CARRETERAS

ASOCIACION ARGENTINA DE CARRETERAS / AÑO XLIII Nº 153 - MAYO1998

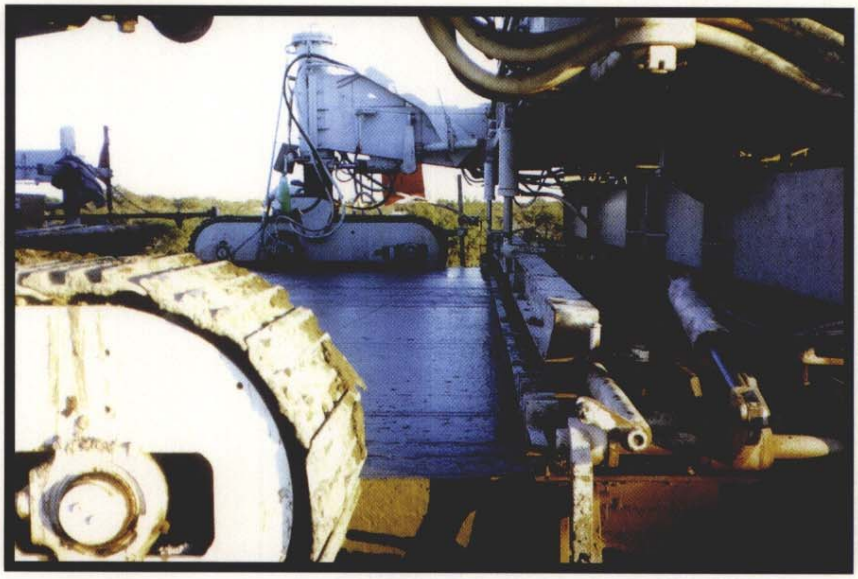
INFORME Y CONCLUSIONES DEL

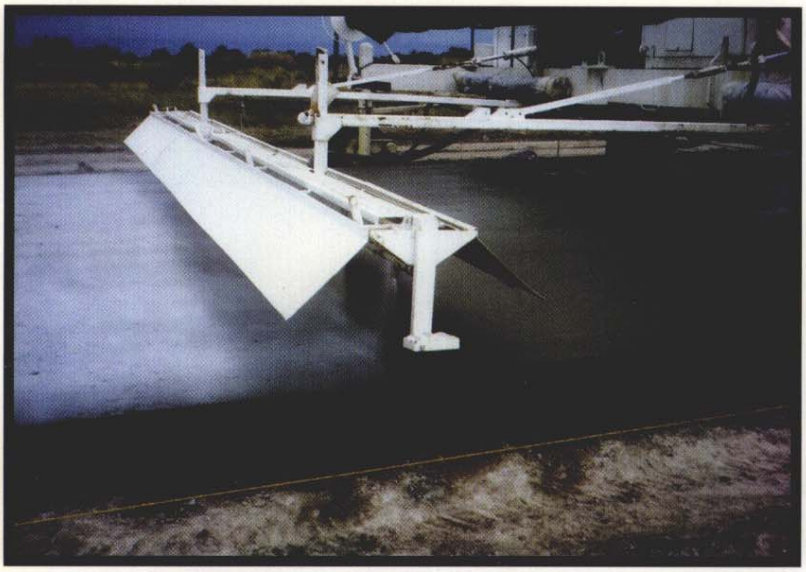
PRIMER CONGRESO REGIONAL LATINOAMERICANO SOBRE SISTEMAS DE TRANSPORTE INTELIGENTE

EN BUSCA DE SOLUCIONES BASADAS EN NUEVAS TECNOLOGIAS

PAVIMENTOS DE HORMIGON

ALTO RENDIMIENTO, BAJO COSTO Y MAXIMO CONFORT PARA EL USUARIO





RUTA NACIONAL Nº 127

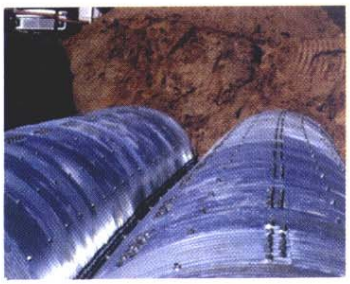
INSTITUTO DEL CEMENTO PORTLAND ARGENTINO

PROMOVER EL CONSUMO DE CEMENTO ES CRECER CONSTRUYENDO EL PAÍS.

San Martín 1137, (1004) Buenos Aires - Tel.: 312-3040, Fax: 312-1700 - E mail: ICPA@spi-cis.com

Autopista del Sol, Pcia. de Buenos Aires. Defensas Arsa Deflex.

Entubamiento Arroyo Limita, Corrientes. Arsa MP 152.



Gran Vía del Sur, Avellaneda. Arsa MP 100.

Autopista del Oeste, Pcia. de Buenos Aires. Arsa HC 68.

Alivianador Casullo Aº Morón, Pcia. de Buenos Aires. Arsa TL 457.

SIDERAR

Arsa no sólo le desea buen viaje. Trabaja para que así sea.

ISO 9002 DNV QUALITY ASSURED FIRM — NATIONAL ACCREDITATION OF CERTIFICATION BODIES

Siderar. Industria de industrias.
Inversión y tecnología
para producir acero argentino
de calidad internacional.

ARSA

TECHINT

VALENTIN GOMEZ 210 (1706) HAEDO, BUENOS AIRES, ARGENTINA. TEL.: (54-1) 489-6900 TEL./FAX: (54-1) 489-6949

Gago Tonin s.a.
Servicios de Ingeniería

INGENIERÍA VIAL Y DE TRANSPORTES
INGENIERÍA HIDRÁULICA Y SANITARIA
ESTUDIOS AMBIENTALES

PLANIFICACIÓN
ESTUDIOS Y PROYECTOS
ASISTENCIA TÉCNICA PARA PROYECTOS DE INVERSIÓN
DIRECCIÓN E INSPECCIÓN DE OBRAS
ESTUDIOS ECONÓMICO-FINANCIEROS
GERENCIAMIENTO DEL MANTENIMIENTO VIAL

Diagonal 74 N°483 (1900) La Plata - Tel.: (54) (21) 24-5176 (líneas rotativas) - Fax: (54) (21) 83-8028
E-mail: gtsa@netverk.com.ar - http://www.la-plata.com/gtsa

Burgwardt & Cia.
SOCIEDAD ANONIMA, INDUSTRIAL, COMERCIAL Y AGRO-GANADERA

1927 - 1998

Avda. L. N. Alem 690 - 8° Piso (1001) Capital Federal T.E. 312.6678

NUEVAS RUTAS S.A.

CONCESIONARIO VIAL

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

UNA EMPRESA DE EMPRESAS

A Través de:
Ruta Nac. Nº 5 - Luján - Santa Rosa
Ruta Nac. Nº 7 - Luján - Laboulaye

COVICENTRO S.A.

Concesionario Vial

Reconquista 672 - 5º piso (1003) Capital Federal

AUTOPISTA ROSARIO/ARMSTRONG

CADIA

consultores argentinos asociados s.a.

CADIA

31 años en camino con la tecnología más avanzada

- Autopistas y puentes
- Hidraúlica, hidrología
- Geología y minería
- Urbanismo, impacto ambiental
- Concesiones: inventario y programas de mantenimiento
- Tecnología de materiales, ensayos no destructivos
- Informática
- Relevamientos satelitales

Oficinas:
Paraná 755 - 5to piso, Capital Federal (1017), Argentina
Tel./fax: (54)-1-371-5220
56 N°372, La Plata (1900), Argentina
Tel./fax: (54)-21-25-7649

E-mail: cadia@starnet.net.ar

MARCET

INGENIERIA EN ACCION

TECHINT

Techint
SOCIEDAD ANONIMA

ADHESION

CAMINOS del RIO URUGUAY

S.A. de construcciones y
concesiones viales

Tronador 4102 - (1430) Capital Federal

TANDEM

Más que rutas seguras.

Apuntando a lograr máxima seguridad y alta calidad de servicios en ruta, Servicios Viales ha desarrollado un Dispositivo de Acción ante Emergencias que comprende:

- Postes S.O.S.
- Llamada de Emergencia al *788 desde telefonía celular.
- Unidades de auxilio que patrullan todo el camino las 24 horas, conectadas con bomberos, ambulancia y Policía.
- Unidades móviles de servicio mecánico.
- Grúas livianas y pesadas.

SERVICIOS VIALES S.A.,
CONCESIONARIO DE LA AUTOPISTA ROSARIO - BUENOS AIRES Y
LAS RUTAS NACIONALES 11; 33; A009 Y A012.
SARGENTO CABRAL 106, 2000 ROSARIO. TEL. (041) 26-0056.
LINEA DIRECTA DE ATENCION AL CLIENTE 0-800-8-4567

SV Servicios Viales

La calidad puede ser...

óptima,
excelente,
muy buena,
buena,
regular,
mala
o pésima

si no se la define, ¿a cuál se refieren?

pero cuando se habla de luminarias

strand

solo puede tratarse de calidad óptima,

calidad

strand

Pavón 2955 (1253) Buenos Aires - Telefax: 941-5351 / 8481 / 942-3718 / 943-7445
E-mail: strand@sinectis.com.ar - Internet: www.sinectis.com.ar/~strand

La

COMISION PERMANENTE DEL ASFALTO

llevará a cabo su

XXX REUNION DEL ASFALTO

en la Ciudad de Mar del Plata

del 2 al 6 de noviembre de 1998

El plazo para la presentación de resúmenes de trabajos
vence el 10 de setiembre

Balcarse 226, piso 6º, Oficina 15
(1064) Buenos Aires

Telefax: 331-4921

Gracias al asfalto Shell, Gastón no va a extrañar su cama.

Quedarse dormido en el asiento trasero del auto, es para Gastón algo muy natural. Tan natural como lo es para su padre transitar por caminos asfaltados. Gracias al asfalto Shell, la marcha será confortable y segura. Y Gastón disfrutará de su descanso plácidamente. Sin sobresaltos. En la Argentina como en más de 80 países, Shell Bitumen significa "la marca" en asfaltos. Una moderna línea de productos y servicios, avalada por la innovación permanente y un respaldo tecnológico superior. El asfalto brinda una mejor calidad de vida. Shell Bitumen brinda la mejor calidad en asfaltos.

Shell Bitumen

La marca en asfaltos.

SHELL CAPSA

Av. Roque Sáenz Peña 788 - (1383) Buenos Aires - Tel.: 328 - 0444/0333

www.shell.com.ar

Vanguard

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

USTED DISPONE DE LA MEJOR FLOTA DE EQUIPOS

THE FROG/T.F.C.

Servicio Rental Macrosa

Seguros contra todo riesgo.

Servicios de apoyo y mantenimiento de equipos a cargo de Macrosa.

Equipos nuevos o con muy pocas horas de uso.

Accesorios especiales Caterpillar® disponibles (martillos hidráulicos, baldes, guinches, etc.)

Alternativa de rental con opción a compra.

- Máquinas Caterpillar®
  - Topadoras.
  - Cargadoras.
  - Motoniveladoras.
  - Excavadoras.
  - Manipuladores Telescópicos.
  - Cargadoras-Retroexcavadoras.
  - Tractores Agrícolas (200/300 Hp)
  - Compactadores de suelos y asfalto.
- Generadores Caterpillar® y Olympian
  - Con cabina.
  - Insonorizados.
  - Sobre trailer.
- Equipos Auxiliares.
  - De trabajo en Altura.
  - Torres de Iluminación.

LLAMENOS Y SOLICITE EL SERVICIO RENTAL DE MACROSA AL 725-8800.

Macrosa

CAT®

CONSULBAIRES

Ingenieros Consultores S.A.

Servicios profesionales para proyectos de:

- **TRANSPORTES**
- **ENERGIA**
- **INGENIERIA SANITARIA**
- **INGENIERIA HIDRAULICA**

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

Maipú 554 - Buenos Aires

Teléfonos: 322-2377/7357/5048/4579
Fax: 322-9639

COVISUR

Seguridad y Confort

En la Ruta

CARRETERAS

ASOCIACION ARGENTINA DE CARRETERAS

AÑO XLIII Nº 153 MAYO 1998

EDITORIAL

EL PLANEAMIENTO Y LA INVERSION VIAL

El país ha tenido en los últimos años una muy reducida inversión vial. Como consecuencia de la situación económica que hizo crisis a fin de la década pasada, se detuvo la expansión vial y se licitó la concesión del mantenimiento de 10.000 km. de alto tránsito.
El crecimiento del parque automotriz, y de la cantidad de pasajeros y cargas que circulan hace cada vez más apremiante la expansión de una red vial debidamente planificada.
Hay que comenzar por un planeamiento integral de la infraestructura de transporte carretero; dado que hay muchas necesidades insatisfechas, hay que optimizar las inversiones, de acuerdo con las prioridades más acuciantes, en forma armónica y equilibrada.
Vemos con satisfacción que la opinión pública y el gobierno tienen clara convicción de la necesidad de una vigorosa expansión vial y decisión de concretar importantes inversiones.
Ha tenido amplísima difusión la iniciativa privada presentada por un grupo que encabeza el Dr. Guillermo Laura de un programa conocido como Plan 10, que es fundamentalmente un proyecto de construcción de autopistas en las zonas no concesionadas del mantenimiento por peaje. Lo más saliente es la comunicación por autopistas de muchas capitales de provincias. El Poder Ejecutivo ha recibido con complacencia dicho plan y lo ha hecho suyo, enviándolo al Congreso de la Nación como proyecto de ley. Es un proyecto ambicioso que prevé su financiamiento privado, a ser reembolsado a la conclusión de la inversión por un aumento a partir de ese momento del precio de los combustibles.
La Asociación Argentina de Carreteras ve con beneplácito que se plantee la necesidad de una expansión y crecimiento vial. Con respecto a la necesidad de autopistas señalamos que en el país hay una necesidad de ampliar caminos existentes de dos trochas con mucho tránsito, duplicando los carriles y llevándolos a cuatro carriles, sea como autovía con cruces a nivel o como autopistas. Esta es una necesidad muy manifiesta en varias rutas. La ampliación en su mayor parte ya realizada de la ruta 2, de Buenos Aires a Mar del Plata, es un claro ejemplo de una necesidad satisfecha. Lo que hay que determinar es cuánto hay que hacer y dónde. Consideramos que una ruta debe duplicar su ancho, llevándolo a cuatro trochas cuando su tránsito es del orden de 6.000 vehículos por día. Estimamos que hoy y en la próxima década llegarán a ese nivel de tránsito medio diario alrededor de 5.000 km. en los próximos diez años.
Consideramos que tiene que crecer armónica y ordenadamente toda la red vial integrada: las autopistas, caminos primarios y secundarios y el tejido vial integral. En dicha red vial no debe olvidarse las mejoras de los caminos naturales, tema que se ha tratado intensamente en el primer Congreso de Caminos Naturales que nuestra Asociación realizara hace casi tres años en Mar del Plata. Sólo una red integrada completa puede atender a cubrir todos los espacios del país. La comparación que se haga con las magnitudes de caminos de los países más avanzados, incluso Estados Unidos, debe hacerse en todos los aspectos de la red vial.
Estos programas de expansión vial no deberían alterar el régimen de concesiones por peaje de los 9.600 km. de los caminos de alto tránsito. Alterar unilateralmente dicho régimen de concesión sería crear un precedente de inseguridad jurídica de los servicios privatizados.

CARRETERAS. Revista técnica impresa en la República 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 No 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.**

"El planeamiento y la inversión vial" 13

44° Asamblea General Ordinaria de la Asociación Argentina de Carreteras 14

Día de la Seguridad en el Tránsito y XXX Reunión del Asfalto 17

Primer Congreso Regional Latinoamericano sobre Sistemas de Transporte Inteligente 18

Red Vial Argentina
Por el **Ing. Rafael Balcells** 26

Recubrimiento de pavimentos flexibles existentes con capas de hormigón.
Por el **Ing. Mario E. Aubert** 29

Utilización de un navegador satelital portátil para la realización de relevamientos e inventariado de caminos.
Por la **Ing. Gabriela M. Testoni y el Lic. Víctor C. Testoni** 38

Seguridad Vial .....42 y 43

Criterios básicos para la inversión vial.
Por la Asociación Argentina de Carreteras 44

Sistema de gerencia para conservación de puentes.
Por los **Ings. Arturo J. Bignoli, Tomás A. del Carril y Javier Fazio** 49

Contadores volumétricos de tránsito: Algunos problemas y soluciones.
Por los **Sres. D. Guaraglia, E. Spinelli, R. Berretta, R. Giachello y L. Hlaczik** 65

Misión y ventajas de los betunes modificados con polímeros.
Por **J. Carswell y Francisco Cruz Burgos** 78

EL ING. PABLO R. GOROSTIAGA HA SIDO DESIGNADO PRESIDENTE DE LA ASOCIACION ARGENTINA DE CARRETERAS

En la XLIV Asamblea General Ordinaria realizada por la Asociación Argentina de Carreteras el 29 de abril último, el Ing. Pablo R. Gorostiaga fue nombrado Presidente de la Institución por el período 1998-2000 en reemplazo del Ing. Rafael Balcells quien finalizó su último mandato, después de ocho años consecutivos de ocupar la presidencia.

Destacamos que el Ing. Gorostiaga desempeña por segunda vez el cargo de Presidente de la Asociación pues ya lo había ocupado durante el período 1988-1990.

Además, de acuerdo con lo establecido en el artículo 12º del Estatuto de la entidad se aprobaron la memoria y el balance general correspondiente al ejercicio del año 1997 procediéndose posteriormente a la elección de los miembros del Consejo Directivo y de la Comisión Revisora de Cuentas en reemplazo de los que finalizaron sus mandatos el 31 de diciembre último.

Reunido el Consejo Directivo después de la Asamblea, se designó la Junta Ejecutiva, quedando integrado el Consejo Directivo en la siguiente forma:

El Ing. Pablo R. Gorostiaga acompañado por el Ing. Rafael Balcells al hacerse cargo de la Presidencia de la Asociación

JUNTA EJECUTIVA

Presidente: **Ing. Pablo R. Gorostiaga**
Vicepresidente 1º: **Lic. Miguel A. Salvia**
Vicepresidente 2º: **Ing. Jorge W. Ordoñez**
Secretario: **Ing. Nicolás M. Berretta**
Prosecretario: **Cont. Obdulio A. Barbeito**
Tesorero: **Sr. Hugo R. Badariotti**
Protesorero: **Ing. Juan Morrone**

Consejo Asesor

Ing. Carlos F. Aragón, Ing. Enrique L. Azzaro, Ing. José Bertrán, Ing. Julio C. Caballero, Ing. Mario J. Leiderman, Ing. Félix J. Lilli, e **Ing. Jorge M. Lockhart.**

MIEMBROS TITULARES

Categoría Ex-Presidentes (Art. 11º Estatuto): **Ing. Rafael Balcells.**

CATEGORIA SOCIOS PROTECTORES

Mandatos por 2 años
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. Aníbal L. Agostinelli**
LA CONSTRUCCION S.A. COMPAÑíA ARGENTINA DE SEGUROS
Rep.: **Ing. Julio A. Micillo**

Mandatos por 1 año
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**

CATEGORIA ENTIDADES COMERCIALES

Mandatos por 2 años
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**

Mandatos por 1 año
NEUMATICOS GOODYEAR S.A.
Rep.: **Sr. Alberto K. Johnson**
3M ARGENTINA S.A.
Rep.: **Sr. Claudio F. Granata**
SHELL C.A.P.S.A.
Rep.: **Ing. Gonzalo D. Rebolledo D.**
TECHINT S.A.
Rep.: **Ing. Jorge J. Asconapé**
VIALCO S.A.
Rep.: **Sr. Daniel Wuhl**
DYCASA, DRAGADOS Y CONSTRUCCIONES S.A.
Rep.: **Ing. Héctor S. Aloisi**

CATEGORIA ENTIDADES OFICIALES Y CIVILES

Mandatos por 2 años
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. Nicolás M. Berretta**
FATVIAL
Rep.: **Sr. Anthony Robson**
ESCUELA DE GRADUADOS
INGENIERIA DE CAMINOS
Rep.: **Ing. Mario E. Aubert**

Mandatos por 1 año
ASOCIACION DE FABRICAS DE AUTOMOTORES –ADEFA-
Rep.: **Ing. Juan Morrone**
CAMARA ARGENTINA DE CONSULTORES
Rep.: **Ing. Juan J. G. Buguña**
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.: **Cont. Obdulio A. Barbeito**

CATEGORIA SOCIOS INDIVIDUALES

Mandatos por 2 años
Ing. Marcelo J. Alvarez
Ing. Enrique L. Azzaro
Ing. Mario J. Leiderman
Ing. Jorge W. Ordoñez

Mandato por 1 año
Lic. Miguel A. Salvia
Ing. Carlos J. Priante
Sr. Hugo R. Badariotti
Dr. José María Avila

MIEMBROS SUPLENTES

Mandatos por 2 años
Ing. Héctor J. Biglino
Prof. Juan E. Tornielli

Mandatos por 1 año
Agr. Diego F. Mazzitelli
Ing. Roberto A. Cuello

COMISION REVISORA DE CUENTAS

Ing. Carlos J. Priante | **Ing. Norberto J. Salvia** | **Ing. Juan A. Zubeldía**

DECLARACION DE LA 44º ASAMBLEA GENERAL ORDINARIA

La Asamblea Anual de la Asociación Argentina de Carreteras formula sus apreciaciones sobre la hora actual y las perspectivas futuras.

Como Asociación sin fines de lucro, dedicada a bregar por "más y mejores caminos", vemos con satisfacción que hay consenso de opinión y decisión del gobierno en la impostergable necesidad de aumentar la inversión pública para ampliar, mejorar y conservar la red caminera nacional.

El camino es hoy el vínculo integrador del país y un factor vital de su desarrollo.

El acrecentamiento del parque automotor y de las cargas y personas que tienen necesidad de circulación por el camino, hacen necesario el aumento de la red de autopistas, caminos primarios y secundarios nacionales, provinciales y municipales. Señalamos que ese crecimiento debe ser proporcionado y armónico en toda la red vial.

El proyecto en base a una iniciativa privada que el Poder Ejecutivo ha presentado al Congreso de la Nación, basado principalmente en la construcción de 10.000 km de autopistas entre capitales de provincias, es un proyecto ambicioso que concentra gran parte de la inversión caminera.

Los criterios técnicos internacionales, que compartimos, indican que la duplicación de trochas (elevando de dos a cuatro los carriles) es necesario cuando el tránsito presente y estimado para la próxima década exceda los 6.000 vehículos por día. Consideramos, entonces, siguiendo dichos criterios que será necesario construir 5.000 km de autopistas, en los próximos 10 años. Pero es imprescindible que también crezca armónicamente la red de caminos primarios, secundarios y el tejido vial de caminos no pavimentados. Realizar sólo la expansión vial con autopistas sería como si se deseara expandir el abastecimiento de gas con gasoductos troncales o la expansión eléctrica construyendo líneas de alta tensión sin un crecimiento adecuado de su red de distribución.

Debe señalarse que la red caminera total del país abarca unos 480.000 km de los cuales están pavimentados aproximadamente 13%, siendo el resto sin mejoras.

La Asociación Argentina de Carreteras realizó en 1995 el Primer Congreso Argentino de Caminos Naturales, llegándose a la conclusión que habría que abordar, como primera prioridad, la mejora de 60.000 km de caminos no pavimentados. En efecto, esto es imprescindible, para asegurar la transitabilidad, desde la fuente de producción a todos los lugares de consumo o de exportación. Un ejemplo de la importancia del tema son las actuales inundaciones donde se advierte que hay vastas regiones que quedan aisladas, pues sus caminos naturales no han tenido mejoras ni sus terraplenes alcanzan los niveles adecuados para una transitabilidad permanente.

Un objetivo esencial de una red vial racional es cubrir todos los espacios del país y lograr la mayor economía en el costo del transporte por carretera de la producción, para ser un país competitivo. Otro objetivo, no menos importante es brindar al usuario condiciones de seguridad y transitabilidad permanentes, con mínimo impacto ambiental.

El actual gobierno implementó el hecho inédito de conservar más de 9.600 km por concesiones a mediano plazo. El éxito del sistema puede apreciarse por el hecho que el modelo está siendo imitado y establecido por otros países, algunos con una red tan importante como Brasil. La alteración de este sistema (que es ajeno al plan de autopistas) integra el proyecto presentando en el Congreso sin que se vislumbre el motivo por el que se quiebra unilateralmente el régimen de concesiones alterando la seguridad jurídica y abriendo el camino para el cuestionamiento de todos los servicios públicos concesionados.

La recaudación de recursos para un programa vial a través de fondos específicos provenientes de un gravamen sobre los combustibles es un recurso que tiene exitosa tradición histórica, pues con el se realizó durante dos tercios de siglo la construcción y conservación de la red vial. Sin embargo, el sistema de transporte carretero tributa tres veces más que las inversiones viales, por lo que hay que pensar como redistribuir esos gravámenes para la necesaria inversión vial.

La organización pública del sistema vial desde la creación de Vialidad ha sido eficiente. Es de los pocos o acaso el único sector público de la economía que ha tenido una auténtica estructura federal con un organismo nacional, vialidades provinciales y municipales que han encarado el

planeamiento y repartido los recursos en escala, en armonía y con equidad, convocando a las empresas privadas, para la ejecución de los proyectos, la construcción y la conservación.
Es conveniente aprovechar el funcionamiento de estos sistemas antes que pensar en la creación de nuevos organismos oficiales que interactúen sobre la actividad vial.
Anhelamos que se aumente significativamente la inversión vial, buscando optimizar las inversiones que surjan de un meditado planeamiento integral y cuidando que el desenvolvimiento sea armónico. Señalamos nuestra adhesión a planes más integrales de expansión de la red vial que comprendan a todos los tipos de caminos.
El "Primer Congreso Regional Latinoamericano sobre Sistemas de Transporte Inteligente" organizado por nuestra entidad, celebrado en el mes de marzo pasado, abre ambiciosas perspectivas de incorporar todos los adelantos de la ciencia y la tecnología a los transportes y muy especialmente al transporte carretero.
La Asociación Argentina de Carreteras continuará su intensa y preocupada gestión por el mejoramiento de la seguridad en el tránsito, por lo que vemos con satisfacción la creación de la Subsecretaría de Seguridad Vial, dependiente del Ministerio del Interior.
Hemos bregado y por fin en 1994 se ha visto satisfecha nuestra preocupación por la sanción de una ley nacional de tránsito. Ansiamos que las leyes provinciales tengan adecuación armónica y esperamos que ello sea conocido y cumplido por los conductores. También colaboramos con la educación vial editando 24 millones de folletos con dibujos en color para los niños, para su compresión y conocimiento.
Continuaremos con nuestros desvelos y nuestra acción para disponer de una red que una al país y nos vincule con todos los países limítrofes, por la que circulen con seguridad sus habitantes y sus producciones, para lo cual es preciso incrementar intensamente la inversión con recursos genuinos que no generen cambios en las reglas de juego ni inseguridad jurídica.
Hoy más que nunca adquiere relevancia el lema de la Asociación Argentina de Carreteras **"Por más y mejores caminos".**

XXX REUNION DEL ASFALTO

La Comisión Permanente del Asfalto ha informado que llevará a cabo su XXX REUNION DEL ASFALTO en la Ciudad de Mar del Plata. Las sesiones técnicas se realizarán en el Golf Club de dicha Ciudad, en la semana comprendida entre los días 2 y 6 de noviembre venideros y los autores de trabajos deberán enviar a la sede de la Comisión un resumen del mismo que no exceda las 200 palabras, antes del 10 de setiembre venidero, ajustándose al siguiente temario:

TEMARIO:

A. Práctica constructiva de pavimentos asfálticos.
B. Elementos de equipo
C. Materiales bituminosos
D. Materiales pétreos
E. Análisis de costo de construcción y de conservación de los pavimentos asfálticos.
F. Relaciones entre contratistas, productores de asfaltos y agentes oficiales viales.
G. Estudios económicos comparativos de los pavimentos asfálticos con otros tipos de firmes.
H. Aplicaciones del asfalto fuera de las construcciones camineras.
I. Especificaciones y normas técnicas.
J. Misceláneas, referidas a materiales o aplicaciones bituminosas.

Posteriormente dicha Institución ampliará detalles sobre esta Reunión.

NUEVA PLANTA PARA MACROSA DEL PLATA

Macrosa del Plata S.A., representante exclusivo de Caterpillar en Argentina desde 1971, adquirió un predio de 70.000 m2 en ruta Panamericana, KM 34, ramal a Pilar, para la construcción de una nueva planta.
Estará operando antes de fines de 1998 y contará con instalaciones de última tecnología y con un Centro de Reconstrucciones de Componentes.
La inversión alcanzará a los 4.5 millones de dólares en la planta y 3 millones de dólares en equipamiento y forma parte del Programa de Mejora Contínua para atención de clientes implementando por Macrosa del Plata.

DIA DE LA SEGURIDAD EN EL TRANSITO
10 DE JUNIO

Como es tradicional, la Asociación Argentina de Carreteras llevará a cabo el día 9 de junio venidero un acto en celebración del "Día de la Seguridad en el Tránsito" -10 de junio-.
En esta oportunidad destacados profesionales de la actividad oficial y privada vinculados con los sectores responsables de la Seguridad Vial darán a conocer sus opiniones y comentarios relacionados con este tema, al que nuestra Asociación brindó permanentemente sus mayores esfuerzos en distintas campañas, con el fin de colaborar en la solución de la inseguridad vial que reina en nuestro país.
El acto se realizará en los salones de la Cámara Argentina de la Construcción, Paseo Colón 823, P.B. de esta Ciudad, a las 17 horas del mencionado día 9.
Próximamente los asociados de nuestra Institución recibirán mayor información sobre este acto.

Primer Congreso Regional Latinoamericano sobre Sistemas de Transporte Inteligente

Disertaciones de las Sesiones de Apertura, Acto Inaugural y de Clausura

Entre los días 24 al 27 de marzo último se llevó a cabo con todo éxito en Buenos Aires el "Primer Congreso Regional Latinoamericano sobre Sistemas de Transporte Inteligente" (ITS, según sus siglas en inglés) con el apoyo de nuestra Asociación Argentina de Carreteras.

El programa previsto y la exposición se desarrollaron en los salones del Hotel Crowne Plaza Panamericano, con la asistencia de una calificada concurrencia de participantes de nuestro país y del exterior, en particular de profesionales de Latinoamérica.

El Congreso se inició con el Seminario "Transporte viable usando sistemas de transporte inteligente" desarrollado por Philip Tarnoff y Anson Nordby de los Angeles, Estados Unidos de Norteamérica, realizándose posteriormente la sesión de apertura como se detalla a continuación.

Foto superior: *Cabecera del acto inaugural integrada de izquiera a derecha por el Sr. James Constantino, la Srta. Christine M. Johnson, el Dr. Adolfo Vazquez, el Ing. Guillermo M. Cabana, el Sr. Richard B. Robertson y el Ing. Rafael Balcells.*

SESION DE APERTURA

Estuvo presidida por el señor Ministro de Justicia de la Nación, Dr. Adolfo Vázquez, el Presidente de ITS América, Sr. James Constantino, el Sr. Richard B. Robertson, Director General de la International Road Federation, el Ing. Guillermo M. Cabana, Administrador General de la Dirección Nacional de Vialidad, la Srta. Christine M. Johnson, Directora de la Oficina de Programas ITS de la Administración Federal de Carreteras de Washington, EE.UU., y por el Ing. Rafael Balcells, Presidente de la Asociación Argentina de Carreteras y del Comité Local de Organización del Congreso, quienes usaron de la palabra, haciéndolo en primer término el Ing. Rafael Balcells.

ACTO INAUGURAL

DISCURSO DEL ING. RAFAEL BALCELLS, PRESIDENTE DE LA ASOCIACION ARGENTINA DE CARRETERAS Y DEL COMITE LOCAL DE ORGANIZACION

La Asociación Argentina de Carreteras agradece a la International Road Federation y a I.T.S. América el honor de haberle sido delegada la organización local de éste el Primer Congreso Regional Latinoamericano sobre Sistemas de Transporte Inteligente.

Al dar a Uds, distinguidos colegas, la bienvenida, todos nosotros y nuestro país se ofrece para brindarles cálida recepción y la mejor estadía, como marco adecuado a las sesiones de este importante Evento Tecnológico y Empresario.

La industria y la inversión en infraestructura de transporte, dando sustento a la demanda creciente de movilidad y traslado de personas y bienes, ha sido un factor determinante del crecimiento y progreso socioeconómico (Ciclos largos de Kondratiew) durante los siglos XIX y XX y hoy mantiene y consolida su calidad de multiplicador económico.
En la finalización del siglo XX la ***Industria del Conocimiento*** *surge como el motor generador del progreso, alimentado por el poder de la Inteligencia.*

El barco a vapor, la locomotora y el automóvil fueron y siguen siendo protagonistas directa e indirectamente del gradiente de crecimiento acelerado en todas las mayores economías modernas.

Entramos al tercer milenio y asistimos al nacimiento de nuevos y trascendentes factores de progreso; el salto cualitativo y cuantitativo que aporta la tecnología de la Informática y la Telecomunicación (Telemática), está llevándonos de la mano hacia una realidad, donde los límites geográficos y las condiciones naturales, ceden lugar a los recursos creados por el poder de la inteligencia que se apoya en la Educación, la Instrucción, la Investigación y el Desarrollo Tecnológico.

La mayor importancia del factor económico, el factor de escala y la globalización de los factores de provisión y producción, ha sido, sino determinante, un acelerador de la creación de Bloques Económicos: Unión Europea; NAFTA; MERCOSUR y la Asociación Económica Asiática. Todos los participantes están aportando sus mejores esfuerzos para colocarse en ventaja.

Es de destacar las altas tasas socioeconómicas netas de retorno para las inversiones en infraestructura vial en el período 1950-1970 superiores al 35%, que demuestran, para EE.,UU., los estudios del Economista Ishag Nadiri, Universidad de New York.
En los años 70 y 80 las tasas de retorno disminuyen pero no resultan inferiores al 18%.

Obviamente la inversión en infraestructura produce estos retornos únicamente, si es necesaria, razonable y realizada oportunamente.

En este Mundo Globalizado, el Transporte juega un papel de primera línea.
Cuando se trata del transporte, del producto o sus insumos hacia los puntos de transformación, armado, intermediación, exportación o consumo, la Red Integrada de Transporte eficaz, en su caso Multimodal, es en muchas ocasiones, condición ***sine qua non*** *para colocar o no colocar un producto en el mercado.*

La exigencia del ***"Just in Time"*** *de la industria moderna para el acceso a la cadena de montaje del prácticamente* ***"stock en Tránsito"*** *requiere redes de transporte seguras, eficaces y rápidas.*

La sociedad se dirige hacia la Globalización de la Economía; las cosas se pueden producir en lugares y naciones diversas y se pueden vender en cualquier lugar del mundo.

Por todo ello para que nuestro deseo de progreso no se frustre, es indispensable el desarrollo de la Competitividad Territorial o sea dar soporte a la cristalización del potencial productivo en toda la extensión del país. Este objetivo necesita la existencia de una Red de Transporte Integrada, eficiente y eficaz que haga posible un buen posicionamiento en este desafío contemporáneo de un Mundo Globalizado.

Surge como obligada consecuencia de la preexistencia de una muy importante inversión en la infraestructura de transporte que, ante toda nueva inversión, se debe obtener el máximo rendimiento de la infraestructura existente, esta es una etapa que se debe "transitar" a la par que se incorporan nuevas estructuras y medios de transporte actualizados.
Estas reflexiones nos ubican en la realidad del porqué ha surgido la necesidad de desarrollar Tecnologías y Medios que aplicadas a las Redes de Transporte Existentes y a las que se deben incorporar, resuelvan aspectos negativos de posible, necesaria y conveniente solución con particular énfasis en el área Latinoamericana, donde el Factor Transporte tiene una ponderación por demás significativa.

Estas Tecnologías, Medios y Conceptos Básicos integran en general lo que se define como ***Sistemas Inteligentes de Transporte,*** *comprendiendo algunos de los temas que se presentarán en las sesiones técnicas del presente Congreso:*

- *Desarrollo de sistemas telemáticos de recolección de datos.*
- *Peaje telemático.*
- *Localización Satelital de Vehículos.*
- *Monitoreo de las condiciones del Camino y del Clima.*
- *Gerenciamiento del tráfico mediante los Centros de Control y Centros de Información de Tráfico, Radial y Telemático mediante Señales Inteligentes de Mensajes Variables y directamente a los vehículos usuarios.*
- *Gerenciamiento de sistemas de información para efectivo control y apoyo a la navegación.*
- *Geographic Position System (satelital).*
- *Intermodalización de los Modos de Transporte-Conteinerización.*
- *Reducción de la Contaminación Ambiental*
- *Reducción de la Siniestralidad.*
- *Reducción de la Congestión, mejoramiento del Flujo de tránsito, reducción de tiempos perdidos.*
- *Gestión del recurso financiero, económico y técnico en la construcción y mantenimiento de la Infraestructura, Operación y Explotación del Transporte.*
- *Priorizar la definición y construcción de la Red Nacional Integrada de Transporte.*

Ing. Rafael Balcells

En particular Argentina es campo fértil para la implementación de los medios tecnológicos que aporta el Sistema Inteligente de Transporte (S.I.T.)

Lograda la estabilidad Monetaria y Fiscal, eliminada la Inflación, con la incorporación de la gestión empresaria por Concesión de Construcción, Mantenimiento y Operación se han obtenido los siguientes progresos.

- *Se han mejorado la eficiencia fluvial, marítima, portuaria, ferroviaria y recientemente se ha privatizado la gestión de toda la Red de Aeropuertos.*
- *Se ha construído y se sigue completando la Red de Accesos a Buenos Aires y a la Ciudad de Córdoba, mediante concesión por peaje.*
- *Se ha mejorado y se matiene la infraestructura de los 12 corredores de mayor tránsito del país, mediante concesiones financiadas por el recurso del Peaje.*

Los Organismos Nacionales y Provinciales en los distintos sectores reseñados y en particular en el Area Vial: La Dirección Nacional de Vialidad y el Organo de Control de Acceso a Buenos Aires, han demostrado hallarse a la altura de los requerimientos de esta profunda transformación que coloca a la Infraestructura de Transporte del País en las mejores condiciones para recepcionar los medios y tecnologías que el Sistema de Transporte Inteligente (S.I.T.) aporta para obtener en definitiva un mejor nivel de funcionalidad y rendimiento de la Red de Transporte existente y a construir en el corto, mediano y largo plazo ayudando a lograr, una mayor capacidad y competitividad de producción y consumo, y lo más importante, Un Futuro Mejor.

Tal como se desprende del Temario y de los Expertos participantes, la convocatoria abarca los distintos medios y modos de transporte, en sus componentes políticos económicos y profesionales, para el Area Latinoamericana y en particular en el área carretera para el Mercosur y los Corredores Bioceánicos del Cono Sur, en aras del ***Transporte del Futuro: Sustentable, Económico, No contaminante y de alta seguridad para el Ser Humano.***

Agradecemos el aporte de los Señores Expertos participantes, de todo el continente Americano; del Asia y de Europa que concurren a esta convocatoria de la International Road Federation de I.T.S. América y a la cual nos hemos sumado con el entusiasmo y la vocación de incorporar ideas y conocimientos a programas y acciones concretas que jerarquicen el Sistema de Transporte, a un alto nivel de eficiencia y calidad, contribuyendo a que América Latina, acreciente sus conocimientos específicos, dinamizando el potencial de la riqueza de su factor humano y productivo.

Sr. James Constantino

Sr. Richard B. Robertson

Del Sr. James Constantino, Presidente de ITS América

Buenos Días Delegados, Invitados de Honor al Primer Congreso Regional Latinoamericano sobre sistemas de transporte inteligente, me siento complacido de estar aquí y darles la bienvenida en nombre de ITS junto con nuestros socios que es la Federación Internacional de Caminos.

Empezamos nuestras operaciones en marzo de 1991 tan sólo hace siete años, una mitad de nuestras 1300 organizaciones pertenecen al sector privado y la mitad pertenece al sector público.

Hace siete años ITS básicamente se dedicaba a lo que era la etapa de investigación y desarrollo, pero los líderes visionales del transporte pudieron ver la gran promesa que ofrecía ITS para poder tener un mejor futuro en el transporte superficial, y ahora también nos sentimos que estamos en la parte del despliegue, estos líderes fundaron la base para utilizar tecnologías de comunicación-electrónica y computación, para poder ayudar a la solución de problemas que tienen que ver con la seguridad.Esperamos que esta reunión constituya el principio de una serie de conferencias y exposiciones con nuestros socios en ITS y nuestros asociados en América Latina, para poder traer distintos participantes de todo el mundo para poder dar respuesta a los problemas de transporte de ITS.

Al igual que otras tecnologías avanzadas ITS no conoce fronteras nacionales; es realmente internacional, utiliza productos, servicios, sistemas, de todo el mundo. América Latina es de extrema importancia para la comunidad de ITS internacional.

Sus sedes han realizado avances muy rápidos en el transporte y han establecido relaciones esenciales con la comunidad de ITS norteamericana y con el resto del mundo.

En este momento los EEUU y los países de América Latina están trabajando para establecer una zona de libre comercio hemisférico para comienzos del próximo siglo, parte de ese esfuerzo constituye la ayuda para poder crear un transporte superficial más eficiente y más seguro, y ayudar así a las economías de nuestros países individuales.

Los sistemas de transporte inteligente, los productos y los servicios, también constituirán una parte integral de esta zona de libre comercio, a medida que nuestras naciones desarrollan sistemas de transportes modernos intermodales que son necesarios en aeropuertos, puertos, terminales ferroviarias, etc.

¿ Que depara el futuro para los servicios y productos de ITS para el próximo siglo ?

Una inversión en análisis de mercado de ITS nacional recientemente comisionado por el Departamento de Transporte de los EEUU e ITS América, indica que en los EEUU por ejemplo en los próximos veinte años el mercado para productos y servicios de ITS crecerá en aproximadamente 400.000 millones de dólares; los mercados conducidos por la infraestructura pública en los EEUU se proyectan en superar el 20% de ese total, lo que constituye 80.000 millones de dólares, mientras que el mercado privado que incluye los productos de consumo y los servicios, se estiman que van a exceder 340.000 millones de dólares o lo que constituye un 80%.

Las tecnologías de ITS ayudarán a que los países puedan estar a la vanguardia de la competividad internacional, van a asegurar que sus sistemas de transporte estén dentro de los más eficientes de todo el mundo, la visión de ITS es una visión mundial, de alcance mundial, no es tan sólo una visión nacional, la investigación y desarrollo y el despliegue de ITS se han acelerado en todos los continentes, ITS se ha beneficiado muchísimo de los encuentros internacionales como el Congreso Mundial, como el que está programado para Seúl en Corea en el mes de Octubre de este año y por supuesto reuniones como ésta.

ITS América los va a ayudar a poder crear lo que es ITS Argentina y las organizaciones ITS en otros países de América Latina, vamos a trabajar con ustedes para poder aprovechar todos los beneficios de ITS y llevárselos a la gente de Argentina y de América Latina.

Permitamos que esta primera Conferencia Regional de ITS de América Latina sea el lanzamiento para esta nueva era en el transporte y una vez más acepten por favor nuestra acogida a este Primer Congreso Regional Latinoamericano sobre sistemas de transporte.

Del Sr. Richard B. Robertson, Director General de la International Road Federation

Es un gran placer para mí poder unirme con Ustedes en el primer Congreso sobre ITS en Buenos Aires.La Federación Internacional de Caminos e ITS América se han reunido en una asociación para organizar este tipo de conferencias en América Latina, esta es la primera vez que la Federación Internacional de Caminos ha desarrollado una conferencia con otras asociaciones como en este caso es ITS América.

Es nuestro pensamiento que los sistemas de transporte inteligente constituyen una tecnología muy importante que va a permitir que nuestros caminos puedan funcionar con mayores capacidades, mayores velocidades y con una seguridad, mejorada, debemos continuar manteniendo-reconstruyendo-expandiendo, nuestros caminos existentes y debemos construir nuevos caminos, pero también debemos demostrar al público que estamos administrando las redes de carreteras con una eficiencia máxima, haciendo que las tecnologías de transporte inteligente constituyan un esfuerzo clave.

La Federación Internacional de Caminos siempre se ha comprometido con intercambio de tecnología en todo el mundo, reconocemos que inclusive las naciones más industrializadas se benefician de las experiencias y prácticas de otras naciones que están desarrollando sus propias economías.

Uno de los desafíos para cualquier organización tal como es la Federación Internacional de Caminos es poder dar oportunidad a los miembros de todo el mundo, para organizaciones y organismos gubernamentales que son parte de la Fedración Internacional de Caminos tenemos una obligación con ellos y un deseo muy profundo de poder prestarles asistencia en cuanto a los objetivos y las metas de cada uno de estos miembros.

Para cada uno de los miembros que están presentes en esta reunión yo les expreso sinceramente el sentido de que quiero que su participación y asistencia va a traer aparejados beneficios tangibles para sus organizaciones y para sus gobiernos.

La Argentina ha sido la innovadora en cuanto a las técnicas de privatización de carreteras y está demostrando rápidamente su liderzgo en el desarrollo de la tecnología de ITS, uno de los líderes es el Sr. Roberto Cruz de Ocraba y su visión de lo que es ITS en Buenos Aires.

Nos sentimos complacidos de que sean un nuevo miembro de la Federación Internacional de Caminos y que tengan o sean líderes y participantes activos de nuestro programa.

Hace tiempo podemos decir que un miembro de la IRF es la D.N.V. que está conducida por el Sr.Guillermo Cabana que también es una persona que apoya esta conferencia.

A todas las organizaciones y Compañías que participan en esta Conferencia les expreso mi más sincero

agradecimiento y aprecio, pero no podría dejar de expresar mi agradecimiento a la Asociación Argentina de Carreteras y a su líder que es el Ing. Rafael Balcells.

La Asociación Argentina de Carreteras es el miembro más tradicional de la Federación Internacional de Caminos en la Argentina, el Sr. Balcells ha sido un buen amigo para la Federación Internacional de Caminos y yo lo considero un amigo personal.
Una vez más, él ha estado de acuerdo en ser un miembro del Directorio de Federación Internacional de Caminos y como va a tener lugar una reunión en Washington el próximo mes, le pedí al Sr. Balcells que hiciera una presentación con respecto a las condiciones de los programas de Carreteras en Argentina pero desafortunadamente él no va a poder asistir por lo que está preparando una presentación y va a ser un gran privilegio para mí poder darla en su nombre.
Asimismo él ha sido Presidente del Comité Organizador de esta Conferencia y ha dedicado mucho tiempo para poder asegurar el éxito y realmente le agradezco muchísimo por esto.

La Federación Internacional de Caminos lucha por poder mantener su presencia en América Latina tratando de cumplir con las necesidades de la comunidad de Carreteras, en el pasado esto se ha visto demostrado por la participación y el apoyo del desarrollo de la Carretera Panamericana y también en el campo de la educación.
A medida que miramos hacia el futuro hay tres áreas importantes que la Federación Internacional de Caminos quiere buscar en América Latina; la primera tiene que ver con la educación, la segunda con el sistema de transporte inteligente y la tercera con la seguridad.

En el área de la seguridad la Federación Internacional de Caminos está trabajando con la Administración Federal de Carreteras y con el Departamento de Transporte de EEUU para poder tener programas de capacitación para profesionales de América Latina.

Los profesionales que asistan en América Latina van a constituir claves y recursos clave: para poder dar capacitación en seguridad a otros profesionales de América Latina, este programa va a comenzar en 1999.
La Federación Internacional de Caminos está trabajando con el Banco Mundial para traer capacidad y recursos en América Latina a través de Seminarios, comenzando en 1999 sobre distintos temas.

Para cerrar una vez más quisiera agradecer a aquellos que han trabajado para ser un éxito de esta Conferencia y espero que cada una de Ustedes puedan tener una experiencia que sea muy provechosa esta semana.
Muchas gracias.

Del Ing. Guillermo M. Cabana, Administrador General de la Dirección Nacional de Vialidad

La actividad vial en este país ha tenido momentos de auge importante donde la ingenieria vial argentina estuvo al mejor nivel mundial y momentos de crisis, tanto técnica como económica que derivaron en soluciones de emergencia.
En los últimos años muchos han sido los avances en esta materia.

El desarrollo de las concesiones viales inicialmente para atender el mantenimiento de la red vial nacional y luego para concretar mejoras importantísimas en rutas, tales como los accesos a la Capital Federal, ha sido un factor decisivo para el progreso de la red vial argentina.

Nuevas tecnologías aplicadas al mantenimiento, nuevas formas de gestión fueron surgiendo alentados por estos procesos, por la irrupción de los privados en la gestión de las carreteras, tema siempre antes limitado al sector público.

La red vial bajo jurisdicción del Estado Nacional, ha ido creciendo en calidad de servicio a través del incremento de la red de autopistas, del mejoramiento y/o ampliación de las existentes, de la implementación de programas de mantenimiento.
Así hoy podemos lucir orgullosos una red vial apta para atender en términos generales los requerimientos de los usuarios.

Se han incrementado las condiciones de seguridad incorporando en forma permanente en todas las rutas nacionales la adecuada señalización horizontal y vertical, tanto en las rutas administradas por concesionarios, como en aquellas que atiende el Estado a través de los diversos sistemas de gestión, tales como los contratos de rehabilitación y mantenimiento o los de conservación de rutina.

Pero tenemos asignaturas pendientes aún.

Un alto índice de accidentes y de muertes en nuestras rutas que paradójicamente crece al compás de las mejoras en las carreteras.

Los estudios demuestran que estos accidentes son en una inmensa mayoría responsabilidad de los conductores, de su imprudencia, negligencia o impericia, de falta de conciencia en el respeto de las más elementales normas de seguridad y de los derechos del prójimo.
En suma de una situación cultural.

Por mucho tiempo este ha sido el argumento para no avanzar decisivamente en mejoras en las condiciones de seguridad.

Cierto es que el problema no lo constituyen en general las condiciones fisicas de la carretera, pero no es menos cierto que siempre existe algo que podamos hacer, obras que se puedan concretar para mejorar las condiciones de operación.

Es esa operación la que debemos analizar meticulosamente para determinar con precisión que otras cosas pueden hacerse para mejorar.
La primera de ellas es que la ruta sea previsible para todos y cada uno de los usuarios.

El segundo concepto es precisamente el respeto al usuario, al valor de su tiempo.
Por un lado avanzamos en las mejoras en las rutas.
Por otro lado contradictoriamente las complicamos con muchas demoras, muchas veces innecesarias, muchas veces eliminables.
Demoras innecesarias, restricciones de velocidad injustificadas, indicaciones erróneas o extemporáneas generan siempre situaciones que incrementan la inseguridad.

Es en este sentido que hemos acogido con alegría y esperanza esta reunión en nuestro país.
Esperanza de que estas nuevas tecnologías nos brinden la posibilidad cierta de contribuir a una mejora en la operación de nuestra red vial, instrumentando sistemas de control y orientación del tránsito, que lo agilice, que lo haga previsible, de forma tal de reducir

Ing. Guillermo M. Cabana

Srta. Christine Johnson

cada vez más los factores que inciden en la producción de accidentes.

Nuevos sistemas de control de tránsito y señalamiento luminoso, que posibilite regular los tiempos de detención a las necesidades instantáneas de la red vial o de la trama urbana, resultan indispensables a la hora de optimizar las condiciones de servicio.
No es posible seguir pensando hoy en esquemas rígidos de semaforización que impongan demoras ociosas y a veces peligrosas a los usuarios.

También deben implementarse mejoras en la colección de los importes de peaje, posibilitando el pago automático y electrónico, de modo tal de que pagar el servicio no se convierta en una molestia para el usuario, que resulte un hecho imperceptible y en ese sentido debería avanzarse en sistemas unificados o consensuados que permitan recorrer toda la red vial bajo peaje, utilizando el mismo sistema, sin importar el operador de la via.

Estos temas y muchos otros que resultaban inimaginables hace años son hoy una exigencia impostergable.
Cada día existe una conciencia más clara de que todavía queda mucho por hacer para mejorar las condiciones de uso de las carreteras, y sin duda los sistemas de tránsito inteligente nos darán una respuesta.
Hay cada día más impulso por crecer, por mejorar.
Y esa mejora hoy sin duda pasa por un nuevo concepto que debe instalarse en todos los responsables del sistema carretero.
El concepto de la operación de la carretera.
Somos responsables no sólo de proveer una carretera sin baches, sino también de analizar su operación y cómo mejorarla.

Esta es y debe ser en el futuro una tarea de todos. Del Estado que a través de sus vialidades nacional, provincial y municipal debe prestar atención permanente a las condiciones de operación de sus vías, de los concesionarios viales que no pueden ignorar estos conflictos, que deben detectarlos, analizarlos y darle solución, pero por sobre todo tarea de todos y cada uno de los funcionarios públicos o privados que tienen responsabilidad sobre la ruta, sobre la vida y la calidad del servicio que reciben los usuarios.

De la Srta. Christine Johnson, Directora de la oficina de programas ITS, de Washington, EE.UU.

Quisiera expresarles mi placer por compartir este podio con el Sr. Cabana, el Sr. Cruz, el Ing. Balcells, el Sr. Robertson, el Sr. Constantino.

Asimismo quisiera expresar mi reconocimiento a todos los colegas participantes, y quisiera comenzar haciendo referencia a un aspecto personal contándoles lo contenta que estoy de visitar Sudamérica, esta es la primera vez que llego a Sudamérica.

Para aquellos que me conocen en EE.UU., Uds. saben que yo no soy muy amante de viajar por el mundo sin embargo en el transcurso de toda mi vida por un motivo u otro siempre he tenido que venir a Sudamérica y espero que pueda volver, quiere decir que de alguna manera esto marca el comienzo de mi sueño.

Más allá de este sueño personal hoy esto marca no solamente un sueño que se hace realidad por parte de un puñado de profesionales del transporte que tienen la previsión para comprender que estamos al borde de un cambio global dentro de nuestra profesión.

En el área de transporte, este cambio representa un aspecto significativo ya sea desde el punto de vista de ferrocarriles trascontinentales o la red global de aviación.
Estos visionarios comprendieron que si nosotros asumíamos este cambio en forma conjunta como un esfuerzo panamericano el resultado sería un mayor comercio, vínculos económicos más fuertes, una mayor libertad de viaje, mucho más que si este cambio lo hubiéramos lanzado en forma individual no como un conjunto de naciones separadas, ITS los sistemas de transporte inteligente cuentan con el poder de zanjar nuestros sistemas de transporte, hablamos aquí de carreteras de transporte,etc., y zanjar nuestros sistemas a través de las fronteras nacionales.

Que significa esto, siempre y cuando que decidamos trabajar juntos así es como vamos a poder crear un sistema donde contemos con sistemas locales individuales como los que tenemos en estos momentos.
Estos visionarios pudieron preveer este potencial y comenzaron a planificar una conferencia que nos permitiría conocernos y que facilitaría la construcción de relaciones que promoverían el desarrollo de esta visión común en pos de un sistema de transporte inteligente a lo largo y a lo ancho de todo el continente americano.

Después de referirse extensamente a dichos aspectos, la Srta. Johnson expresó:
En un momento en el cual nuestras economías se están mezclando cada vez más y combinando cada vez más, podríamos decir que no podemos darnos el lujo de construír barreras electrónicas al comercio entre nuestros países, por que esto simplemente hará que nuestros hijos y nietos deban gastar millones de dólares para solucionar esta situación que seguramente nos enfrentará.
Hoy en este momento estamos invirtiendo millones de dólares tratando de armonizar nuestros sistemas de carreteras u otros sistemas para poder tener una mejor libertad de viaje a través de la fronteras del continente.

Espero que esta conferencia sea el punto inicial de ese diàlogo, también quisiera aprovechar esta oportunidad para apelar a todos nuestros hermanos latinoamericanos para que su voz se haga sentir dentro del área de definición de estándares internacionales sobre ITS, todavía no se han involucrado, es hora de participar, los temas que hoy se discuten en el foro de la Organización Internacional de Estandarización van a forjar la visión y la realización de los sistemas inteligentes de transporte en todo el mundo, más allá de esto no reinventemos la rueda en cada uno de nuestros países en forma individual y debemos aprender unos de otros, porque ya ninguno de nosotros puede abordar o afrontar el costo de realizar investigaciones que son necesarias para solucionar problemas aparentemente indetectables y problemas que están en nuestro camino futuro.
Entonces comencemos a trabajar juntos y ahora, creo que este es un momento realmente importante para el transporte, los ingredientes para el cambio realmente se encuentran al alcance de la mano y son sumamente poderosos tanto como las fuerzas que nos permitieron inventar el automóvil, la rueda, etc.

Los problemas de la seguridad y congestión son enormes, amenazan nuestro bienestar económico mientras miramos hacia el futuro así también nuestra ha-

bilidad de lograr soluciones las cuales se han visto restringidas por enormes demandas de capital.
Sin embargo prácticamente observamos una nueva disciplina de información, de comunicación que nos ofrece toda una nueva modalidad de pensar y desarrollar soluciones, su poder no obstante se puede magnificar multiplicándolo por cien si elegimos cooperar en esta nueva infraestructura de transporte en lugar de competir, espero entonces que podamos tomar una página de la industria de la exploración del espacio donde muchos de nosotros sabemos que las tecnologías fundamentalmente surgen a partir de la exploración del espacio.
A mi me encanta ver todo lo que hace a la exploración del espacio, todo lo que se descubrió, todo lo que podemos aprender a partir del universo y creo que nosotros estamos haciendo algo parecido convirtiendo una fuerte competencia que surgió con la guerra fría en una cooperación extraordinaria desde el punto de vista científico a nivel global.
Esta es la única forma en la que lo vamos a lograr, entonces quisiera solicitarles a Ustedes como profesionales en el área de transporte aquí en la tierra más que en el espacio, si no podemos hacer algo más, aprovechemos esta conferencia para iniciar un vínculo de cooperación panamericana que literalmente puede escribir un nuevo capítulo en la historia del transporte.

Del Dr. Adolfo Vázquez, Ministro de Justicia de la Nación

Señores representantes de los diversos países que vinieron a esta Conferencia a colaborar en lo que hace a un sistema de seguridad en materia vial, Señoras, Señores:
Ustedes deberán preguntarse en primer término que está haciendo o que tiene que ver un Juez o un integrante del Poder Judicial que está participando en este evento.
La respuesta es muy simple, tan simple como todo lo que es humano.

Estamos preocupados por la vida que se pierde, estamos cansados de sacar sentencias siempre posteriores a los accidentes de tránsito donde por más que fijemos una indemnización nunca restañamos la situación de poder volver las cosas a sus orígenes.
La vida no tiene retorno y he visto que todos los Sres. técnicos que vienen aquí a desarrollar sus conocimientos científicos en esta área tan importante que hace al transporte han puesto especial énfasis en este aspecto.
El aspecto de la vida como lo acaba de señalar el Director General de Carreteras de la Argentina, y la Dra. que disertó en forma precedente.
La defensa de la vida y la posibilidad de evitar una muerte.

La educación ha estado plasmada en la palabra del Ing. Balcells y en la palabra de todos quienes han desarrollado sus exposiciones esta mañana y seguramente está presente como el elemento o el objetivo de máxima en la mente de todos y de cada uno de Ustedes.

Este sólo hecho, este sólo aspecto a mí ya me llena de satisfacción y justifica en exceso la gentileza que han tenido Ustedes de invitarme a este evento y de haber podido participar en él.

Yo sé que los aspectos técnicos que Ustedes van a tratar, que Ustedes van a desarrollar escapan a mis limitados conocimientos jurídicos pero sé que todos están expuestos en este sentido.

La economía, la seguridad, la técnica, la ciencia jurídica, todo tiene un sólo destinatario, primero y último que es el ser humano, sin el ser humano no existiría ningún tipo de desarrollo científico en ninguna de sus especialidades y en este caso particular creo que los dos aspectos que Ustedes han puntualizado de las vidas que se pierden, de las necesidades de educación y de divulgación de estos conocimientos son la base angular que habrá de desarrollar esto más allá del aspecto económico que también tiene su influencia y su importancia.

Lamentablemente cuando una vida no puede ser ya reparada, lamentablemente cuando un accidente ha dejado secuelas irreversibles que han transformado a veces en un inválido a un ser humano, uno lo valoriza económicamente, además también valoriza otros aspectos de bienes que se pierden, y en la República Argentina tenemos anualmente una pérdida económica de 5.000 millones de dólares anuales, lo cual ya de por sí es demostrativo de la necesidad de implementar este plan que yo calculo que en dos años va a estar absolutamente recuperado, amortizado y sin dejar con esto de obviar lo que dije en un primer término, la vida, una sola vida humana no tiene precio en el sentido de que no alcanzaría la plata de todo el mundo para poder pagar una sola, máxime si esa vida humana es de un ser querido o de uno de nosotros; este es un valor subjetivo que no tiene precio.

Yo agradezco y les deseo un gran desarrollo y una feliz culminacióm de este evento.
Nada más y Gracias.

SESIÓN PLENARIA

En la Sesión Plenaria improvisó algunas palabras el Presidente de la Asociación Argentina de Carreteras y del Comité Local de Organización, Ing. Rafael Balcells, relacionadas con el cierre de este Congreso, haciéndolo posteriormente el Sr. Julio Melgar, representante del Banco Interamericano de Desarrollo; el Sr. Asif Faiz, del Banco Mundial y el Sr. Stephen C. Lockwood, Vicepresidente de la firma PB Farradine, quienes describieron los respectivos programas de esas entidades relacionadas con los Sistemas de Transporte Inteligente.

Palabras del Ing. Rafael Balcells

Estamos dando finalización a esta Convocatoria que se origina en la voluntad de la IRF y del Sistema Inteligente de Transporte de América, ITS, en difundir en el área Latinoamericana el resultado de un largo período de investigación y desarrollo que han puesto en el tapete en este momento elementos que hacen a los aspectos fundamentales que afligen nuestro transporte en general y en particular al transporte carretero.O sea resolver el flujo de tránsito de una manera lo más económica posible, resolver alguna

Dr. Adolfo Vázquez

disminución sensible de la contaminación ambiental derivada del transporte y el flagelo de la siniestralidad que afecta a nuestros países e incluso afecta a todo el mundo donde el transporte carretero en particular tiene gran desarrollo.

Sabemos que nada más que en este aspecto todas las economías tienen un desahorro prácticamente entre el 1 y el 2%. En países desarrollados como Bélgica hace cuatro años hicieron su estudio y el 2,5 de su producto bruto se perdía derivado de las consecuencias de los accidentes de tránsito.

Yo supongo que entonces todos nosotros estamos convocados para encontrar las mejores soluciones y las mejores adecuaciones de nuestras capacidades a las nuevas implementaciones de esta tecnología que como decíamos por ejemplo en EE.UU. en la última década ha recibido una inversión útil de más de 10.000 millones de dólares para desarrollar todas estas nuevas aplicaciones, todos estos nuevos procesos que harán del transporte algo mucho más eficiente para bajar costos, para reducir la contaminación, para reducir la siniestralidad y en definitiva para hacer del transporte una base más útil, más concurrente a obtener de parte de la economía un resultado mejor para las distintas sociedades.

Yo entiendo que nosotros en Latinoamérica constituímos un mosaico de naciones que tenemos raíces comunes pero lamentablemente no siempre esas raíces comunes van a la par de un sistema común de vinculación y enlace.

Creemos que a través de estos intentos que está haciendo la IRF está provocando que nosotros unamos nuestros esfuerzos de la mejor manera posible para que las inversiones sean más lógicas, más productivas, más concurrentes para tener mejores resultados. Está entonces en poder de Ustedes las decisiones de responder a esta convocatoria y obtener la mayor rentabilidad de estos esfuerzos.

SESIÓN DE CLAUSURA

En la Sesión de Clausura usó de la palabra en primer término el Sr. Jorge Forteza, Vicepresidente de la firma Booz-Allen y Hamilton Argentina S.A., quien describió las maneras innovadoras de financiar proyectos ITS en América Latina.

Seguidamente el Sr. Seon Jun Bae anunció la realización del 5° Congreso ITS en Seúl, Corea, cerrando esta sesión el Sr. James Constantino, Presidente de ITS América y el Dr. Raúl Costamagna, Secretario de Obras Públicas de nuestro país, cuyas palabras se transcriben a continuación.

Del Sr. James Constantino, Presidente de ITS América

Gracias por tanta gente que se ha quedado hasta el final, antes de ingresar en el resumen de este evento quisiera agradecer a todos los participantes que asistieron a este Congreso y a toda la gente de ITS América, de la IRF, de la Asociación Argentina de Carreteras, el Departamento de Transporte de EE.UU. y todos los que han participado para poder llevar a cabo este evento maravilloso, hay varios nombres que yo después voy a mencionar porque han ayudado mucho y han trabajado durante mucho tiempo. En los últimos días hemos escuchado 60 disertantes que han expresado a casi 250 personas participantes, por lo cual creo que tuvimos una asistencia y una representación muy intensa en esta conferencia.

El programa también fué muy amplio, comenzamos el día martes con el Seminario del pre-congreso que fué organizado por el National Highway Institute y esta conferencia que fué la primera sobre ITS tuvo en cuenta una gran cantidad de temas relacionados con las áreas de ITS, de tecnologías, de los sistemas, de los proyectos, a ciertos sistemas de despliegue de ITS sofisticados y una amplia gama de distintos temas institucionales.
Todavía hay ciertas necesidades que tienen que ser abordadas en América Latina y en este Congreso identificamos muchas de esas necesidades, y yo voy a hacer algún comentario respecto de ellas.

ITS está disponible y debería ser aplicado para poder reducir los índices de accidentes, mejorar el movimiento de productos y disminuir la congestión que se trae aparejada por la cantidad de automóviles que están en todo el mundo transitando.

La capacitación de personal gubernamental es muy esencial a fin de poder trabajar de manera más efectiva con sus colegas en el sector privado, la toma de conciencia pública de todos los beneficios de ITS deben ser algo que tiene que divulgarse no solamente en los que toman las decisiones sino también al público en general para que sepan que es lo que pueden esperar de los sistemas de transporte inteligente, la planificación y estudio del impacto de los proyectos de ITS tiene que relacionarse también con toda la comunidad general, los programas universitarios y otros medios para poder educar y capacitar a los profesionales del transporte y mantenerlos actualizados en este nuevo entorno del ITS, en esta nueva idea, en esta nueva implementación es algo también que es absolutamente esencial y en EE.UU. tenemos un nuevo programa que ha sido concebido por el Departamento de Transporte de EE.UU. que se llama Professional Capacity, que es un programa de capacitación y educativo para aquellas personas que están dentro del campo del transporte.

Después de esta conferencia magnífica hacia donde tenemos que ir a partir de ahora, podemos comenzar con el proceso de lograr la cooperación sobre la que estuvimos hablando y la colaboración, qué foros van a facilitar este diálogo tan necesario; les voy a sugerir algunos pasos a seguir:
1°) Nuestros sistemas, nuestras naciones de América Latina tienen que tener una voz dentro de lo que es el proceso de realización de estándares, ya lo dijimos varias veces aquí.

Ustedes deberían participar regularmente en la organización de los estándares mundiales internacionales, sobre todo en aquellos Comités Técnicos que tiene que ver ITS, también hemos escuchado en este Congreso que tanto Brasil como la Argentina están muy preocupados con la interoperabilidad de sus sistemas de recaudación electrónica de peajes dentro de sus países y también dentro del grupo de los países del Mercosur. Brasil recientemente es parte del ITS tour y para esto también requiere que la Argentina, Chile y Uruguay puedan hacer lo mismo, yo estuve en Brasil hace seis meses cuando tomaron esa decisión para participar en este foro por los estándares.
En segundo lugar tenemos que aprender unos de otros, tenemos que tener reuniones personales, reuniones de Comités con otros Comités.
Todos estamos muy complacidos de ver que hay muchas relaciones personales que se han generado entre los participantes de esta conferencia, en tercer lugar y junto con la recomendación N° 2.
Tenemos que trabajar conjuntamente para poder obtener la nueva reunión de este grupo lo antes que sea posible para seguir con

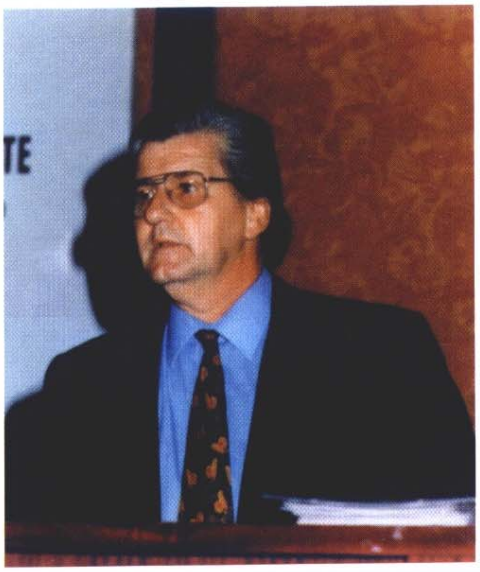
las deliberaciones.

En cuarto lugar todos deberíamos considerar la participación si es que podemos en los que son los congresos mundiales que tienen lugar cada doce meses en distintos países del mundo. En quinto lugar tenemos que aprovechar todas las organizaciones existentes para que nos puedan ayudar con las redes, a instalar y establecer instituciones aquí en la Argentina y en otros países de América Latina.

Y luego por último necesitamos tener más grupos de trabajo panamericanos sobre los temas de ITS y específicamente los que tienen que ver con la tecnología y los temas institucionales.
Para cerrar quisiera felicitarlos una vez más a todos Ustedes por esta Conferencia y quisiera agradecerles por la participación que me han dado. Yo creo que Ustedes también están muy entusiasmados por el futuro de ITS en la Argentina.

Del Dr. Raúl Costamagna, Secretario de Obras Públicas de la Nación

Me toca prácticamente a diez días de haber asumido la función como Secretario de Obras Públicas de la Nación, asistir a este Congreso, precisamente en un Congreso que



Dr. Raúl Costamagna

entiendo es el primero que se realiza en Latino América, por lo cual me siento sumamente honrado de haber sido invitado y de participar aunque más no sea en este cierre.
Yo sé de que Ustedes desde el punto de vista técnico, desde el punto de vista de la altísima preparación profesional que tienen con respecto a este tema de los sistemas de tránsito inteligente, no esperarán de mí escuchar una manifestación de pleno manifiesto técnico, no la tengo, sí tengo pleno conocimiento y convencimiento que si los objetivos de implementar en la República Argentina como se viene haciendo en otros lugares del mundo, un sistema de transporte inteligente va a estar destinado fundamentalmente a lograr los objetivos de mejorar la seguridad de nuestra gente en el tránsito, de mejorar la gestión operativa y en síntesis de mejorar la atención al usuario que es nuestra gente que viaja, estamos coincidiendo plenamente con el objetivo.

Por otro lado sé que la combinación que Ustedes vienen haciendo largos años en otros países y se empieza en la República Argentina en lo que significa la combinación de la informática y las comunicaciones, van a hacer posible que nuestra gente transite en otras autopistas precisamente con mayor seguridad y mejor atención y esto como bien lo definía quien me precedió en el uso de la palabra no es nada más ni nada menos que otra mejora en la calidad de vida de los argentinos, por eso en nombre del Presidente de la Nación y de nuestro Ministro de Economía y Obras Públicas no tengo más que felicitarlos, agradecerles, que hayan realizado este Congreso en la República Argentina y expresarles un contundente apoyo del Gobierno Nacional a todos los avances que se puedan hacer en materia de transporte inteligente en la República Argentina. ■

Distinción internacional al Ing. Rafael Balcells

El Ing. Rafael Balcells al recibir el diploma. A su derecha el Sr. James Constantino, Presidente de ITS América y a su izquierda el Sr. Wayne McDaniel, funcionario de la International Road Federation.

Durante la celebración del Banquete Cultural llevado a cabo como cierre del Primer Congreso Regional Latinoamericano sobre Sistemas de Transporte Inteligente y como broche de oro, el día jueves 26, las autoridades de las dos principales instituciones de los Estados Unidos de Norteamérica, organizadoras de este evento, ITS América, representada por su Presidente, el Sr. James Constantino y la International Road Federation por su funcionario, el Sr. Wayne A. McDaniel, procedieron a homenajear al Ing. Rafael Balcells, mediante la entrega de un conceptuoso diploma enmarcado.

Dicho documento certifica el agradecimiento de estas dos organizaciones por la destacada e importante labor desarrollada por el Ing.Rafael Balcells como Presidente del Comité Local de Organización, que permitió alcanzar el éxito logrado en dicho evento.

RED VIAL ARGENTINA

SITUACION - PERSPECTIVAS - PROGRAMAS

Por el Ing. Rafael Balcells

El siguiente texto traducido al inglés fue remitido por el autor al Sr. Richard B. Robertson, Director General de la International Road Federation a su pedido, para leerlo en la sesión del Cuerpo de Directores de esa entidad del 14 de abril último, a raíz que el Ing. Rafael Balcells, quien desde principios del corriente año integra dicho Cuerpo, no pudo asistir a dicha reunión.

La Red Vial Argentina comprende la Red Nacional competencia de la Administración Nacional de Vialidad que une todo el Territorio Nacional; las redes viales de las 23 provincias que enlazan con la primera y vinculan poblaciones dentro de sus límites y las redes municipales, en las provincias más importantes y que en general en el sector rural (salvo excepciones) no tienen mejoras.

En lo que sigue nos referiremos a los caminos que integran la Red Nacional y las Redes Provinciales.

La Red Vial Nacional y las Redes Viales Provinciales que en general se desarrollan en las áreas interurbanas y en algunas áreas urbanas donde incluyen caminos de cintura y vías rápidas de penetración.

En su conjunto comprenden 220.000 km, de los cuales 65.000 km tienen pavimento, incluyendo 1.500 km de autovías y autopistas de cuatro o más trochas; 29.000 km tienen diversas mejoras (abovedados, drenados, estabilizados) y 126.000 km, son caminos naturales o sea sin mejora alguna y en general de transito precario.

El índice de pavimentación en Argentina es de:

- 10 m de pavimento por cada vehículo automotor; Australia tiene 29, Canadá 16. - 2 mt de pavimento por habitante: Australia tiene 16 mt, Canadá 10.
- 23 mt por km^2 de superficie, Australia tiene 38 mt y Canadá 28 mt.

Desde el año 1932 hasta la actualidad la obra vial en Argentina se financió con Recursos Específicos (Impuestos a los combustibles) con Partidas Presupuestarias y últimamente con una participación importante del Peaje.

Hasta 1990, las reparticionos viales programaban y realizaban directamente o por contrato todas las tareas de su área de competencia.

La asignación de recursos sufrió grandes reducciones por la eliminación gradual de los aportes derivados del impuesto a los combustibles del año 1962 en adelante.

Asimismo la eficiencia de los recursos invertidos (gestión), especialmente en la década anterior a 1990 decayó sensiblemente.

Esta conjunción de factores derivó en un deterioro creciente de la red pavimentada que en el año 1992 alcanzaba al 75% de la Red Nacional que se hallaba en Regular o Mal estado.

Las Redes Provinciales compartían esa situación.

El mayor costo operativo del transporte carretero, como consecuencia de lo antes dicho, alcanzó según estimaciones realizadas con el auspicio de la

Asociación Argentina de Carreteras a más de 1.500 Millones de Dólares Anuales, en el año 1992.

A partir de 1991, se inicia un proceso de cambio trascendental en los servicios públicos en general al privatizarse la casi totalidad de los mismos. En particular en la obra vial, incluso para la rehabilitación y mantenimiento de obras preexistentes, con tránsitos mayor a de los 2.000 vehículos diarios, se incorpora el recurso de Concesión Privada por Peaje.

Esta transformación permitió con la calificada dirección de (OCRABA) Organo de Control de la Red de Accesos a Buenos Aires, realizar obras tan importantes como los accesos a la Capital Federal, con inversiones superiores a los 1.200 Millones de Dólares, con un ritmo de ejecución sin prececientes.

El peaje se ha aplicado a los Accesos a la Ciudad de Córdoba (RAC) al Puente Rosario Victoria; al Arco Sud Oeste; Buenos Aires - La Plata; La Plata - Mar del Plata, etc., en total más de 1.400 Millones de Dólares, todas obras en construcción.

El puente Buenos Aires Colonia, con una inversión superior a los 1.000 Millones de Dólaros está en trámite de licitación por el sistema de Concesión por Peaje.

Merece destacarse la transformación experimentada en las obras de conservación: La Dirección Nacional do Vialidad ha contratado por el sistema de concesión por peaje más de 11.000 km de la Red Nacional recuperando índices de servicio en niveles de Bueno a Excelente.

Además la Dirección Nacional de Vialidad ha puesto en marcha ei Sistema CREMA de rehabilitación y Mantenimiento y obras en 11.800 km de la Red Nacional; se invertirán 650 Millones de dólares en estas obras que se complementan con las tareas de Mantenimiento durante los cinco años de contrato asegurando el nivel de estado de acuerdo a los respectivos contratos.

Está en preparación una segunda fase que abarca 2.600 km de la Red Nacional.

Este tipo de contratos con financiación de construcción privada se repagará con fondos públicos ya que el peaje resutaría antieconómico por baja densidad de tránsito.

Con estos contratos particularmente toda la Red Nacional alcanzará a corto plazo buen estado, de acuerdo a los índices do servicialidad contractuales.

Por su parte las Direcciones de Vialidad Provinciales con presupuesto de 500 Millones anuales, están gradualmente superando largos años de falta de inversión en las tareas de Mantenimiento. Las Provincias de mayor economía están contratando obras importantes mediante el recurso de la Concesión por Peaje, accesos a La Plata, Córdoba, Rosario, etc.

La gestión empresaria del recurso financiero y los medios técnicos, en las obras por Concesión, han demostrado una alta eficiencia hasta la fecha, en los tramos y accesos de mayor tránsito del país, desarrollando una actividad vial de un ritmo y eficiencia sin antecentes en los últimos cuarenta años.

El incremento del comercio regional del Mercosur ampliado con Chile y Bolivia ha impulsado la implementación del Plan Maestro General de Pasos Fronterizos con Chile (12 Pasos) con Brasil, el Plan Maestro de Vinculaciones y Caminos de Acceso a los pasos de Frontera, en total 7 pasos.

Ambos planes concuerdan con el Plan de Red de Transportes para la Integración de América del Sur y el Plan de Corredores para la integración Latinoamericana de la Dirección Nacional de Vialidad.

Este programa comprende obras por más de 4 mil millones de dólares.

Este proceso de reactivación de la obra vial, en sus dos vertientes, obra nueva y mantenimiento de la construida no debiera decaer en el ritmo de ejecución y corrospondiente financiación.

El incremento de la demanda y la necesidad de reducir los costos de operación y fletes en consecuencia, para mejorar la competitiviciad en el mercado regional y en el gran mercado de la economía globalizada en que todo se pueda producir en cualquier país y venderla en cualquier otro, exige aprovechar ventajas naturales pero en mayor grado exige creatividad en la competitividad, donde retroceder equivale al decaimiento del nivel de progreso alcanzado.

Atendiendo al contexto que enmarca el transporte carretero y su previsible desarrollo y con el objetivo de contribuir a orientar pautas generales para la inversión vial de los próximos diez años, la Asociación Argentina de Carreteras realizó un estudio, en términos generales, comparativo de los grandes componentes del transporte carretero en EEUU y Argentina.

En grandes cifras y sintéticamente se tiene lo siguiente:

Argentina		EEUU	Argentina con % iguales en su Red a los EEUU, tendría
Red vial Nacional y Provincial 220.000 kilómetros		Red Vial 6.330.000 km	220.000 kilómetros
Sin mejoras	57 % 126.000 km	4 %	8800 km
Con mejoras	13 % 24.000 km	35 %	74.200 km
Pavimentada	30 % 65.000 km	60 %	132.000 km
Tránsito Precario	57 % 126.000 km	0 %	
Tránsito Permanente	43 % 94.000 km	100 %	220.000 km

O sea que para alcanzar la calidad de la red de EEUU nuestros 220.000 km debieran contar con 50.200 km más que los actuales 29.000, mejorados y 67.000 más de caminos pavimentados que los actuales 65.000.

La red Vial de EEUU es como surge de su composición, una Red de Tránsito permanente, realmente integrada, que da accesibilidad a todo su territorio productivo.

Contrariamente la Red Vial de la República Argentina, es una Red No Integrada, que deja grandes espacios desvinculados de la misma, sin la accesibilidad confiable permanente requerida para ser considerada una RED INTEGRADA DE TRANSPORTE.

Aceptando este criterio comparativo para superar esta fractura de nuestra Red de Transporte se debiera extender la red Transitable, mejorando la Accesibilidad, y la complementariedad con los otros medios del transporte (multimodalismo).

Alcanzar esas metas ubicaría a la Argentina en una Red de Transporte Carretero integrada comparable, salvadas las diferencias de tamaño, en PBI; Población y Superficie, con la Red Vial de EEUU.

Aunque parece utópico este "Plan" podría llevarse a la realidad con una inversión, no superior a los 25.000 millones de Dólares. Para un Programa a cumplir en 10 años no pareciera incompatible con el potencial del país. Como dato ilustrativo en la actualidad el impuesto a los combustibles recauda anualmente aproximadamente 4.000 millones de dólares y por todo concepto en Argentina incluso las obras de Peaje, la inversión vial y gastos de financiamiento no supera los 2.000 millones. Por otros conceptos, patentes, gravamen a los seguros, sobreprecio a unidades nuevas, impuestos a la importación, etc, el transporte Carretero contribuye con 3.000 millones, lo cual totaliza 7.000 millones de Cargas directas que soporta el Transporte Carretero, anualmente.

¿Es poco razonable alcanzar "proporcionalmente" los niveles de disponibilidad y confiabilidad logrados en su Red Vial por EEUU?, en realidad es un objetivo deseable pero poco realista teniendo en cuenta las necesidades acumuladas por otros sectores de la infraestructura socioeconómica del país.

Por ello la Asociación Argentina de Carreteras coincidiendo con el Plan propuesto por el Consejo Vial Federal y el de la Cámara Argentina de la Construcción considera que la Red Vial Argentina debe mejorar su capacidad, confiabilidad, seguridad y accesibilidad:

1. Mejorando las banquinas, hoy de tierra, de la red pavimentada.
2. Cumpliendo los Planes y Programas de los Pasos Fronterizos y los Corredores Bioceánicos.
3. Pavimentar la Ruta 40, columna vertebral del Oeste para el desarrollo minero y forestal.
4. Abovedar, drenar, estabilizar 60.000 km de Caminos Naturales.
5. Duplicar trochas en aquellos tramos de la Red que superen antes del año 2010 los 6.000 vehículos diarios. Con una tasa de crecimiento de tránsito del 5 % anual, hoy los cálculos correspondientes determinan la necesidad de prever 3.500 km de duplicación de trochas a sumar a los actuales 1.500 km. O sea, debe preverse oportunamente la necesidad progresiva de extender los actuales 1.500 km de autovías y autopistas a 5.000 km para el año 2010 a medida que las demandas de tráfico lo hagan aconsejable.

Estos lineamientos y los estudios correspondientes definirán en el tiempo los objetivos de corto, mediano y largo plazo a alcanzar "pari pasu" con las disponibilidades económicas-financieras y la necesaria coordinación con la inversión global en infraestructura socioeconómica.

RECUBRIMIENTO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES EXISTENTES CON CAPAS DE HORMIGON

Ing. Mario Aubert (1)

Un pavimento llega al límite de su vida de servicio, cuando los gastos de mantenimiento para conservarlo en aceptables condiciones de transitabilidad se tornan onerosos. En ese momento se plantea el problema de su reconstrucción, o bien de su reacondicionamiento para satisfacer las necesidades del tránsito a que debe servir.

Los pavimentos, por lo general, poseen, después de cumplida su vida de servicio, un valor residual como estructuras resistentes y aptas para distribuir las cargas del tránsito sobre la subrasante; por lo tanto y siempre que no sea necesario modificar su trazado en planimetría o altimetría, la solución que aparece como más racional consiste en la construcción de capas de refuerzo sobre el pavimento existente, a fin de que éste ofrezca adecuadas condiciones para el tránsito.

Este reacondicionamiento no es simplemente un trabajo de conservación en gran escala, sino que el pavimento reacondicionado tendrá las características de un pavimento nuevo, tanto en lo referente a su capacidad de carga y durabilidad, como a sus condiciones para la circulación de los vehículos.

De lo anterior surge claramente que la nueva capa, ó estructura de refuerzo, podrá diseñarse con una sección más liviana que la que correspondería, para la misma capacidad de carga, a un pavimeno totalmente reconstruido, quedando en evidencia las ventajas económicas inherentes a ese tipo de solución.

La construcción de capas superficiales sobre pavimentos existentes puede hacerse con las siguientes finalidades:

a) Restaurar la primitiva capacidad de carga del pavimento.
b) Incrementar esa capacidad para adecuarla a un tránsito más pesado y frecuente.
c) Corregir defectos o deterioros superficiales.

La restauración del viejo pavimento, en muchos casos, va acompañada de un ensanche de calzadas, como ocurre con los antiguos pavimentos, que se construyen con anchos que no satisfacen las exigencias del tránsito actual.

El presente trabajo consiste en una recopilación de antecedentes existentes que se refieren al proyecto y construcción de capas de recubrimiento de hormigón sobre pavimentos flexibles.

Dado que la actividad constructiva en el campo de los pavimentos ha entrado en la era de la rehabilitación, los ingenieros viales y la industria de la construcción de pavimentos de hormigón, han desarrollado e implementado soluciones con refuerzos de hormigón adheridos o no y recubrimientos delgados sobre los pavimentos flexibles.

Los recubrimientos convencionales de hormigón sobre pavimentos flexibles son bien conocidos desde el año 1918 en Estados Unidos.

El recubrimiento de un pavimento flexible por una capa de hormigón se basa en el íntegro aprovechamiento de aquel como subbase, la que, por su naturaleza, estará exenta de bombeo, ofreciendo un apoyo que se traducirá por el correspondiente valor del módulo "k".

El recubrimiento, correctamente diseñado y construido ofrecerá, por lo demás, las características propias de los pavimentos de hormigón.

Haciendo un poco de historia, varios son los antecedentes de obras de este último tipo. Merecen citarse en primer término los recubrimientos de las pistas de los aeropuertos O'Hare, de Chicago, e Internacional de Los Angeles.

En el primero de ellos se cubrió, en 1958, la pista Sudeste - Nordeste, de 2.450 m. de longitud y 60 m. de

(1) Escuela Graduados de Ingeniería de Caminos - Facultad de Ingeniería - Universidad de Buenos Aires. Instituto del Cemento Portland Argentino.

Presentado al XIIº Congreso Argentino de Vialidad y Tránsito - Octubre 1997.

ancho, la que se prolongó hasta 2.650 m. Los 30 m. centrales de la pista se cubrieron con hormigón de 28 cm. de espesor, que se redujo a 23 cm. en las granjas laterales. En las cabeceras de la pista el espesor fue de 38 cm.

En 1960 se prolongó nuevamente la pista hasta alcanzar una longitud de 3.500 m. Entre el pavimento flexible y el recubrimiento se colocó una capa niveladora granular de 7,5 cm (3") de espesor mínimo.

A la subbase constituida por el pavimento flexible se le asignó un valor k de 9,7 kg./cm^3. (350 lb/pulg).

En el Aeropuerto de Los Angeles se recubrió en 1960 una pista con pavimento flexible de 1.950 m. de longitud y 45 m. de ancho. No se utilizó, como en el caso de Chicago, una capa niveladora, sino que el recubrimiento se apoyó directamente sobre el pavimento existente. Sus espesores variaron entre 27 y 38 cm, por efecto de las irregularidades superficiales del pavimento a recubrir. La longitud de la pista se llevó a 3.000 m. El valor de k adoptado para el diseño fue de 8,3 kg/m^3 (300 lb/pulg.^{3}).

También se realizaron recubrimientos similares en los Aeropuertos de Ryan, en Lousiana y en las bases de la Fuerza Aérea de Offutt, en Nebrasca, Castle, en California, Columbus, en Mississipi y Glasglow, en Montana, entre otros.

Continuando con estos antecedentes históricos deben destacarse dos muy importantes que se refieren a la repavimentación del Aeropuerto Jorge Newbery de la ciudad de Buenos Aires y al de Fisherton en Rosario.

El pavimento flexible del Aeroparque de la Ciudad de Buenos Aires fue recubierto con capas de mezclas asfálticas en varias oportunidades y objeto de reacondicionamiento en gran escala, que obligaron a frecuentes interrupciones parciales o totales del tránsito aéreo, con el consiguiente e importante encarecimiento del mismo.

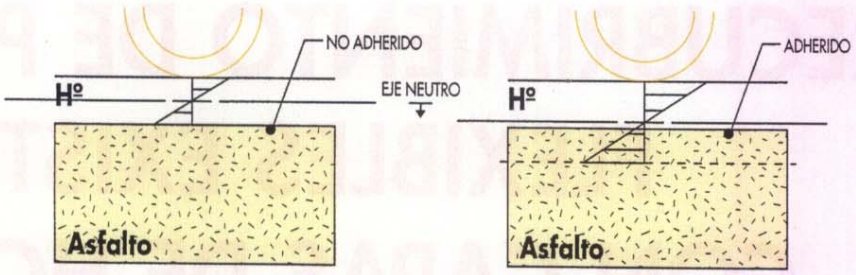


FIGURA 1: El eje neutro desciende en la sección compuesta

Conscientes de la importancia de este problema las autoridades de la Fuerza Aérea Argentina, se abocaron a la búsqueda de una solución de fondo.

Después de estudiado exhaustivamente el problema, comparando técnica - económicamente las diversas alternativas posibles, adoptaron un proyecto consistente en la construcción de un pavimento de hormigón sobre el flexible existente. Entre los antecedentes consultados de obras similares figuraron los aeropuertos extranjeros nombrados anteriormente, especialmente el de O'Hare de Chicago y el de Los Angeles de la ciudad del mismo nombre.

Para la determinación de los espesores, se realizaron ensayos de carga sobre placa directamente sobre la superficie del pavimento asfáltico, llegándose a establecer un módulo de reacción de la subrasante k = 7 kg/cm^3. Se consideró como carga crítica la del avión Boing 737. Sobre la base de estos datos y para un módulo de rotura a flexión del hormigón de 45 kg/cm^2, se verificaron los espesores de 25 y 30 cm. establecidos a priori, utilizando la carta de influencia de Pickett y Ray para un punto interior de la losa, espesores que resultaron adecuados. Estos espesores fueron mínimos ya que se aprovechó el recubrimiento para conformar una superficie plana, sobre la superficie deformada del pavimento flexible.

Se construyó, en primer término, la pista de vuelo de 2.100 m de largo por 40 m de ancho con una superficie de 84.000 m^2, obra que fue terminada y librada al tránsito a mediados de 1973 . A continuación se recubrieron con hormigón las pistas de carreteo y las plataformas, con todo lo cual se llegó a una superficie total de 210.000 m^2 aproximadamente.

En el año 1981 se realizaron las obras del aeropuerto de Fisherton (Rosario) que comprendieron la repavimentación de la pista flexible (30 x 2.400 m) y su ampliación llevándola a 45 m x 3.000 m, como asimismo la pavimentación de una

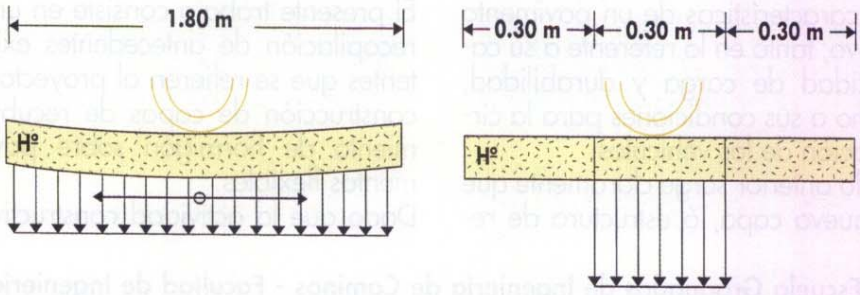


FIGURA 2: La distancia muy corta entre juntas reduce considerablemente las tensiones en las losas delgadas de recubrimiento.

segunda calle de rodaje y otra plataforma, anexa a la anterior.
La solución que se empleó en el recubrimiento fue la de hormigón simple con losas de 6 x 7,60 m y un espesor promedio de 31 cm.
Ambos ejemplos de nuestro país, se han comportado satisfactoriamente.
Como se anticipó, el criterio para diseñar un recubrimiento de hormigón, que apoyará sobre un pavimento flexible, es el mismo que rige en pavimentos de hormigón convencionales. Por lo tanto, el único problema a resolver es la determinacion del módulo k correspondiente a la superficie de apoyo.
Existen varios procedimientos para determinar ese valor. Uno de ellos, es el que adoptó en su momento el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los EE.UU. que se resumía en la fórmula siguiente:

$$kn = ks + (ks - 25) N$$

donde:

kn es el módulo correspondiente al pavimento flexible en lb/pulg.^{3}.
ks es el módulo correspondiente a la subrasante natural, en la misma unidad. N el número de capas de 15 cm (6") de espesor, que constituye el pavimento flexible, constituidas por material con un CBR mínimo de 80.
Un procedimiento desarrollado por la División de California, aplicable allí donde se cuentan con determinaciones efectuadas con la Regla de Benkelman, consiste en utilizar una correlación previamente establecida, entre esas deflexiones y el módulo k, obteniéndose una curva de correlación sobre la base de mediciones efectuadas en caminos de ese estado.
Si se deseara, puede recurrirse al ensayo de placa de carga, siguiendo la correspondiente norma.
El máximo valor k que se admite para el diseño, según recomendaciones del Cuerpo de Ingenieros, es de 14 kg/cm^3 (500 lb/pulg.^{3}).
Como se dijo, si bien en los recubrimientos convencionales sobre pavimentos flexibles existe una vasta experiencia y no existe impedimento alguno en proceder al proyecto de una rehabilitación como la mencionada, los recubrimientos ultra-delgados constituyen una tecnología más reciente.
Tres características distinguen al recubrimiento ultradelgado (ultra thin whitetopping) respecto del convencional.

Con la carpeta ultra delgada:

- La capa de hormigón es de un espesor menor que 10 cm.
- La adherencia entre el hormigón y el asfalto existente permite considerar un pavimento compuesto (Fig. 1)
- La distancia entre juntas es menor (Fig. 2)

La experiencia de campo y la investigación muestran que el hormigón se adhiere al asfalto de modo que ambas capas trabajan juntas y por lo tanto se reducen significativamente las tensiones debidas a las cargas del tránsito en el hormigón. (Fig. 3)
El proyecto experimental realizado en Louisville en 1991 abrió un nuevo capítulo al empleo de recubrimientos delgados de hormigón sobre pavimentos asfálticos.
Las autoridades locales y entidades técnicas como la American Concrete Pavement Association y los ingenieros que intervinieron en esta experiencia, consideran sus resultados de mucha importancia para lograr un uso más eficiente de los recursos viales en Estados Unidos. Cuarenta firmas diferentes aportaron fondos y experiencia para materializar el proyecto.
El recubrimiento delgado de Louisville combina a los últimos avances en la tecnología del hormigón, como los de alta resistencia, incluyendo el empleo de fibras de polipropileno, reductores de agua en la mezcla y las técnicas de los pavimentos

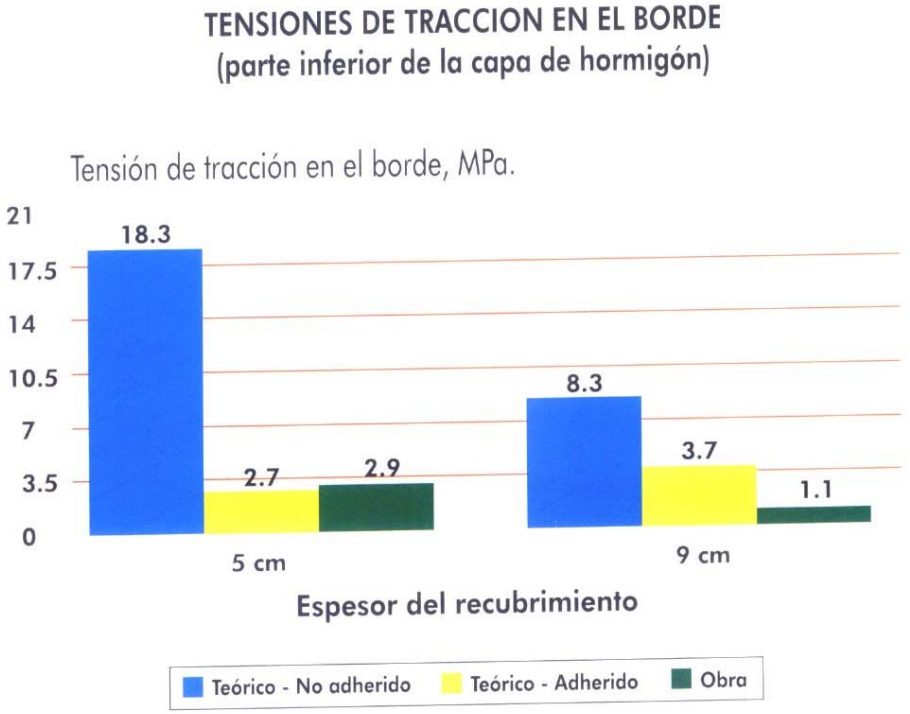


FIGURA 3

Dosificación

Cemento Normal	475 kg/m³
Agregado grueso	1067 kg/m³
Agregado fino (Arena natural)	950 kg/m³
Contenido de aire	4%-6%
Reductor de Agua de Alto Rango	188 cm³/ 100 kg cemento
Fibras de Polipropileno	1.8 kg/m³

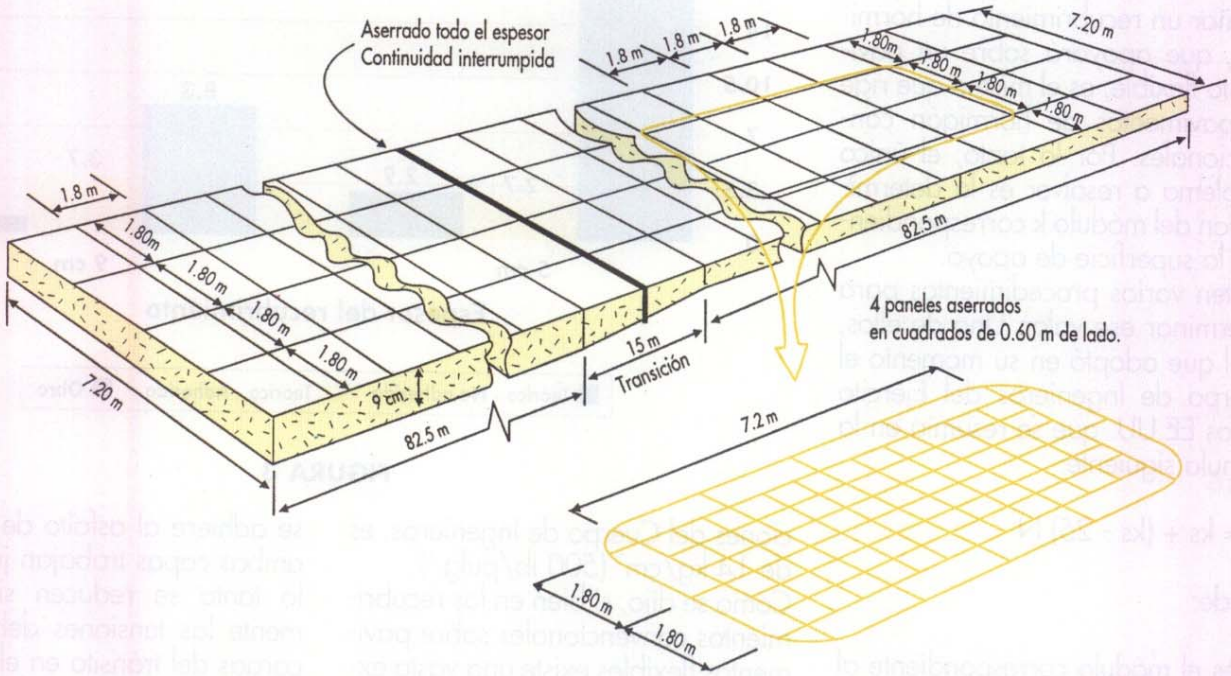


FIGURA 4

de rápida habilitación al tránsilo (fast-track).

Se construyeron dos seccioncs de 82,5 m de longitud con un tramo de transición de 15 m (Fig. 4). Una sección es de 5 cm (2") de espesor y la otra de 9 cm (3,5"). El recubrimiento se construyó en un camino de Louisville con condiciones especiales para esta experiencia, en el que transitan entre 400 y 600 camiones por día. Cada camino era pesado al entrar y salir del tramo recubierto, proveyendo de esta manera datos precisos a los ingenieros sobre las cargas del tránsito que lo utilizan.

Unas pocas semanas de servicio bajo este tránsito equivalen a muchos años de uso en calles o lugares de estacionamiento.

La técnica del hormigón "fast-track" para pavimentos disminuyó el tiempo necesario de interrupción del tránsito para construir el recubrimiento, reduciéndolos, en este caso, al lapso comprendido entre la 1 p.m. de un sábado hasta las 6 a.m. del lunes siguiente en el cual se completaron todas las operaciones de pavimentación.

Previamente a su recubrimiento, el pavimento asfáltico existente fue fresado superficialmente para proveer un espesor uniforme al recubrimiento y rugosidad superficial, exponiendo los agregados de la superficie asfáltica. Se utilizó una pavimentadora de moldes deslizantes para obtener en una sola pasada el recubrimiento de 7,20 m de ancho y 180 m de largo. El hormigón utilizado llevaba fibras de polipropileno de 19 mm. un aditivo reductor de agua y mejorador de la trabajabilidad, además de un incorporador de aire.

El hormigón fue dosificado con 475 kg/m³ de cemento normal, 1067 kg/m³ de piedra partida y 950 kg/m³ de arena. El contenido de aire fue del 4 al 6% y se agregaron fibras a razón de 1,80 kg/m³.

Mediante pasadas de cepillo se dio a la superficie la textura final antideslizante. El curado se practicó cubriendo la superficie con un compuesto líquido blanco, no habiéndose usado ningún tipo de curado inicial.

Las juntas del pavimento fueron aserradas con una separación de 1,80 m y una profundidad, en general, de 1/4 del espesor del recubrimiento, usando sierras livianas.

La colocación del hormigón del re-

cubrimiento empezó el sábado a las 2 p.m. habiéndose terminado todas las operaciones constructivas a las 6 p.m. del mismo día y abierto al tránsito de camiones en la mañana del siguiente lunes. Se determinó mediante ensayos la resistencia a compresión del hormigón 36 horas después de colocado, la que alcanzó a 34 MPa. A los 28 días esa resistencia llegó a 52 MPa. (Fig. 5)

El significativo resultado de este recubrimiento tiene su origen en una efectiva adherencia al viejo pavimento asfáltico y el hormigón del recubrimiento, debiéndose recordar que no se usó ningún producto para adherir el hormigón al asfalto.

Desde esta experiencia, en 1991, en Louisville, que comprobó la viabilidad del recubrimiento ultradelgado, se utilizaron estas capas delgadas en los estados de Colorado, Georgia, Iowa, Kansas, Kentucky, Missouri, New Jersey, Carolina del Norte, Pennsylvania y Tennesee. Construidas bajo condiciones ambientales y de tránsito muy variadas demuestran el efecto beneficioso del corto espaciamiento entre juntas y la adherencia, en su comportamiento.

Otro ejemplo de recubrimiento ultra-delgado es el que se llevó a cabo en la calle 119 de la ciudad de Leawood en el estado de Kansas por donde pasan alrededor de 22.500 vehículos por día, con una proyección mayor en el futuro.

La empresa Constructora fresó los 5 cm superiores del concreto asfáltico entre los cordones-cuneta y los reemplazó por 5 cm de hormigón de cemento portland.

Este proyecto será controlado durante cinco años por el Departamento de Transporte de Kansas y por la propia ciudad. Los datos que se reúnen incluyen mediciones con el FWD, lisura, adherencia y estado general.

Se permitió el tránsito de obra sobre el pavimento cuando la resistencia a la compresión alcanzó los 14 MPa y fue habilitado totalmente a los 21 MPa.

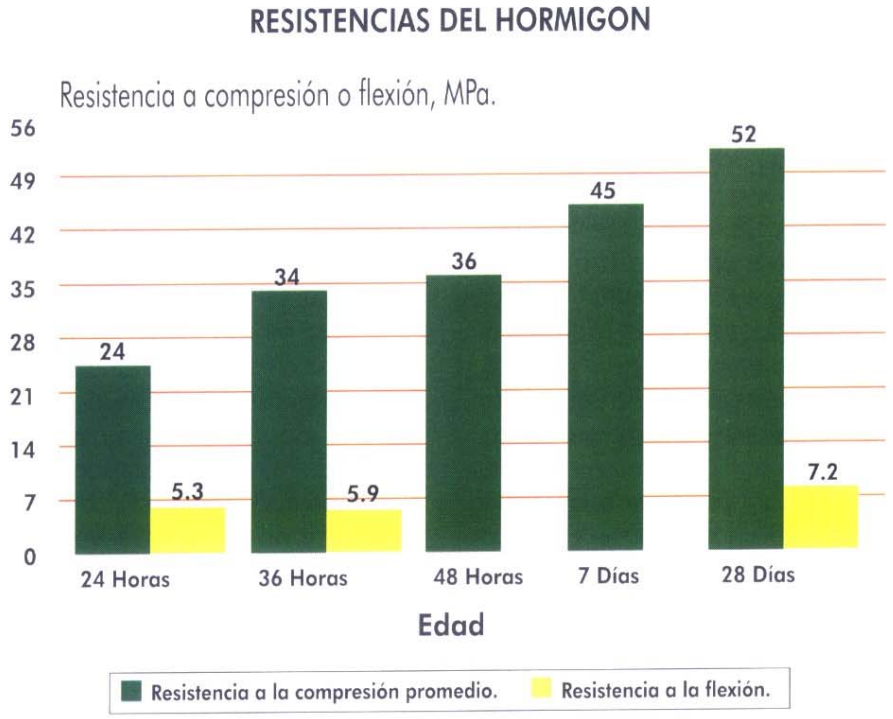


FIGURA 5

La mezcla se proyectó para obtener una resistencia a compresión de 21 MPa en 24 horas y se uso incorporador de aire y superplastificante.

Para ajustar las características de la mezcla y el momento para el aserrado se construyó una losa de ensayo. Se realizaron ajustes en el asentamiento variando la concentración del superfluidificante manteniendo constante la relación agua/cemento de 0,37.

El pavimento original de la calle 119 se construyó en 1987 y consistió en 23 cm de base asfáltica y una carpeta de 5 cm del mismo material. La superficie mostraba ahuellamiento, grietas transversales y longitudinales y algunas peladuras. No hubo indicación alguna de problemas de base.

Antes de ejecutar el recubrimiento de hormigón de 5 cm, la superficie fue fuertemente cepillada y tratada con chorro de aire a presión. Para colocar el hormigón de 6,60 m de ancho en una sola pasada sobre la base remanente de 23 cm de concreto asfáltico se usó una pavimentadora de moldes deslizantes CMI 350. Se registraron las temperaturas del aire y del hormigón en cada momento de manera de ser utilizadas para determinar el aumento de resistencia del hormigón. Un conductor que pasó entre las barreras de obra y circuló sobre el pavimento seis horas después de la colocación del hormigón no dejó marcas visibles ni se encontraron fisuras. Se estima que la resistencia del hormigón en ese momento estaría en los 3,5 MPa.

En una reunión a la cual asistieron representantes de la Federal Highway Adminstration, de la ciudad de Leawood, del Departamento de Transporte de Kansas, de la empresa constructora y de la firma consultora se dijo que este proyecto fue concebido para ser construido bajo las mismas condiciones que las de un típico revestimiento asfáltico.

La pavimentadora se colocó con las orugas dentro de los cordones-cuneta. La doble cuerda se usó para controlar el nivel de la máquina. Aquella, juntamente con una superficie asfáltica adecuadamente fresada ofrece una excelente oportunidad para lograr una superficie lisa. Todo el pavimento cumplió con los requerimientos de lisura medido con el perfilográfo. Se hicieron modificaciones en la máquina para colocar el hormigón contra el cordón cuneta mientras la pavimentadora avanzaba.

La carpeta ultra delgada demostró que 5 cm de hormigón pueden colocarse con moldes deslizantes y ser la solución en una zona urbana para proveer una superficie de rodamiento lisa y durable. La capacidad de drenaje se mantuvo respetando la misma sección transversal como fuera proyectada originalmente.

En el contrato se fijaron como plazo treinta días laborables. Hubo 5 días de demora por lluvia y a la empresa le restaron nueve días laborables al término de la obra.

Otros ejemplos dignos de mención son los recubrimientos delgados utilizados en el estado de Tennessee.

El primero de ellos fue el realizado en Nashville en mayo de 1992. Ubicado al lado de una parada de camiones, la intersección de Woodland Street y North First Street, se eligió debido a la corta duración de la carpeta de concreto asfáltico en caliente (2 a 3 años). Esta carpeta fue fresada y reemplazada por hormigón con fibra, de una relación agua/cemento 0,35.

Las proporciones de la mezcla por metro cúbico fueron las siguientes: 475 kg de cemento, 1.015 kg de piedra, 650 kg de arena de río, 1651 de agua, 1,8 kg de fibra de polipropileno, contenido de aire 5%, y un superplastificante, si es necesario para obtener el asentamiento requerido.

El espesor del recubrimiento fue en promedio entre 63 y 75 mm (2,5 a 3 pulg.). En los cuatro años por esta intersección circularon 4 millones de cargas equivalentes de eje simple de 8.200 kg (E-18). El pavimento se agrietó y ello fue atribuido al escaso espesor del concreto asfáltico observado al fresar y una inadecuada distancia entre juntas. El pavimento sigue en servicio.

Otra obra se construyó en Knoxville en la intersección de Cumberland Avenue y Neyland Drive en noviembre de 1992 con un recubrimiento de 10 cm de espesor. Se trata de una ruta primaria con tránsito medio diario de 9.000 vehículos. Se abrió al tránsito a la mañana siguiente con una resistencia cilíndrica a compresión de 11,6 MPa, sin que hubiera problemas. Los cilindros alcanzaron a 28 días una resistencia a compresión por encima de los 40 MPa. Este "whitetopping" se está comportando muy bien.

En Maryville (East Tennessee) se ejecutó un recubrimiento en una intersección que resultó con un espesor muy delgado de mezcla asfáltica, en agosto de 1993 y con un tránsito medio diario de 6.500 vehículos. Está en servicio, pero está siendo observado muy de cerca debido a ese espesor delgado de subbase.

En octubre de 1993, en McMinnville, se fresó y recubrió con una capa delgada de hormigón de rápida habilitación al tránsito (fast-track) de 7.5 cm (3"), la intersección de Last Moford Street y Chancery Street.

Este recubrimiento no muestra deterioro alguno y se puede considerar un buen ejemplo de capa delgada, adherida, de hormigón con fibra.

En el cruce de Brainerd Road y Belvour Drive cn Chattanooga se colocó una capa delgada de 7,5 cm (3") con una distancia entre juntas de 0,90 m, recordando que Belvour Drive es una arteria con tránsito pesado en bajada cuyos vehículos deben frenar al llegar al camino Brainerd, donde se produce un corrimiento de la carpeta asfáltica. La obra está en servicio con muy poco o ningún deterioro.

Otro recubrimiento de 7,5 cm (3") se construyó en enero de 1994 en una sección del Highway 30 en la intersección de North Jackson, en la ciudad de Athens, también en Tennessee, el cual se encuentra en servicio con muy pequeño o ningún deterioro.

Similar ejemplo del mismo espesor se encuentra en Cleveland, desde agosto de 1995, con buen comportamiento hasta el momento.

Uno de los proyectos más importantes es el que corresponde a una sección de 11,59 km en la Ruta 21 de lowa, entre las ciudades de Victor y Belle Plaine.

Este es un proyecto de U$S 18 millones donde intervienen el Departamento de Transporte de lowa, la lowa Concrete Pavement Association, La Federal Highway Administration y la American Concrete Pavement Association y que incluye 64 secciones direrentes de prueba con distintas empresas y diversas separaciones entre juntas, a los fines de efectuar su evaluación.

Es de hacer notar que tres secciones de la recta tienen un recubrimiento asfáltico para comparar su comportamiento futuro. En un período de 5 años, los ingenieros de la Universidad del Estado de lowa recogerán toda la información de los instrumentos que se encuentran en el pavimento, que promete ser abundante y muy valiosa.

En los antecedentes europeos se destacan los de los especialistas suecos que en septiembre y octubre de 1993 llevaron a cabo nuevas pruebas en el area de Estocolmo cercana a la zona donde se habían realizado pruebas piloto.

Los sectores de prueba tenían un ancho de 3,75 m y un largo total de 300 m. Para evitar el agrietamiento debido a deficiencias en el espesor

de la capa asfáltica se examinó la misma antes de la colocación del hormigón. Como resultado se agregó una capa asfáltica sobre la vieja en algunas áreas menores. Para lograr una buena adherencia, toda la superficie asfáltica fue fresada antes de colocar el hormigón.
Los nuevos ensayos consistieron en tramos de prueba donde se incluyeron las siguientes características, que figuran en el Cuadro 1.

- Espesor de la capa igual a 7 cm.
- Contenido de fibras de acero (ø a 50 kg/m³).
- Separación de las juntas (1,25 ó 3,50 m).

La mezcla utilizada fue hormigón tipo K80 (resistencia cúbica a la compresión a los 28 días de 80 MPa), que responde a la siguiente dosificación:

Agregado 0 - 8 mm	840	kg/m³
Agregado 8 - 16 mm	910	kg/m³
Cemento	480	kg/m³
Sílica	15	kg/m³
Agua	150	l/m³
Agua/cemento + sílica	0,30	

De estas pruebas suecas se extrajeron las siguientes conclusiones:

- Un recubrimiento delgado de hormigón representa una solución alentadora para reparar pavimentos asfálticos que muestran ahuellamiento.
- Para obtener un buen comportamiento del pavimento es imprescindible lograr adherencia entre el recubrimiento y el asfalto. El fresado de la superficie y su limpieza previa a la colocación de la capa de hormigón son fundamentales para conseguir buena adherencia.
- Para reducir las tensiones causadas por el tránsito, la temperatura y la contracción, y conseguir una buena transferencia de carga en las juntas conviene una separación corta entre éstas.
- Un buen comportamiento de las juntas requiere cortarlas con el espesor de sierra, la profundidad correcta y que se realice en el momento apropiado.
- Las capas delgadas de hormigón no tienen la resistencia suficiente para reforzar un pavimentto asfáltico viejo con protección anticongelante deficiente.

CUADRO I
Tramos de Prueba

Tramo Nº	1	2	3
Largo (m)	150	65	85
Recubrimiento	Hormigón	Hormigón	Hormigón
Fibras de Acero Kg/m³	50	50	-
Espesor de la capa (mm)	> 70	> 70	> 70
Espesor asfalto requerido (mm)	> 150	> 150	> 150
Separación de juntas (m)	3,5 x 3,75	1,25 x 1,25	1,25 x 1,25

Finalmente, de las experiencias realizadas en Estados Unidos y Europa y de los trabajos que se han señalado en este resumen de antecedentes se pueden extraer algunos comentarios acerca de esta nueva tecnología:
En primer lugar que hay tres causas potenciales de rotura del recubrimiento delgado:

1. Espesor insuficiente del concreto asfáltico después del fresado.
2. Base asfáltica inadecuadamente preparada.
3. Adherencia insuficiente entre hormigón y asfalto.

Para asegurar una base adecuada, es necesario verificar en el lugar antes de la construcción el espesor de mezcla asfáltica remanente la que debe poseer un espesor mínimo de 7,5 cm después del fresado. Los suecos fijaron 15 cm. Para lograr la máxima adherencia, la superficie fresada debe limpiarse correctamente.
En segundo lugar que la mejor distancia entre juntas parece ser la que obedece a la regla: 1 pie a 1 pulgada, o sea cada pulgada (2,54 cm) de espesor, 0,30 m (1 pie) de distancia entre juntas.
El espesor mínimo usado por muchos es de 7.5 cm (3") aunque algunos experimentaron con 5 cm (2"), con la consecuente proliferación de juntas que encarece la solución.
Puede ser aconsejable trabajar con una mezcla de hormigón que alcance los 21 MPa como resistencia a compresión a las 24 horas manteniendo una relación agua-cemento baja, lograda con el uso de reductores de agua de alto rango.
También se comprobó una ductibilidad y resistencia superior con el uso de fibras de polipropileno que mejoraron la resistencia al impacto, al fisuramiento y a la congelación y deshielo.

Capas delgadas de hormigón con armadura estructural como recubrimiento de pavimentos flexibles

Otra solución para la rehabilitación de pavimentos flexibles cuando éstos necesitan un refuerzo, consiste en una capa de hormigón de espe-

INTERSECCIONES DE ALTO VOLUMEN DE TRANSITO

CIUDAD	DIMENSIONES	UBICACION
Nashville, TN	9 m x 30 m x 6,5 cm	1st and Woodland
Chattanooga, TN	4,50 m x 45 m x 7,5 cm	Hickory and E 28th St.
Chattanooga, TN	3,60 m x 45 m x 7,5 cm	Belvoir and Brainerd
Knoxville, TN	3,60 m x 36 m x 10 cm	Kingston Pike and Concord Road
Lavonia, GA	4,20 m x 42 m x 6,5 cm	I-85 Truck Scales
Maryville, TN	7,20 m x 39 m x 7,5 cm	Cusick St. and Harper Ave.
Dekalb County, GA	4,20 m x 75 m x 7,5 cm	Marbut Rd. and Lithonia Industrial Blv.
Dekalb County, GA	3,60 m x 45 m x 7,5 cm	Weslewy Chapel Rd near 1-2
Mc. Minnville, TN	10,80 m x 50 m x 7,5 cm	Highway 70-S and 56
Athens, TN	3,60 m x 56 m x 7,5 cm	Green and Jackson Streets

sor considerablemente más delgado que los usuales en refuerzos de hormigón convencionales, dotado de armadura estructural.

El recubrimiento de un pavimento flexible con capas delgadas de hormigón, provistas de adecuada armadura, al conferir a la superficie de la calzada las características propias de los pavimentos de hormigón, podrá constituir una alternativa que cumple con las tres condiciones básicas requeridas en la ejecución de todo recubrimiento:

1. Larga vida útil.
2. Bajo costo de mantenimiento.
3. Bajo costo inicial.

Esta solución se basa en estudios técnicos realizados por el ex Director Técnico del Instituto del Cemento Portland Argentino, Ing. Juan F. García Balado y en ensayos de carga - deflexión sobre losas de 6 cm de espesor con y sin armadura estructural primero a escala de laboratorio y luego, con la ayuda de un pórtico móvil de cargas, se concretan ensayos de carga - deflexión sobre un pavimento constituido por una losa de hormigón simple de 6 cm de espesor sobre una base de suelo cemento de 10 cm de espesor y otra con armadura estructural y la misma base, ambos de 11,40 m de longitud por 3,80 m de ancho.

Los estudios teóricos y los ensayos mencionados están mencionados en los trabajos presentados al Vº y VIº Congreso Argentino de Vialidad y Tránsito. Por otra parte, los fundamentos teóricos y el esquema de cálculo se encuentran en las revistas Carreteras Nº 123 y 124.

Posteriormente se constituyó una cuadra experimental en Rafaela (Provincia de Santa Fe) en 1970 y luego otra en Azul en 1988 y en Somisa en 1989.

En cuanto a los tramos experimentales construidos sobre pavimento flexible son de destacar los dos ejecutados: uno en la calle 31 de la ciudad de La Plata y otro en Godoy Cruz, Provincia de Mendoza.

Nos referimos sólo al primero de los mencionados ya que el segundo va a ser motivo de otro trabajo presentado a este Congreso.

El tramo de la calle 31 de La Plata, está emplazado en las proximidades de la intersección de esa calle con la avenida 520 y constituyó el refuerzo de un pavimento flexible con abundante fisuración y ahuellamiento mercado.

El pavimento existente está compuesto por:

Suelo - cemento V. S.	18%	20 cm
Suelo calcáreo		10 cm
Tratamiento doble (1970)		
Carpeta de concreto asfáltico (1978)		4 - 9 cm

El proyecto del refuerzo comprende una losa de hormigón de 10 cm de espesor mínimo con una armadura en el medio de ø 6 mm cada 13 cm.

El ancho del pavimento se fijó en 6,90 m y las juntas transversales de contracción-alabeo se ubicaron a 3,45 m entre sí. A lo largo de la junta longitudinal se colocaron barras de unión de acero de alto límite de fluencia conformadas superficialmente, de ø 6 mm, 45 cm de longitud, separadas en 50 cm. En las juntas transversales se colocaron pasadores de acero liso de ø 18 mm, de 35 cm de longitud, colocados cada 25 cm.

El tramo está compuesto por 15 losas con una longitud total de 51,75 m. La construcción debió ser realizada por trochas, por no ser posible desviar el tránsito. Se dio comienzo a la construcción con la trocha Sur, el 22 de diciembre de 1987, realizándose en primer término los dos subtramos de identificación.

Las mallas de acero se fijaron a estacas de hierro clavadas en el pavimento asfáltico, colocados a una distancia de 1 m entre sí. Los extremos superiores de esos elementos se nivelaron para asegurar que la malla permaneciera a una distancia de 5 cm de la rasante proyectada, contada a partir del cruce de los hierros.

La dosificación del hormigón se es-

tudió para una resistencia cilíndrica media a compresión a 28 días, de 300 kg/cm^2, una relación agua-cemento máxima de 0,48 y un asentamiento promedio de 3 cm.
Debido a la necesidad, impuesta por el tránsito, de librar al servicio cada carril construido a la brevedad, se dispuso la utilización de un aditivo acelerador de endurecimiento, que se incorporó en una proporción del cuatro por mil, respecto del peso del cemento y permitió, adicionalmente, disminuir en un 12 % la cantidad de agua de mezclado originariamente fijada.

La fórmula de mezcla en el tramo fue:

Cemento portland normal	369 kg.lm^3
Arena silicea	919 kg/m^3
Piedra partida granítica 6-20 mrn	477 kglm^3
Piedra partida granítica 10-30 mm	477 kglm^3
Agua 177 /m3 - 12 %	156 llm^3
Aditivo acelerador de endurecimiento	1,476 l/m^3

El hormigón fue elaborado en planta central, transportado en camiones volcadores y compactado con una regla vibradora preparada para un ancho de 3,45 m.
El proceso constructivo fue el común de pavimentos de hormigón, variando solamente en la forma de colocación de los moldes para lograr el espesor mínimo fijado, las precauciones inherentes al reducido espesor y la presencia de la armadura.
Las juntas transversales son del tipo denominado "a plano de debilitamiento" colocándose los pasadores debajo de las mallas y atadas a éstas. Fueron ejecutadas mediante una planchuela metálica, colocándose bandas de "hardboard", que posteriormente fueron aserradas.
Para asegurar un correcto curado, dado el espesor del pavimento y las altas temperaturas reinantes, se procedió a un muy inmediato recubrimiento del hormigón con arpillera húmeda, con lo cual se eliminó todo vestigio de fisuración plástica. Posteriormente, al retirarse la arpillera, se continuó el curado mediante el riego de un producto líquido.
A los 7 días se obtuvo una resistencia promedio a compresión de 320 kg/cm^2, lo que permitió habilitar al tránsito el carril construido.
El 30 de diciembre de 1987 se inició la construcción del carril Norte siguiendo un procedimiento igual al descripto anteriormente.
Este segundo carril fue librado al tránsito en la segunda semana de 1988 al obtenerse una resistencia promedio de las probetas moldeadas superior a los 300 kg/m^2.
A fines de este año y principios de 1998 se cumplirán 10 años de vida de servicio de este tramo experimental que se ha comportado muy satisfactoriamente, sin que se observen problemas o irregularidad manifiesta hasta el momento.

CONCLUSIONES

- Los recubrimientos convencionales de hormigón sobre pavimentos asfálticos han demostrado ser, por la amplia, y larga experiencia y a través de su comportamiento, una solución que debe ser tenida en cuenta en el estudio técnico - económico de los refuerzos de pavimentos flexibles.

- Las experiencias y obras realizadas hasta la fecha con recubrimientos ultra delgados (< 10 cm) sobre pavimentos asfálticos con problemas superficiales abren un horizonte muy promisorio para una solución de bajo costo y larga vida de servicio.

- El comportamiento de los recubrimientos delgados de hormigón con armadura estructural han dado respuesta favorable al refuerzo de pavimentos flexibles deteriorados, constituyendo una solución alentadora para tener en cuenta en los futuros proyectos.

Bibliografía

- R. A. Colombo y M. Aubert - "Refuerzo y reacondicionamiento de pavimentos con recubrimientos de hormigón - Experiencia Argentina - Simposio Internacional de Evaluación de Pavimentos y Proyectos de Refuerzos - Brasil 1979.
- M. Aubert y C. A. Rodo Serrano - "Reacondicionamiento y refuerzo de pavimentos mediante capas superficiales de hormigón" - IV Jornadas Chilenas del Hormigón - Valdivia - Chile 1982.
- Robert Risser, S. P. Lahue, Gerald Voigt y James W. Mack - "Ultra thin concrete overlays on existing asphalt pavement" - 5th International Conference on Concrete Pavement Design and Rehabilitation. - Purdue 1993.
- Robert Risser - "Whitetopping" - Seminario del World of Concrete - Buenos Aires 1995.
- Woody Crawley - "Refuerzo de pavimentos flexibles con capas de hormigón" - Seminario ACI en Fematec 1997.
- M. Aubert, C. A. Rodo Serrano y Juan W. Sleet - "Refuerzo de pavimentos flexibles con capas delgadas de hormigón provistos de armadura estructural" - X Congreso Argentino de Vialidad y Tránsito, Buenos Aires - 1985.
- M. Aubert, C. A. Rodo Serrano y Juan W. Sleet - "Pavimentos y refuerzos de hormigón con armaduras estructural. Estado actual de la tecnología - XI Congreso Argentino de Vialidad y Tránsito- 1992.
- Roads and Bridges - Septiembre 1995.

UTILIZACION DE UN NAVEGADOR SATELITAL PORTATIL PARA LA REALIZACION DE RELEVAMIENTO E INVENTARIADO DE CAMINOS

Por la Ing. Gabriella M. Testoni* y el Lic. Víctor C. Testoni*

INTRODUCCION:

En el año 1932 al formularse el Plan de 900 millones en cumplimiento de la Ley 11.658, Vialidad Nacional se encontró con un verdadero desafío.
Debía poner en marcha la construcción de las Rutas troncales y no se disponía de información suficiente para su planificación.
Por estos motivos se optó por relevamientos rápidos en base a brújula y cuentakilómetros.
Se obtenía de esta manera la línea general del trazado entre la salida de una ciudad y llegada a otra.
Mediante este proceso no se medían ángulos por lo cual estos relevamientos tenían un valor relativo. Indudablemente cumplían una misión y fueron sin duda sumamente útiles.
Era ésta la primera operación en el terreno a la cual seguía la "línea de banderas" y su estaqueo. Una vez aprobada la línea general del "Trazado" se efectuaba el estudio y proyecto definitivo con el cual se licitaba la obra.
Este sistema constituyó durante mucho tiempo la forma utilizada por el Automóvil Club Argentino para el relevamiento y confección de las "Hojas de Ruta" que tan útiles fueron para el turismo de aquellos años.
Después de más de sesenta años asistimos a otro desafío: realizar en menos de cuatro meses "El estudio de factibilidad de 11.400 km de caminos" que abarcan todo el país.
La tarea hubiera sido imposible de no contarse con los modernos sistemas inspirados en la navegación satelital.

QUE ES UN GPS

El GPS (Global Positioning System) es una constelación de 24 satélites estacionarios pertenecientes al Departamento de Defensa de los Estados Unidos, cuyas órbitas se encuentran exactamente detenidas y emiten señales de radio, que permiten mediante un receptor terrestre determinar la posición (Latitud y Longitud) y velocidad del mismo en cualquier parte del planeta.
Inicialmente el GPS se destinó para uso militar pero cuando a partir de la década del 80 se instrumenta su utilización comercial, el propio Departamento de Defensa introduce el SAP (Selective Availablity Program), programa de degradación intencional de la emisión satelital que introduce un error aleatorio de hasta 100 m.como máximo en la recepción por motivos estratégicos de seguridad.
Otro factor que influye en la precisión es la geometría o disposición relativa y el número de satélites captados al momento de realizar la medición. A mayor cantidad de satélites recibidos, mayor precisión. Por este motivo las mediciones en zonas muy edificadas, montañosas o de densa vegetación pueden resultar dificultosas.

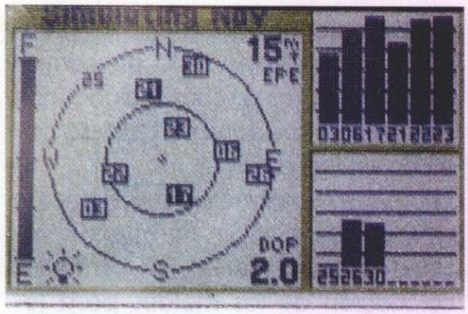


Foto Nº 1: Visualización del estado de recepción satelital en el GPS.

El costo de estos equipos varía entre los 650 U$S y 30.000 U$S según una amplia gama de utilidades y precisiones.

OBJETIVO

Al ser designados Consultora Coordinadora del Estudio de Factibilidad Técnica del Proyecto 10 o Red Interprovincial de

* CADIA - Consultores Argentinos Asociados S. A.

Fotos Nº 2 y 3: El navegador satelital con sus accesorios.

Autopistas RIA, se nos encargó redactar los lineamientos generales y términos de referencia (Reglamento) para realizar el Estudio de Factibilidad Técnica de la construcción de 11.400 Km de autopistas, duplicando así la capacidad de la red nacional existente de conexión entre capitales de provincias y pasos fronterizos.

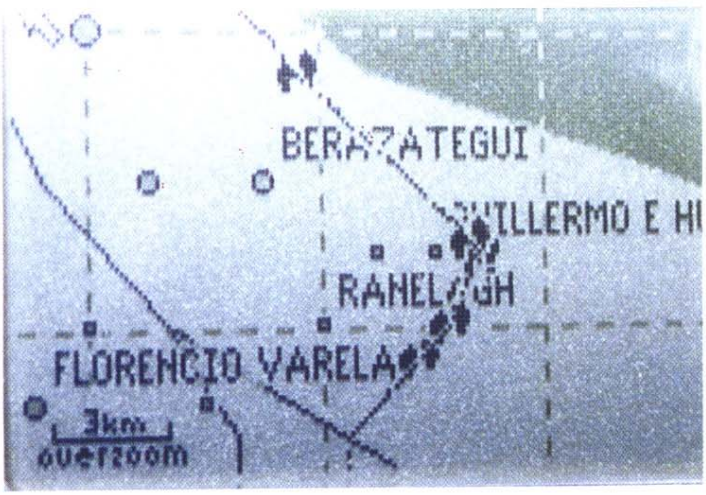
El desafío de encontrar una metodología apropiada que permitiera a las diez consultoras encargadas de los estudios realizar un relevamiento e inventariado homogéneo y compatible de la red en un plazo de 30 días de campaña, nos llevó a efectuar una prueba piloto en el tramo en construcción de la Ruta Nacional N°12 entre Arroyo Negro y Ceibas.

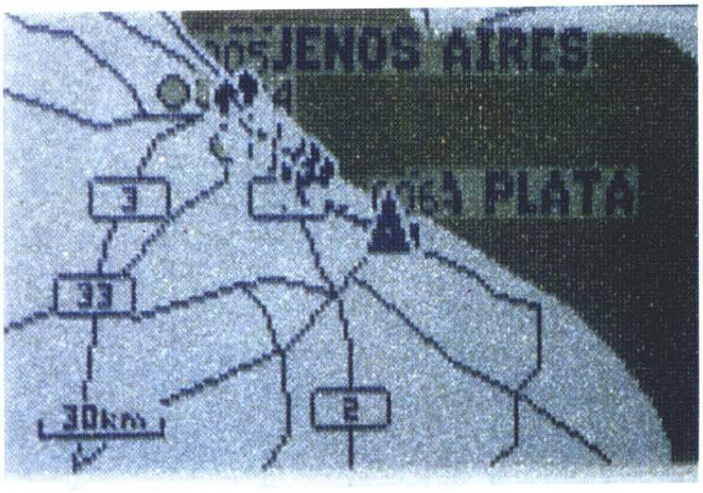
A tal efecto se utilizó un navegador satelital diferencial portátil GPS, con capacidad de recepción simultánea de 12 satélites, y los resultados obtenidos en planimetría fueron comparados en ángulos y distancias con el relevamiento de detalle efectuado para el proyecto de la obra por esta consultora.

Las conclusiones comparativas resultaron más que satisfactorias, permitiendo implementar su uso en la RIA.

Se buscó entonces un navegador portátil, de costo inferior a los 650 U$S y ágil operación.

El aparato elegido permite la grabación automática y almacenamiento en su memoria de 1600 puntos, más otros 500 adicionales a los cuales se les puede agregar una referencia alfanumérica y simbología gráfica (Waypoints). A su vez permite generar y guardar hasta 20 rutas o recorridos diferentes, siempre que no sea superada la capacidad total antes mencionada. Su tamaño resulta ideal para el trabajo: es compacto (5,9 x 12,7 x 4,1 cm) y muy liviano: 255 grs. El tiempo que demora en posicionarse y comenzar a medir es de 15 a 45 segundos luego del encendido y la actualización de su posición



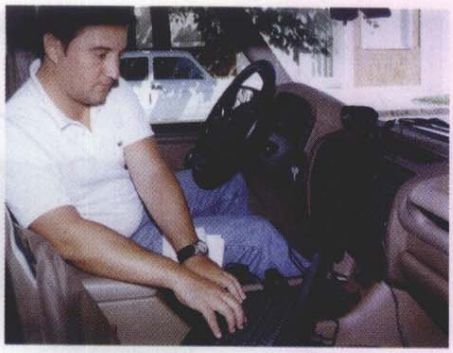


Fotos Nº 4 y 5: Los mapas incorporados en el GPS permiten una rápida ubicación.

la realiza cada 1 segundo.
Al navegador se le incorporó una antena remota que se adhiere magnéticamente al techo y permite una mejor recepción satelital desde el interior del vehículo y un cable de alimentación eléctrica directa del encendedor del vehículo, evitando la limitación del uso de pilas.
A su vez el navegador elegido cuenta con un mapa digitalizado de América con la totalidad de las ciudades, rutas y ríos más importantes, permitiendo una orientación local de referencia muy ajustada.

METODOLOGIA

Si bien el GPS permite trabajar en varios sistemas de unidades y coordenadas geográficas, se fijaron por Reglamento las coordenadas Planas Universales de Mercator (UTM), Campo Inchauspe, Norte Verdadero y Sistema Métrico.
Al permitir el navegador fijar un intervalo de distancia entre puntos a grabar automáticamente (Track Log) el mismo se estableció en 50 m, lo cual permite efectuar 75 Km de relevamiento sin interrupciones ni limitantes



Fotos Nº 6 y 7: Vistas del equipamiento completo en el interior del vehículo.

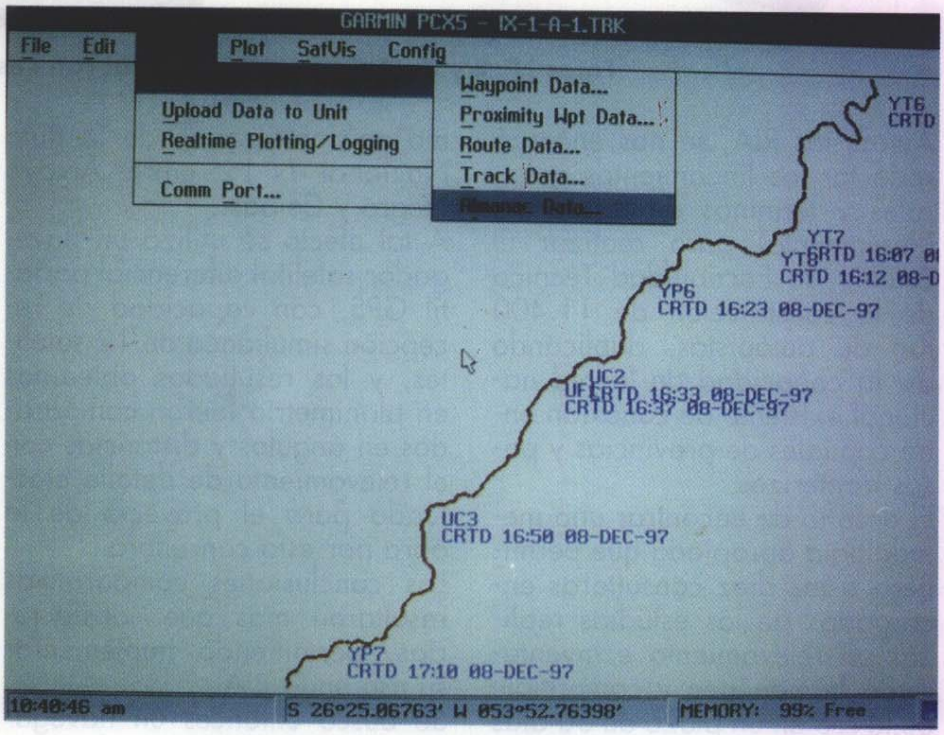
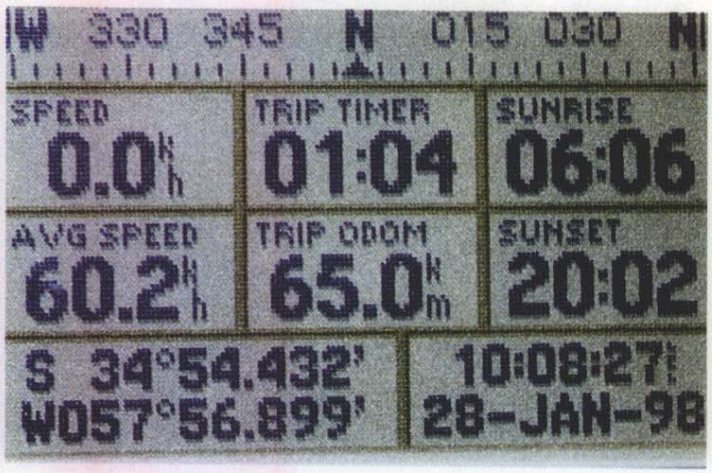


Foto Nº 8: Vista del dibujo obtenido con el GPS: Track log y waypoints.



Fotos Nº 9 y 10: Pantallas de visualización del GPS.

de velocidad crucero, generando un dibujo de precisión más que aceptable.
El eje medido en forma cinemática es "bajado" a una PC o Notebook standard mediante un cable de interfaz y software específico, que genera archivos de intercambio gráfico tipo, DXF, compatibles con Autocad.
De esta manera, con solo recorrer en unos minutos la ruta a inventariar, se obtiene una planimetría digital, pudiendo medirse radios de curvatura y distancias en el eje, con errores inferiores al 1 % en longitud, comparados con los datos disponibles en el Código de Tramos de la Dirección Nacional de Vialidad.
Adicionalmente se aprovechó otra posibilidad que ofrece el navegador como es el almacenamiento de puntos intencionales (Waypoints). Estos permiten, en coincidencia con los accidentes a inventariar tales como alcantarillas, puentes, cruces, accesos, pueblos, etc., grabar la posición de dicho evento en coordenadas X-Y, asignándoles un código alfanumérico secuencial predeterminado.
De este modo, en una segunda recorrida del tramo (pudiendo realizarse en sentido inverso de circulación al del Track-Log), se "marcan" los puntos característicos, obteniéndose en el dibujo posterior el lugar (progresiva) donde se encuentra cada accidente relevado.
Si bien cada punto o Waypoint grabado puede tener un error de hasta 100 m, éste no es acumulativo, lográndose para la totalidad de los 11.400 km de la red igual magnitud de imprecisión, lo cual transforma al navegador portátil en un instrumento imbatible para relevamientos expeditivos de grandes distancias.
Es importante destacar que para el estudio de factibilidad a realizar, se parte de la premisa de inventariar el camino existente con el objeto de estimar el costo de la duplicación de la calzada, sin importar por ejemplo, que la alcantarilla de pr. 24890 m, realmente aparezca "marcada" en la progresiva 24.851m, más aún teniendo presente la escala gráfica de planimetría a utilizar (1:10.000)
Para proceder a la medición expeditiva de la distancia de los hechos existentes al eje del camino y poder de esta manera completar el inventario, se utilizó un distanciómetro laser Bushnell Yardage Pro 800 Laser Rangefinder.
El mismo consiste en un binocular con un aumento de 6X que dispara un rayo láser sobre el objetivo señalado en la retícula. En forma instantánea calcula la distancia con un grado de precisión de 1 metro.
El rango de utilización de este equipo va desde los 17 m hasta los 999 m.
A diferencia de los distanciómetros tradicionales, este no requiere la utilización de prismas, permitiendo mediciones directas de líneas de alta tensión, antenas, alambrados, construcciones, etc.

RESULTADOS

Luego de haberse relevado la totalidad de la red con la metodología descripta, los resultados obtenidos son los siguientes:

- Se logró contar con los 11.400 Km del trazado digitalizados en un mismo sistema de coordenadas universales.
- Se confeccionó un inventario digital con codificación alfanumérica secuencial de todos los hechos relevados (Alcantarillas, puentes, accesos, ciudades, etc.).
- Se estudiaron y digitalizaron las alternativas de by-pass y variantes de las ciudades atravesadas por las rutas de la RIA.
- Este trabajo no hubiese podido realizarse en el tiempo asignado ni ser efectuado en forma homogénea y compatible entre sí por las consultoras participantes de no ser por la tecnología satelital utilizada.
- Con el desarrollo masivo de esta tecnología, es esperable que muy pronto éstos navegadores portátiles puedan obtener precisiones en altimetría aceptables en el ambiente vial, simplificando la ejecución de complicados y costosos relevamientos actuales.

5 AÑOS DE ACCION DE LA CAMPAÑA NACIO

seguridad

NAL DE

vial

Esta campaña iniciada en 1993 y desarrollada por el esfuerzo común entre la

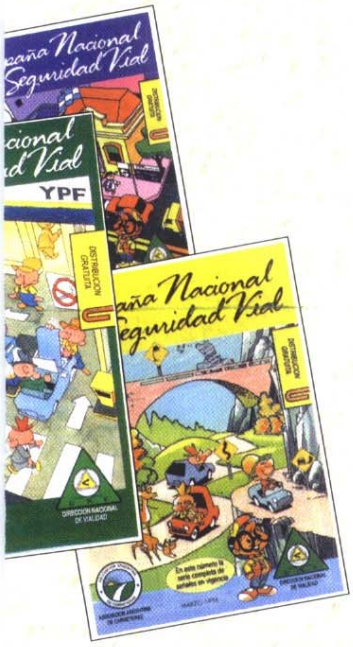
ASOCIACION ARGENTINA DE CARRETERAS, la DIRECCION NACIONAL DE VIALIDAD e YPF S.A.,

ha tenido un importante impulso a través de estos cinco años, con la invalorable colaboración de instituciones de todo el país, tal como lo hemos venido señalando en nuestra revista.

De todas maneras, el complemento de esta campaña debe reflejarse en la enseñanza obligatoria de la Educación Vial en las escuelas primarias y secundarias, como lo dicta la Ley 23.348 desde 1986 y la continuidad de los planes ya pautados, para colocarnos junto a los países más desarrollados del mundo.

1998

un desafío que debemos asumir en vísperas de la llegada del tercer milenio



CRITERIOS BASICOS PARA LA INVERSION VIAL

La Asociación Argentina de Carreteras, con el objetivo de contribuir a establecer pautas útiles para la formulación de criterios de inversión en la Obra Vial del País, ha elaborado el presente documento y su Anexo "Red integrada de transporte carretero", los que se publican a continuación.
Estos documentos fueron elevados para su conocimiento a las autoridades nacionales y provinciales del todo el país del área de responsabilidad referida a la obra vial.

La Asociación Argentina de Carreteras, entidad independiente sin fines de lucro, que ha abogado desde su fundación hace 46 años por más y mejores caminos, en un sistema integrado de transporte, desea dar a conocer su opinión sobre la necesidad de efectuar inversiones con miras a mejorar la eficiencia y calidad de nuestro transporte carretero.

Durante décadas el financiamiento de las carreteras fue efectuado a través del impuesto a los combustibles; decisiones políticas en cada momento determinaron el desvío de ese recurso hacia otras actividades en perjuicio de la actividad vial. Ello derivó en ineficiencias de la red, mala conservación, no reposición de la misma, y una desactualización del nivel de servicio de las carreteras.

En los últimos años hemos visto una mejora derivada de un aumento en la capacidad y creatividad de los organismos viales tanto nacional como provinciales, y a la asignación -aún reducida- de partidas en los presupuestos generales, y al desarrollo de la percepción directa de parte de los usuarios, con aplicación de las Concesiones por Peaje.

Nuestra Red Vial (no computando la Red Terciaria prácticamente sin mejoras) presenta sólo un 30 % de caminos pavimentados, un 13 % de caminos con mejoras, y un 57 % de caminos sin mejoras, que son por tanto, caminos de tránsito precario. Comparados estos porcentajes con países como Estados Unidos y España, entre otros, la diferencia es notoria ya que esos países tienen prácticamente el 100 % de los caminos de tránsito permanente enlazando los caminos troncales con los secundarios sin soluciones de continuidad, integrando en consecuencia, una red armónica.

Una red vial funciona armónicamente cuando cuenta con las suficientes arterias troncales y las ramas secundarias que las alimentan.

La necesidad de integrar las zonas no conectadas del país, mejorar la comunicación entre las actividades productivas y el comercio, así como el avance en la cosntitución del Mercosur, indican la prioridad que el sistema carretero debe tener en el futuro. La carencia o insuficiencia de la infraestructura condiciona la accesibilidad y demora el desarrollo socio-económico.
Es necesario, por tanto, dar un salto cualitativo que permite adaptarse al cambio necesario para la integración territorial y la mejora en la competitividad.

De poco sirve un sistema troncal, si no se resuelve conjuntamente el acceso al mismo de los productos, desde el punto de producción; dando transitabilidad permanente a las redes viales de aporte y resolviendo los problemas de incomunicación que causan entre otros los días de lluvia.

El Primer Congreso Argentino de Caminos Naturales, estableció que la Primera Prioridad del orden vial en nuestro país consiste en solucionar la transitabilidad permanente de 60.000 km de los 126.248 km de caminos sin mejoras que tiene actualmente.

La mejora programada para estos 60.000 km, incluso su mantenimiento, involucra una inversión estimada de 2.000 millones para un plan de 5 años.

Asimismo debe mejorarse la transitabilidad y seguridad en todos los caminos pavimentados del país y ampliar su capacidad, con más carriles, cuando el tránsito supere los 6.000 vehículos por día: prevemos que en nuestro país se alcanzará este volumen de tránsito en 5.000 km de la red, en el curso de los próximos 10 años.

Dado el carácter estratégico que tiene la mejora del transporte carretero, todos los recursos y metodologías de financiamiento deberían ser complementadas de forma tal que el esfuerzo necesario sea financiado sin solución de continuidad tanto por recursos derivados de impuestos específicos, rentas generales, y de recursos directivos derivados del cobro a los usuarios.

Por todo ello la Asociación Argentina de Carreteras entiende que es necesario:

• Desarrollar y ejecutar un plan que permita ofrecer a la sociedad una red armónica y eficiente de caminos. En este sentido, esta Asociación adhiere a los lineamientos generales del plan EDIVIAR dado a conocer por el Consejo Vial Federal.

• Priorizar la mejora en los caminos naturales y rurales, en contacto directo con nuestra producción.

• Mejorar la accesibilidad y seguridad de nuestras rutas pavimentadas con la ejecución de banquinas mejoradas o pavimentadas y mejora en el ancho de los puentes.

• Ejecutar autopistas u autovías donde los estudios técnicos económicos y de tránsito lo aconsejen, de acuerdo a pautas internacionales en la materia de forma de evitar el dispendio de recursos en obras no justificadas técnica y socioeconómicante.

• Mejorar la asignación de recursos destinados a la optimización de la red de caminos utilizando para ello todos los instrumentos posibles: Impuestos específicos o rentas generales, cobro directo a los usuarios, préstamos de organismos internacionales, y emisión de bonos específicos de infraestructura vial, de forma tal de combinar un sistema de financiamiento que optimice las inversiones necesarias, resguardando la equidad entre los sectores, evitando soluciones inflacionarias **y no dejando caer en el olvido la responsabilidad de la conservación permanente de la Infraestructura Vial.**

• Descargar impositivamente al Transporte Carretero hoy sobrecargado, rebajando los actuales impuestos a los combustibles (los más caros del continente) y derivando parte del actual impuesto, al financiamiento de la obra vial.

Por ello creemos que es prioritario un plan que vertebre eficazmente las distintas regiones y todo el territorio nacional, extendiendo las Redes Troncales y desarrollando racionalmente sus Redes de Aporte en una Red Integrada de Transporte Carretero, ayudando a resolver importantes desequilibrios regionales al dar accesibilidad desde cualquier parte del territorio nacional a todo su potencial productivo, alcanzando el objetivo de Desarrollo y Cohesión Económica y Social, indispensable para consolidar y acrecer la presencia de Argentina en la Región y en el Mercado Mundial Globalizado, que exige lo mejor de su capacidad productiva y creativa.

▲

ANEXO 1

RED INTEGRADA DE TRANSPORTE CARRETERO

La ASOCIACIÓN ARGENTINA DE CARRETERAS, entidad sin fines de lucro, consciente de la importancia que poseen los caminos para el desarrollo armónico del país y con una preocupación constante sobre las políticas viales, cree oportuno contribuir a orientar el desarrollo de la infraestructura vial atendiendo a la escasez de recursos que obliga a ser objetivamente eficaz en la asignación de los mismos.

El desarrollo del sistema vial debe tener en cuenta la determinación tecnoeconómica de las ne-

cesidades de aumento del número de trochas de nuestra Red de Caminos Troncales, en áreas de tránsito importante, tomando como parámetro fundamental el resultado del relevamiento del tránsito actual y estimado para el período de su vida útil, sobre la base de una adecuada tasa de crecimiento.

Un camino simple de dos carriles, o sea una mano de ida y otra de vuelta, admite un tránsito medio diario (TMD) del orden de 6.000 vehículos por día, valor éste que como promedio podrá ser excedido en días pico en un 20 % a un 30 %: para los próximos 10 años no es previsible superar este tránsito en más de 5.000 Km de la Red Vial del país, o sea 3.500 Km adicionales a los actuales 1.500 Kms de más de dos carriles.

Tratando de fundamentar lineamientos generales de una política sobre el tema, hemos considerado de interés comparar las redes viales de EEUU y de Argentina, relacionando la proporción de caminos de más de dos carriles con el parque automotor de ambos países.

Una primera conclusión que surge del cuadro número 1 es que la Red Estadounidense es una Red de Tránsito Permanente, que da accesibilidad a todo su territorio productivo. Contrariamente la Red Vial de la República Argentina es una Red No Integrada que deja grandes espacios desvinculados de las misma o sin accesibilidad confiable y permanente, requerida para ser considerada una RED INTEGRADA DE TRANSPORTE

PANORAMA GLOBAL – Cuadro 1

ARGENTINA			EE.UU		
Red Nacional y Provincial (*)	219.669	km	Red Vial Estadounidense	6.330.976	km
Sin mejoras	57	%	Sin mejoras (con transitabilidad)	4	%
Con mejoras	13	%	Abovedado y Drenado	6	%
Pavimentada	30	%	Estabilizado:	30	%
			Pavimentada:	60	%
Tránsito Precario	**57**	**%**	**Tránsito Precario**	**0**	**%**
Tránsito Permanente	**43**	**%**	**Tránsito Permanente**	**100**	**%**

(*) No incluye Red Terciaria Provincial ni Vecinal, en general sin mejoras.

CUADRO 2

	AREA RURAL O INTERURBANA	AREA URBANA
De dos trochas	1.018.039 km	262.616 km
De tres trochas	4.296 km	3.615 km
De cuatro o más trochas	106.265 km	133.856 km
Más de dos trochas	**110.561 km**	**137.471 km**

Longitud total de rutas con más de dos carriles = 248.032 km

Número Total de Automotores

Estados Unidos	206.365.156
Argentina	6.500.000

Tomando como fuente de referencia la publicación Highway Statics 1996, FHWA – PL 96-003, la longitud de caminos de más de dos carriles de la Red Vial de los Estados Unidos, en áreas rurales y urbanas, red integrada por las secciones del sistema de los Estados Locales y del Estado Federal que excluye los caminos clasificados como colectores locales urbanos y otros de menor importancia responde al siguiente detalle: (Cuadro 2).

De los valores anteriormente consignados surge que Estados Unidos tiene una "densidad" de rutas (Dc) de más de dos trochas (tomando como unidad kilómetros por cada 10.000 vehículos) de:

CUADRO 3			
	EE.UU.	ARGENTINA	
	% del Total	Debería tener	Tiene
Sin mejoras	4 (*)	8786 km	126.248 km
Abovedado, drenado (6%) Y estabilizado (30%)	36	79.080 km	28.952 km
Pavimentado	60	131.801 km	64.449 km

(*) sin mejoras pero transitable.

Estados Unidos:
Dc = 12 km / 10.000 vehículos

Si consideramos aplicable esta "densidad" para el caso de la Argentina tendríamos: 7.800 km de caminos de más de dos carriles.

Es decir que para ello serían necesarios sumar a los actuales 1.500 km de más de dos trochas, 6.300 km de nuevos caminos de más de dos trochas.
Ese valor debe sólo ser considerado como máximo, toda vez que solamente se podría aplicar en el caso que la Argentina pudiera exhibir indicadores macroeconómicos similares a los de Estados Unidos y una densidad de población y una distribución de centros generadores de tránsito de iguales características que aquel país.

A poco que analicemos lo expuesto, sobre la base de los valores consignados, se pone en evidencia que el problema de mayor peso en la Red de Transporte Carretero de Argentina, no es el de insuficiencia en la longitud de caminos de más de dos carriles, sino la necesidad de extender la red vial transitable mejorando su "accesibilidad". Ello se logrará mediante una firme política de mejoras progresivas y pavimentación que disminuya en forma gradual y creciente ese 57% de la Red (Nacional y Provincial) sin mejoras. Donde el tránsito lo reclame debería implementarse duplicaciones de calzada y en su caso diseños de nivel superior.

La situación de la "Red de Caminos Naturales" en general sin mejoras agudiza la falta de accesibilidad, impidiendo que los puntos de producción puedan vncularse y acceder a los centros de consumo y a los puntos de vinculación internacional en tiempo y a costos compatibles con una necesaria competitividad.

En esta línea, el Primer Congreso de Caminos Naturales, celebrado en Mar del Plata en 1995, estableció como Primera Prioridad solucionar la transitabilidad en 60.000 de los 126.000 km de caminos sin mejoras, que integran la Red Provincial Primaria y Secundaria y que fueron seleccionados por las distintas Direcciones de Vialidad del País y profesionales de la especialidad que aportaron su conocimiento y experiencia, proponiendo soluciones acordes con un objetivo de mínima inversión.

Estos caminos, hoy sin mejoras, cuya falta de transitabilidad es un freno al potencial productivo, con el consiguiente encarecimiento de la producción, requerían, en el Plan de 5 años propuesto en el mencionado congreso, para su mejora y mantenimiento, una inversión estimada en 2.000 millones de pesos.
En este orden de ideas, consideramos de interés volver a efectuar una comparación de nuestra situación con la de los Estados Unidos. Si aplicáramos a la Red Nacional y Provincial Argentina, la relación porcentual de los distintos tipos de camino que componen la Red de EEUU de acuerdo a lo consignado en el Cuadro 1, surge el detalle del Cuadro 3.

Cuando el Primer Congreso Argentino de Caminos Naturales recomendó concretar en cinco años, la mejora de 60.000 km mediante alteo, abovedado, drenado y mejorado de su superficie de rodamiento, pretendió con un criterio de mínima inversión, dar solución al grave problema que involucra la precariedad de tránsito de esos caminos naturales, aumentando la accesibilidad y disminuyendo gradualmente el porcentaje de tránsito precario indicado en el Cuadro 1.

En cuanto a la Red Pavimentada, el déficit a superar obliga a considerar la necesidad de instrumentar un programa que complemente las mejoras de la Red existente (Pavimentación de banquinas, duplicación de calzadas, mejoramiento de las obras de arte, mantenimiento permanente, etc.) con la pavimentación de los corredores que hoy presentan soluciones de continuidad y de corredores y pasos fronterizos que permitan las vinculaciones internacionales, respondiendo a un plan con objetivos de corto, mediano y largo plazo, de acuerdo a nuestras disponibilidades económico – financieras y la necesaria coordinación con la inversión global en infraestructura.

El financiamiento de las inversiones viales, tema que rescatamos de suma importancia, plantea un gran desafío ya que deberá resolverse, descartando las alternativas fáciles, y adoptando la combinación de metodologías, ya sean sistemas directos y/o indirectos, que aseguren una carga equitativa en cada uno de los sectores involucrados y la continuidad de la inversión programada.

CONCLUSIONES:

1. Como surge de lo expuesto, a diferencia de la Red Vial de Estados Unidos, que presenta una Red de Tránsito Permanente, realmente integrada, la Red Vial de la República Argentina es una Red no integrada que deja grandes zonas desvinculadas de la misma o sin accesibilidad confiable y permanente requerida para ser considerada una RED INTEGRADA DE TRANSPORTE.

2. Es imprescindible vertebrar las distintas regiones y todo el territorio, extendiendo las Redes Troncales y desarrollando sus Redes de Aporte, resolviendo importantes desequilibrios regionales al dar "accesibilidad" desde cualquier parte del territorio nacional a todo su potencial productivo, alcanzando el objetivo de Desarrollo y Cohesión Económica y Social:

Para lograr los objetivos propuestos, es necesario:

- Instrumentar un plan de corto y mediano plazo para revertir el grado de transitabilidad de nuestra Red No Pavimentada, que solucione la precariedad del tránsito de caminos naturales y aumente la accesibilidad de nuestro potencial.

- Formular un programa de acciones sobre la Red Pavimentada que contemple las mejoras en la red existente de acuerdo a los requerimientos de demanda existente y futura y las pavimentaciones de nuevos tramos y los corredores y pasos fronterizos, necesarios para consolidar y acrecentar la presencia de Argentina en la Región y en el Mercado Mundial Globalizado que exige lo mejor de su capacidad productiva y creativa.
- Analizar sobre la base de los relevamientos y estudios de tránsito, que indican que en los próximos 10 años en no más de 5000 km de nuestra Red de Caminos Troncales se superará el límite de los 6000 vehículos / día y en determinadas zonas de mayor actividad económica, la formulación de un programa de construcción de caminos de nivel superior.
- Estudiar la combinación de diferentes sistemas de financiamiento de la Infraestructura vial, base fundamental del sistema de transporte carretero, que optimicen las inversiones necesarias, resguarde la equidad entre los sectores y eviten soluciones inflacionarias.

SISTEMA DE GERENCIA PARA CONSERVACION DE PUENTES

Por los Ings. Arturo J, Bignoli[1], Tomás A. del Carril[2] y Javier Fazio[3]

Trabajo distinguido con el Premio DON LUIS DE CARLI por el XII Congreso Argentino de Vialidad y Tránsito, patrocinado por la Asociación Argentina de Carreteras.
Este texto fue expuesto por los autores en la Comisión número I del citado Congreso, realizado en Buenos Aires entre los días 29 de setiembre y 3 de octubre últimos.

El National Cooperative Highway Research Program detectó, hace ya varios años, la necesidad de disponer de técnicas efectivas para establecer gerencias de puentes a fin de asignar correctamente los escasos recursos disponibles para este fin. En estos últimos años se han implementado en muchos países los denominados Bridge Management Systems (BMS), que constituyen una aproximación racional hacia la organización y concreción de actividades relativas a la planificación, diseño, construcción, mantenimiento, rehabilitación y reemplazo de puentes. Estos sistemas consisten en una Base de Datos que permite obtener, en cualquier momento, toda la información necesaria para realizar una eficiente gerencia de la red de puentes.
En nuestro país no se dispone de ninguna herramienta de estas características, a pesar de reconocerse la evidente importancia de contar con un sistema que asegure el uso adecuado de los fondos disponibles y la identificación de las obras sobre las cuales es prioritario realizar las inversiones para rehabilitación o mantenimiento.
Los procedimientos utilizados hasta ahora, originados en las naciones desarrolladas, presentan importantes limitaciones e inconvenientes para su aplicación en países como la Argentina. Por lo general, operan en base a algoritmos complejos, con gran cantidad de datos y una precisión exagerada en relación a la información que estaría disponible en el país; requieren inspectores de gran experiencia y un equipamiento sofisticado que no está al alcance de nuestra realidad.
En este trabajo se presenta un sistema que constituye una herramienta útil para obtener un orden de prioridades de las inversiones para rehabilitación, mantenimiento, conservación y administrar adecuadamente los siempre escasos recursos disponibles. El procedimiento está basado en un sistema computarizado de información sobre los puentes de la red que permite crear y mantener un inventario de los mismos mediante una base de datos alimentada con información relevada de campo. Se utiliza un algoritmo basado en la Teoría de los *Fuzzy* Sets que permite, aún operando con una mínima cantidad de información, cumplir el objetivo de priorizar el uso de recursos y proporcionar pautas para gerencias.
A medida que se va agregando información a la base de datos, mejora la calidad de los resultados obtenidos. Esta característica lo hace especialmente apto para su aplicación en países con escasa información y bajo desarrollo de herramientas de gerencia y mantenimiento.
En diversos congresos realizados en los últimos años relacionados con la ingeniería, la economía y la gestión empresaria, se han presentado trabajos relativos a Mantenimiento, Evaluación, Gerencias y Sistemas de Información de Puentes. Esto demuestra, por una parte, la urgente necesidad de implementar estas herramientas de gestión en el país y por la otra, la preparación e inquietud de los profesionales argentinos para encarar los trabajos destinados a llenar este vacío.

1.-INTRODUCCION

Estudios realizados en lo EEUU han demostrado que cerca de la mitad de los 574.000 puentes inventariados en ese país, fueron construidos antes de 1940. De ellos, de acuerdo a la FHWA (Federal Highway Administration), más del 40% (244.000 puentes) están clasificados como estructuralmente deficientes o funcionalmente obsoletos y necesitan rehabilitación o reem-

(1) Ing. Civil, Vicepresidente de la Academia Nacional de Ingeniería, socio Emérito de la AIE
(2) Ing. Civil, Prof. Titular de la UBA, Estudio del Carril – Fontán Balestra, socio Plenario de AIE
(3) Ing. Civil, Universidad de Buenos Aires y Universidad de Belgrano, socio Plenario de AIE

plazo, para lo que se ha estimado un costo de 50.000 millones de u$s. Cada año, las inspecciones periódicas indican que nuevos puentes se agregan a esta lista y a pesar de los mayores aportes de fondos, el problema crece más rápido que las posibilidades de su solución.

El National Cooperative Highway Research Program detectó, hace ya varios años, la necesidad de disponer de técnicas efectivas para establecer gerencias de puentes a fin de resolver este problema, asignado correctamente los escasos recursos disponibles, y se han desarrollado en estos últimos años, en los Departamentos de Transporte de diversos Estados los denominados Bridge Management Systems (BMS), que se puede traducir como Sistemas de Gerencia de Puentes.

Específicamente un Bridge Managemente System (BMS) es un sistema o serie de funciones de ingeniería y gerencia que brinda una aproximación racional hacia la organización y concreción de actividades relativas a la planificación, diseño, construcción, mantenimiento rehabillitación y reemplazo de puentes y que es vital para el funcionamiento de la infraestructura del transporte ya que provee información sobre las acciones necesarias para implementar un programa de manejo de puentes. Un BMS ayudará a los responsables de la toma de decisiones para seleccionar la alternativa de óptimo costo y eficiencia destinada a lograr los niveles de servicio deseados respetando los fondos disponibles y a identificar los requerimientos de fondos que serán necesarios en el futuro. Un BMS también debe suministrar un inventario de puentes, un registro de las inspecciones realizadas en cada obra y reflejar las realidades presupuestarias. Es, por lo tanto, un sistema muy elaborado orientado a balancear adecuadamente las necesidades ingenieriles y gerenciales.

En los últimos cinco años, organismos de financiamiento como el Banco Mundial (BM), el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y el Proyecto de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), exigieron la implementación de sistemas de gerencias de puentes a los países que recibieron préstamos para rehabilitación y mantenimiento de la red vial. Varias naciones como Venezuela, México, El Salvador, Colombia, etc., han iniciado la implementación de estos sistemas. Mientras tanto en nuestro país, no se cuenta con ninguna herramienta similar y pareciera no reconocerse la evidente importancia de contar con un sistema que asegure el uso adecuado de los fondos disponibles y la identificación de las obras sobre las cuales es prioritario realizar las inversiones.

La metodología habitualmente utilizada para realizar estas gerencias en lo referente a los tramos de camino, se encuentra bien desarrollada y es de utilización extendida, mediante un conocido sistema informático denominado HDM (Highway Design and Maintenance); y es de aplicación habitual por parte de los Ingenieros Viales y Economistas de Transporte. Sin embargo, cuando se trata de asignar fondos para el mantenimiento de puentes, dejan de tener aplicación los criterios usados para los caminos y aparecen una gran cantidad de nuevas variables imposible de manejar con estas herramientas.

2.-ALGUNAS METODOLOGIAS EXISTENTES

2.1.-Una aproximación "estructuralista"

En 1968, la Federal Highway Association (FHWA) puso en marcha el National Bridge Inspection Program y todos los puentes del país fueron inventariados creándose una base de datos conocida como National Bridge Inventory. Luego fueron evaluados en su aptitud, de acuerdo a una fórmula para clasificación de la suficiencia planteada de la siguiente forma:

$$0 \leq S1 + S2 + S3 - S4 \leq 100$$

Estos cuatro términos que se combinan en forma aditiva, son funciones afectadas por ciertos factores de peso que se calculan en base a un conjunto de parámetros obtenidos en un relevamiento y son volcados en una planilla denominada S1&A (Structural Inventory and Appraisal Sheet). En el aspecto estructural, este procedimiento de la AASHTO determina una Carga de Operación, que constituye la máxima absoluta permisible, y una Carga de Inventario, que es aquella bajo la cual la estructura puede ser utilizada por un período indefinido de tiempo. La suficiencia de cada puente se clasifica mediante un número entre 0 y 100, que involucra tres factores principales: (S1) Adecuación estructural y seguridad, (S2): Condiciones de servicio y obsolescencia funcional, y (S3): Importancia para el uso público.

Cada factor de la fórmula tiene un peso diferente y es el resultado de un grupo de datos recolectados en el sitio del puente y calculado en gabinete con la información disponible. Los términos S1, S2 y S3 alcanzan, como máximo, los porcentajes 55%, 30% y 15% respectivamente. El término S4, cuyo máximo valor es 13%, es un término especial de reducción.

En base al valor de esta fórmula se establecen acciones a seguir de la siguiente forma: si la eficiencia es >80, se considera que el puente no requiere inversiones y será inspeccionado cada 5 años; para valores ubicados entre 50 y 80, el puente

pasa a un programa de rehabilitación y recibirá inspecciones bianuales y si el valor es <50, comienza a considerarse su reemplazo, recibiendo inspecciones semestrales o anuales.
A partir de 1991 mediante la Intermodal Surface Transportation Efficiency Act (ISTEA) comienza a prestarse mayor interés a las gerencias de mantenimiento, obligándose a las administraciones estatales e implementar verdaderos sistemas de gerencias. Para el 1º de octubre de 1998, todos los Estados deben tener en operación un BMS. Es por ello que, ya sea con su propio personal o a través de Consultores privados, han elaborado múltiples procedimientos y sistemas para implementar gerencias de puentes, algunos introduciendo modificaciones en la expresión comentada y otros apoyados en conceptos estadísticos.

Aún cuando la mayoría de los sistemas de gerencia de puentes comenzaron a desarrollarse antes del Acta de 1991 (SITEA), hay dos proyectos suficientemente genéricos como para que las administraciones de los diferentes Estados puedan acomodar sus necesidades individuales: el Pontis y el BRIDGIT.

2.2- Una aproximación "economicista"

En los años 1991 y 1992, la República de Venezuela se preparaba para recibir un préstamo de los Bancos Mundial e Interamericano de Desarrollo, destinado a implementar un programa Quinquenal de Mantenimiento de la Red Vial. La componente destinada a reparación y rehabilitación de Puentes, debía distribuirse de acuerdo a un orden de prioridades establecido racionalmente.

Se creó un sistema de priorización de inversiones en base al valor de la Tasa Interna de Retorno Marginal (TIRM), obtenida entre la comparación de los Beneficios y Costos actualizados para los casos en que un determinado puente no se realizaran obras o fuera sometido a un proceso de rehabilitación; tomando un período de análisis de 10 años. Para cada puente fue necesario establecer un flujo de fondos, ya sea para la situación sin rehabilitación o suponiendo que dichas obras se realizaran.
Se estableció un Indice de Vulnerabilidad para expresar el estado del puente desde el punto de vista estructural. Por otra parte se evaluaron los costos de mantenimiento rutinario y preventivo de puentes, adoptándose costos promedio en función de la superficie.
Muchos de los procedimientos utilizados hasta ahora, a pesar de los

DETERMINACION DE LA TASA INTERNA MARGINAL

DATOS GENERAL ASUMIDOS:

Costo de operación de los vehículos (COV)	0,40	$/(veh. Km)
Costo de mantenimiento si no se ejecuta la rehabilitación	25	$/m2
Costo mantenimiento si se ejecuta la rehabilitación:	5	$/m2
Costo de las obras de rehabilitación del puente:	250	$/m2
Costo de ejecución de un puente provisorio (ancho=3m):	300	$/m2
Tasa de incremento anual del Tránsito Medio Diario:	3.0%	anual

DATOS PARTICULARES DEL PUENTE:

Puente:	S/Río Timbocay	
Longitud:	60	m
Ancho:	8	m
Superficie:	480	m2
Costo Puente Provisorio:	54000	$
Longitud del Tramo de Camino:	20	[Km]
Tránsito Medio Diario:	780	[veh/día]
% de Camiones:	31	%
Tránsito Medio Diario de Camiones:	242	[cam/día]
Indice de Vulnerabilidad:	75	%
% de Reducción de Sobrecargas Admitidas:	29.17	%
TMD de Camiones corregido:	312	[cam/día]
Incremento del Costo de Operación:	2.92	%

TASA INTERNA DE RETORNO MARGINAL:

AÑO	SIN PROYECTO			CON PROYECTO			DIF.
	COSTO POR LIMITACION DE SOBREC.	COSTO MANTE-NIMIENTO	COSTO ADIC. TOTAL	COSTO REHABIL. PUENTE	COSTO MANTE-RUTINARIO	COSTO TOTAL	
1	66499	12000	78499	17400	2400	176400	-97901
2	68494	12000	80494		2400	2400	78094
3	70549	12000	82549		2400	2400	80149
4	72665	12000	84665		2400	2400	82265
5	74845	12000	86845		2400	2400	84445
6	77091	12000	89091		2400	2400	86691
7	79404	12000	91404		2400	2400	89004
8	81786	12000	93786		2400	2400	91386
9	84239	12000	96239		2400	2400	93839
10	86766	12000	98766		2400	2400	96366

Tasa Interna de Retorno Marginal:81,9%

esfuerzos realizados, presentan importantes limitaciones de distintos orígenes, como por ejemplo:

• Basarse en expresiones aditivas según las cuales, por ejemplo, un puente puede presentar una aptitud razonable por encontrarse estructuralmente sano, a pesar de tener sus fundaciones totalmente socavadas con riesgos de colapso.

• Ser de alcance parcial: contemplan exclusivamente el aspecto estructural o bien éste tiene una preeminencia exagerada.

• Cuando se pretende extrapolar métodos de evaluación económica de proyectos, se llega a resultados que no tienen sentido. Las TIR que suministran estos análisis, son tan elevadas que sólo permiten extraer la conclusión sobre la evidente conveniencia de ejecutar obras de rehabilitación. Por otra parte, los datos que los ingenieros de puentes pueden aportar para el análisis, no tienen la presición requerida por los análisis económicos.

• Se manejan con algoritmos complejos y de precisión exagerada en relación a la información que alimenta la base de datos.

• Requieren inspectores de gran experiencia y un equipamiento sofisticado que no está al alcance de nuestra realidad como país.

En lo que respecta específicamente a la evaluación y calificación del estado de los elementos estructurales, hay varios trabajos publicados en los que se propone la aplicación de la Lógica *Fuzzy*. Esta herramienta, que se considera fundamental para la evaluación, no ha recibido la atención merecida en lo que respecta a su aplicación en todo proceso de priorización y, por lo tanto, de gerencia.

3.- LOS OBJETIVOS

A fin de contar con una herramienta útil para obtener una calificación de las condiciones en que se encuentran los puentes, establecer una estrategia de seguimiento y administrar adecuadamente los escasos recursos disponibles para su conservación, es necesario disponer de un sistema computarizado de información sobre los puentes de la red. Este sistema debería permitir:

a) Crear y mantener un inventario de la red de puentes, mediante una base de datos que describa las condiciones físicas y operativas de cada puente en un instante determinado.

b) Alimentar esta Base de Datos mediante información relevada en el campo por personal especialmente entrenado que describa la condición en la que se encuentran

los puentes y permita proyectar esta condición en el tiempo en base a los datos disponibles.

c) Lograr que la Base de Datos, necesariamente incompleta en un principio, se pueda ir completando con el tiempo a medida que se va obteniendo más información. No obstante, aún con información parcial, debe cumplir su objetivo de priorizar el uso de recursos. Esta característica de poder operar y brindar resultados útiles con datos incompletos, se obtiene con el algoritmo propuesto en este trabajo.

d) Establecer la frecuencia y la necesidad de realizar inspecciones a los puentes y las características que esas inspecciones deben tener, informando con adecuada precisión sobre los problemas que aquejan a las obras.

e) Establecer un orden de prioridad para su reemplazo, reparación, rehabilitación, mantenimiento preventivo y mantenimiento rutinario. Estas prioridades deben contemplar la combinación óptima y la interacción entre mantenimiento y mejoras basada en las restricciones de los programas presupuestarios.

f) Posibilitar que el sistema se actualice cada vez que se realiza una inspección o intervención en cualquiera de los puentes y modifique automáticamente el orden de prioridades.

g) Posibilitar la elaboración de planes periódicos de rehabilitación y mantenimiento, ordenando las inversiones de acuerdo a las prioridades reales.

h) Determinar itinerarios aptos para cargas extraordinarias, en base al conocimiento de la aptitud y condición de los puentes de la red.

i)Incluir el aspecto relativo a costos en la base de priorización.

j) Con el paso del tiempo y el mayor conocimiento que se va adquiriendo de las obras, permitir profundizar en el nivel de detalle de la Base de Datos, incorporando nuevas variables a la misma.

4.-EL SISTEMA PROPUESTO

El sistema de gerencia que se propone en el presente trabajo, se ha denominado SIGEP (Sistema de Información y Gerencia de Puentes) y su módulo de gerencia se apoya en un algoritmo de priorización, basado en la Lógica *Fuzzy*, que clasifica a los puentes según el valor creciente de un indicador que se denomina INDICE DE PRIORIDAD (IP). Este IP contempla, en forma ponderada, todos los parámetros que llevan a considerar la condición en que se encuentra un puente, dentro de alguna de las cuatro que se definen a continuación, a fin de incluirlo en un plan de inspecciones o acciones a realizar:

1. Situación de Emergencia (SE): Obra que requiere una intervención urgente para evitar su previsible colapso a corto plazo.

2. Requiere Reparación (RR): Puente en el que es necesario realizar reparaciones que , en caso de no realizarse, se traducirán en una situación de emergencia en un período determinado. Este período depende de las decisiones políticas a establecer para cada país. En EEUU suele considerarse de 6 meses, mientras que en países menos desarrollados o con menor poderío económico, puede llevarse a dos años.

3. Mantenimiento Preventivo (MP): Se consideran tareas de mantenimiento preventivo, aquellas que conviene realizar para evitar que progresen los procesos de deterioro ya iniciados. Por lo general son trabajos que pueden tipificarse, aunque en algunos casos requieren estudios y proyectos particulares para una obra determinada.

4. Mantenimiento Rutinario (MR): Comprende las tareas que deben realizarse indefectiblemente, en forma periódica, en todas las obras de la red. En países de gran desarrollo, la frecuencia con que se realiza el mantenimiento rutinario en los puentes de las rutas principales es altísima, siendo usual encontrar planes de mantenimiento de ejecución semestral. En países de menor poderío económico y gran extensión, como el nuestro, ha sido una constante la inexistencia de planes de mantenimiento rutinario de puentes. Si bien el monto de fondos que se requiere para esta tarea es muy grande, puede llegarse a una solución intermedia en la que los puentes que tienen hasta cinco años de antigüedad pueden considerarse libres de mantenimiento pero luego de ese período inicial, es importante realizar mantenimiento rutinario con una frecuencia, por lo menos, anual.

En base a este indicador (el **IP**), se orienta la estrategia para realizar las inversiones y el programa de inspecciones, estableciendo para este último la periodicidad y las características del mismo. Para esto, además del **INDICE DE PRIORIDAD,** el sistema deberá proporcionar indicadores que señalen cuales son los problemas que justifican la intervención en cada puente y suministren información sobre el costo de las reparaciones o tareas de mantenimiento a efectuar.

5.-EL CONTROL DE LA GERENCIA

El procedimiento desarrollado en el presente trabajo se orienta a establecer una gerencia, apoyado en la idea de que ésta debe quedar bajo el total control del organismo oficial propietario de la red, por ejemplo la Dirección Nacional de Vialidad; mientras que la recopilación de datos para la alimentación del sistema puede ser motivo de subcontratos con consultores externos, en quienes la repartición depositaria la responsabilidad profesional de la evaluación propiamente dicha de los puentes y su condición, a través de la calificación de las variables de los niveles de mayor detalle, para la cual deberán existir manuales de evaluación y términos de referencia para los respectivos contratos de evaluación detallada.
Con este procedimiento sería el Estado, a través de la DNV, quien mediante la operación del sistema efectuaría la determinación del Indice de Prioridad y programaría las inversiones en base al orden de prioridades, para el mantenimiento, la reparación, la rehabilitación o el reemplazo. A su vez la utilización del sistema, con su Base de Datos actualizada periódicamente, brindaría a la DNV una visión a futuro de las inspecciones y evaluaciones de puentes a contratar con consultores externos.
Todo el procedimiento se apoya en una Base de Datos, que tiene dos grandes componentes, o tipos de información, que se definen como:

- El Sistema de Inventario
- El Módulo de Evaluación

6.- EL SISTEMA DE INVENTARIO

El Inventario Nacional de Puentes (NBI, National Bridge Inventory) de los Estados Unidos, preparado bajo la guía de la Federal Highway Administration (FHWA) adopta, para cada puente, un registro de 116 items. La práctica ha demostrado que, aún en un país tan avanzado y donde el relevamiento es realizado con prolijidad y frecuencia preestablecidas, muchos de estos items no se utilizan por falta de información o características particulares de ciertos puentes que no permiten identificar claramente las variables. También existe la duda de cuán confiable puede considerarse la información y cómo pueden minimizarse los errores de interpretación que conlleva el llenado del formulario de inventario utilizado (Structure Inventory and Appraisal Sheet, SI&A).
Se considera que en nuestro país las posibilidades de contar con un invetario medianamente detallado en corto plazo son mínimas por lo que, inicialmente, sólo cabría considerar unas pocas variables. Esto lleva a definir dos tipos de variables de inventario:

a) Las que en adelante se denominan ***Variables Básicas de Inventario (VBI),*** que podrían obtenerse de los inventarios viales disponibles y

TABLA 1

VARIABLES BASICAS DE INVENTARIO		DESIGN.
1.	Número de la Ruta	RNRO
2.	Carácter Nacional o Provincial de la ruta	NAPROV
3.	Provincia	PROVI
4.	Tramo de la ruta a la que pertenece el puente	TRAMO
5.	Progresiva de ubicación	PROGR
6.	Designación del Accidente	DESIG
7.	Nombre de la Obra o Puente	NOBRA
8.	Longitud total	LTOT
9.	Número de luces	NLUCES
10.	Luces Parciales	LPAR
11.	Tipo de estructura	TIPOES
12.	Material de la obra	MATER
13.	Gálibo vertical	GVERT
14.	Ancho de Calzada	ACALZ
15.	Oblicuidad	OBLIC
16.	Curvatura	CURVA

TABLA 2

	VARIABLES COMPLEMENTARIAS DE INVENTARIO	DESIGN.
17.	Año de Construcción	ACONST
18.	Tren de Cargas de Diseño	CARGDIS
19.	Tránsito Medio Diario Anual (TMDA)	TMDA
20.	Longitud del Trayecto Alternativo	LALTER
21.	Tipo de accidente geográfico que salva	ACCIDG
22.	Tipo de vía que utiliza el puente	TIPVIA
23.	Gálibo para la vía inferior	GALINF
24.	Dirección del Tránsito que circula por el puente	DIRCIRC
25.	Cota de Máxima Creciente	CMC
26.	Cota de Creciente Ordinaria	CCO
27.	Cota de Estiaje	CE
28.	Cota de Rasante	CR
29.	Cota de Intradós del Tablero	CIT
30.	Cota del Fondo del Cauce	CFC
31.	Tipo de Fundación	TFUND
32.	Cota de fundación	CFUND
33.	Tipo de pilas	TPILAS
34.	Tipo de estribos	TESTRI
35.	Tipo de apoyos	TAPOYO
36.	Zona de Actividad Sísmica	ZSISMO
...	....., etc.	

completarse mediante un expeditivo relevamiento de campo, a realizar por personal no necesariamente experto en puentes. Estas VBI se listan en la tabla Nº 1, juntamente con la designación de la variable, como campo de la Base de Datos:

Puede notarse que la VBI numeradas de 1 a 6, se refieren a datos de tipo administrativo, por llamarlo de alguna manera, que pueden obtenerse en las Administraciones de Vialidad (Nacional o Provinciales); las VBI identificadas con los números 7 a 14, son de tipo físico y surgen de una observación "in situ" de las obras.

b) Las denominadas ***Variables Complementarias de Inventario (VCI)*** que requieren para su obtención la búsqueda de datos en archivos de documentos y/o la realización de estudios por parte personal experto en diferentes áreas de la Ingeniería del Transporte. Este conjunto de variables no resulta de obtención inmediata e incluso algunas de ellas no podrán conocerse en un principio, por lo que los registros serán parciales y sólo se completará la información luego de varios años de funcionamiento de un Sistema de Información y Gerencia de Puentes como el propuesto. Incluso se hace notar que la lista de Variables Complementarias de Inventario que se incluye en la tabla Nº 2, no es cerrada ni estática, y la experiencia en el uso del Sistema llevará a modificarla, incrementarla o redefinirla.
En este conjunto de variables debe incluirse toda la información que maneja el Sistema de Evaluación que se describe a continuación.

7.- EL MODULO DE EVALUACION

Esta parte del sistema ordena los puentes para decidir acerca de su reparación, rehabilitación, emergencia oportunidad de inspecciones futuras, mantenimiento preventivo, etc., en base al denominado **Indice de Prioridad (IP)**. Para el mismo se adopta una escala entre 0 y 100, siendo 100 la indicación de primera prioridad, que se obtiene a través de la consideración, ponderada pero no aditiva, de una serie de parámetros que pueden tener múltiples niveles de determinación. En el primer nivel se encuentra el **IP**, que se obtiene como resultado de operaciones a realizar con los valores asignados a los pará-

metros del segundo nivel. Análogamente, éstos parámetros del segundo nivel, son el resultado de la consideración de los valores correspondientes a los parámetros del tercer nivel y así sucesivamente. De esta forma se pueden definir tantos niveles como se desee o sea posible, en función de la información disponible o que se esté en condiciones de relevarse e incorporarse a la base de datos. En este sentido, la base de datos es dinámica y puede llegarse hasta un elevado grado de detalle a medida que se va operando con el sistema.

Los parámetros para evaluar los tres primeros niveles, que son considerados en este trabajo como aquellos cuyo manejo sería exclusivamente resorte de la entidad u organismo planificador responsable de la Gerencia de la Red de Puentes, se indican en la Figura 1.

Dado que la gran mayoría de la variables involucradas no tiene una definición numérica precisa y se trata de magnitudes en su mayoría lingüísticas; se ha aplicado un algoritmo basado en la Lógica *Fuzzy* para la obtención del IP, a partir de valores borrosos de las variables que figuran en los niveles 2 y 3. Los valores de las variables del nivel 3, serían suministrados por los técnicos que realizan la evaluación de la condición de los puentes, a partir de estudios en el campo y trabajos de gabinete.

Este sistema se ha desarrollado con la idea de ponerlo en funcionamiento con relativa inmediatez, aún sin contar con demasiados datos de la red, para ir completándose y mejorándose a medida que se va obteniendo una mayor cantidad de datos. Naturalmente, en la medida que los datos de partida resulten más completos, mejor será la evaluación de cada puente y la aproximación a un orden de prioridad correcto.

Actualmente, es una realidad en nuestro país la escasa disponibilidad de recursos humanos y económicos de los organismos oficiales responsables de la gerencia y planificación de la red vial. Por los dos motivos mencionados, la escasez de datos y la falta de recursos, que se ha adoptado en el sistema propuesto un algoritmo *fuzzy*, especialmente apto para operar con problemas de "universo abierto", en los que no se conocen todas las variables en juego.

Efectivamente, el algoritmo adoptado es apto para suministrar resultados confiables aún con pocos datos disponibles y, los resultados que se obtienen al valorar cada uno de los parámetros, no son sensibles a la cantidad de datos que se dispone para determinarlo sino a la calidad y confiabilidad.

8.-EL MANEJO DE LOS TRES PRIMEROS NIVELES

Una de las ideas rectoras en el desarrollo de este Sistema de Gerencia fue la de considerar que el organismo oficial responsable de la planificación de inversiones en obras viales (Ministerios, Secretarías, Direcciones de Vialidad, etc.)

NIVEL 1		NIVEL 2			NIVEL 3
IP	Indice de Prioridad	PFE	Propensión a la Falla Estructural	SU	Superestructura
				IN	Infraestructura
				AC	Accesos
		VAE	Vulnerabilidad a los Agentes Externos	HI	Hidráulica
				AS	Actividad Sísmica
				CR	Sobrecargas Reales
				MA	Mantenimiento
				AM	Medio Ambiente
		OBF	Obsolescencia Funcional	AC	Ancho de Calzada
				GV	Gálibo Vertical
				CD	Cargá de Diseño
				VU	Vida Util
		IEO	Importancia Estratégica y Operacional	IM	Importancia funcional
				LA	Longitud de la Alternativa
				CE	Costo de Emergencia

Figura 1.

debe reservarse el manejo de los tres niveles más importantes del Sistema para adoptar las decisiones, que naturalmente no pueden estar en manos de entidades privadas. Incluso, con el algoritmo utilizado, pueden incluirse conceptos de políticas de infraestructura vial a fin de mejorar o darle al sistema una mayor generalidad para orientar las inversiones a la hora de planificar o programar las tareas de mantenimiento.
Para ello, el algoritmo utilizado para obtener el IP, parte de considerar que cada uno de los parámetros o variables del nivel 3 son de carácter *fuzzy* (no precisamente determinables o inciertos), y se califican mediante Números *Fuzzy* Triangulares Simétricos (NBTS). En el párrafo 10 se presenta una breve reseña descriptiva del algoritmo *fuzzy* utilizado. Un procedimiento transparente al usuario, opera con los números borrosos para obtener el valor final del IP. Es importante destacar una vez más que estas operaciones pueden calibrarse modificando las importancias de cada variable y sus influencias relativas o incluso incorporando nuevas variables en los niveles de decisión (1 al 3) para calibrar el funcionamiento del sistema y hacerlo acorde con criterios que se adopten para las políticas del transporte.

9.-EL MANEJO DE LOS NIVELES 4 Y SIGUIENTES

Estos niveles tienen una característica netamente técnica y tanto la obtención de los datos como las evaluaciones necesarias para operar con los mismos pueden considerarse como tareas que pueden ser subcontratadas con consultores externos de las diferentes especialidades de la ingeniería vial: estructuras, trazado y obras básicas, hidráulica e hidrología, tránsito, economía de transporte, etc. Los organismos oficiales prepararían los Términos de Referencia de estos contratos, con un grado de detalle que puede ir profundizándose con el tiempo, llegando a establecerse una metodología de evaluación de obras de arte mediante un manual para uso de los profesionales que realizarían las evaluaciones.
En cada nivel, el algoritmo orientado a obtener el IP, suministra como información adicional, un indicador de la condición evaluada con el objetivo de calificarla dentro de uno de las siguientes situaciones:

1.Lleva a considerar a la obra en situación de Emergencia

2.Requiere una Reparación inmediata

3.Debe pasar a un programa de Mantenimiento Preventivo

4.Queda dentro de las obras sobre las cuales se practica un Mantenimiento Rutinario

5.Pasa a considerarse como una obra nueva sobre la cual no se efectúa más que una inspección periódica.

Estos indicadores permiten conocer con precisión, qué trabajos requiere cada puente y el monto estimado para considerar en el plan de inversiones, en el momento de tomar decisiones en función del IP.

El valor de las variables del NIVEL 3 surge de la evaluación de elementos más específicos, como los que se detallan a continuación, en lo que se considera NIVEL 4:

• En lo que se refiere a la Propensión a la Falla Estructural (PFE):

SUperestructura: Baranda, Calzada, Tablero o Losa, Elementos Secundarios, Elementos Principales, Aparatos de Apoyo, Juntas, Drenajes, etc.

INfraestructura: Vigas de Apoyo, Riostras, Fustes, Columnas, Pantallas, Aleros, Bases, Cabezales, Pilotes, etc.

ACcesos: Hundimiento de Terraplenes, Losa de Aproximación, Movimientos de Terraplenes en los estribos, etc.

• En cuanto a la Vulnerabilidad a los Agentes Externos (VAE):

HIdráulica: Revancha en creciente máxima, sección de escurrimiento, socavaciones general y localizada, dirección de las corrientes, arrastre de vegetación, tipo de cauce, régimen fluvial, caudales, recurrencias, etc.

Actividad Sísmica: Características de la zona donde se encuentra implantada la obra en relación a las previsiones contempladas durante el proyecto en materia de acciones sísmicas.

MAntenimiento: Calidad y cantidad del mantenimiento rutinario y preventivo aplicado a la estructura.

SobreCargas Reales: Comparación entre los valores de diseño y las cargas reales de servicio actuales que soporta la estructura (de Inventario y de Operación).

Medio AMbiente: Posible efecto pernicioso del medio ambiente: humos, gases agresivos, aguas o suelos con sulfatos o cloruros, etc.

• En lo referente a la Obsolescencia funcional de la obra (OBF):

Ancho de Calzada: Su relación con el ancho de la carretera y con el ancho requerido para su correcto funcionamiento.

Gálibo Vertical: Idem anterior.

Carga de Diseño: A partir de la carga de diseño, obtenida ya sea de los antecedentes o por inferencia en base a las resistencias de sus elementos principales, establecer la obsolescencia del puente por comparación con las cargas de diseño actuales.

Vida Util: Implica una estimación de la vida útil remanente de la estructura. Se trata evidentemente de una variable con alto grado de incertidumbre.

• Finalmente, en lo que se refiere a la Importancia de la obra desde el punto de vista estratégico militar, de su servicio a la población, su importancia para la economía regional, etc. (IEO):

IMportancia Funcional: Determinar la importancia estratégica, tanto desde el punto de vista militar como civil. Aquí también se considera la importancia de la carretera y el volumen de tránsito que la utiliza.

Longitud Alternativa: Considera la longitud de los recorridos alternativos para el caso de producirse un accidente, como un colapso, que inutilice la obra. También se debe incluir aquí la posibilidad de construir puentes de emergencia.

Costo de Emergencia: Evaluar los costos de reparaciones u otras obras de emergencia que sería necesario realizar en caso de producirse un colapso.

EL NIVEL 5 consiste en la evaluación y calificación de cada uno de los elemento definidos en el nivel 4, y es el de máximo detalle. En este nivel se evaluarán los daños o deterioros que tiene importancia en cada tipo de estructura o de obra, calibrando su intensidad, extensión e importancia para la calificación final correspondiente al nivel superior. Por ejemplo: Se determinará la fisuración en el hormigón de vigas principales en puentes en los que este elemento sea su principal sistema resistente, juzgándose su importancia según que tipo de fisura sea, que orientación tenga, su extensión, si está aislada y es errática o es parte de un cuadro generalizado, su abertura, su condición de activa o pasiva, etc.

10.-RESEÑA DEL ALGORITMO FUZZY APLICADO

10.1.-Descripción General

El *módulo de evaluación* del sistema de gerencia de puentes propuesto se ha implementado, mediante un algoritmo *fuzzy* para la determinación del Indice de Prioridad, en un sistema automático programado para PCs. El algoritmo programado trabaja con datos que son números *fuzzy* triangulares y simétricos definidos por su moda x* (sustento o grado de aceptación máximo) y su semirrango (r), utilizando una escala de 0 a 10.
Al calificar el valor de una variable con un número *fuzzy* triangular y simétrico se está eligiendo entonces **(x*)** como valor preferido, con **(r)** a su vez se expresa la incertidumbre en la calificación. Quedan definidos de esta manera los valores mínimo y máximo aceptados: **x (mín.) = x* - (r), y x (máx.) = x* + (r).**

Pueden incluirse también en el análisis datos **probalísticos** y datos **deterministas,** aplicándoles una sencilla transformación. En el caso de los datos probalísticos, basta con tomar como moda y semirrango del número *fuzzy* la moda y el semirrango del número *fuzzy* de mayor similitud con el histograma normalizado de la variable en cuestión. En el caso de datos deterministas habrá que tomar como moda el valor nítido de la variable y 0 (cero) como semirrango.
Un problema de evaluación de una calidad tal como la prioridad puede describirse gráficamente mediante un **árbol jerárquico** en el que se ordenan las variables que se consideran que influyen sobre dicha cualidad. Las variables pueden ubicarse según distintos niveles de definición, desde el de mayor detalle y que puede ser calificado sin dificultad, hasta niveles de gran generalidad cuya calificación depende de los valores que adopten las variables de los niveles precendentes, resultando dificultosa su calificación directa.
Construido este árbol y habiéndose predefinido las relaciones entre todos las variables consideradas, el problema queda conceptualmente descripto. El objetivo del software es permitir al usuario introducir únicamente los valores *fuzzy* asignados a las variables del primer nivel de detalle; y que el sistema logre evaluar las calificaciones de los elementos de los niveles subsiguientes, hasta obtener el resultado final (la calificación *fuzzy* de la prioridad y el valor del Indice de Prioridad del puente).

10.2.-Definiciones previas que determinan el comportamiento del sistema

Para que el sistema sea operable, reflejando correctamente la calificación de cada puente a partir de los valores asignados al nivel de mayor detalle, debe predefinirse un conjunto de valores que determinarán su comportamiento, y que se comentan en lo que sigue. El software constituye en esta etapa previa un marco que acepta la descripción específica del tipo de problema en estudio, de acuerdo al criterio de los expertos que definan el sistema de gerencia.

• **Número de niveles de definición de variables:** Debe definirse la cantidad de niveles en que se agruparán las variables que influyen en la evaluación del puente. Como ya se comentó en párrafos precedentes, este número de niveles podrá ir variando en el tiempo a medida que se enriquece la base de datos y se adquiere experiencia en el uso del sistema de gerencia.

• **Variables que se considerarán en cada nivel:** Se requiere listar todas las variables que en una primera etapa serán consideradas y clasificar dichas variables en distintos niveles. Dicha clasificación debe abarcar desde un primer nivel suficientemente detallado como para permitir una valoración directa de las variables que en él se ubican, hasta un nivel de máxima síntesis en el que se tendrán las variables generales que influyen directamente sobre la evaluación de la prioridad. En los párrafos anteriores se han efectuado listados tentativos de las variables que se estima deberían ser consideradas.

• **Importancias de las influencias de las variables de un nivel sobre las del nivel subsiguiente:** Debe establecerse a priori la importancia de la influencia que cada una de las variables de un determinado nivel ejerce sobre cada una de las variables del nivel subsiguiente. La calificación de estas importancias se realiza utilizando también númeroa *fuzzy*, lo que permite especificar no sólo la magnitud de la importancia con la que influye la variable del nivel inferior sobre la del nivel superior, sino también la incertidumbre presente en la influencia considerada.

• **Matrices de interacción entre las variables de un mismo nivel:** Se definen las interacciones entre cada una de las variables y las restantes variables del mismo nivel, mediante una matriz de interacción para cada nivel, cuyos elementos son también números *fuzzy* triangulares y simétricos.

• **Filtros o valor de comparación de las calificaciones del último nivel:** Se establece un conjunto *fuzzy* que expresa un valor de comparación, respecto del cual se evaluarán los resultados obtenidos como calificación de las variables del último nivel, con el objeto de determinar aceptabilidades y finalmente la prioridad del puente, como se describe más adelante en 2.6. El filtro *fuzzy* elegido para cada variable expresa el grado de exigencia que se adopta para dicha variable, por lo que implica una ponderación de su peso en la determinación del Indice de Prioridad.

• **Filtros o valor de comparación de las calificaciones de variables especiales de niveles intermedios:** Se establece un conjunto *fuzzy* que expresa un valor de comparación, respecto del cual se evaluarán los resultados obtenidos como calificación de ciertas variables, ubicadas en cualquier nivel de definición, a las que se tratará especialmente por su riesgo implícito, monitoreando sus valores en forma constante.

10.3.-Consenso de opiniones acerca de las calificaciones input

El algoritmo programado permite considerar el caso de que para la valoración de las variables del primer nivel, lo que constituye el imput del sistema, se cuente con más de un conjunto de valores (números *fuzzy* triangulares y simétricos). Esta situacion se producirá en el caso de que en el estudio del problema participen 2 ó más expertos, con opiniones divergentes ya sea en los valores preferidos o en las incertidumbres.

Para obtener un conjunto único de calificaciones que sirva de imput al sistema, y represente el consenso de las opiniones disponibles, el programa utiliza la operación suma *fuzzy* convexa de las distintas opiniones. Esta operación se efectúa en primer término entre una del las opiniones y una segunda opinion, luego entre el resultado obtenido y una tercera opinión, etc., hasta considerar todas las opiniones. Como parámetro de la suma convexa se utiliza la similutud entre los operandos (cociente entre la intersección y la unión). Como el resultado de este proceso depende del orden en que se tomen las distintas opiniones, el sistema efectúa previamente un ordenamiento de las mismas por mayoría.

10.4.- Corrección de las calificaciones por efectos de interacción

El sistema efectúa la corrección de las calificaciones obtenidas para cada una de las variables ubicadas en un mismo nivel de definición considerando las interacciones definidas en las matrices de interacción correspondientes. Previamente, se consideran las interacciones indirectas o de segundo orden por aplicación de la Teiria de los Efectos Olvidados (Kaufmann-Gil Aluja), efectuando la composicion *fuzzy* de cada matriz de interacción con sí misma.

10.5.- Cálculo de las calificaciones de las variables de los niveles sucesivos

El sistema obtiene las calificaciones en los niveles sucesivos, efectuando para cada elemento el promedio ponderado *fuzzy* de las calificaciones de las variables del nivel anterior que lo afectan, esto es, el producto *fuzzy* de la calificación de la variable del nivel anterior multiplicado por su importancia, dividido

por la sumatoria *fuzzy* de las importancias de todas las variables involucradas. Este proceso se desarrolla desde el primer nivel de definición de variables, con calificaciones que pueden resultar del consenso de varias opiniones, hasta el penúltimo nivel de definición.

10.6.- Calculo de las aceptabilidades correspondientes a las variables del último nivel

El sistema utiliza el conjunto de filtros *fuzzy* predeterminados y respecto de este "grado de exigencia" calcula la aceptabilidad del resultado obtenido para cada variable del último nivel. Este cálculo se conoce como filtrado y resulta del cociente aritmético entre la cardinalidad de la intersección de la calificación de la variable y el filtro correspondiente y la cardinalidad de la calificación.

El conjunto de las aceptabilidades obtenidas para las variables del último nivel constituye una medida *fuzzy* de la prioridad. Con este conjunto de aceptabilidades puede evaluarse globalmente el Indice de Prioridad como la sumatoria de las aceptabilidades dividida por el número de variables consideradas en el último nivel.

La Figura 1 resume en un diagrama de flujo los pasos del algoritmo descriptos en los apartados 2.3 a 2.6.

10.7.- Evaluación de resultados

La situación de cada puente estudiado en lo relativo a su prioridad queda calificada por el Indice de Prioridad. La información para la toma de decisión contenida en este "valor", incluye no sólo la magnitud de las calificaciones adoptadas para las variables intervinientes, sino también la incertidumbre presente en el análisis, lo que justifica la elección de la Teoría de los Conjuntos *Fuzzy* como herramienta de ayuda.

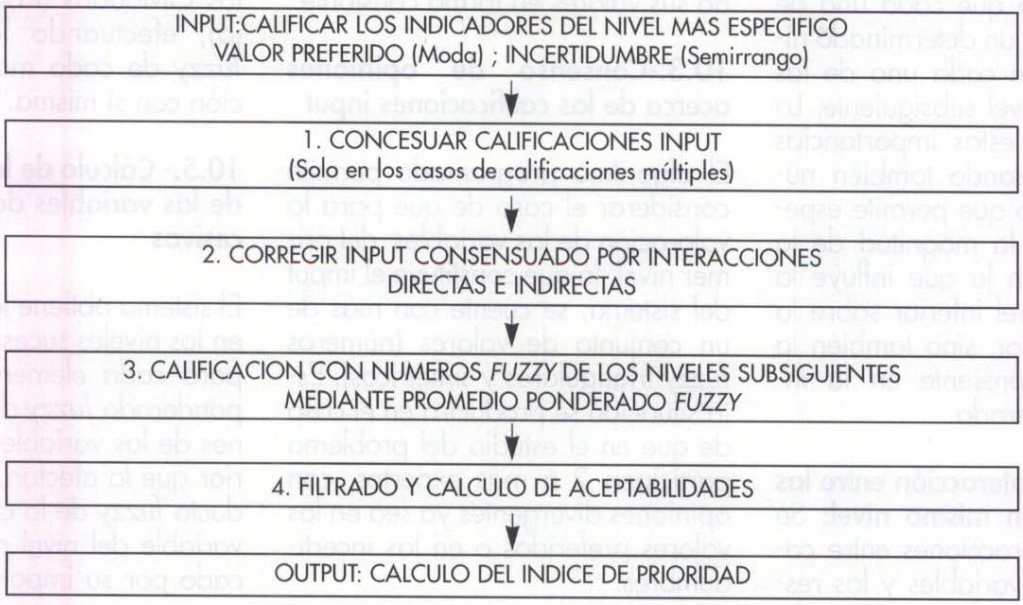
Existe la posibilidad de relacionar previamente los valores obtenidos para el Indice de Prioridad con el curso de acción a seguir (emergencia, reparación, mantenimiento preventivo, mantenimiento rutinario, etc.) mediante una escala convencional, permitiendo de este modo objetivar a priori las acciones a emprender en función de los resultados que vayan a obtenerse de la aplicación del sistema.

Cabe destacar por último, que el sistema permite tomar en cuenta que cierta variables expresan situaciones que implican riesgos elevados cuando su valor se ubica por debajo de un límite aceptable, requiriendo de una intervención inmediata y especifica, independientemente de la evaluación global y del Indice de prioridad obtenido, que es producto de una compensación de variables de origen disímil. Para estas variables especiales, predefiniendo filtros que expresen esos limites aceptables, el sistema "disparará" automáticamente señales de alerta y necesidad de intervención.

10.8.-El Software

Los algoritmos *fuzzy* descriptos en lo que antecede fueron programados con el lenguaje Visual Basic de Microsoft ® obteniéndose ejecutables compilados para entorno de interface gráfica (MS-Windows 3.11 ® ó superior). Los requerimientos de hardware no son muy exigentes, salvo para el caso de tener que considerar un número ele-

FIGURA 2



vado de variables sobre las que deba efectuarse la operación de promedio ponderando *fuzzy*, en esta situación debe utilizarse un equipo con microprocesador de velocidad aceptable para reducir el tiempo de cálculo.
El programa fue organizado de manera modular, lo que brinda una gran flexibilidad para adaptarlo a distintas etapas de la evolución de la base de datos y el perfeccionamiento del sistema de gerencia, impidiendo por otra parte que se produzcan limitaciones a dicha adaptación por escasez de recursos de hardware.
Se enumeran a continuación los 4 módulos que componen el programa:

CONSENSO.EXE: Cumple la función de obtener las calificaciones input para el primer nivel de definición de variables, como resultado de consenso entre calificaciones diversas, de ser esto necesario.

INTERAC.EXE: Cumple la función de corregir las calificaciones de las variables de un mismo nivel por efecto de la interactividad directa e indirecta entre las mismas.

PONDERA.EXE: Cumple la función de calcular las calificaciones *fuzzy* correspondientes a las variables de un determinado nivel, a partir de las calificaciones de las variables del nivel anterior.

POSFIL.EXE: Cumple la función principal de calcular las aceptabilidades de las calificaciones del último nivel, considerando los filtros predefinidos, y de calcular el Indice de Prioridad. También se utiliza para calcular aceptabilidades de variables de niveles intermedios para las que se haya decidido establecer filtros y calcular aceptabilidades con el objetivo de que el sistema emita avisos cuando sus calificaciones son muy bajas, independientemente de la evaluación global.

En la tabla Nº 3 se indica el input, el output y el algoritmo utilizado por cada uno de estos módulos.

En la Figura 3 se presenta un ejemplo de árbol jerárquico que modela un problema con 3 opiniones en la calificación de las variables, 3 niveles de definición, 16 variables en primer nivel, 7 variables en el segundo nivel y 3 variables en el tercer nivel.

10.9.- Conclusiones acerca del algoritmo de evaluación

Se considera que el algoritmo presentado, resulta el auxiliar adecuado para la toma de decisión en lo relativo a la prioridad de intervención sobre los distintos puentes.
El proceso de definición de los elementos necesarios para describir el problema en estudio y su posterior valoración no requieren del conocimiento de la teoría de los *Fuzzy Sets* que sustenta el algoritmo empleado, y resultan naturales y simples.

Los resultados obtenidos son de interpretación directa, por lo que conducen a un determinado curso de acción. Por otra parte, se pue-

TABLA Nº 3

CONSENSO.EXE	INTERAC.EXE	PONDERA.EXE	POSFIL.EXE
INPUT CALIFICACIONES MULTIPLES	INPUT CALIFICACIONES Y MATRIZ DE INTERACCION	INPUT CALIFICACIONES E IMPORTANCIAS DEL NIVEL ANTERIOR	INPUT CALIFICACIONES Y FILTROS
OUTPUT CALIFICACIONES CONSENSUADAS	OUTPUT CALIFICACIONES CORREGIDAS POR INTERACCION	OUTPUT CALIFICACIONES DEL NIVEL SUBSIGUIENTE	OUTPUT ACEPTABILIDADES Y PRIORIDAD
ALGORITMO ORDENAMIENTO POR MAYORIA CONSENSO POR SUMA CONVEXA *FUZZY*	ALGORTIMO TEORIA DE EFECTOS OLVIDADOS CORRECCION POR COMPOSICION *FUZZY*	ALGORITMO PROMEDIO PONDERADO *FUZZY*	ALGORITMO FILTRADO *FUZZY*

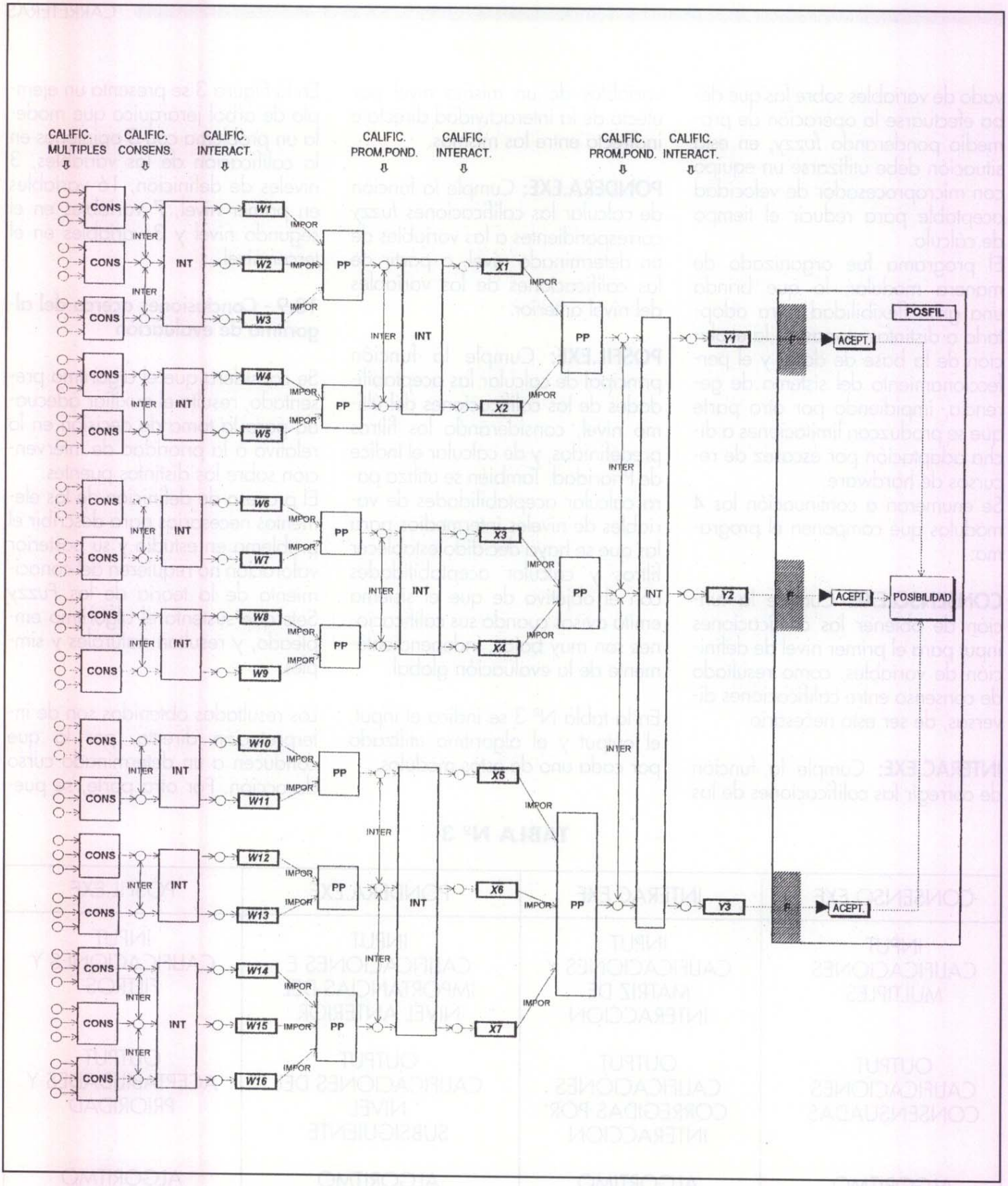

CALIFIC. MULTIPLES
CALIFIC. CONSENS.
CALIFIC. INTERACT.
CALIFIC. PROM.POND.
CALIFIC. INTERACT.
CALIFIC. PROM.POND.
CALIFIC. INTERACT.
CONS
INTER
INT
W1
W2
W3
W4
W5
W6
W7
W8
W9
W10
W11
W12
W13
W14
W15
W16
IMPOR
PP
X1
X2
X3
X4
X5
X6
X7
Y1
Y2
Y3
POSFIL
P
ACEPT.
POSIBILIDAD

FIGURA 3

den requerir al sistema resultados parciales correspondientes a variables generales que "sintetizan" grupos de variables ubicadas en niveles precedentes, de mayor detalle. El análisis de las calificaciones obtenidas para estas variables generales permite distinguir en cual o cuales de ellas se concentran los problemas que conducen, por ejemplo, a una situación de emergencia o de requerimiento de reparación como resultado global.
Por último, con el sistema descripto se tiene la posibilidad de modelar esquemas de evaluación de elevada complejidad (a medida que la información disponible lo vaya permitiendo) ya que el programa no presenta un límite superior para la cantidad de variables a considerar en cada nivel de definición ni para la elección del número de niveles.

11.-EJEMPLOS DE APLICACIÓN

A fin de mostrar la operación del sistema, se han llenado algunos registros de una base de datos Access ® con datos provenientes del inventario de la Dirección Nacional de Vialidad, las Direcciones de Vialidad de las Provincias de Santa Fe y Buenos Aires y de archivos propios. Se han volcado valores supuestos de las variables de evaluación para permitir que el Sistema opere y mostrar algunos resultados. No obstante se destaca que , tantos los datos como las evaluaciones incluidas en los ejemplos, son hipotéticas y tienen el único objeto de ilustrar el funcionamiento del sistema.
Algunos ejemplos típicos del uso de este sistema:

Caso 1: *Se cuenta con un préstamo para mantenimiento de puentes y se desea saber a qué puentes deben aplicarse los recursos y cuales son los trabajos a realizar o porqué motivo ha sido incluido cada puente en el programa inmediato.*
Caso 2: *Se desea conocer, con fines de planificación, el programa de inspección de puentes del primer semestre de 1998. Interesa conocer cual es el motivo por el que aparece un puente en el mencionado programa.*
Caso 3: *Se necesita transportar una carga extaordinaria (por ejemplo un transformador de 200t) que ingresará al país por el puente Fray Bentos – Puerto Unzué y debe arribar a la ciudad de Paraná. Se requiere conocer si hay un recorrido cuyos puentes sean aptos para soportar esta carga y si será necesario prever obras de refuerzo en algún caso.*

12.- CONCLUSIONES

Se ha presentado un sistema de gerencia de puentes que se considera particularmente adecuado a países de escasos recursos y que no cuentan con suficiente información ni personal para realizar evaluaciones o relevamientos del estado en que se encuentran las obras, pero que, precisamente por su limitación de recursos, deben implementar herramientas de gerencia confiables para orientar sus inversiones en mantenimiento de la infraestructura vial.

La utilización de la Lógica *Fuzzy* para el desarrollo de un algoritmo que permite priorizar las intervenciones a realizar, es novedosa en este tipo de aplicación. Otros autores han propuesto aplicar Teoría de los Conjuntos Borrosos para la evaluación de algunas variables.

El sistema propuesto se presta para que la responsabilidad final en la orientación de las inversiones quede en manos de organismos oficiales y el trabajo de ingeniería de detalle de las diferentes especialidades pueda ser subcontratado.

El sistema está listo para operar, tal como se ha demostrado con algunos ejemplos. Para implementarlo a nivel nacional, se requiere un trabajo de relevamiento de datos de inventario, poner en marcha un programa de evaluaciones y calibrarlo para que responda adecuadamente a las políticas de inversiones en transporte de los organismos oficiales.

BIBLIOGRAFíA

Arunprakash M. Shirloe & James J. Hill.: "Systems Approach to Bridge Structure Rehabilitation or Replacement Decision Making". Transpotation Research Record 664 – Volume 1, Sept. 1978.

Bignoli, Arturo & Fazio, Javier: "Assessment of Proneness to Failure and Structural Risk with *Fuzzy* Sets". Proceedings of the 4th International Conference on Structural Failure, Product Liability and Technical Insurance. Viena, Austria, 6-9 July 1992.

Bignoli, Arturo J.: "Teoría Elemental de los Conjuntos Borrosos". Academia Nacional de Ingeniería, 1991.
Bignoli, Arturo J.: "Las Manifestaciones de la Incertidumbre y su Evaluación". III Congreso de la Sociedad Internacional de Gestión y Economía *Fuzzy* (SIGEF) Buenos Aires, Nov. 1996.

Bignoli, Arturo J.: "Assessment of an Event from Individual Opinions of a Group of Experts" *Fuzzy* Economic Review. N°1 1996.
Bignoli, Arturo J.: "Audiroría y Gerencia de Seguridad de Puentes". IX Jornadas Argentinas del Hormigón Pretensado. Buenos Aires, 1993.
"Código de Tramos". Inventario

Vial publicado por la Dirección General de Conservación de la Dirección Nacional de Vialidad de la República Argentina – Edición de mayo de 1984.

Cox, Earl: "The *Fuzzy* Sistem Handbook". Academic Press – Professional, 1994.

Del Carril, Tomás y Fazio, Javier: "Bases para un Sistema de Gerencias de Puentes". X Jornadas Argentinas de Hormigón Pretensado y XV Jornadas Argentinas de Ingeniería Estructural. Asociación Argentina del Hormigón Pretensado y Asociación de Ingenieros Estructurales, Buenos Aires, Sept. 1996

Del Carril, Tomás y Fazio, Javier: "Priorización de Inversiones para Mantenimiento de Puentes con Conjuntos Borrosos". III Congreso de la Sociedad Internacional de Gestión y Economía *Fuzzy* (SIGEF). Buenos Aires, Nov. 1996.

Del Carril, Tomás: "Auditorías para Gerencias de Puentes en Venezuela y El Salvador". Seminario sobre Auditorías Técnicas en la Industria de la Construcción. UAC. Buenos Aires. 1995.

Del Carril, Tomás: "Informe del Consultor para la Misión de Preparación para el Préstamo Plurianual para Mantenimiento y Rehabilitación Vial". Proyecto de la Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). Venezuela. 1992.

Del Carril, Tomás: "Informe del Consultor para la Misión de Corta Duración sobre Análisis y Evaluación de Puentes". Banco Interamericano de Desarrollo. Venezuela. 1991.

"El manteniemiento de Puentes en la Argentina". Asociación Argentina del Hormigón Pretensado – XII Jornadas Argentinas de Ingeniería Estructural. Buenos Aires. 1992.

Fazio, Javier. "Sistema Experto para la Evaluación a la Propensión de un Acontecimiento". Seminario sobre Auditorías Técnicas en la Industria de la Construcción. UAC. Buenos Aires 1995.

"Guidelines for Bridge Management Systems". American Association of State Highway and Tranportation Officials (AASHTO). Washington D.C. 1993.

Hadipriono, Fabian.: "*Fuzzy* set concepts for evaluating performance of constructed facilities". Performance Of Construction Facilities (ASCE). Vol. 2 – Nº 4 1998.

Hudson, S. W., Carmichael, R. F., Moser, L. O. & Hudson, W. R.: "Bridge Managment Systems (BMS)". Transportation Research Board – Dec. 1987.

Kaufmann – Gil Aluja: "Modelos para la Investigación de Efectos Olvidados". Milladoiro. Barcelona, 1984

Klir, George – Yuan, Bo: "Introduction to *Fuzzy* Arithmetics". Van Nostrand, 1992.

Kurt, Carl E.: "Bridge Management System Software for Local Goverments". Transportation Research Record 1184.

Maffei, J. & Park, R.: "Management and Priorization of Bridge Seismic Upgrading". Prodeedings of the 2nd International Workshop of Seismic Design and Retrofitting of Reinforced Concrete Bridge. New Zealand – Aug. 1994.

"Manual for Maintenance and Inspection of Bridges". American Association of State Highway and Transportation Offcicials (AASHTO). Washingtong D.C. 1978.

Mitsuru Saito & Kumares Sinah.: "Timing for Bridge Replacement, Rehabilitation and Maintenance". Trasnportation Research Record 1268.

Porter, James C. "Precepts of the Evaluation of Facilities for Human use and the Application to Bridge Replacement Priorities". Transportation Research Record 664 – Volume 1, Sept. 1978.

Rewinski, S.: "*Fuzzy* Algoritm in Bridge and Pavement Management Systems". Artificial Intelligence and Civil Enginnering, de B.H.V. Topping. 77-81. 1991. Edinburgh: Civil-Comp Ltd.

Ross, Timothy: "*Fuzzy* Logic with Engineering Applications". Mc Graw Hill, 1995.

Santamarina, J. C. & Chemeau, J. L.: "Limitations in Decision Making ans Systems Performance" Performance Of Construction Facilities (ASCE). Vol. 3 – Nº4 – May 1989.

Tee, A. B., M.D. Bowman & K.C. Sinha.: "*Fuzzy* Mathematical Approach for Bridge Condition Evaluation". Engineering Systems 5 (1): 17-24 1988.

Xanthakos, Petros P.: "Bridge Strengthening and Rehabilitation". Prentice Hall PTR – New Jersey. 1996.

Youssef Hachem, Konstantinos Zografos & Merhdad Soltani.: "Bridge Inspection Strategies" – Performance Of Construction Facilities (ASCD) Vol. 5 – Nº1 – Feb. 1991.

CONTADORES VOLUMETRICOS DE TRANSITO: ALGUNOS PROBLEMAS Y SOLUCIONES

Por los Sres. D. Guaraglia*, E. Spinelli*, R. Berretta, R. Giachello**, L. Hlaczik****

Trabajo distinguido con el Premio TOURING CLUB ARGENTINO 90 ANIVERSARIO por el XII Congreso Argentino de Vialidad y Tránsito.
Los autores presentaron este texto en la Comisión número II del citado Congreso, llevado a cabo en Buenos Aires entre los días 29 de setiembre y 3 de octubre últimos.

Resumen

En gran parte de los estudios de ingeniería de tránsito, de planificación y seguridad del transporte, de gerenciamiento del tráfico, de diseño de carreteras, de impacto ambiental, etc., se utilizan datos de volumen de tránsito horario o su integración temporal. Estos datos son obtenidos por inspecciones visuales, registradores automáticos o una combinación de ambos. En general en estos estudios se toma por cierto que los datos de volumen de tránsito no tienen error o que el mismo es muy pequeño. Esta hipótesis muchas veces no es correcta y no se tiene conciencia de ello.
El interés de la Dirección Provincial de Vialidad de la Provincia de Buenos Aires de individualizar las características más convenientes que debe poseer un contador volumétrico de tránsito (CVT) dio origen a varios estudios de laboratorio y de campaña. Estos estudios aportaron información técnica sobre los métodos de medición y la influencia que sobre la medición ejercen los elementos constituyentes de un CVT. Se piensa que esta información podría ser de utilidad para otros usuarios de CVT por lo cual se la desea compartir.
En el trabajo se muestra la influencia que tienen en las mediciones los sensores neumáticos y los transductores neumáticos-eléctricos. Se comparan los resultados de mediciones simultáneas realizadas con instrumentos del mismo tipo, con instrumentos de diferentes fabricantes e inspecciones visuales. Se analizan las distintas opciones de almacenamiento y recuperación de la información para su análisis por medio de computadoras.
La forma en que los fabricantes especifican las características de los registradores no ayuda a conocer el error con el que éstos están midiendo. Por ello, una parte de este trabajo se dedicó a la búsqueda de un patrón de medición que permita obtener las características técnicas de lo CVT en las condiciones de uso. Se describen distintos posibles patrones, indicándose sus ventajas y desventajas. Se analiza también la validez de las especificaciones técnicas que proveen los fabricantes y se propone el tipo de información que éstos deberían ofrecer para que el usuario pueda estimar el error con el cual está midiendo.

1.- Introducción.

En la Provincia de Buenos Aires existe una demanda creciente de solicitudes de estudios de tránsito y la Dirección Provincial de Vialidad cuenta con instrumentos de diversos tipos para cubrir esa demanda. Algunos de estos equipos se encuentran al final de su vida útil. Otros con varios años de uso se encuentran aún en buenas condiciones pero han quedado obsoletos, principalmente en la forma de almacenar los datos. En número más limitado, la Dirección cuanta con instrumental de última generación, cuyos datos de salida pueden ingresarse a una computadora. Todo el instrumental mencionado es de origen importado y para algunos de ellos no es posible conseguir insumos y repuestos. Esta diversidad de instrumentos reduce la eficiencia del mantenimiento y dificulta el procesamiento de los datos.
La Dirección se ha propuesto la individualización de las características de los instrumentos que brinden la mayor seguridad en el conteo volumétrico de tránsito y rapidez de procesamiento, utilizando sensores de presión. Dado el alto índice de van-

* Laboratorio de Pavimentos e Ingeniería Vial, Facultad de Ingeniería Universidad Nacional de La Plata
** Dirección Provincial de Vialidad, MOSP de la Provincia de Buenos Aires

dalismo que inutilizan los CVT, es también deseable que éstos sean de bajo costo de reposición. Es conveniente además, obtener la mayor flexibilidad posible en el análisis y procesamiento de los datos en campaña para la toma de decisiones operativas. Estos objetivos deben conciliarse con otros de mediano plazo tales como la medición de velocidad, la utilización de sensores de lazo magnético y la transmisión automática de datos a distancia. Por los motivos expuestos se desarrolló el estudio que se presenta, intentando esclarecer cual es la tecnología más conveniente para los requerimientos de esta repartición así como los problemas encontrados para alcanzar este objetivo.

En la actualidad existen algunos instrumentos que miden y almacenan el volumen y la velocidad del tránsito, y también pueden clasificar por tipo de vehículo. Según sus fabricantes, estos instrumentos cometen errores mínimos y pueden cumplir perfectamente con la mayoría de los requerimientos de los potenciales usuarios. Para verificar estas aseveraciones se efectuaron ensayos.

2.- Comparación de tres instrumentos.

En un mismo lugar, separadas aproximadamente 3m, se colocaron tres mangueras sensoras de presión y se conectaron a tres instrumentos de diferentes fabricantes. El lugar de medición estaba cerca de un semáforo con tránsito en ráfagas y el objetivo era la medición de la cantidad de pares de eje.

Las mediciones obtenidas en una parte del registro fueron aproximadamente coincidentes como se muestra en la figura 1. Atendiendo a los resultados de este ensayo se podría concluir que los fabricantes tienen razón y que no hay que preocuparse por el error de los CVT pues todos producen el mismo resultado.

En la figura 2 se muestra otra parte del registro obtenido durante el mismo ensayo con una diferencia de pocas horas. Se observa que la tendencia en las mediciones de los tres instrumentos es la misma, pero el volumen medido es bastante diferente. Si se deseara resolver el problema desde en punto de vista cuantitativo, surge una pregunta: ¿Qué instrumento midió bien? ¿Cuál es el volumen verdadero?

Se calcularon las diferencias porcentuales entre las mediciones horarias de cada instrumento respecto del promedio de las tres lecturas. En la figura 3 se muestra que las diferencias respecto de la media oscilan aproximadamente entre +4 y −4% del valor promedio es decir que entre los dos instrumentos de los extremos existen diferencias del 8 %. Esta información está relacionada con la dispersión de las mediciones, pero el error de medición podría llegar a ser mayor en caso de existir errores sistemáticos.

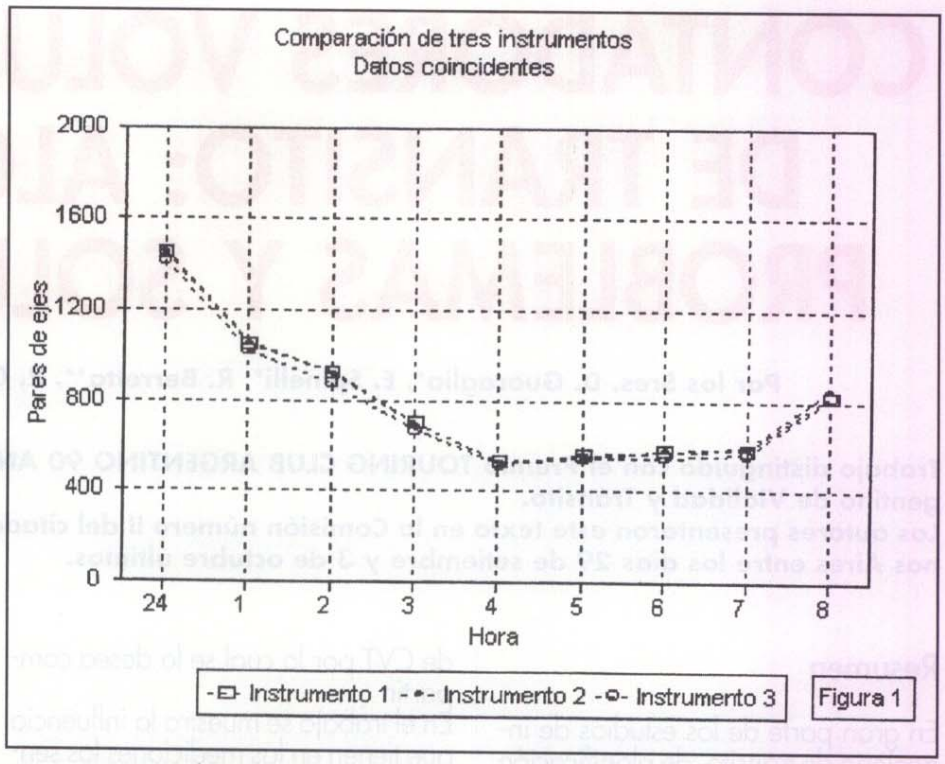


Figura 1

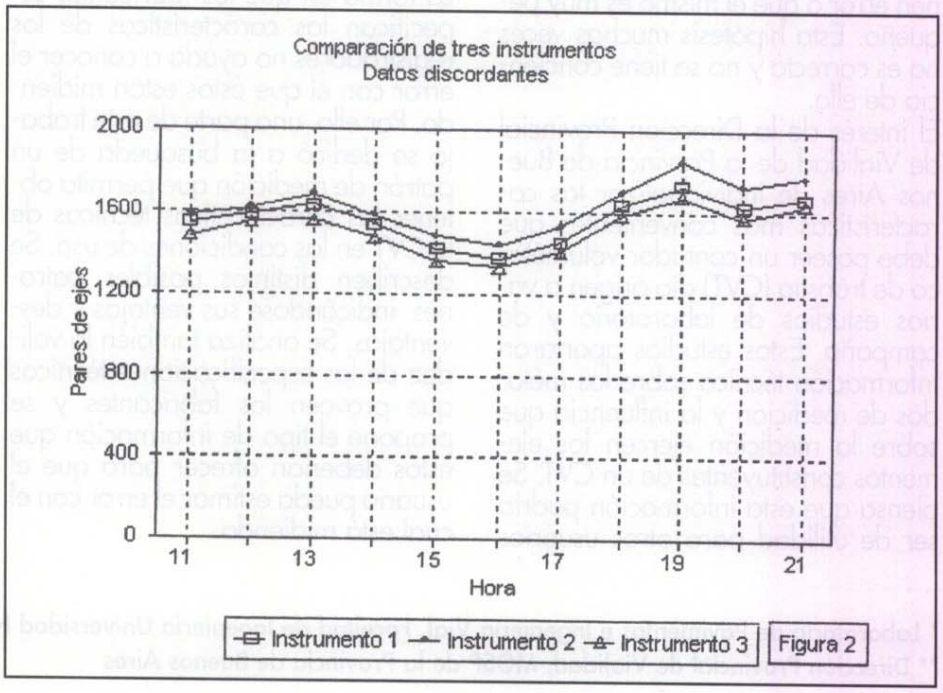


Figura 2

De los datos presentados anteriormente se observa la necesidad de conocer cual es el error con el cual está midiendo cada uno de los CVT. Para limitar el horizonte de la discusión, ésta se referirá al caso más simple que es la medición de volumen usando sensores neumáticos de manguera de caucho. Esta es la forma de medición más utilizada actualmente por el Departamento de Planeamiento y Programación pues a diferencia de los lazos magnéticos, el emplazamiento del sensor puede modificarse rápidamente tantas veces como se desee y permite la medición en caminos de tierra.

2.1.- Configuración típica de un CVT.

Un sistema contador con sensor neumático consta básicamente de cuatro partes:

a) El sensor neumático propiamente dicho o manguera
b) El transductor que convierte la presión en una señal eléctrica.
c) Los dispositivos electrónicos que contienen al contador, al almacenador de datos y al reloj.
d) El dispositivo encargado de recuperar y procesar la información almacenada.

Cada una de estas partes tienen diferente grado de influencia sobre las características técnicas finales del medidor y es conveniente distinguir el comportamiento de cada una de estas partes por separado para determinar cual de ellas es la que está limitando el comportamiento total del sistema.

3.- Determinación de las características de un medidor neumático de tránsito.

En una primera etapa conviene evaluar solamente las partes c) y d) que son puramente electrónicas., Para esta evaluación basta colocar un generador de pulsos derivado de un reloj muy preciso y leer la cantidad de pulsos almacenados en un tiempo perfectamente conocido. Estas pruebas son simples y no merecen

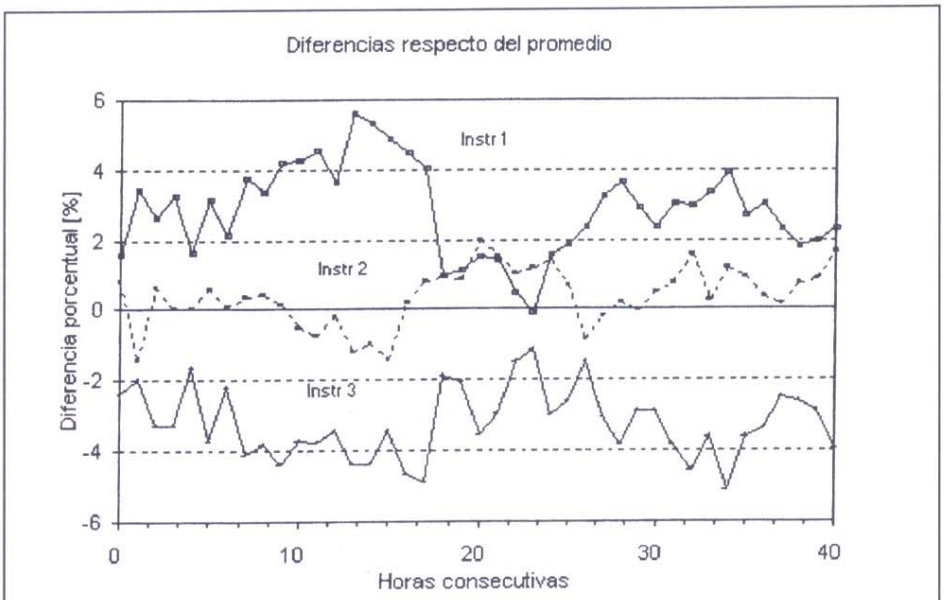


Figura 3

discusión. Si el instrumento tiene algún error en esta etapa, directamente habría que descartarlo, pues con la tecnología disponible en la actualidad no deberían producirse errores en estas partes del instrumento.
Como ejemplo, se mencionan los resultados de un ensayo obtenido con un instrumento de última generación, donde la manguera y el sensor fueron reemplazados por una señal eléctrica. Se simuló un volumen variable de tráfico cuyo promedio fue de alrededor de 20.000 vehículos por hora, durante 5 días. Se verificó que el error introducido por el conjunto c) y d) es inferior a 2 partes por millón (ppm).
Descartadas las posibilidades de errores en las partes c) y d), se puede proceder a evaluar las partes a) y b), trabajando en conjunto con las ya evaluadas. Para ello existen varias posibilidades.

3.1.- Ensayos en condiciones ideales.

Uno de los primeros métodos utilizados en este trabajo para ensayar las partes b, c, d, de un CVT fue excitar neumáticamente al transductor en condiciones de laboratorio, utilizando un generador de pulsos periódicos de presión. Si se excitan simultáneamente ambos canales de un mismo instrumento, se puede determinar si tienen el mismo comportamiento. En general las partes c y d no introducen errores como ya se dijo pero con este ensayo suelen aparecer algunas diferencias dado que las características de los sensores no son exactamente iguales. Un ensayo realizado durante 68 horas con un instrumento desarrollado por la Facultad de Ingeniería de la UNLP, mostró una diferencia entre canales inferior a 2ppm.
El pulso de presión utilizado tiene amplitud y período constante, por lo cual este ensayo brinda información sobre la calidad del instrumento trabajando en condiciones muy particulares. Este ensayo está muy lejos de representar las condiciones reales de trabajo del instrumento, en las cuales los generadores de la señal neumática son las mangueras presionadas aleatoriamente por las ruedas de los vehículos.
Algunos métodos utilizados para evaluar el desgaste de los neumáticos a la abrasividad de un asfalto, podrían utilizarse para evaluar los errores de un CVT. Uno de ellos consiste en rodar el neumático en círculos sobre el asfalto. Para ello se monta el neumático en una rueda y ésta en el extremo de un eje horizontal. El otro extremo del eje horizontal se fija a un eje vertical que se

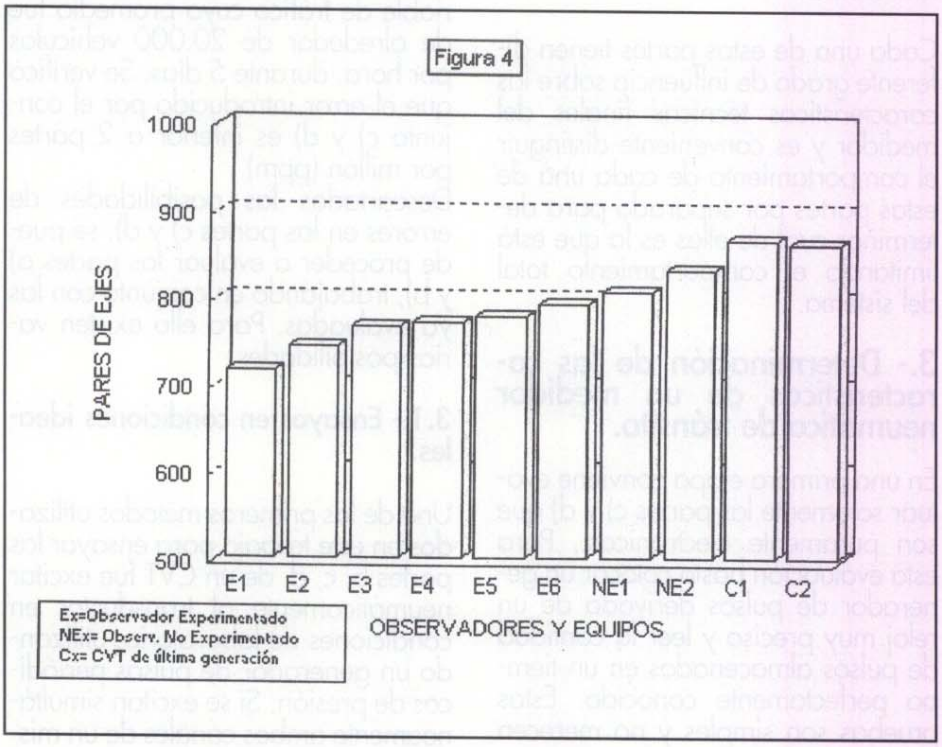
halla propulsado por un motor. De esta forma la rueda recorre circunferencias de radio conocido. Este dispositivo puede utilizarse para que la rueda pise al sensor (manguera) una vez por vuelta, pudiéndose así evaluar el comportamiento de un CVT. Como se conoce perfectamente la velocidad de rotación del eje, (por ejemplo usando un motor eléctrico sincrónico), bastará medir el tiempo que trabaja el motor para conocer la cantidad debería contar el CVT.
Esta forma ideal de ensayar un contador no es conveniente pues adolece de algunas limitaciones:

a1) El neumático montado en la rueda no es representativo de los diversos tipos de neumáticos que se pueden encontrar en las calles y rutas.
a2) Si bien la velocidad de la rueda podría variarse con distintos acoples mecánicos, es prácticamente imposible cubrir el rango de velocidades que se encuentra en las mediciones reales de campo.
a3) El tiempo transcurrido entre una pasada de la rueda sobre la manguera y la siguiente es de algunos segundos, por lo cual no se modela la situación muy común de que un auto supere a otro sobre la manguera de medición.
a4) No es posible cargar el eje horizontal con la variedad de pesos necesarios.
a5) La distancia del contador a la zona donde la manguera es pisada es constante y no variable como en las condiciones reales de medición.
En conclusión, esta forma de ensayar un contador es ideal y no representa la situación que a diario sufre el mismo, por lo cual no se considera válida como patrón de medición para tráfico volumétrico.

3.2.- Ensayo en condiciones reales.

Otra forma de evaluar un CVT es haciéndolo trabajar en condiciones reales. En este caso se requiere conocer el volumen de tráfico verdadero que pasa por el punto de conteo. Este volumen se podría conocer si se tuviese un instrumento que mida con mucha exactitud en todas las condiciones de tránsito. Entonces se podría utilizar este hipotético instrumento como patrón de medición. Lamentablemente este instrumento no existe.
Otra manera de conocer el volumen de tránsito verdadero es por medio de un observador muy bien entrenado. Para determinar la confiabilidad del método se efectuaron algunos ensayos.
Primer ensayo: Durante una hora seis observadores con experiencia en medición de tránsito y dos no entrenados, registraron el pasaje de vehículos sobre una calzada de 14 metros de ancho, que posee tres carriles en cada sentido de circulación, registrando solo los vehículos que circulaban en un sentido sobre la mitad de la calzada. Simultáneamente se midió el volumen vehicular horario con los dos canales de un instrumento de última tecnología en muy buenas condiciones.
El punto de medición se encontraba dentro de la Ciudad de La Plata, a aproximadamente 100m de un semáforo, el tráfico vehicular fue el orden de 1500 vehículos por hora en ambos sentidos. En estas circunstancias el tráfico tenía ráfagas coincidentes con la apertura del semáforo. Los resultados se muestran en figura 4. Del análisis de los resultados se pudo advertir que los seis observadores experimentados tuvieron desviaciones respecto de la media de sus observaciones, que van desde −6 a +4%. Los observadores no entrenados obtuvieron resultados con desviaciones positivas respecto de la media de los observadores entrenados del orden del 6% y 9% respectivamente. Los dos canales del instrumento de última generación tuvieron un comportamiento similar entre sí, registrando sólo una diferencia entre canales del orden del 0,6%, pero observándose lecturas 13,5% superiores a la media de los observadores entrenados.
De este ensayo surge una conclusión: un volumen importante de tránsito, circulando a ráfagas por una calzada de seis carriles es una situación muy difícil de resolver para un observador, aún cuando mida sólo sobre tres carriles donde los vehículos circulan en un mismo sentido. En este caso los observadores no pueden ser tomados como patrón de referencia pues la dispersión de los datos por ellos medidos es

Figura 4

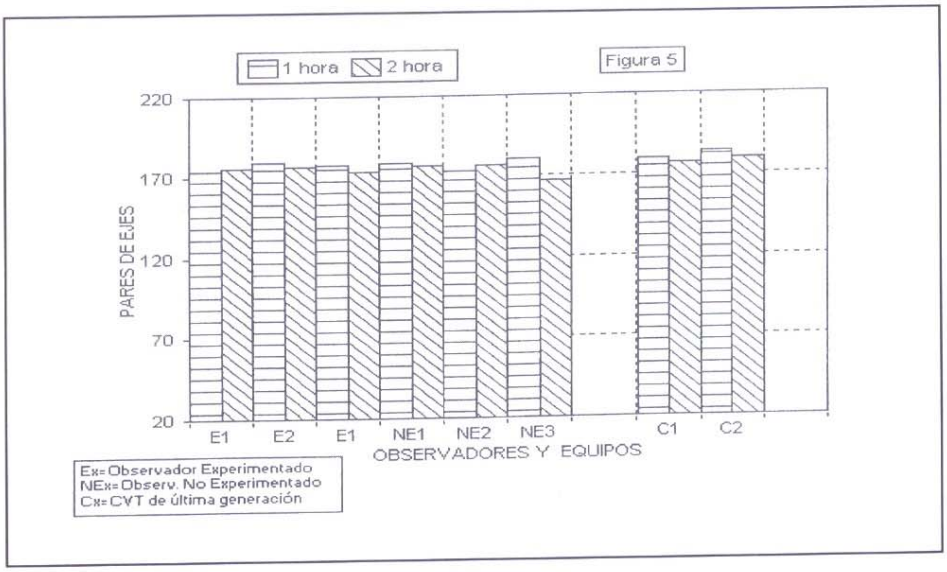


mayor que el error que se desea detectar en los instrumentos.
De esta experiencia, surgen también varias dudas:

¿Los carteles del medidor de última generación, que dan resultados coherentes entre sí, están midiendo con exactitud o están sobrestimando? ¿Porqué los observadores experimentados estimaron un tránsito menor respecto a los contadores? ¿Hay alguna otra condición en la que los observadores pueden considerarse como patrón de referencia?

Segundo ensayo: Tratando de responder a estas preguntas se realizó otro ensayo en una ruta de menor tránsito, midiendo el volumen del mismo en ambas direcciones. En esta ocasión, se utilizó el mismo CVT del ensayo anterior disponiéndose de tres observadores con experiencia y tres sin experiencia.

Durante la primer hora de ensayos, el promedio de los seis observadores fue de 354,5 ejes. La dispersión fue de alrededor del +/-1,8%. Los dos contadores dieron un promedio de 363 ejes, con una dispersión de +/-1,4%.
Durante la segunda hora, consecutiva a la primera uno de los observadores inexpertos cometió un error de –6% respecto de la media. Eliminando el dato de este observador de los cálculos, el promedio dio 351 ejes +/-o,86%. Los instrumentos dieron como resultado promedio 356 ejes +/-0,6%. En la figura 5 se muestra un resumen de este ensayo. En la primera hora, el instrumento indicó un 2,2% positivo respecto del promedio de los observadores. En la segunda, esta diferencia fue del 1,4%, también positivo.
En estas pruebas se pone de manifiesto que los contadores utilizados tienen una tendencia a indicar de más respecto a los contabilizado por los observadores. Debido al cuidado que se puso en este ensayo se piensa que los datos registrados por los observadores son correctos y que efectivamente los contadores cometen un error sistemático positivo respecto del volumen de tráfico verdadero.



Los resultados de este ensayo permiten concluir que en estas condiciones de medición, los observadores tienen un alto grado de coincidencia. Puede decirse que en situaciones de bajo tránsito, con una distribución temporal uniforme de los vehículos pasantes y con un campo visual amplio del observador sobre la ruta, puede considerarse que éste podría ser un buen patrón de referencia.

3.3.- Discusión.

De la experiencia recogida con los ensayos en condiciones ideales y reales, se desprende que los primeros son útiles sólo para saber si el instrumento está funcionando en su conjunto. Permiten determinar, por ejemplo, si ambos canales tienen la misma sensibilidad ante un mismo estímulo. Son ensayos cualitativos que proporcionan una forma simple de saber si el instrumento está en condiciones de trabajar. Es decir, estos ensayos pueden servir para descartar un instrumento que está en malas condiciones, pero no permiten conocer con que error mide el instrumento.
Para saber si el instrumento cuenta correctamente el volumen de tránsito son necesarios los ensayos en condiciones reales. Las mediciones en esas circunstancias traen aparejadas un problema de difícil solución que es el conocimiento exacto del volumen de tránsito.
La hipótesis de que las mediciones efectuadas por observadores son un buen patrón de referencia queda descartada para múltiples condiciones de tránsito, quedando sólo validadas en condiciones particulares, en las cuales se ha obtenido un alto grado de correlación entre las mediciones de varios observadores.
Se ha comprobado que un instrumento de muy buena calidad y en buenas condiciones de funcionamiento no puede ser tomado como instrumento patrón, dado que puede presentar errores sistemáticos. Otra observación a tener en cuenta es que los errores que presentan los instrumentos dependen de las características del tránsito que se está midiendo. Vale recordar que el mismo instrumento que en el segundo ensayo presentaba una diferencia positiva de alrededor del 2% con respecto a la media de los observadores, en el primer ensayo con tráfico en ráfaga presentó una diferencia positiva del 13,5%. Si bien ya se dijo que los observadores no son patrón confiable, se piensa que esta gran diferencia no es atribuible sólo a una subestimación de los observadores.
Se cree que podría existir otro patrón de comparación más confiable que el empleo de varios observadores. El método consistiría en grabar con un registrador de video tal que tome el tráfico que circula sobre la manguera, simultáneamente con las

TABLA 1

	Canal A	Canal B	Diferencias (A-B)
Día	Número de p/ejes	Número de p/ejes	[%]
Sábado	23472	23552	-0,34
Domingo	18196	18179	0,094
Lunes	15688	15645	0,275
Martes	23601	23625	-0,1

mediciones del CVT. Posteriormente uno o más observadores podrían utilizar la información grabada para determinar el número verdadero de ejes pasantes. Debido a que el video se puede detener y repetir innumerables veces, la exactitud de las mediciones de los observadores aumentaría notablemente, por lo cual, tal vez, se podrían resolver situaciones complicadas de tránsito como las ráfagas a la salida de un semáforo. Una prueba efectuada utilizando una cámara de video, muestra que filmando desde la vereda, no es posible encontrar un ángulo de enfoque tal que permita tener toda la información para determinar con exactitud la cantidad de ejes pasantes en el caso descripto en el primer ensayo. Combinar varias cámaras sincronizadas es una solución bastante complicada. Se estima que si se pudiera filmar desde un puente peatonal sobre la calzada, bastaría una cámara para resolver el problema.

4.- Influencia de los sensores y las mangueras en los errores de medición.

Como se manifiesta en el punto anterior, los errores en la parte electrónica son prácticamente nulos, por lo cual las fuentes más importantes de errores se deben a las mangueras, los sensores y la primera etapa de la electrónica que está en contacto con ellos. Los sensores que se han ensayado son básicamente de dos tipos, mecánicos y electrónicos.

4.1.1.- Sensores electrónicos.

Los CVT de última generación utilizan sensores electrónicos. Se probó uno de estos contadores de dos canales, colocando una manguera a la entrada de cada canal e instalando ambas mangueras en el mismo lugar de la calzada, muy próximas entre sí. Se midió y registró durante cuatro días completos. Se calcularon las diferencias porcentuales diarias respecto de la media de los dos canales. El resultado se muestra en la tabla 1.
Estos resultados se consideran muy satisfactorios. Para verificar si las diferencias se podrían deber a la ubicación de las mangueras sobre la calzada, o a diferencias propias de las mangueras, se colocó sólo una manguera en la calzada y con ésta se alimentaron los dos canales del contador por medio de una derivación en "T". Se midió en estas condiciones durante un día. Luego se invirtieron las salidas de la derivación "T" para observar si estas tenían alguna influencia y se midió durante dos días más.
Los resultados se muestran en la tabla 2.
Las diferencias en los resultados de este ensayo son del mismo orden que cuando se utilizaron dos manqueras separadas, por lo cual no parecen ser las mangueras el origen de las mismas,. Como se advierte de la Tabla 2, el canal A siempre indica menos que el B, aún cuando se han invertido las salidas de la derivación. Todo esto parece indicar que las diferencias observadas son propias de los sensores, o son de características aleatorias, pero no dependen de la manguera o de la derivación.
Por último, de las tablas 1 y 2 se podría estimar que para las condiciones de medición (tráfico en ráfagas con picos horarios de hasta 1700 vehículos), el instrumento tendría una disparidad de medición al cabo de un día, menor de +/-0,5%, entre un canal y otro. Este dato es muy importante pues indica que los dos canales funcionan prácticamente de la misma manera. Esta repetibilidad de medición no se debe confundir con la exactitud del instrumento. A pesar de la coherencia en las mediciones de ambos canales, pueden existir errores sistemáticos importantes, como vieron en el punto 3.3.-

TABLA 2

	Canal A	Canal B	Diferencias
	Número de p/ejes	Número de p/ejes	[%]
Salidas iniciales	13970	14038	-0,48
Salidas invertidas	14897	14908	-0,074
Salidas invertidas	13665	13689	-0,17

Otro CVT, también con sensores electrónicos pero alrededor de diez años de uso, presenta mayores diferencias entre canales que las expuestas anteriormente. Este ensayo fue realizado con un volumen promedio diario de tránsito d aproximadamente 12.000 pares de ejes. Se utilizó una sola manguera en la calzada y derivaciones en "T", para excitar a ambos sensores.
En la figura 6 se observa que cuando se invierten las derivaciones, el signo de la diferencia se invierte, lo cual denota una mayor influencia de las derivaciones de las mangueras. Se muestran las diferencias horarias entre canales, expresadas porcentualmente respecto del valor medio de las dos mediciones horarias.
En algunas horas las diferencias son mayores que el 5%, siendo el promedio para cada una de las posiciones de las mangueras de 0,7 y –3% respectivamente. Esto permite estimar una influencia de los sensores del orden del 1,15% y un aporte de las mangueras del 1,85% (apéndice A).

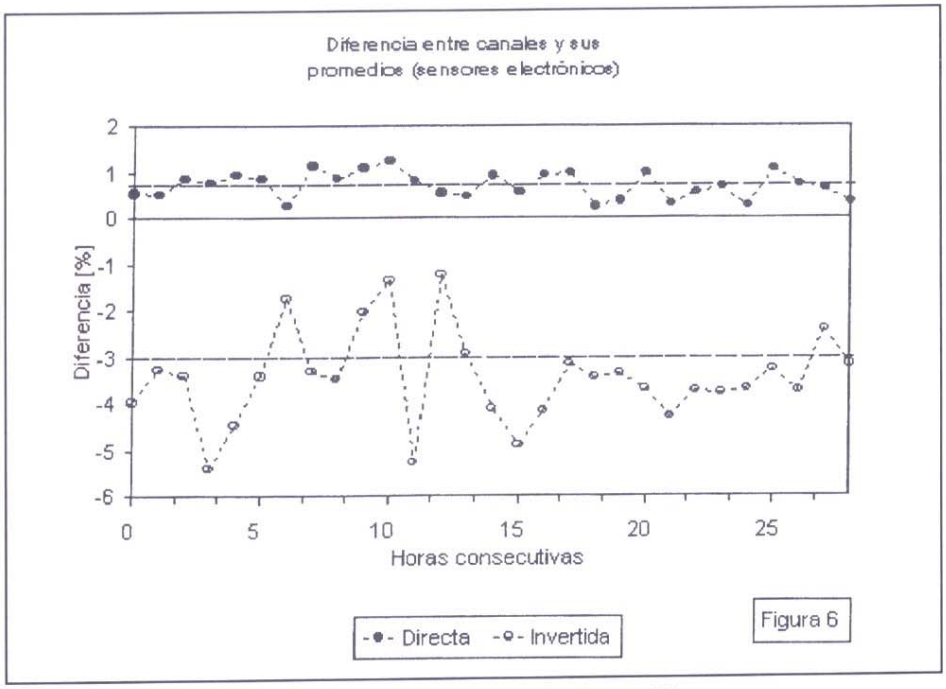


Figura 6

4.1.2.- Sensores con llaves mecánicas.

Este tipo de sensor ya no se utiliza en equipos nuevos pero aún hay equipos antiguos en uso que si lo utilizan. El sensor consiste en una membrana elástica de un material plástico que se desplaza por la presión del aire, produciendo el movimiento de una llave mecánica que cierra un circuito eléctrico. Existen distintos tipos de ajustes que permiten al operador regular la sensibilidad.
Para el siguiente ensayo se utilizó un instrumento moderno al cual se le pusieron dos sensores mecánicos de un instrumento más viejo. Se solicitó a una operador experimentado que ajustara la calibración de los sensores al tráfico existente y se compararon los resultados de ambos sensores utilizando sólo una manguera y una derivación "T". Se midió en estas condiciones durante 43 horas y luego se invirtieron las salidas de la derivación "T" para determinar el efecto de cada rama sobre cada membrana. En esta segunda condición se midió durante 43 horas. En la figura 7. Se graficaron las diferencias entre los dos canales de un mismo instrumento en función del volumen de tráfico horario. El volumen de tráfico promedio diario fue de 14500 pares de ejes. El promedio de las diferencias fueron -0,5 y -6,4%, lo cual permite estimar un 3,4% debido a los sensores y un 3% a las mangueras.
Este ensayo muestra que las mediciones de dos canales de un mismo instrumento difieren más entre sí que en el caso de los electrónicos. La coincidencia o diferencia en las mediciones depende de la derivación "T" y las mangueras de conexión lo cual no es tan notorio para los sensores electrónicos. Esto probablemente se deba a que los sensores mecánicos poseen un orificio para evitar que la membrana no resulte desplazada por cambios lentos de presión sobre la manguera (por ejemplo presión atmosférica) y solo resulte activada por la presión ejer-

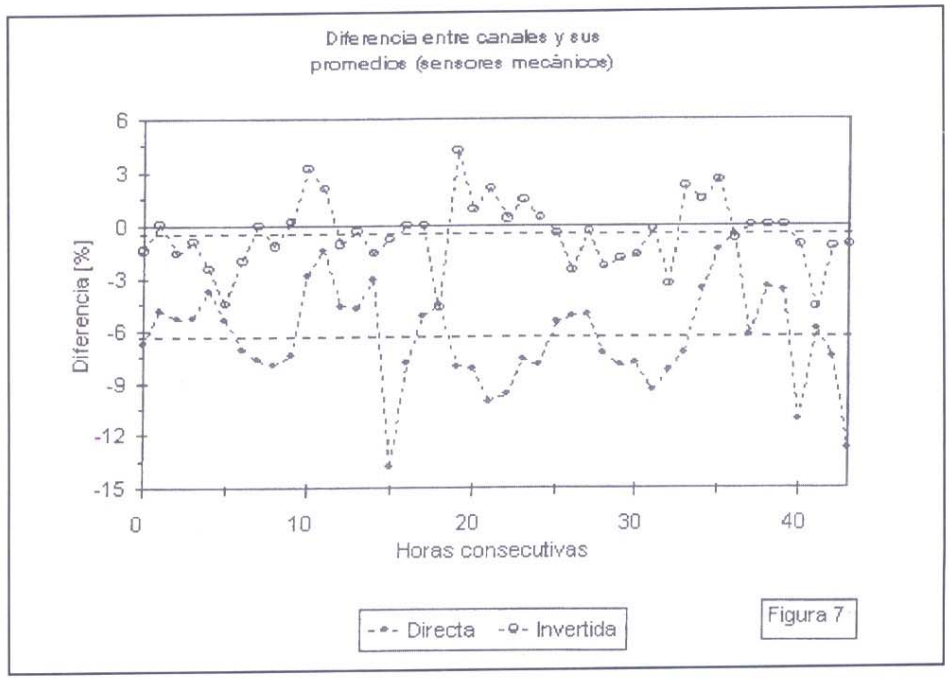


Figura 7

cida por eje un pasando sobre ella. Este orificio hace la membrana responda a la derivada de la presión y hace perder sensibilidad cuando se desea alimentar dos sensores con una misma manguera.

4.2.– Sensores electrónicos vs. Mecánicos.

En otro ensayo se compararon los resultados de dos CVT, uno con sensor electrónico y otro con sensor mecánico. Este último era un instrumento con varios años de uso, en buenas condiciones de funcionamiento y que aún se utilizaba en relevamientos de campaña. Con dos mangueras próximas se alimentaron ambos sensores y se pidió a un usuario experimentado que ajustara el sensor mecánico. Se midió durante más de 48 horas resultando una diferencia promedio entre sensores del 9% y diferencias horarias que llegan al 100%. Luego se solicitó a un usuario poco experimentado que ajustara el sensor mecánico y se midió por igual tiempo, obteniéndose una diferencia promedio del 40% (figura 8) con picos del orden del 50%. Se aprecia así que la medición depende sensiblemente del ajuste o calibración inicial del los mismos. Por todo lo expuesto es recomendable evitar los equipos que utilizan sensor mecánico cuando se requieren mediciones con un grado alto de exactitud.

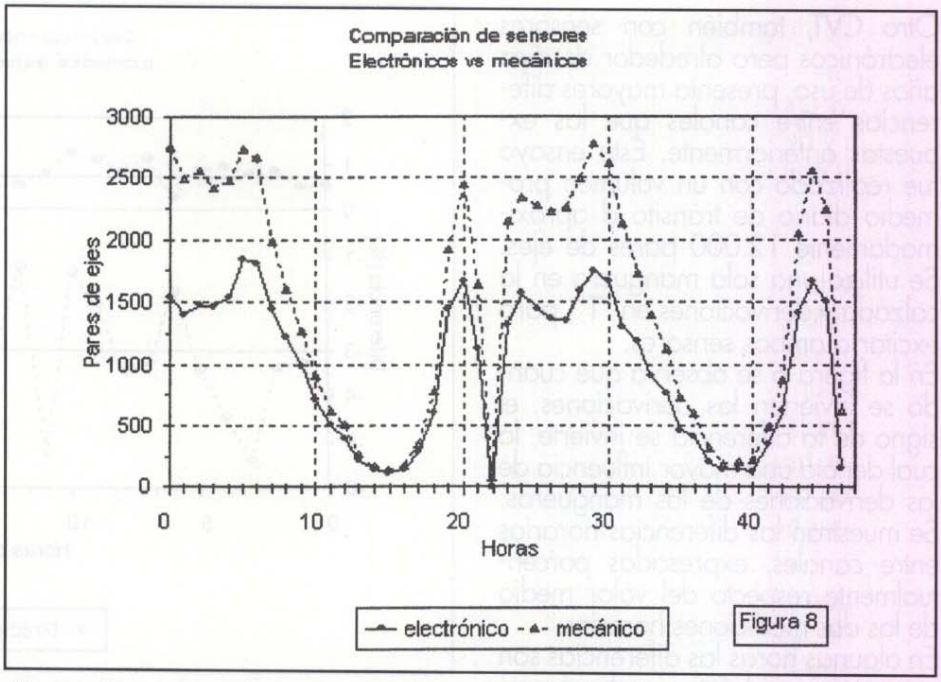


Figura 8

4.3.– Influencia de las mangueras.

4.3.1.– Dos instrumentos con la misma manguera.

Para estudiar la influencia de las mangueras se utilizaron dos instrumentos con sensores electrónicos. Uno de ellos fue el equipo de origen importado que se reveló como el más confiable durante todos los ensayos y el otro fue desarrollado por la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de La Plata. Varios de estos CVT son actualmente utilizados por la Dirección Provincial de Vialidad. Ambos instrumentos poseen dos canales cada uno y mediante dos mangueras se excitaron los cuatro sensores de la siguiente manera: con una manguera y una derivación "T" se alimentaron dos canales, uno de cada instrumento y con la otra manguera se alimentaron los dos restantes. La figura 9 muestra el resultado de comparar dos canales de dos instrumentos diferentes alimentados por la misma manguera. Se observa una muy buena coincidencia entre los resultados de ambos instrumentos. Para apreciar mejor la desigualdad de los resultados, se muestra en la figura 10 la diferencia relativa entre ambos instrumentos expresada porcentualmente respecto de la media. Se observa que un instrumento mide en promedio 0,85% más que el otro. La mayor indicación en el largo plazo de uno de los instrumentos puede deberse a una mayor sensibilidad de su sensor. En cambio, las diferencias en las mediciones horarias pueden deberse a una falta de sincronización en el instante en el cual se produce la medición de los dos ins-

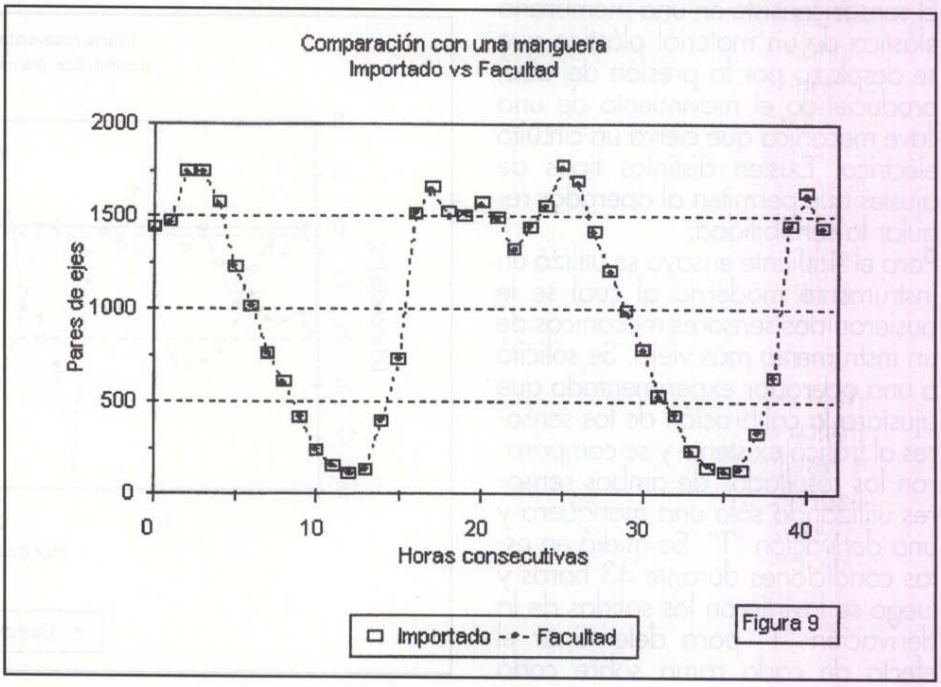


Figura 9

trumentos. Ambos se sincronizaron con un error menor que un minuto pero aún una diferencia de algunos segundos, en un tráfico intenso a ráfagas, con picos de 2.000 pares de ejes por hora, puede producir este tipo de disparidad.

4.3.2.– Dos canales de un mismo instrumento con dos mangueras.

En la figura 11 se muestran las mediciones de los dos canales de un mismo instrumento utilizando dos mangueras diferentes. Se había comprobado en un ensayo anterior que este instrumento, alimentado con una sola manguera, poseía una discordancia entre canales menor que +/-0,5%, en los promedios diarios. Cuando se lo alimenta con dos mangueras la discordancia aumenta al 6%.

4.3.3.– Rotura de una manguera por rajadura.

En la figura 12 se muestra que sucede cuando se rompe una manguera por un corte longitudinal. Vale aclarar que este corte no fue producido intencionalmente, sino que fue producto del uso normal de la manguera. En este caso las mediciones fueron obtenidas con un mismo instrumento cuyos sensores se alimentaron con dos mangueras diferentes. Una de las mangueras tenía más uso que la otra y se advierte que durante las últimas horas, la manguera más desgastada produce resultados que son alrededor de un 6% inferiores que los de las mangueras en perfectas condiciones. Luego de la hora 14 se observa como uno de los canales deja de funcionar al deteriorarse completamente la manguera. Se comprobó que la falla se debió a una rajadura de 30 cm. De largo.

4.3.4.– Desgaste gradual de una manguera.

Para estudiar la influencia del desgaste gradual de las mangueras se utilizaron los dos canales de un mismo instrumento y se conectó una manguera nueva en cada entrada.

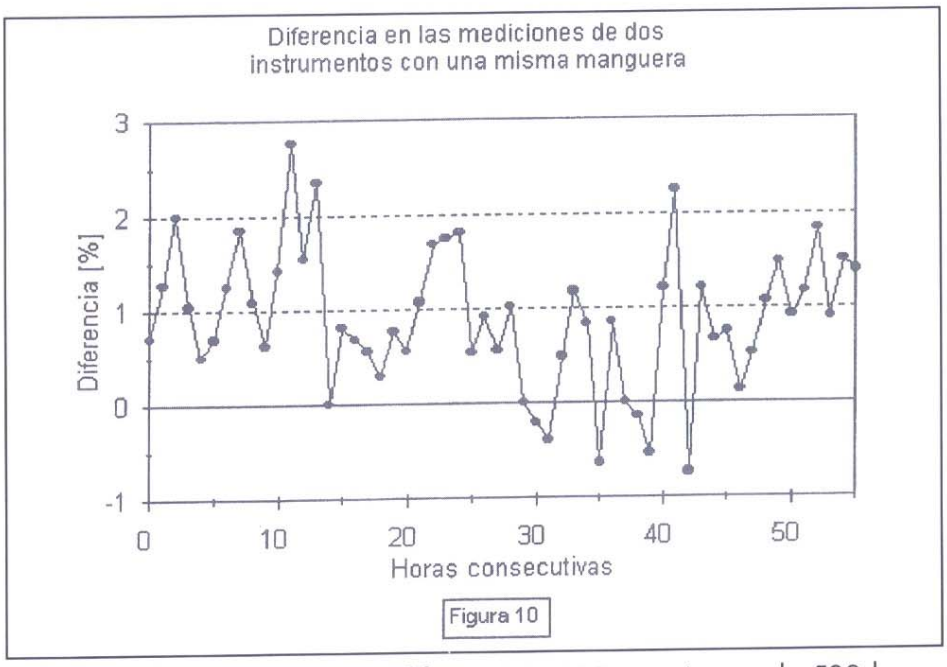


Figura 10

Al comienzo se observó una diferencia promedio de 3,6%, la cual se debe a las diferencias propias de las mangueras y los sensores figura 13. Luego de 72 horas de uso una de las mangueras se retiró para conservarla, dejando a la restante en uso. Se efectuaron nuevos ensayos con ambas mangueras a aproximadamente 200, 400 y 500 horas. La manguera usada continuamente comienza a medir notablemente de menos luego de las 350 horas de uso. Esta cantidad de horas se corresponde con el pasaje de 770.000 ejes. Luego de 500 horas de uso la manguera seguía trabajando pero el error promedio era del 32% con valores pico del 38%. Esta experiencia nos muestra que una manguera desgastada por un uso normal puede indicar notablemente menos que una manguera en buen estado. En este caso se comprobó que la manguera no presentaba ninguna rajadura. Sólo se detectó, con el empleo de aire a presión inyectado dentro de la manguera, una pequeña pinchadura, no apreciable a simple vista.

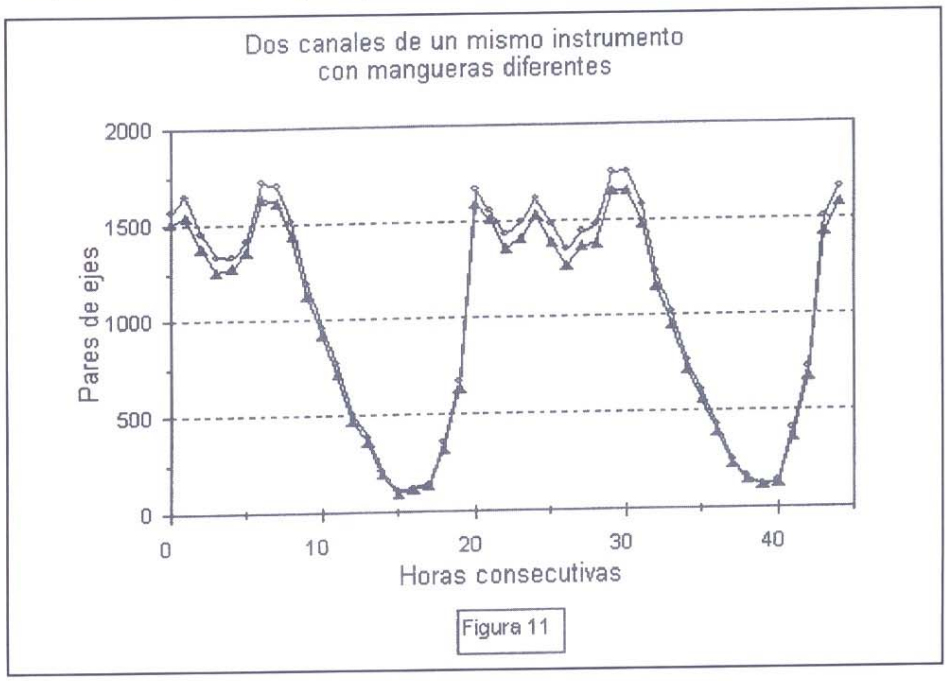


Figura 11

5.-¿Qué se desea medir y qué se mide?

En la búsqueda de un instrumento adecuado, debe tenerse en cuenta cual es el tránsito que se desea medir. ¿Es deseable que el instrumento cuente con bicicletas y motos?. Si la respuesta es afirmativa, surge una segunda pregunta: ¿Con qué largo de manguera se va a trabajar?. Si se pretende contar bicicletas con una manguera larga, el instrumento tendrá que ser muy sensible, entonces cualquier vibración de la manguera puede ser interpretada por el contador como un eje que pasa. Cuando mayor es el largo de la manguera y el rango (o diversidad) de vehículos que se desea contar, mayor posibilidades de cometer errores se tiene. Por esto es conveniente limitar el largo de la manguera todo lo posible y definir cuales son los vehículos que se desean contabilizar. Esta práctica ayuda a minimizar el error. Como se acaba de expresar, los resultados dependen de las condiciones de medición, por ello surge una duda: ¿Cuándo el fabricante especifica el error de su instrumento, en que condiciones de medición lo hace?

5.1.- Especificación del error de un contador de vehículos.

A continuación se sugiere que información los fabricantes deberían entregar a cerca de las condiciones en que se ensayan los CVT, cuando determinan sus especificaciones.
Una forma simple de especificar el error de un CVT sería expresar porcentualmente la cantidad de vehículos erróneos detectados respecto de la cantidad verdadera de vehículos pasantes, es decir:

Error [%]= [(Vehículos medidos-Vehículos pasantes)/(Vehículos pasantes)]*100

Este indicador del error es bastante ambiguo y cualquier fabricante puede presentar el número que mejor le convenga, sin faltar a la verdad. Estos es así pues este indicador depende de innumerables variables, a saber:

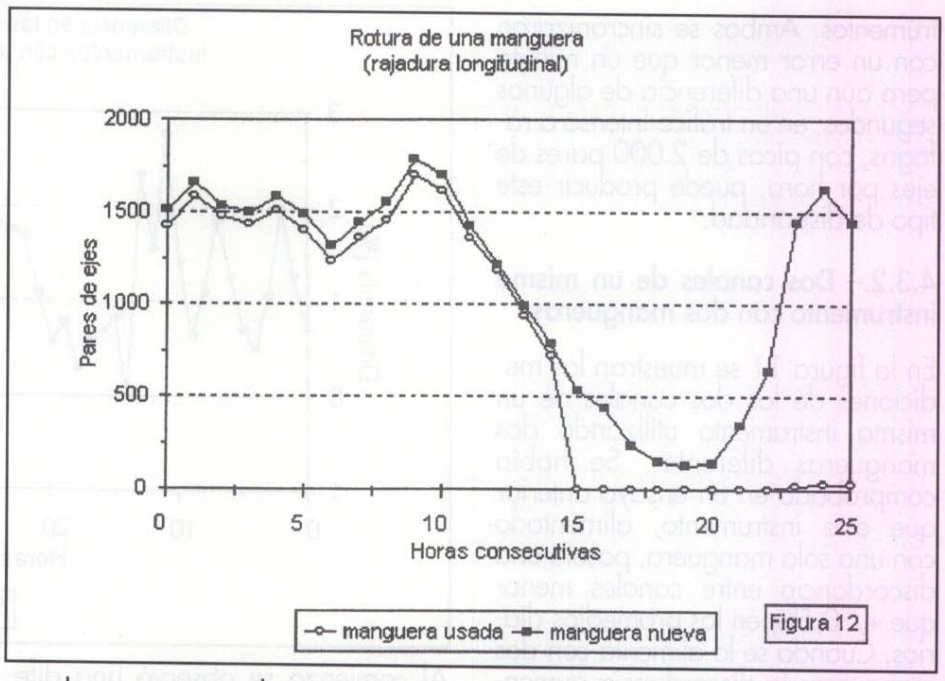


Figura 12

5.1.1.- Caudal instantáneo de vehículos.

En general el error disminuye notablemente si el sensor está ubicado de forma tal que resulte pisado sólo por un vehículo por vez. Cuando la manguera es suficientemente larga como para que un vehículo pueda pasar a otro, pisando ambos la manguera con poca diferencia de tiempo, el instrumento tiene que ser capaz de resolver los impulsos generados en un intervalo reducido de tiempo. Esta capacidad de resolver impulsos muy próximos determina parcialmente la calidad del instrumento. Si el instrumento requiere un tiempo prolongado entre pulsos para poder contabilizarlos contará de menos.

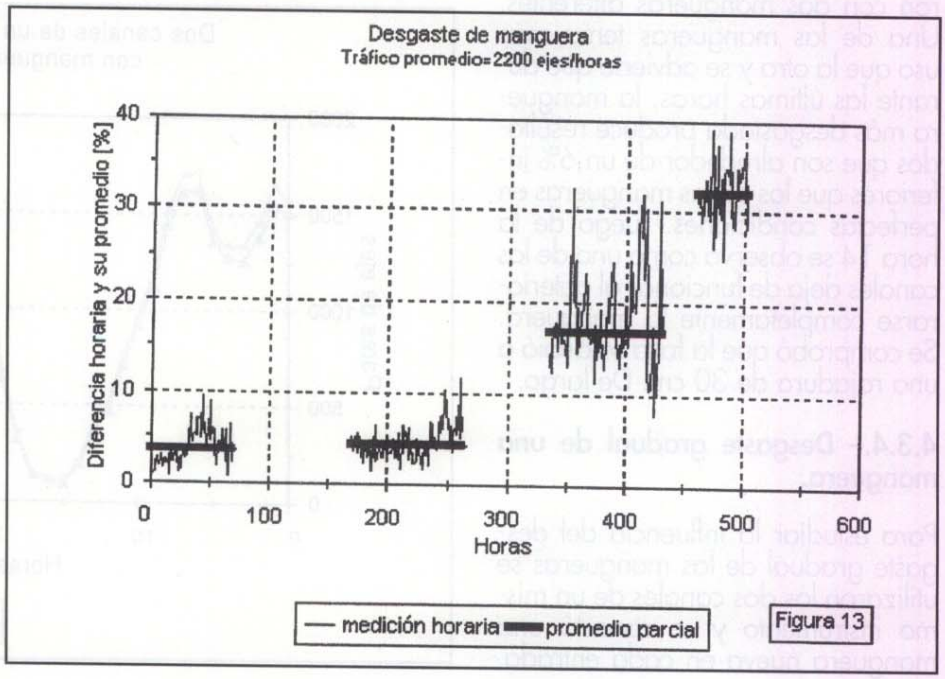


Figura 13

5.1.2.– Condiciones climáticas.

Hay instrumentos que funcionan adecuadamente en ambiente de laboratorio, pero sometidos a cambios de temperatura y humedad presentan errores importantes. Por ejemplo algunos son sensibles a cambios de la elasticidad de la manguera y variaciones de la tensión de alimentación debidos a cambios de temperatura. Otros tienen componentes electrónicos sensibles a la humedad. Entonces las especificaciones medidas en condiciones de laboratorio no representarán lo que ocurrirá en condiciones de campo.

5.1.3.– Velocidad de desplazamiento del vehículo.

El impulso instantáneo de presión sobre el sensor depende de la rapidez con la cual el vehículo pisa la manguera, el peso del mismo y el ancho del neumático en relación al largo de la manguera. Un mismo vehículo desplazándose a cierta velocidad puede generar una señal mayor que cuando avanza lentamente. Por el contrario, cuando la velocidad es muy alta, se ha comprobado que un vehículo liviano puede generar con sus ruedas traseras un impulso de presión que no es detectado por los instrumentos poco sensibles. En otro caso los vehículos a alta velocidad levantan la manguera con las ruedas traseras y ésta la caer produce un pulso extra de presión que es contado por el contador. Un caso menos frecuente pero constatado experimentalmente, es que en ciertas regiones de la Provincia de Buenos Aires, en las cuales los vientos fuertes, éstos provocan el movimiento de la manguera con el mismo resultado antes mencionado. Dado que estas señales se suman las verdaderas, los instrumentos más sensibles contarán un número mayor de vehículos.

5.1.4.– Duración total del ensayo.

Si el ensayo es muy prolongado puede ocurrir que errores importantes de características aleatorias tiendan a compensarse, dando un error promedio bajo. Por el contrario, si el ensayo es de corta duración, no será posible apreciar los errores debidos a variaciones lentas tales como cambios de temperatura, humedad, estado de las baterías, etc. Esto explica la importancia de la duración del ensayo. El fabricante puede utilizar la duración que más le convenga.

5.1.5.– Tipo de tránsito.

Cualquier instrumento es capaz de detectar el paso de un camión cargado. No ocurre lo mismo si se desean contabilizar motos y bicicletas. Es por esta razón que algunos instrumentos pueden contar correctamente un tipo de tránsito e incurrir en errores con otros.

6.– Especificaciones de fábrica.

Cuando se reflexiona acerca de los errores especificados por los fabricantes, surgen algunas dudas: ¿En qué condiciones se han medido los errores que se mencionan en las especificaciones?, ¿Qué tipos de vehículos, que velocidades y volúmenes de tránsito de utilizaron?, ¿Cuál es el patrón o estándar de referencia?, ¿Cuánto se parecen las condiciones en las cuales se midieron a las situaciones de medición del usuario?.
Cada vez que se mide una magnitud se comete un cierto error. Para conocer este error, se debe comparar la medida obtenida con el valor verdadero de dicha magnitud. Conocer este valor verdadero puede representar un serio problema. Así ocurre cuando se desea conocer el valor verdadero de pares de ejes pasantes. Por lo tanto es importante saber que patrón fue utilizado por el fabricante en sus ensayos. Hay que tener la certeza que el patrón utilizado sea exacto, pero que al mismo tiempo no posea características ideales como los descriptos anteriormente pues no son representativos de las condiciones reales del tránsito.
Queda claro que cada fabricante puede buscar la condición de medición de errores que más convenga a su instrumento. Midiendo en esas circunstancias puede por lo tanto presentar un error pequeño en sus especificaciones. Luego el error de medición, en las condiciones reales de uso del equipo, resultará generalmente bastante mayor al anunciado por el fabricante.
Para que un usuario pueda predecir los errores que tendrá a partir de la lectura de las especificaciones de fábrica, al menos se debería:

.- Indicar en que condiciones de tránsito se midieron las mismas, incluyendo tipo de ruta, largo de la manguera, cantidad de carriles, etc.
.- Decir que patrón o método se utilizó para definir el valor verdadero con el cual compara las mediciones de su instrumento.
.- Entregar curvas de variación del error en función de la cantidad y tipo de tráfico.
.- Decir en que rango de temperatura y humedad garantiza el error especificado.
.- Indicar durante cuanto tiempo ensayó su instrumento.

Como en la actualidad todo esto no aparece claramente en las especificaciones de los contadores, el usuario ignora con que error está midiendo, o lo que es peor, en general, cree que está midiendo con un error bastante menor del que realmente lo está haciendo.

7.- Almacenamiento y recuperación de los datos.

El instrumento debe ser autónomo y permitir el almacenamiento de varias semanas de estudios de campaña. Para ello debe ser de bajo consumo, alimentarse con pilas comunes (conseguibles en cualquier comercio), y poseer gran capacidad de almacenamiento de datos. Debe poder reinstalarse en otro punto a estudiar, reprogramándolo, y si se deseara debe poderse recuperar los datos de la campaña, con verificación de los archivos previamente grabados y comparación con archivos históricos. En algunos casos se debe poder efectuar la teletransmisión de los datos.

7.1.- Almacenamiento de la información.

Actualmente se utilizan memorias de estado sólido. Dentro de éstas existen tres tipos: las E2PROM, las EPROM y las RAM estáticas de bajo consumo. En las dos primeras el dato no se borra por una desconexión accidental de la fuente de alimentación pero tienen un número limitado de ciclos de lectura/escritura. Más recientemente, las RAM de bajo consumo se alimentan con una micropila que actúa en caso de falla de la alimentación principal, con lo cual el contenido de las mismas no se pierde y posee un número de ciclos de lectura/escritura prácticamente ilimitado. Estas últimas memorias son las más utilizadas en los sistemas de adquisición de datos y se cree que son apropiadas para un instrumento contador de tránsito.

7.2.- Recuperación de la información almacenada.

Los primeros instrumentos que incorporaron memorias de estado sólido, poseían un lector "ad-hoc" para transferir el dato desde la memoria de una computadora. Los lectores, además de encarecer el costo total del equipamiento y requerir mantenimiento, imponen ciertas limitaciones en la operatividad de una campaña. Algunos lectores pueden usarse sólo en la oficina. Otros de tipo portátil permiten la visualización de los datos grabados en el instrumento por medio de un display con la posibilidad de observar solo un dato por vez.
Por lo expuesto, se cree que la manera más adecuada de recuperar los datos de un instrumento, es por medio de una computadora portátil. De esta manera se puede retirar la información en campaña y reinicializar el instrumento "in situ". También se puede observar en la pantalla la información almacenada día a día. Se pueden procesar estadísticamente los datos en el campo para determinar su validez, y en caso de no resultar confiables reiniciar una nueva medición. Esta posibilidad de tomar decisiones en campaña, disminuye los costos de operación.
Actualmente las computadoras portátiles tienen amplia capacidad de memoria con lo cual se pueden transportar grandes cantidades de datos históricos de mediciones de campaña. Esto permite una comparación de los datos que se acaban de recoger con los datos históricos, brindando mayor información a la toma de decisiones en campaña.

8.-Conclusiones.

Se ha demostrado que varios instrumentos midiendo en un mismo lugar pueden producir resultados diversos. Incluso dos canales de un mismo instrumento midiendo simultáneamente el mismo tráfico presentan diferencias.
En instrumentos que funcionan adecuadamente el error que introduce el sistema electrónico que efectúa el conteo y almacenamiento de la información es despreciable. La causa de los errores se encuentra principalmente en los sensores y la etapa electrónica asociada a los mismos.
En el caso de los sensores neumáticos, cuando la señal de presión proviene de un generador de impulsos neumáticos de laboratorio, se ha observado que las diferencias entre dos canales de un mismo contador son inferiores a 2 ppm. Si el instrumento posee sensores electrónicos y se alimentan ambos con una sola manguera en condiciones reales de uso, y con una derivación en "T", las diferencias entre las mediciones de ambos canales pueden ser del orden de +/-0,5% para instrumentos nuevos. Para instrumentos con sensores electrónicos en buenas condiciones de funcionamiento pero con más de diez años de uso, las diferencias pueden estimarse en +/-1,5%. Si el mismo equipo se usa con dos mangueras separadas, las diferencias debidas a las mangueras y sus instalaciones pueden ser del orden del 6%. Si las mangueras se encuentran en condiciones muy distintas de uso, las diferencias pueden elevarse a más del 30% cuando una de ellas es nueva y la otra ha soportado el pasaje de más de 1.000.000 de ejes.
Si se usan dos equipos, uno con sensor mecánico y otro con sensor electrónico y se alimentan cada uno con una manguera, las mediciones pueden tener diferencias del 40% debidas a las diferentes características de los equipos. Se observó que las mediciones obtenidas con instrumentos que utilizan sensores mecánicos son dependientes del ajuste efectuado por el usuario. Si el instrumento tiene posibilidades de calibración, se agrega un cierto grado de subjetividad en las mediciones que depende del operador del instrumento.
Para poder calibrar un CVT se puede recurrir a las observaciones visuales, siempre que estas se realicen en determinadas condiciones. Si se utilizan varios obser-

vadores experimentados para contrastar el funcionamiento de un contador, debe tenerse en cuenta que los resultados de los observadores son solo confiables en condiciones de bajo tránsito y si la dispersión entre sus observaciones es pequeña.
Las especificaciones de fábrica sólo podrían ayudar a estimar el error en las condiciones de trabajo del usuario si son acompañadas de suficiente información respecto del procedimiento utilizado para obtener dichas especificaciones.
La utilización de un instrumento que permita su conexión con una PC portátil es la forma más eficiente de trabajar en campaña, dado que ésta permite: reprogramar el instrumento, observar los datos almacenados, procesarlos y transportar datos históricos para su comparación con los que se adquieren.
Es recomendable efectuar una calibración periódica de los CVT en condiciones similares a las de uso en campaña. Es prudente tomar los datos con cierta cautela cuando no es posible efectuar este tipo de calibración, pues como se demostró, el error es en función de las condiciones de tránsito. Con instrumentos y mangueras en buenas condiciones pero sin tomar la precaución de una recalibración periódica podría pensarse que la medición se encontrará dentro del +/-5% de error. Con instrumentos y mangueras en las mejores condiciones posibles, se estima que las mediciones de dos CVT, para el mismo tránsito, tendrán diferencias del orden del 1%. Esto significa que no habría que tomar muy seriamente aquellas mediciones que indican un error menor que el mencionado.
El CVT desarrollado por la facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de La Plata, presenta un comportamiento similar al mejor de los instrumentos importados utilizados por la Dirección Provincial de Vialidad. Ofrece además algunas ventajas en la recolección y procesamiento de los datos dado que fue diseñado para ser utilizado con una PC portátil y para cumplir con los requerimientos particulares del usuario.
Un estudio similar al que aquí se presenta se debería efectuar para determinar la influencia de los lazos magnéticos con sus circuitos asociados en el conteo de vehículos.

Agradecimientos

Se desea agradecer al personal del Departamento de Planeamiento y Programación de la Dirección Provincial de Vialidad, MOSP de la Provincia de Buenos Aires sin cuya colaboración este trabajo no se podría haber realizado.

Apéndice A:

En los ensayos en los que se utilizaron dos sensores y dos mangueras (o una manguera con derivación en "T"), se puede apreciar la magnitud de las disparidades introducidas por los sensores y por las mangueras haciendo una segunda medición con las mangueras invertidas.

Si las mangueras producen exactamente la misma presión sobre ambos sensores y el volumen de tránsito medido por un canal difiere del medido por el otro, ésta diferencia se debe seguramente a que ambos sensores tienen distintas sensibilidades. En este trabajo se llama diferencia a la resta de los volúmenes, manteniendo siempre a un mismo canal como referencia. Para este caso, al invertir las mangueras, la diferencia debería mantener su valor y su signo, es decir siempre el mismo sensor mide más y en la misma cantidad.

Si en cambio, ambos sensores son exactamente iguales pero las mangueras producen presiones distintas, al invertir las mangueras, la diferencia entre sensores mantendría su valor pero invertiría su signo. Es decir, que un canal medirá más o menos que el otro, dependiendo de la manguera.

Un caso particular sucede cuando en la primer posición de las mangueras existe una diferencia entre las mediciones de los dos canales y al invertir las mangueras ésta diferencia se hace nula. En este caso, el aporte debido a las mangueras es igual al de los sensores, ocurriendo que en el primer caso sus efectos se suman y en el segundo se restan. El valor de estos aportes iguales se puede estimar dividiendo por dos la diferencia medida en la primera posición.

Si se supone que el efecto combinado de las diferentes sensibilidades de los sensores y las distintas presiones de las mangueras es lineal, mediante las dos medidas ya descriptas se puede estimar el aporte de las mangueras y los sensores a la diferencia total.

Cuando la disparidad de sensibilidades de los sensores es preponderante frente a la disparidad de presiones producidas por las mangueras, la diferencia mantendrá su signo al invertir las mangueras. El aporte de los sensores se puede calcular como el valor medio de la diferencia medida con las mangueras en conexión directa y la diferencia en conexión invertida. El aporte de las mangueras será la mitad de la resta de ambas diferencias.

Si la disparidad en las presiones producidas por las mangueras es preponderante frente a la disparidad de los sensores, la diferencia en conexión directa tendrá signo diferente a la diferencia en conexión invertida. El aporte de las mangueras es la mitad de la suma de los módulos de las diferencias. El aporte de los sensores es la mitad de las resta de los módulos de las diferencias.

MISION Y VENTAJAS DE LOS BETUNES MODIFICADOS CON POLIMEROS

Por J. Carswell y Francisco Cruz Burgos

Transcripto de la revista RUTAS número 63 - II Epoca - diciembre de 1997, de la Asociación Técnica de Carreteras de España.

Introducción

El betún, procedente del petróleo, se utilizó por primera vez en la construcción de carreteras a principios de este siglo, con el propósito de evitar el polvo levantado por el paso de los vehículos sobre los áridos sueltos en calles y pavimentaciones. Las ventajas del betún asfáltico residen fundamentalmente en sus características termoplásticas, adherencia y naturaleza impermeable. Sometido a temperaturas elevadas, se comporta como un fluido, permitiendo su mezcla con los áridos; y, a las temperaturas usuales de servicio, se convierte en un semisólido rígido, actuando como un ligante y otorgando todas aquellas propiedades conocidas a las mezclas resultantes.

Generalmente, la temperatura de fabricación de las mezclas bituminosas oscila entre 140 y 180° C según el tipo de ligante utilizado, y la mezcla bituminosa que se va a fabricar; y la temperatura de compactación, entre 80 y 140° C. En este último margen de temperatura, el betún es aún suficientemente fluido para permitir una correcta compactación de la mezcla, endureciéndose a medida que la temperatura desciende, de modo que, dentro del rango de temperaturas normales de servicio de los pavimentos (0 a 70° C), la mezcla resultante ofrezca una superficie duradera capaz de soportar, a la vez, las cargas impuestas por el tráfico y los cambios de temperatura a los que se ve sometida.

Los factores que afectan al comportamiento final de las mezclas bituminosas son muchos, entre los que podemos citar:

- Calidad y granulometría de los áridos.
- Características del ligante.
- Grado de compactación.
- Espesor de la película de ligante.
- Rango de temperaturas de servicio.
- Cargas del tráfico.
- Velocidad del tráfico.

Propiedades de los ligantes y de las mezclas bituminosas

Aunque en una mezcla bituminosa, el betún sea minoritario en proporción, sus propiedades pueden influir de manera significativa en su comportamiento. El tipo de la mezcla será el que, en gran medida, determine la contribución hecha por el ligante sobre todo el conjunto. Generalmente, las propiedades de las mezclas con granulometría continua dependen del enclavamiento entre los áridos, mientras que las preparadas con unos altos contenidos en mortero dependen más de la rigidez de la proporción de ligante, polvo mineral y arena. Por otra parte, las prestaciones de los aglomerados que no toleran bien variaciones en el contenido del ligante, dependerán más de éste, es-

pecialmente si su contenido es superior al inicialmente establecido. A altas temperaturas de servicio, puede que el ligante llegue a reblandecerse, facilitando la deformación de la mezcla (roderas). El riesgo de aparición de roderas es aún mayor en los pavimentos sometidos a un tráfico pesado y canalizado. De una manera generalizada y sin tener en cuenta otros factores, podría decirse que al aumentar la rigidez del ligante mediante el empleo, por ejemplo, de unos betunes más duros, se disminuirá la probabilidad de aparición de las roderas.

A temperaturas de servicio bajas, el ligante se vuelve relativamente rígido; pero va perdiendo poder de resistencia a las tensiones, volviéndose frágil y siendo susceptible de fisuración. El grado de susceptibilidad a la fisuración está relacionado con su dureza y su capacidad para absorber las solicitaciones inducidas por el tráfico. Disminuyendo la dureza del ligante, se minimizará el riesgo de fallo por fragilidad.

A la hora de buscar unos comportamientos globales satisfactorios de las mezclas bituminosas en las carreteras, la elección del ligante adecuado para cada tipo de mezcla se vuelve un compromiso entre ambos extremos; roderas a altas temperaturas y fisuramientos por fragilidad térmica a las bajas. Generalmente hablando, mejorando el comportamiento a altas temperaturas, se influye negativamente sobre el obtenido a bajas temperaturas (véase figura 1).

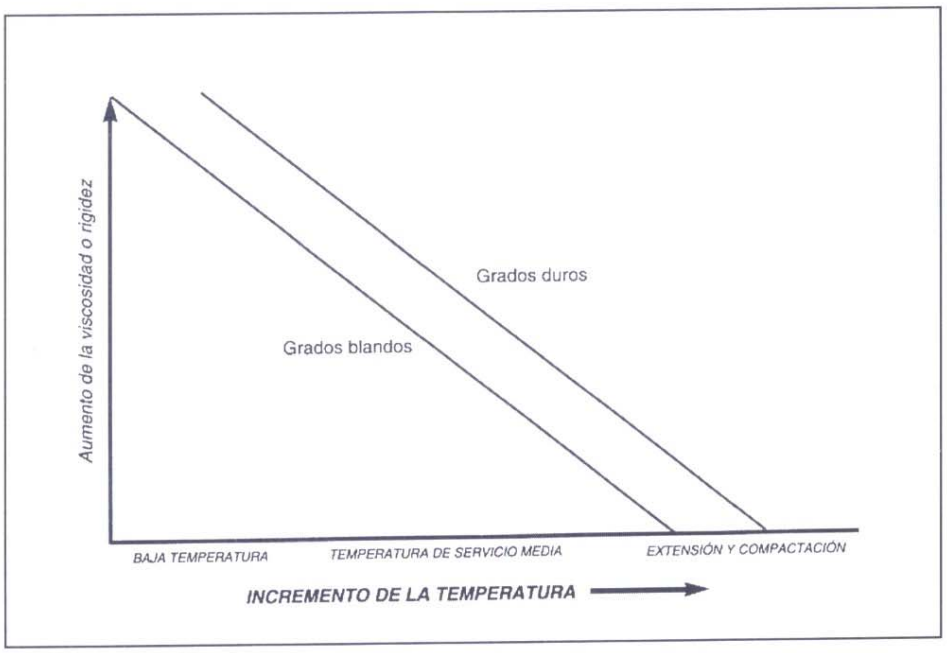


FIGURA 1: Relación general entre viscosidad y temperatura.

TABLA 1. **Polímeros utilizados con betunes asfálticos**

Tipo de modificador	Ejemplo
Elastómeros	Natural SBS SBR EPDM PBD
Plastómeros	EVA EMA PE PP Poliestireno

Razones que justifican la utilización de los betunes modificados con polímeros

En la mayoría de las aplicaciones, con unos betunes de penetración convencionales, se obtienen unos resultados satisfactorios. Sin embargo, al aumentar las intensidades del tráfico y las cargas por vehículo (hasta 44 toneladas en la mayoría de los países europeos con un uso creciente de ejes "supersencillos"), las exigencias sobre los materiales bituminosos son cada día más elevadas. Combinando lo ya dicho con los costes originados por las perturbaciones y los retrasos ante la necesidad

de reconstrucción y mantenimiento de la red de carreteras, resulta evidente que los betunes modificados con polímeros pueden aportar una respuesta a estas peticiones, cada vez más frecuentes.

Allá por 1873, ya se estableció una patente de un aglomerado asfáltico que contenía goma látex; y, en 1902, se aplicó en Francia una mezcla asfáltica modificada por látex. La tabla 1 muestra los modificadores poliméricos que han dado buenos resultados en su aplicación en la carretera.

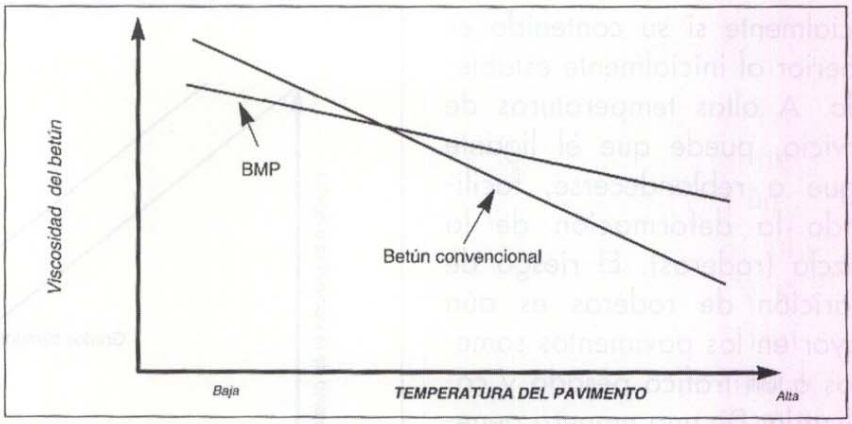


FIGURA 2: Efecto del BMP sobre la rigidez y la temperatura.

TABLA 2. Prescripciones técnicas de los betunes BM del grupo 3

CARACTERISTICA	UNIDAD	NORMA NLT	BM 3a		BM 3b		BM 3C	
			mín	máx	mín	máx	mín	máx
BETUN ORIGINAL								
Penetración (25°C, 100g, 5s)	0,1 mm	124	55	70	55	70	55	70
Reblandecimiento según el ensayo de anillo y bola	°C	125	58		60		65	
Punto de fragilidad Fraass	°C	182		-10		-12		-15
Ductilidad (5°C, 5 cm/min)	cm	126	4		25		30	
Recuperación elástica en torsión (25°C)	%	185	15		40		70	
RESIDUO DESPUES DE PELICULA FINA								
Penetración (25°C, 100g, 5s)	% original	124	65		65		65	
Diferencia en el ensayo de anillos y bola	°C	125	-5	+10	-5	+10	-5	+10
Ductilidad (5°C, 5 cm/min)	cm	126	2		12		15	

TABLA 3. **Valores de rigidez del ligante propuestos por el SHRP como límites en mezclas densas**

Criterios	Condiciones del ligante	Valor límite
Parámetro para roderas	Sin envejecer	Valor mínimo: 1kPa
Parámetro de baja temperatura	Envejecido (después de PAV)	Valor máximo: 300 MPa

Nota: PAV = Envejecimiento en cámara a presión

Propiedades y especificaciones de los betunes modificados con polímeros (BMP)

El efecto principal de añadir polímeros al betún es el cambio obtenido en la relación viscosidad (rigidez) temperatura sobre todo el rango de temperaturas de servicio de las mezclas asfálticas, permitiendo mejorar de esta manera y simultáneamente, el comportamiento del ligante tanto a altas como a bajas tem-

TABLA 4.

Parámetro	Betún convencional	BMP1	BPM2
G*/senδ (1kPa) (°C)	65	74	90
LST (300 Mpa) (°C)	-20	-23	-29
Rango de plasticidad	85	97	119

Nota: Los valores obtenidos son sobre betunes no envejecidos.
LST = Temperatura límite de rigidez relativa a la fisuración por fragilidad a bajas temperaturas.
G*/senδ = Parámetro basado en la rigidez; relativo a la aparición de roderas a altas temperaturas.

peraturas. La figura 2 ilustra este efecto.

Para que los betunes modificados con polímeros consigan unas prestaciones óptimas, hay que seleccionar cuidadosamente el betún de base, el tipo del polímero, la dosificación, la elaboración y las condiciones de almacenaje. En la actualidad, muchos fabricantes de betunes han instalado unos equipos especializados para preparar mezclas de betún modificado con polímeros (BMP). Estas centrales producen betunes modificados con polímeros que alcanzan unas prestaciones muy elevadas.

Aunque todos los polímeros aumentan el coste inicial del ligante, se considera que, en términos del coste total a lo largo de la vida útil, el mayor coste inicial queda sobradamente compensado por la reducción del mantenimiento futuro y el alargamiento de la vida de servicio del pavimento. Por otra parte, también pueden utilizarse los BMP en mezclas convencionales donde, con unos espesores de capas reducidos, se obtienen unas prestaciones equivalentes, además de una reducción de los costes.

Al redactar las prescripciones técnicas, las propiedades del betún se definen a menudo mediante unas pruebas empíricas. La consistencia a la temperatura ambiente se mide comúnmente mediante el ensayo de penetración, al igual que el punto de reblandecimiento "anillo y bola" y punto de fragilidad Fraass se utilizaron para definir arbitrariamente unas consistencias críticas a altas y bajas temperaturas, respectivamente. Todas las prescripciones utilizadas actualmente en los países europeos recurren a unos ensayos empíricos en los betunes, y las propuestas para Europa (CEN) pretenden seguir este camino.

Las prescripciones para los BMP deben de tener en cuenta el efecto de la modificación polimérica de las propiedades del ligante, al ser éstas relevantes para el comportamiento final del pavimento. El punto de reblandecimiento se ha mostrado como un estimador razonable de la aparición de roderas en las mezclas bituminosas para muchos ligantes, aunque no para todos; y lo mismo el punto de fragilidad Fraass para, por tanto, la fisuración a bajas temperaturas (Claxton y otros, 1996).

La mejora de las prestaciones de los ligantes modificados debería reflejar la reducción de la susceptibilidad térmica del ligante mediante el incremento del punto de reblandecimiento y la reducción del punto de fragilidad Fraass respecto de los betunes convencionales.

Las prescripciones para betunes modificados con polímeros, incluidas por la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento en la Orden Circular 322/97, tiene en cuenta el efecto de la adición de polímeros en la reducción de la susceptibilidad térmica de los ligantes en términos de estas propiedades (véase tabla 2). Los límites fijados en las prescripciones, tanto para el punto de reblandecimiento como para el punto de fragilidad Fraass, requieren cada vez más el uso de unos ligantes de altas prestaciones para unas aplicaciones, también cada vez más exigentes, especificándose consecutivamente puntos de reblandecimiento más altos y puntos de fragilidad Fraass más bajos. En Francia, la diferencia entre el punto de reblandecimiento y el punto de fragilidad se ha definido como un "intervalo de plasticidad" que re-

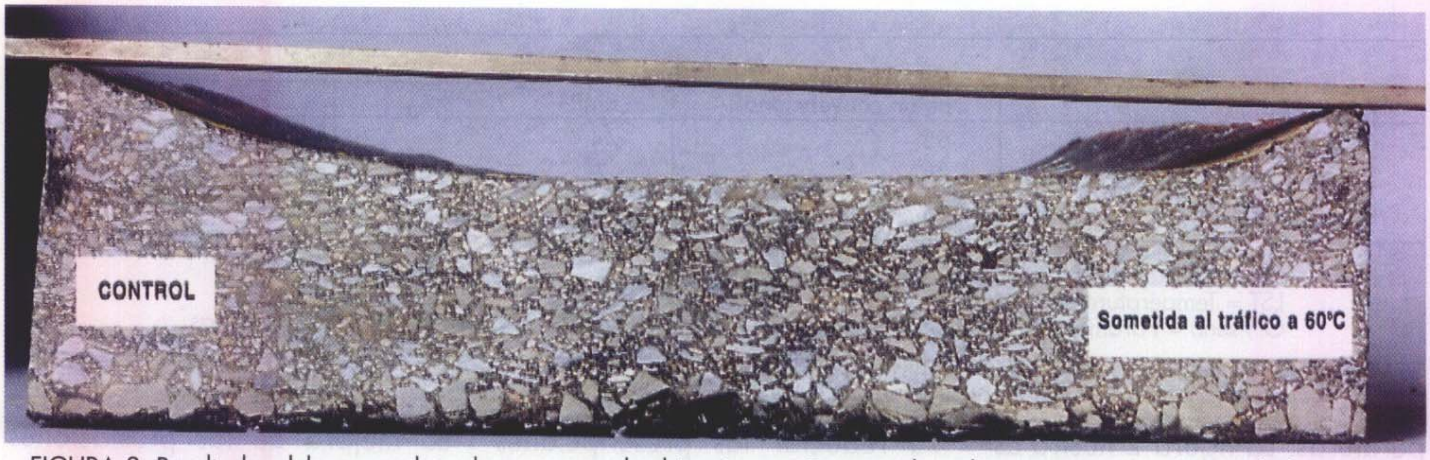


FIGURA 3: Resultados del ensayo de roderas en mezclas bituminosas. Ensayos de roderas a 60°C en una mezcla bituminosa con betún convencional.

presenta el rango de trabajo del ligante. Un índice de plasticidad mayor denotaría un ligante con mejores prestaciones.

Cada día crece el interés de caracterizar los ligantes desde el punto de vista reológico, en vez de utilizar los resultados de unos ensayos empíricos como, por ejemplo, el punto de reblandecimiento y el punto de fragilidad Fraass. El programa de investigación que está llevándose a cabo en los Estados Unidos bajo el *"Strategic Highway Research Program"* (SHRP), dotado con 150 millones de dólares, ha sido muy importante en este sentido. Una gran parte de este programa de investigación sobre ligantes y mezclas asfálticas ya se ha concluido, habiéndose identificado unos nuevos parámetros potencialmente adecuados para medir ciertos comportamientos (Kennedy y otros, 1994). En particular, se han identificado: un parámetro para altas temperaturas (roderas) y otro para las bajas (fragilidad) para mezclas densas (ambos basados en medidas sobre la rigidez del ligante) como valores límite. Estos valores (medidos en unas condiciones especiales) se muestran en la tabla 3. En el SHRP las temperaturas a las que alcanzan estos valores, determinan el *"Performance Grade"* o "grado de prestación" (PG) del ligante.

Es preciso señalar que estos valores derivados del SHRP han sido propuestos y validados para su aplicación en los Estados Unidos. Sin embargo, en Europa, se ha iniciado la evaluación de estos conceptos en una fecha más reciente, considerando muy interesante la utilización de los valores límite de la rigidez como un procedimiento alternativo para definir el intervalo de plasticidad. La tabla 4 muestra los valores típicos de un betún normal y dos niveles de modificación con polímeros. Pueden observarse con claridad las ventajas de los betunes modificados con polímeros.

TABLA 5. **Resultados típicos del ensayo Cántabro**

Ligante	**Resultados típicos**	
	SECO	HUMEDO
Convencional	18	36
PMB	13	21

Ventajas en las mezclas en servicio

Sin embargo, sin tener en cuenta cómo los modificadores alteran las propiedades reológicas (o empíricas) de los betunes deben mostrarse las ventajas en servicio, considerando tres tipos de mezclas habituales en España: mezclas densas convencionales, mezclas drenantes (abiertas) y microaglomerados (espesores < 25 mm).

Mezclas densas

Para las aplicaciones que deban soportar tráficos intensos, el primer requisito es que el material

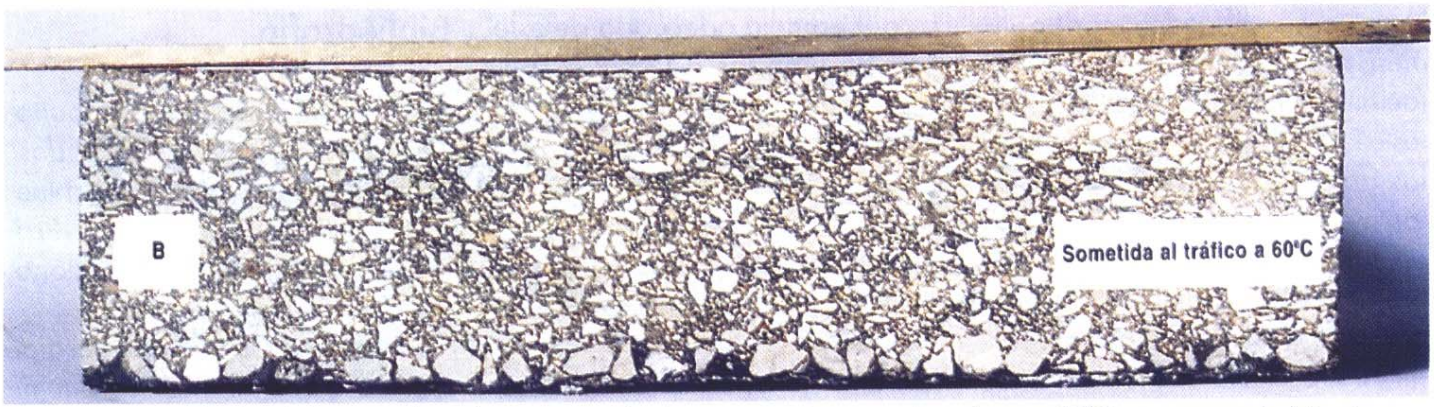


FIGURA 4: Resultados del ensayo de roderas en mezclas bituminosas. Ensayos de roderas a 60°C en una mezcla bituminosa con BMP.

sea resistente a las roderas. Al mismo tiempo, también es deseable que pueda ser mezclado, extendido y compactado a temperaturas normales y no se vuelva frágil cuando la temperatura del pavimento descienda. En las figuras 3 y 4 se muestran resultados obtenidos sobre una mezcla bituminosa con un betún convencional y otro modificado. Las ventajas del uso del betún modificado para hacer frente a las roderas se aprecia con claridad.

En ciertas aplicaciones, el objetivo pudiera ser el producir un material flexible para reducir la posibilidad de rotura por fatiga. En estos casos, se necesitarán betunes modificados (muy a menudo de naturaleza elástica) para ser capaces de absorber las tensiones sin que produzcan las roturas. La figura 5 muestra los resultados de unos ensayos de fatiga utilizando el método del *Laboratorio Central francés des Ponts et Chaussées (LCPC)*, donde se aprecia que las mezclas realizadas con BMP son capaces de asimilar mayores tensiones iniciales que las mezclas realizadas con betunes convencionales.

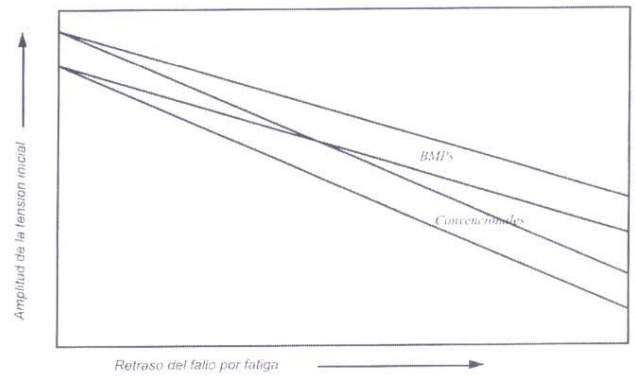


FIGURA 5: Relación tensión/fatiga entre betunes convencionales y modificados. Mezclas drenantes.

Mezclas drenantes

En este tipo de mezclas, se considera que la vida del material está condicionada al grado en que el ligante se endurece y alcanza el estado en que se empiezan a presentar desprendimientos de áridos. Una de las razones de la utilización de polímeros en estas mezclas es la de poder permitir un espesor mayor de la película de ligante (sin que se produzcan escurrimientos), alargando así la vida del material. En general, la aparición de roderas no crea dificultades en estas mezclas, dado que su funcionamiento interno se basa en el alto grado de enclavamiento de unos áridos cuidadosamente seleccionados. Mientras esto se consigue, es preciso prestar atención a que el contenido en ligante aumente hasta tal punto que provoque una disminución del enclavamiento de los áridos o bien se observe que afecta negativamente a la capacidad drenante de la mezcla.

El ensayo Cántabro de pérdida por desgaste (NLT-325) muestra claramente hasta qué punto los

ligantes modificados con polímeros pueden mejorar las prestaciones de las mezclas drenantes. Este procedimiento evalúa las propiedades de cohesión de las mezclas, tanto en seco como en húmedo, y se considera como un estimador de la resistencia de los áridos al desprendimiento. La tabla 5 muestra unos resultados típicos obtenidos con betún modificado y convencional.

Aplicaciones en capas de pequeño espesor

La popularidad de este tipo de mezclas está aumentando continuamente en Europa, donde se utilizan con mucha frecuencia betunes modificados con el objeto, entre otros, de mejorar la durabilidad de la mezcla. El interés por este tipo de mezclas surge principalmente por su rapidez de aplicación, reduciendo al mínimo las molestias originadas por los cortes de tráfico, además de conseguir unas características superficiales muy apreciables. El concepto de este tipo de mezclas surge en Francia al investigar hasta qué punto podrían reducirse los espesores de una mezcla densa convencional, buscando, sobre todo, ventajas económicas y ambientales. Estas mezclas fueron diseñadas en origen como un tratamiento de conservación, y se adoptaron posteriormente en firmes de nueva construcción.

La adherencia adecuada de este tipo de mezclas a la capa subyacente es de vital importancia, e influye de manera significativa en su durabilidad. Además, deben ser resistentes; por una parte, a la acción del tráfico, y, por otra, al desprendimiento de los áridos. Los betunes modificados pueden aportar aquí varias ventajas sobre los betunes convencionales, siempre y cuando sean usados para: mejorar la adherencia de la capa delgada a la estructura subyacente, mediante un riego de adherencia de betún modificado.

Mejorar la resistencia a la formación de roderas o retrasar la aparición de desprendimientos de áridos superficiales (ambas condiciones alargan la vida útil del material).

Conclusión

Las solicitaciones a las que, cada vez con mayor intensidad, se ven sometidos los materiales empleados en la construcción de carreteras, ya sea por el incremento del volumen del tráfico y sus cargas, como por la necesidad de reducir al mínimo los trabajos de reconstrucción y mantenimiento, explican por qué los betunes modificados con polímeros desempeñan un papel cada vez más importante en las mezclas bituminosas como un medio de conseguir pavimentos más duraderos, seguros, cómodos y rentables.

Bibliografía

"Nuevas prescripciones españolas sobre ligantes modificados" (CEDEX). Jornadas sobre Nuevas Especificaciones para Productos Bituminosos. Barcelona, 1995.

"Determinación de la pérdida por desgaste de mezclas bituminosas mediante el empleo de la máquina de Los Angeles. Ensayo Cántabro." NLT-325 (CEDEX).

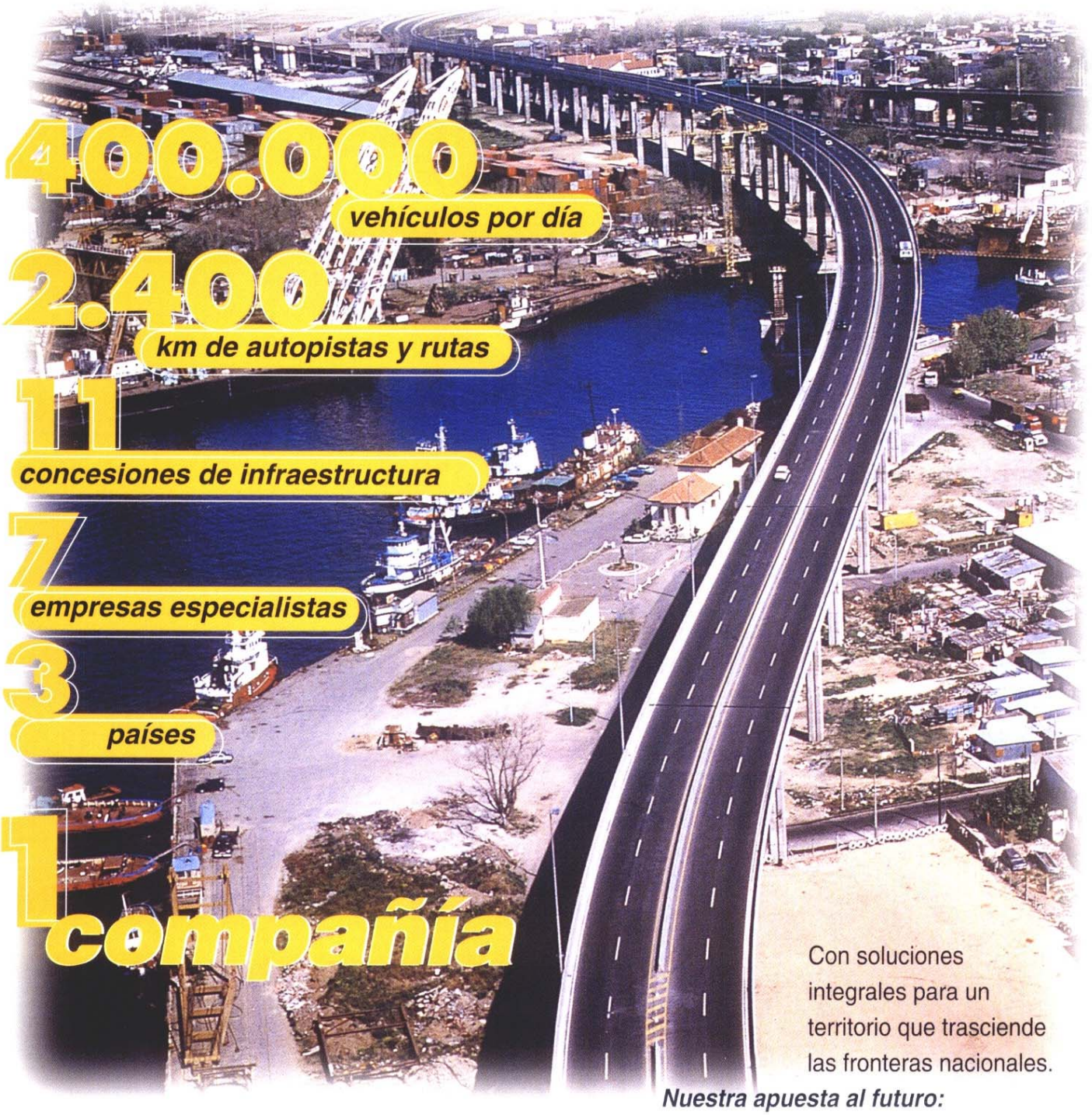
Lesage, J., y Planque (1996). *"En qué casos podemos utilizar con seguridad las propiedades reológicas de los betunes para pronosticar las prestaciones de una mezcla bituminosa".* Congreso de Euroasfalto y Eurobitume. Estrasburgo, 1996

Kennedy, T.W.; Huber, G. A.; Harrigan, E. T.; Cominsky, R. J.; Hughes, C. S.; Von Quintis, H.; y J. S. Moulthrop (1994). *"Prestaciones superiores de los pavimentos asfálticos (Superpave): los resultados del Programa de Investigación sobre Asfaltos del SHRP".* Programa de Investigación sobre Carreteras Estratégicas, SHRP-A-410. Washington D.C.

Litzka, J. H.; Pass, F.; y E. Zirkler (1994). *"Las experiencias obtenidas al utilizar capas bituminosas delgadas en Austria".* Comisión de Investigación sobre el Transporte, 73 Reunión Anual TRB, 1994. Washington D .C.

J. Carswell, BP Internacional; y Francisco Cruz. Jefe de Servicios Técnicos de Bitumen, BP Oil España, S. A.

EL ARTE CORÍN LUNA DE IMPRIMIR
Se terminó de imprimir y encuadernar en:
Artes Gráficas Corín Luna S. A.
Gregorio de Laferrère 1331/33



Con soluciones integrales para un territorio que trasciende las fronteras nacionales.

Nuestra apuesta al futuro: protagonizar la era de la infraestructura.

CCI

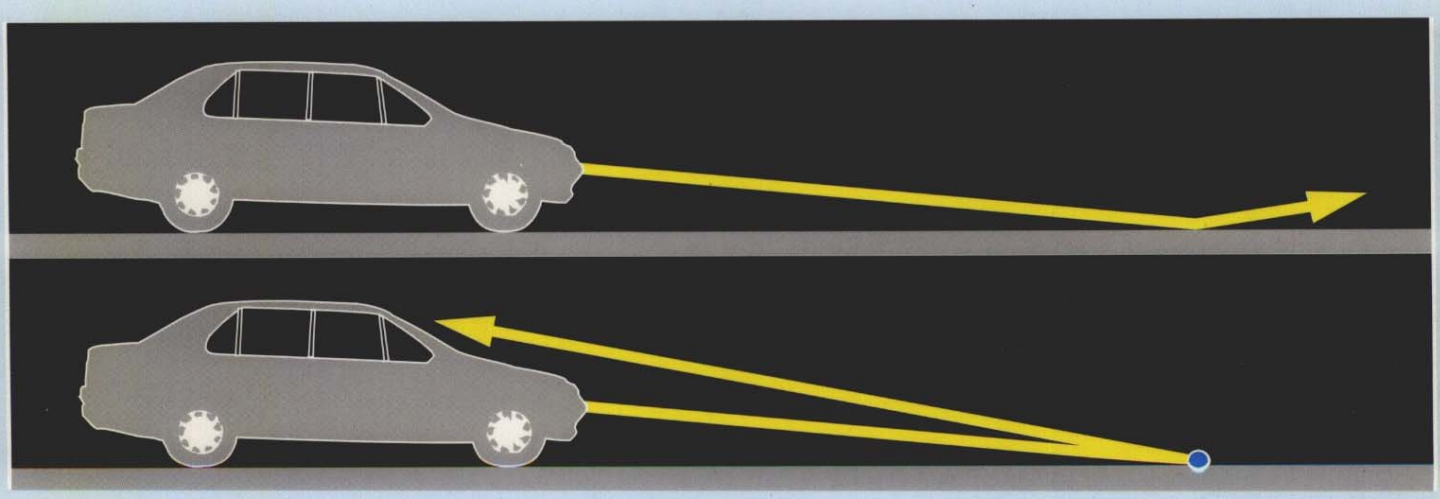
El Camino del Desarrollo

CONCESIONES Y CONSTRUCCIONES DE INFRAESTRUCTURA S.A.

Puerto Viamonte 1, Av. Alicia Moreau de Justo 170, 2º piso, (1107) Buenos Aires, Argentina. Tel.: 313-7100, Fax: 313-5515

Concesiones de Infraestructura • Autopista La Plata - Buenos Aires, • AU Buenos Aires - Mar del Plata, • AU 9 de Julio Norte, • AU Ezeiza - Cañuelas, • Rosario - Córdoba, • Rosario - Santiago del Estero, • Santiago del Estero - Jujuy, • AU Montevideo - Punta del Este (Uruguay), • AU Rio de Janeiro - Juiz de Fora (Brasil), • Concepar (YPF). • Estacionamientos
Empresas especialistas: Aragón S.A., Aragón Construcciones S.A., Hemarsa S.A., Iberplata S.A., Semaco S.A., Servente S.A., Estacionamientos S.A.

MICROESFERAS DE VIDRIO
EL FUNDAMENTO DE LA SEGURIDAD VIAL



GLASS BEADS S.A.

SOVITEC
CATAPHOTE

RODRIGUEZ PEÑA 431 - 5° "A" (1020) BUENOS AIRES - ARGENTINA
TELEFAX: 54-1-372-8746 • 372-8662