regularidad superficial a los pavimentos de hormigón "fast track" ya que los contratistas han ejecutado obras con hormigón "fast track" de regularidad superficial excepcional.

**Aserrado y sellado de juntas** - La mayoría de los fabricantes de selladores brindan recomendaciones especiales para el uso de su producto en construcciones "fast track". La secuencia de tiempo normal para el aserrado y sellado de juntas no es compatible con la habilitación rápida al tránsito. Sin embargo, muchos fabricantes de selladores recomiendan retrasar la instalación del producto por un período sin humedad relativamente extenso. Por lo tanto, siempre es importante consultar al fabricante.

El tamaño del equipo de aserrado puede requerir consideraciones especiales en proyectos "fast track". A menudo, el aserrado se debe efectuar después de que las cubiertas de curado están en su lugar en el nuevo pavimento, por lo

que los obreros deben moverlas para permitir el aserrado. Las sierras livianas móviles y versátiles son generalmente más efectivas para esta situación y permiten el cortado más rápido luego de la pavimentación y terminación.

Las sierras extra livianas permiten el cortado durante la fase inicial del fraguado del hormigón. El corte es posible luego de que la resistencia a la compresión alcanza aproximadamente 1034 kPa, generalmente una hora o dos después de la pavimentación. La mayoría de las sierras extra livianas disponibles actualmente brindan sólo un corte inicial poco profundo de 25 a 33 mm. de profundidad (1 a 1 1/4 pulg.), por lo que se requiere un segundo corte utilizando una sierra normal para cumplir con las especificaciones de profundidad de corte típicas: D/3 o D/4. Sin embargo, si se utiliza equipo extra liviano se puede cortar antes de colocar la cubierta de curado, lo que puede resultar efectivo para "fast track".

Las hojas de sierra también se pueden utilizar para cortar el depósito de material de juntas y la ranura en toda su profundidad al mismo tiempo. Esto elimina el tiempo necesario de un segundo corte para formar el depósito para el material de sellado.

## MANEJO DEL CURADO Y LA TEMPERATURA

Los pavimentos "fast track" requieren una protección de curado completa, imprescindible para mantener la humedad y el calor necesarios para las altas resistencias iniciales.

**Compuestos de curado** - La práctica actual es aplicar el compuesto de curado 1 1/2 más rápido que la aplicación normal. El compuesto debe aplicarse a la superficie y a los bordes expuestos de las losas de hormigón. El compuesto de curado debería retener la suficiente humedad para estimular el aumento de resistencia inicial. No se observó agrietamiento por contracción u otros problemas relacionados con el curado, en los pavimentos "fast track" existentes, en los

cuales el compuesto se aplicó a una velocidad mayor.

**Cubiertas aislantes** - Asegurar la retención de calor requiere generalmente algún tipo de aislamiento y depende de las condiciones climáticas. El aislamiento no es necesario en climas muy cálidos o durante veranos muy calurosos. En los lugares necesarios, las cubiertas de curado brindan aislación adecuada para pavimentos "fast track" (5). El contratista colocará estas cubiertas luego de la aplicación del compuesto de curado, aunque a veces podrá retrasar la colocación hasta después del aserrado si las condiciones térmicas no son muy frescas.

Las cubiertas de aislación consisten en una capa de espuma de poliestireno de celdas cerradas, protegida en uno de los lados por una película de plástico. Generalmente, los contratistas dejan las cubiertas sobre el pavimento hasta que el hormigón ha adquirido la resistencia adecuada para el tránsito. Las cubiertas brindan al pavimento una temperatura uniforme y mejoran el aumento de la resistencia inicial. También reducen la pérdida de temperatura y amortiguan el efecto de la temperatura ambiente y del calor solar sobre el pavimento (5). Aunque el pavimento no sienta los máximos y mínimos del registro de temperaturas, la cubierta permite el curado a una temperatura elevada más uniforme. Luego del desarrollo de calor inicial desde la hidratación, el hormigón curado sin aislamiento seguirá generalmente la variación de temperatura ambiente.

### HABILITACION AL TRANSITO

El factor fundamental en la construcción "fast track" es determinar cuando el tránsito puede comenzar a utilizar el nuevo pavimento. Esta decisión debe tomarse evaluando la resistencia y no el tiempo. El criterio del tiempo no permite planificar con la flexibilidad que es inherente a la tecnología "fast track". Para la evaluación de la resistencia inicial se pueden realizar los ensayos de compresión, flexión y otros no destructivos.

Examinar la fatiga del pavimento des-

de el principio brinda una guía para especificar los criterios de resistencia para su habilitación de acuerdo con los principios del diseño de pavimentos, cuando la relación de la tensión debida a la carga respecto del módulo de rotura se limita a menos de 0.5, no hay deterioro por fatiga en las losas de hormigón. A medida que aumenta la capacidad de soporte de las losas o el espesor del pavimento, disminuye el valor crítico de la relación de tensiones. Esta variación da lugar a diferentes criterios de habilitación por resistencia dependiendo del diseño del pavimento y de los niveles iniciales de carga (1).

Una resistencia de habilitación tan baja como 1034 kPa con carga en los tercios es aceptable cuando solo se permiten automóviles sobre el pavimento (1). Los pavimentos en los que se permiten camiones requieren un criterio de habilitación tan alto como 3447 kPa para un espesor de 15 cm. o sólo 2413 kPa para espesores mayores a 20 cm. (1).

### ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS

El uso de ensayos no destructivos para pavimentos de hormigón está aumentando ya que las reparticiones están cada vez más interesadas en determinar, adecuadamente, la resistencia desde el comienzo. Los métodos más usados son dos: la relación pulso-velocidad y la madurez del hormigón.

La prueba de madurez del hormigón brinda una evaluación de la resistencia y un monitoreo del calor interno. La madurez se calcula con la medición de la temperatura interna a través de pares térmicos que se colocan sobre el hormigón. La madurez da cuenta tanto del tiempo como de la temperatura (6). Se asume que todas las mezclas de hormigón tienen una relación resistencia-tiempo similar. Por lo tanto cada mezcla tendrá la misma resistencia a una cierta madurez sin importar cuales sean las condiciones de curado (tiempo o temperatura). Antes de que un técnico pueda desarrollar información significativa en el campo, es necesario efectuar pruebas de laboratorio completas. En los Estados Unidos se están

utilizando las ecuaciones de madurez Nurse-Saul y Arrhenius (6).

La relación pulso-velocidad es otro de los ensayos no destructivos que se utilizan cada vez más para determinar la resistencia del hormigón desde el comienzo. Esta prueba mide el tiempo que requiere una onda ultrasónica para pasar a través del hormigón de un transductor a otro. La velocidad de la onda se correlaciona con la resistencia o la rigidez del hormigón.

### RESUMEN

El pavimento de hormigón "fast track" brinda una alternativa que puede cumplir con la demanda del público a acceder a pavimentos de calidad. Es necesario incluir algunos cambios en el uso tradicional del pavimento de hormigón, así como tener en cuenta ciertos aspectos de su construcción. Los materiales y los métodos necesarios para lograr altas resistencias iniciales están disponibles. Este concepto ha tenido éxito en casi todos los tipos de pavimento de hormigón en los Estados Unidos.

### REFERENCIAS

- 1- "Fast Track Concrete Pavement" Technical Bulletin TB004P, American Concrete Pavement Association, 1989.
- 2- Innovative Contracting Practices, "Transportation Research Circular, Nº 386, National Research Council, Washington, D. C. 1991.
- 3- Kozmatka, S., Panarasse, B. "Design and Control of Concrete Mixtures, " Thirteenth Edition, EB001.13t. Portland Cement Association, Skokie, IL, 1988.
- 4- Shilstone, J.M., Mixture Optimization for Fast Track", Shilstone & Associates, Inc., Dallas, Tx, Jan 1990.
- 5- Grove, J. "Blanket Curing to Promote Early Strength Concrete", Project MLR-87-7, Iowa Department of Transportation, 1989.
- 6- Maturity Method State of the Practice", Federal Highway Administration, Washington, D. C., 1990.

# INTRODUCCION A LAS NUEVAS TECNOLOGIAS SHRP PARA ASFALTOS Y MEZCLAS ASFALTICAS.

## NUEVAS ESPECIFICACIONES Y ENSAYOS PARA EL CONTROL DE CALIDAD.

Por el Ing. Pablo E. Bolzán.

### INTRODUCCION

En marzo de 1993 entraron en vigencia nuevas especificaciones para ligantes asfálticos y, por primera vez en la historia de la tecnología vial, para mezclas asfálticas en los EEUU como parte de los resultados del denominado "Strategic Highway Research Program" (SHRP) o Programa Estratégico de Investigación en Carreteras. Las especificaciones junto con un numeroso conjunto de nuevos ensayos para asfaltos y mezclas fueron simultáneamente aprobadas por ASTM y AASHTO.

El SHRP fue establecido por el Congreso de los EEUU en 1987 como un programa de investigación de 5 años de duración y 150 millones de dólares de presupuesto. Este programa se constituyó en el proyecto de investigación en carreteras más ambicioso del mundo. El programa fue además apoyado y colaborado por distintos países de Europa, Africa, Oceanía, Sudamérica, etc. dada la importancia de los objetivos del mismo y sus implicancias técnico-económicas.

El objetivo principal del programa es el de mejorar la serviciabilidad y durabilidad de los caminos a la vez de hacer éstos más seguros.

La financiación de tamaño emprendimiento provino de separar un cuarto del 1 % de los fondos federales para caminos ("Federal Highway Administration") que eran asignados a cada estado. El SHRP fue administrado como una unidad del "National Research Council" y en cooperación con la "Federal Highway Administration" (FHWA), y con la "American Association of State Highway and Transportation Officials" (AASHTO). En el programa han participado las mas prestigiosas universidades de los EEUU, productores y usuarios de materiales para la construcción de caminos, y comités de la ASTM y la AASHTO. Entre todos durante cinco años convergieron al producto final del cual se describirá someramente en este artículo.

Actualmente el SHRP está siendo administrado por la FHWA y la implementación del mismo continúa mediante el llamado "Long-Term Pavement Performance Program" (LTPP) o Comportamiento de Pavimentos en Servicio a largo plazo que tiene una duración total de 20 años y un presupuesto de 108 millones de dólares.

El programa tiene cuatro áreas principales: operaciones en el ca-

mino, concretos de hormigón y estructuras, asfaltos, y comportamiento en servicio a largo lazo. En este artículo se hará referencia al área asfaltos, y más concretamente a los nuevos desarrollos en materia de especificaciones para ligantes bituminosos, diseño de mezclas asfálticas en caliente, y ensayos correspondientes.

### PROGRAMA DE INVESTIGACION DE ASFALTOS SHRP

El estudio de asfaltos y las mezclas asfálticas constituyó una de las áreas identificada como principales dada su incidencia en la durabilidad y comportamientos de los pavimentos flexibles. A la misma se le adjudicó la tercera parte del presupuesto total, esto es 50 millones de dólares. El producto final a desarrollar eran nuevas especificaciones basadas en el comportamiento en el camino y nuevos procedimientos de ensayo y diseño de manera de aprovechar mejor las propiedades de los materiales y prolongar la durabilidad de los mismos en servicio.

La parte del programa SHRP dedicada a lo que se ha dado en lla-

mar genéricamente asfaltos, estos ligantes y mezclas asfálticas, fue denominado "SHRP Asphalt Research Program" con asiento en la Universidad de Texas en Austin, USA.

El objetivo de SHRP en el área asfaltos está claramente definido en el "Transportation Research Board Special Report 202": "...para mejorar el comportamiento en servicio de los pavimentos a través de un programa de investigación que proveerá de un mejor conocimiento de las propiedades físicas y químicas de los asfaltos y de las mezclas asfálticas. Los resultados obtenidos en esta investigación serán utilizados para desarrollar nuevas especificaciones y ensayos necesarios para lograr y controlar el nivel deseado de serviciabilidad de los pavimentos".

La estrategia empleada por el SHRP a fin de obtener como producto final una especificación para ligantes asfálticos tal que sea también válida para asfaltos modificados, reciclados, soplados, etc., fue la siguiente:

1. identificar los modos de falla más importantes de los pavimentos asfálticos que serán relacionados con las propiedades de los asfaltos.
2. identificar las propiedades fundamentales de los asfaltos asociadas con los modos críticos de fallas,
3. identificar temperaturas críticas máximas y mínimas de los pavimentos,
4. seleccionar métodos de ensayos que sean capaces de medir propiedades fundamentales del asfalto,
5. confeccionar especificaciones en base a las propiedades fundamentales de los ligantes y su correla-

ción con el comportamiento en servicio del clima y del tránsito.

### EL NUEVO SISTEMA SUPERPAVE™

El sistema SUPERPAVE™ (Superior Performing Asphalt Pavements" o Pavimentos Asfálticos de Comportamiento Superior) desarrollado por el SHRP y de reciente puesta a punto es el desarrollo más importante en el campo de los ligantes y mezclas asfálticas en décadas. Este procedimiento fue creado para diseñar pavimentos asfálticos de larga duración que podrán soportar mayor carga y más duras condiciones climáticas que los pavimentos tradicionalmente diseñados con los métodos Marshall o Hveem.

Usando el nuevo sistema desarrollado se podrán obtener pavimentos más durables y de mejor calidad como así también significativos ahorros en el largo plazo. El sistema comprende tres niveles de confiabilidad y complejidad incrementándose las mismas con el incremento de Nivel. Con el Superpave se puede predecir el comportamiento de cualquier tipo de mezcla asfáltica en caliente: virgen o reciclada, densa o abierta, modificada o convencional, tamaño máximo de 25 mm. o mayores.

El sistema tiende a controlar las deformaciones permanentes de la mezcla, el fisuramiento por fatiga y el fisuramiento por contracciones térmicas, y tiene en cuenta los efectos del envejecimiento a corto y largo término, la susceptibilidad al agua y la pérdida de adherencia. Los métodos de diseño tradicionales no reconocen la influencia de las condiciones del medio ambiente en la mezcla asfáltica. El Superpave incluye tres de las principales características del medio ambiente cada una relacionada a un modo de falla específico: altas temperaturas del aire, bajas temperaturas del aire, y humedad ambiental.

Todos los métodos empleados y especificaciones contenidos en el Superpave han sido validados con las más avanzadas técnicas y datos recogidos de más de 100 estudios de pavimentos in situ, y de secciones de prueba en pavimentos cuidadosamente monitoreados.

Las predicciones hechas por el Superpave están respaldadas por datos extraídos directamente del lugar y ubicados en toda la red vial americana bajo distintas condiciones de clima, tránsito y topografía.

El sistema Superpave contiene especificaciones que abarcan ligantes asfálticos y mezclas asfálticas y están aprobadas tanto por la ASTM como la AASTHO. También provee de un sistema de diseño y análisis para mezclas asfálticas, un protocolo para evaluar asfaltos y mezclas asfálticas modificados con polímeros, y un software para diseño de mezclas asfálticas.

Las nuevas especificaciones para ligantes asfálticos basadas en el comportamiento en servicio están descritas en SHRP 1001 y en AASTHO MP1. Los correspondientes métodos y equipos de ensayo se hallan especificados en normas ASTM, AASTHO y SHRP. Usando el nuevo sistema de clasificación y selección de asfaltos Superpave se puede elegir el grado de ligante asfáltico optimizado a fin de reducir las fallas en los pavimentos causadas por temperaturas extremas, tráfico pesado, y cargas lentas y rápidas.

Hasta el presente los grados asfálticos eran graduados de acuerdo con su consistencia (penetraciones y viscosidades capilares), trabajabilidad y seguridad, pero no de acuerdo a cuan bien o mal se puedan comportar en servicio. El Superpave permite seleccionar el grado asfáltico para las condiciones específicas de clima y tránsito reinantes y no simplemente para unas condiciones de temperatura fijadas por una norma determinada.

La nueva especificación para asfaltos asegura el nivel de servicio de los mismos a través de especificar valores límites para las propiedades rheológicas fundamentales de los ligantes relacionadas con su comportamiento en servicio. Criterios de módulo complejo, stiffness, fractura y envejecimiento a corto plazo (durante la elaboración y extensión) y largo plazo (en servicio) son fijados por la norma para distintas condiciones de temperaturas extremas y tránsito.

La rheología (cambio de forma y fluir) de los ligantes asfálticos afecta directamente el comportamiento y la aparición de fallas en los pavimentos. La viscosidad capilar y las medidas de penetración no pueden proveer información suficiente de cómo la rheología de un asfalto cambia como resultado de la acción de las cargas, tiempo y temperatura durante su vida de servicio. Los nuevos métodos de ensayo SHRP proveen de medios para calcular las propiedades de los ligantes a través de medidas rheológicas fundamentales, esto es basadas en la relación tensión-deformación.

Sintetizando, las nuevas especificaciones para ligantes asfálticos Superpave desarrolladas por el SHRP presentan las siguientes ventajas sobre las convencionalmente utilizadas:

- están verdaderamente basadas en el comportamiento en servicio por primera vez en la historia de los asfaltos. Se puede seleccionar un grado de asfalto que permita la reducción del deterioro del pavimento bajo las reales condiciones locales imperantes.
- son versátiles. El ingeniero proyectista puede medir en cuánto puede mejorarse el comportamiento en servicio a través del uso de mejoradores del asfalto, particular-

mente en las condiciones críticas de clima bajo las cuales el pavimento va a ser construido.

- son confiables. Se utilizaron datos de comportamiento reales tanto para ligantes convencionales como para los modificados con distintos tipos de aditivos.
- son de aplicación en todo el territorio de EEUU y en el de Canadá y de fácil adaptación para otros países.
- están listas para ser usadas. No se requieren ajustes locales dado que han sido desarrolladas en función de un gran número de materiales y condiciones.

la especificación SHRP para ligantes asfálticos está confeccionada en forma de tabla con las propiedades límites de los materiales que definen el comportamiento de los mismos para unas condiciones de clima y tránsito correspondientes a las imperantes en el proyecto en cuestión. Las propiedades físicas de los materiales asfálticos se miden con el empleo principalmente de reómetros de flexión y de corte dinámico, viscosímetro rotacional, y dispositivo de tensión directa.

Los grados asfálticos se expresan en la nueva especificación basada en comportamiento en servicio de la siguiente manera:

PG X-Y

donde PG significa "Performance Grade" o grado de comportamiento, X es la temperatura del pavimento promedio de los 7 días de máxima temperatura en un determinado número de años, -Y es la temperatura mínima del pavimento dentro de un determinado período del año. Ambas temperaturas se expresan en grados centígrados. El procedimiento a seguir para se-

leccionar un asfalto requiere primero determinar las temperaturas críticas, que son aquellas a las cuales el pavimento es más susceptible a las distintas fallas típicas de los pavimentos flexibles. Se comienza por determinar la temperatura máxima del aire como promedio de los 7 días de máxima dado que este parámetro fue encontrado como estrechamente vinculado con las deformaciones permanentes del pavimento. Se determina luego la temperatura correspondiente del pavimento mediante un procedimiento incluido en el Superpave. Luego se determina la temperatura mínima del aire para el período considerado, la misma se toma como temperatura mínima en la superficie del pavimento. De manera que con las dos temperaturas se determina el grado asfáltico de acuerdo con el grado de confiabilidad requerido. Así por ejemplo, para un grado de confiabilidad del 50 % el grado asfáltico para un determinado asfalto podría ser PG 52-28, mientras que para un nivel de confiabilidad del 98% se requeriría un PG 58-34. El Superpave provee de gráficos de distribución de la frecuencia mediante los cuales se pueden determinar los niveles de confiabilidad, esto es la probabilidad en porcentaje de que la temperatura calculada no sea excedida en el período en cuestión.

El grado asfáltico es seleccionado también en función del tipo y volumen de tránsito, así por ejemplo para tráfico pesado y cargas lentas se recomienda un grado determinado, para tráfico pesado y cargas rápidas se recomienda otro más adecuado, etc.

Se incluye también un límite para la viscosidad a alta temperatura dada la necesidad de utilizar un ligante que sea suficientemente fluido para ser mezclado con los agregados, y por seguridad se limita la temperatura del punto de inflamación.

El sistema de diseño y análisis de mezclas asfálticas en caliente contenido en el Superpave se basa en los resultados de los nuevos ensayos basados a su vez en el comportamiento en servicio y estima el comportamiento esperado según las condiciones del medio ambiente y de tránsito. El diseño de mezclas, análisis, y los datos de los ensayos pueden ser cargados en un diskette, llevados al laboratorio de campaña, y ser usados para control de calidad. Las propiedades calculadas en los materiales están directamente relacionados con las deformaciones permanentes, el fisuramiento por fatiga, el fisuramiento térmico, la acción del agua y el envejecimiento (en planta y en el camino). Los métodos tradicionales como el Marshall o el Hveem no son suficientes para describir las propiedades físico-mecánicas de los concretos asfálticos, sino que tratan de duplicar materiales y diseños utilizados en el pasado pero no pueden ser utilizados con aceptable nivel de confiabilidad en proyectos nuevos. Estos procedimientos determinan límites aceptables para ciertas propiedades de las mezclas-estabilidad, fluencia, densidad en laboratorio, etc.- que tienen solamente una relación indirecta con el comportamiento en servicio.

El Superpave clasifica a las mezclas asfálticas en base a criterios de comportamiento y valores sancionados por la correlación ensayos fundamentales-comportamiento en servicio. Contiene criterios basados y criterios relacionados con el comportamiento en servicio de manera de brindar un producto final confiable. Las propiedades de una mezcla asfáltica basadas en el comportamiento en servicio son aquellas que directamente gobiernan la respuesta de un pavimento asfáltico a las cargas del tránsito y a las condiciones ambientales del

lugar. Estas propiedades se determinan mediante ensayos especialmente desarrollados por SHRP basados en el comportamiento en servicio y que miden propiedades fundamentales de las mezclas.

Las propiedades relacionadas con el comportamiento en servicio son propiedades que están indirectamente vinculadas con el comportamiento en servicio del pavimento al influenciar las propiedades basadas en el comportamiento en servicio. Estas propiedades, por lo general empíricas, afectan el comportamiento de una mezcla en servicio pero no lo controlan por sí mismas. El comportamiento se clasifica de acuerdo con las temperaturas y condiciones de humedad esperadas, como así también los volúmenes de tránsito y cargas. Además de identificar las propiedades de los materiales relacionadas con las fallas de los pavimentos, la especificación para mezclas indica los distintos pasos a seguir para la preparación de las mezclas, compactación, condicionamiento (acción del agua y envejecimiento), y ensayos respectivos.

En los casos en que una mezcla convencional no cumpla con los requisitos para un determinado proyecto el Superpave puede ayudar a los productores de asfaltos a seleccionar el aditivo o modificador apropiado. La especificación está basada en propiedades fundamentales, incluyendo el comportamiento tensión-deformación de materiales seleccionados, como así también las propiedades de falla.

La especificación para mezclas asfálticas comprende tres niveles cuyo grado de complejidad está relacionado con la importancia del proyecto y el nivel de tránsito. En orden decreciente de complejidad y confiabilidad las fases del proceso se dividen como sigue:

Nivel III: en este nivel se hace una

completa caracterización de las propiedades de las mezclas basadas en el comportamiento en servicio. Se utilizan los resultados de los ensayos en los modelos mecánicos de predicción de comportamiento.

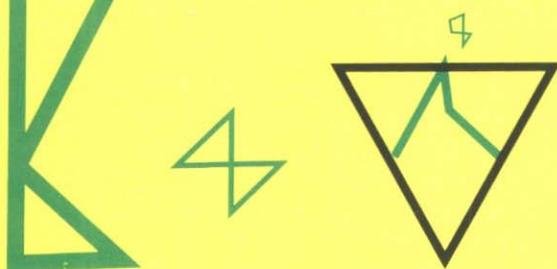
Nivel II: se realiza una caracterización parcial de las propiedades basadas en el comportamiento en servicio. El resto de las propiedades no medidas se estiman de las relaciones entre las propiedades basadas en el comportamiento en servicio. Ambas propiedades, las medidas y las estimadas, son usadas en modelos mecánicos para generar los límites a establecer en las especificaciones.

Nivel I: se determinan propiedades volumétricas y empíricas de las mezclas relacionadas con el comportamiento en servicio. No se utilizan ensayos mecánicos ni modelos mecánicos. Este nivel se lo utiliza solamente para el caso de bajo tránsito.

Estos tres niveles del sistema de diseño de mezclas están verticalmente integrados. El nivel III contiene todas las propiedades medidas en los Niveles I y II. Del mismo modo el Nivel II contiene todas las propiedades medidas del Nivel I.

En síntesis, el sistema SUPERPAVE™ constituye el más importante desarrollo en la tecnología vial de todos los tiempos. Reúne nuevas especificaciones, nuevos ensayos y procedimientos, un software para diseño y análisis de mezclas asfálticas en caliente, y un protocolo para el análisis de mezclas modificadas todo lo cual contribuye al proyecto de mezclas para pavimentos más durables y con un sentido ecológico dado el mejor aprovechamiento de los materiales empleados.

**PRIMER  
CONGRESO  
ARGENTINO  
DE  
CAMINOS  
NATURALES**



**Mar del Plata  
21/22 de Septiembre de 1995**



# 1<sup>er</sup> CONGRESO ARGENTINO DE CAMINOS NATURALES



## Solicitud de Inscripción

Lugar y Fecha: .....

- Apellido y Nombre:.....
- Domicilio:.....
- Entidad a la que representa: .....
- Categorías: (marcar lo que corresponda)

A) Invitado especial

(\* B) Miembros de entidades públicas o Asociaciones Civiles  
Miembros y representantes de entidades privadas.

(\* C) Asistentes individuales

- Presentará trabajo escrito (monografía, ponencia, investigación, etc.)  
marcar sí o no

Si

No

- Comisión en la que desea participar principalmente  
(marcar una sola; no impide presencia en las restantes)

1

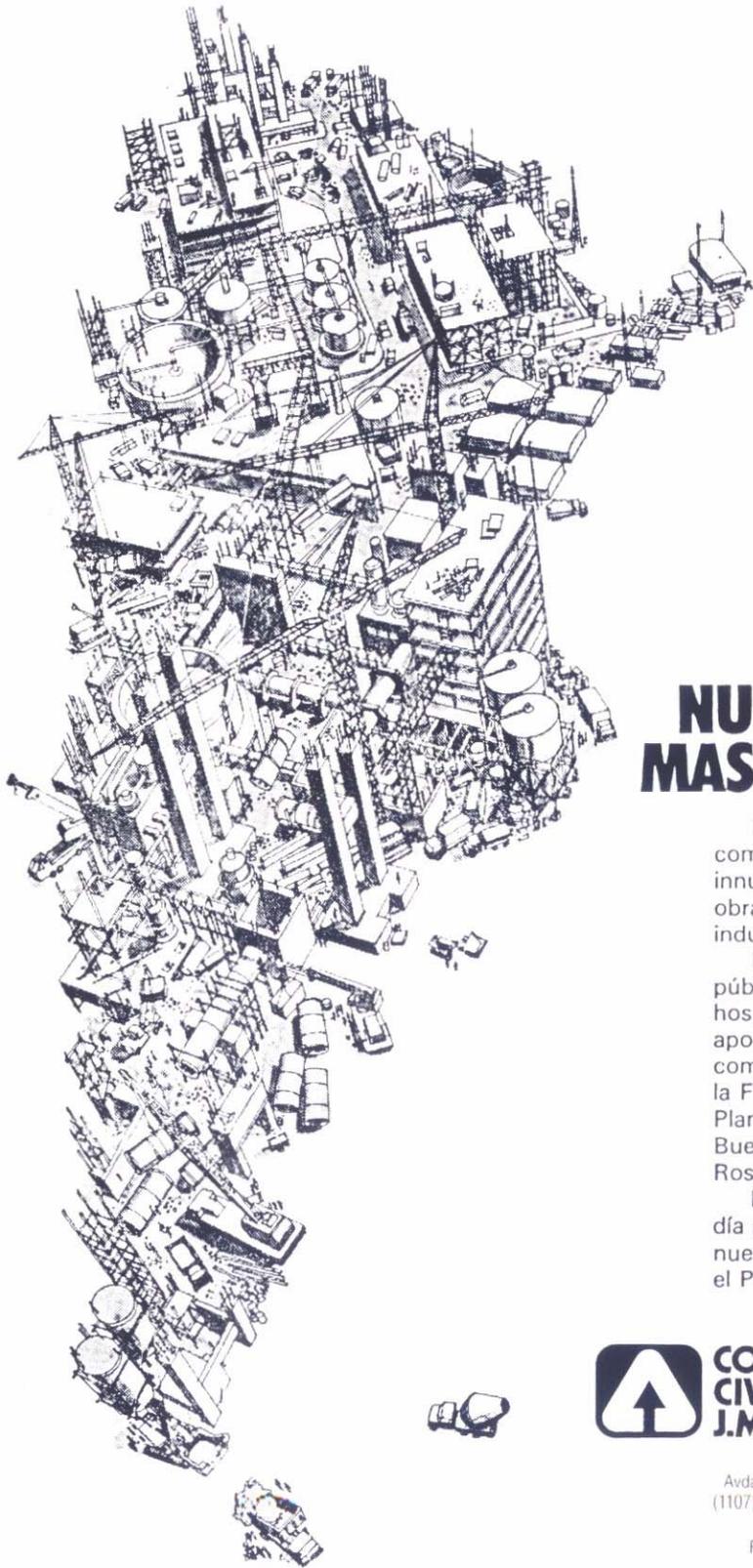
2

3

4

Llenar la presente ficha y remitirla a la Asociación Argentina de Carreteras, Paseo Colón 823, Piso 7° - (1063) Buenos Aires o presentarla en la sede del Congreso. La inscripción puede ser abonada en esta última oportunidad.

(\* ) Costo hasta el 31.08.95 \$ 85.- Posterior: \$ 100.-



## **NUESTRA OBRA MAS IMPORTANTE.**

Desde nuestros comienzos hemos construido innumerable cantidad de obras: viales, hidráulicas, industriales, etc.

Hemos levantado edificios públicos, privados y hospitalarios. Dejamos aportes a la comunidad como la Avenida General Paz, la Facultad de Derecho, el Planetario de la Ciudad de Buenos Aires, la Autopista Rosario-San Nicolás...

Por eso decimos, que cada día nos encuentra trabajando en nuestra obra más importante: el País.



**CONSTRUCCIONES  
CIVILES  
J.M. ARAGON S.A.**

Puerto Viamonte 1  
Avda. A. Dávila 170 - 2º Piso  
(1107) Buenos Aires - Argentina  
Tel. 313-0969  
Fax: (54-1) 313-1352



# GLASS BEADS S.A.



**RETROREFLECTIVIDAD = VISIBILIDAD NOCTURNA**

**MICROESFERAS DE VIDRIO**

**EL FUNDAMENTO DE LA SEGURIDAD VIAL**