



nuevos caminos,

Ruta Prov. N° 28 - Emp. Ruta Nac. N° 81 - Emp. Ruta Nac. N° 86 / Prov. de Formosa



Ruta Nac. N°3 Buenos Aires - La Matanza / Prov. de Buenos Aires



nuevos desafíos...

Ruta Prov. N° 82 - Camino del Perilago del Embalse Potrerillos / Prov. de Mendoza

En 25 años de trabajo, hemos recorrido un largo camino...
Ayudamos a mejorar la seguridad vial y a acortar las distancias con la construcción de 2.508 KM de rutas y autopistas en distintas provincias argentinas; levantamos 2.965 Mts. lineales de puentes, diseñamos y construimos 4 grandes circunvalaciones; mejoramos 4 pistas de aeropuertos....



ROVELLA CARRANZA

www.rovellacarranza.com.ar

Nota Editorial



Por el Lic. Miguel A. Salvia

CAMINOS HACIA EL FUTURO

En esta edición de la Revista Carreteras, que coincide con la finalización del año 2012, deseamos reflejar algunos acontecimientos sucedidos en este período, que nos hacen plantear la visión del sistema de transporte carretero pensando en el futuro.

Son los caminos hacia nuestra propia creación de futuro, que debe ser venturoso para todos los habitantes de la Nación, y en donde el sector vial y del transporte tienen una importante cuota de responsabilidad.

Varios de estos acontecimientos tienen que ver con la celebración del **Día del Camino**, el pasado 5 de Octubre, con el **80° Aniversario de la creación de la Dirección Nacional de Vialidad**, y con la realización del **XVI Congreso Argentino de Vialidad y Tránsito**.

Recordamos como hechos trascendentes la creación de instrumentos institucionales, que derivaron aquel 5 de Octubre de 1932 en la Ley de Vialidad, que diseñaba un Sistema Vial Federal, con recursos específicos y un esquema de gerenciamiento, aun cuando en ese momento el modo carretero no era el más importante medio de transporte de la Argentina.

Con ese instrumento, y con las líneas conceptuales de la misma, se desarrolló toda la red vial argentina, de 230.000 kilómetros de rutas nacionales y provinciales y más de 400.000 kilómetros de caminos rurales.

Debemos destacar en esa mirada al futuro la visión de las primeras generaciones de viales, quienes en medio de una postcrisis como la de 1930, pensaron soluciones importantes, más allá de las cuestiones urgentes que seguramente existirían.

Las distinciones a las obras importantes del año, que nuestra Asociación otorga desde hace varias décadas, no solo es una muestra de lo hecho sino también el estímulo de lo mucho que aún tenemos que hacer en la materia.

El mejoramiento de la calidad técnica de nuestras obras es un objetivo básico que nuestra entidad mantiene y sostendrá, a lo largo del tiempo.

Finalmente, la exitosa realización del **XVI Congreso Argentino de Vialidad y Tránsito**, es una muestra palpable de ese pasado y presente vigente, pero con una preocupación, no solo de transferencia tecnológica y de experiencias compartidas, sino también de construcción y desarrollo de futuro.

Es que más allá de la extensa temática encarada, el aprendizaje y discusión del modo de mejorar nuestros transporte y su integración, está la gran presencia de profesionales, empresas y organismos, que dejaron lo urgente para preocuparse por lo importante, que es construir una red de caminos eficiente y un sistema de transportes racional.

Un sistema de transporte carretero que en los últimos años se vio sometido a un incremento del tránsito y a una paulatina ubicación como centro de gravedad en todo el sistema de transporte. Hemos señalado muchas veces que el transporte tiene un rol fundamental para el desarrollo



económico y social de la Argentina. Es que a través de su capacidad de proveer movilidad a las personas y bienes, tiene impacto directo sobre la competitividad empresarial, la cohesión social, el medioambiente y la integración territorial.

Por ello, es crucial desarrollar una estrategia nacional de transporte consistente con el crecimiento equitativo que toda la Nación requiere. Ello implica trabajar sobre infraestructura y también sobre operaciones de transporte.

El mundo en las últimas décadas enfrentó un formidable crecimiento del comercio internacional e integración de regiones postergadas y ello provocó globalmente una explosión en la demanda de transporte.

En nuestro país, el crecimiento económico de la década, conjuntamente con la aceleración del intercambio comercial con el Mercosur y el incremento de importaciones y exportaciones, junto a la mejora del mercado interno, generaron un explosivo aumento en la demanda de transporte. Ello, más allá del importante esfuerzo de inversión que ha superado muchos récords en este último período.

Esto se vio sustentado en una acelerada motorización, con un aumento inédito del parque automotor y problemas crecientes de congestión; es un hecho que la inversión se enfrenta a cada vez más importantes requerimientos.

Hay que reconocer que el transporte sufrió profundas transformaciones operativas. Aún no hemos podido desarrollar otros modos complementarios, como el ferroviario y el transporte fluvial, y por ende no pudimos desarrollar un esquema de intermodalidad eficiente.

También la urbanización y suburbanización del país obliga a la expansión del transporte masivo y conlleva cada vez mayores requerimientos para la sustentabilidad ambiental.

En nuestro Congreso efectuamos un repaso, no solo de las tendencias mundiales en el manejo de cargas, sino también de la incidencia de la relación entre el transporte y los puertos, a la luz de experiencias internacionales. También se mostraron algunas experiencias concretas en la reingeniería operativa del sistema portuario y su relación con los distintos modos de transporte. Ello nos servirá para plantearnos soluciones a algunos de los problemas de congestión que tenemos en nuestros puertos.

Junto a ello, las experiencias internacionales del transporte masivo de personas, frente a los problemas que nuestro país tiene en el campo de la movilidad urbana, con importantes aportes de las grandes ciudades, pero también con exitosas experiencias en ciudades intermedias, que, con criterio técnico, pueden extrapolarse a muchos complejos.

Hemos compartido el uso de herramientas ITS y mejoras en la operación de la infraestructura, buscando un mejor aprovechamiento de la misma más allá de la modernización necesaria, pero pensando antes en el mejor uso de la infraestructura existente.

Por eso debemos tener en cuenta que, a pesar de la importante suba de la inversión pública en infraestructura tanto en el sector interurbano como en el urbano, los problemas crecientes de congestión -con sus costos para la economía nacional- se mantienen, por lo que es necesario profundizar aún más los montos de inversión ha-

cía todo el sistema de transporte, junto con una acción sobre las operaciones en las infraestructuras existentes.

Debemos tener en cuenta la importancia que expertos argentinos y brasileños le asignan al desarrollo de una infraestructura de comunicación física, tanto entre nuestras naciones como con el Océano Pacífico, frente a las tendencias del comercio global, tal como quedara demostrado en la reciente **Conferencia Anual de la Unión Industrial Argentina**, que -bajo el lema "Integración y Desarrollo o el Riesgo de la Primarización"- analizó el tema en detalle.

En resumen, debemos profundizar las políticas de inversión en transporte como una herramienta de resolución de los problemas, especialmente una baja en el sobre costo que el sistema de transporte provoca, buscando la racionalización del mismo, pero sin dudas con una alta tasa de inversión.

Somos concientes, desde la Asociación, de que nuestro sector puede ser una herramienta que contribuya a la superación de los problemas planteados, porque la actividad vial es generadora de beneficios económicos para el país, con uso de mano de obra de variada intensidad y especialmente generadora de condiciones que permitirán la modificación del esquema de transporte actual.

Debemos enfocarnos no solo a la realización de un esquema de inversión imprescindible, sino a enfrentar los retos del sector para el futuro y los posibles cursos de acción.

Un aspecto importante, teniendo en cuenta que el país seguirá creciendo, y por ende sus cargas,



es mejorar la participación tanto del sector ferroviario como del transporte fluvial en el sistema de transporte, tratando de generar un marco de operación intermodal, que permita el aprovechamiento de las ventajas de los diferentes modos de transporte.

Las mejoras en la capacidad de los tramos viales de alto tránsito y la calidad de circulación son básicas para una mejora global, dada la importancia actual del sistema de transporte carretero.

Seguramente, la próxima década implicará un fuerte crecimiento de las cargas, tanto hacia el exterior como para el consumo interno, lo que implicará una gran movilidad en el flujo de mercaderías.

Los objetivos de fuerte aumento de la producción de granos, estimados en los planes públicos y privados, requieren tener en cuenta la experiencia de explosión de demanda de estos años, que nos tomó por sorpresa a muchos, frente a una nueva etapa de crecimiento de la demanda.

Pero también la movilidad urbana seguirá creciendo y ello nos obligará a mejoras operativas y de infraestructura.

Aspecto no menor será desarrollar mejoras en la infraestructura urbana e interurbana, pensando en un avance sustancial en la seguridad vial en todo el ámbito de nuestras calles y caminos. Desde una demarcación generalizada a toda la infraestructura, a la aplicación exhaustiva de medidas de bajo costo, como a la modificación de infraestructuras generador o causantes de accidentes. Se requiere un plan de acción de seguridad en la infraestructura que responda a estos objetivos de seguridad vial.

Por todo ello, señalábamos al inicio que queremos reflejar una visión del camino hacia el futuro, necesario para servir a nuestro país, convencidos de que una mirada de la importancia de nuestro sistema de transporte para el futuro será central para la profundización de una estrategia de crecimiento global.

Además en esta edición de la Revista Carreteras compratimos la cena de celebración del **Día del Camino**, con la entrega de placas recordatorias a los constructores, comitentes, proyectistas y representantes de los organismos encargados de la financiación de la mejores Obras Viales del Año. Se incluye, asimismo, una breve reseña de cada una de ellas.

El **80° Aniversario de la DNV** dio lugar a una colorida celebración en las instalaciones de Tecnópolis, de la que participaron los agentes del organismo e invitados especiales. Ello también se refleja en esta edición.

La designación del nuevo Presidente de la **AIP-CR-PIARC**, Ing. Oscar de Buen Richkarday, y la conformación del Consejo Directivo de la Asociación Mundial de la Ruta, del que el Presidente de la Asociación Argentina de Carreteras formará parte a partir del 1° de enero de 2013, es otra de las notas que componen esta edición.

Asimismo, diversos artículos de interés del ámbito vial, local e internacional, también tienen cabida en esta revista.

Para concluir, destacamos la inclusión en la sección técnica de los trabajos distinguidos en el **XVI Congreso de Vialidad y Tránsito**. Nos complace señalar el nivel de calidad alcanzado, lo que hizo sumamente difícil la tarea de elegir a los mejores.

Siendo ésta la última edición del año, y con la firme convicción de continuar bregando **“Por Más y Mejores Caminos”**, reciban los lectores un fervoroso saludo con el sincero deseo de un Feliz y Prospero Año Nuevo. ♦



CONSTRUYENDO EL FUTURO

INNOVACIÓN

CAPACITACIÓN

DESARROLLO

COMPROMISO



San Martín 1137 1º Piso | C1004AAW | Buenos Aires
Tel.: (54 11) 4576 7690/7695 | www.icpa.org.ar



JUNTA EJECUTIVA

Presidente: **Lic. MIGUEL A. SALVIA**

Vicepresidente 1º: **Sr. HUGO R. BADARIOTTI**

Vicepresidente 2º: **Ing. JORGE W. ORDOÑEZ**

Vicepresidente 3º: **Lic. RICARDO REPETTI**

Secretario: **Ing. NICOLÁS M. BERRETTA**

Prosecretario: **Ing. MIGUEL MARCONI**

Tesorero: **Sr. M. ENRIQUE ROMERO**

Protesorero: **Ing. ROBERTO LOREDO**

Director de Actividades Técnicas: **Ing. ALEJANDRO TAGLE**

Director de Relaciones Internacionales: **Ing. MARIO LEIDERMAN**

Director de Difusión: **Ing. GUILLERMO CABANA**

Director de Capacitación: **Sr. NÉSTOR FITTIPALDI**

Director Ejecutivo: **Ing. JORGE LAFAGE**

Director de RRll y Comunicaciones: **Ing. JUAN MORRONE**

STAFF



CARRETERAS

Año LVI – Número 208

Diciembre de 2012

Director Editor Responsable:

Lic. Miguel A. Salvia

Director Técnico:

Ing. Guillermo Cabana

Diseño y Diagramación:

ILITIA Grupo Creativo
ilitia.com.ar

Impresión: FERROGRAF

Cooperativa de Trabajo Limitada

www.ferrograf-ctl.com.ar

Boulevard 82 Nro. 535 La Plata.

Pcia. de Buenos Aires, Argentina.

revista@aacarreteras.org.ar

www.aacarreteras.org.ar

CARRETERAS, revista técnica, impresa en la República Argentina, editada por la Asociación Argentina de Carreteras (sin valor comercial).

Propietario:

Asociación Argentina de Carreteras

CUIT: 30-53368805-1

Registro de la Propiedad Intelectual

(Dirección Nacional del Derecho de

Autor): 519.969

Ejemplar Ley 11.723

Realizada por:

Asociación Argentina de Carreteras

Adherida a la Asociación de la Prensa Técnica

Argentina. Dirección, redacción y administración:

Paseo Colón 823, 6º y 7º Piso (1063) Buenos Aires,

Argentina. Tel./fax: 4362-0898 / 1957



XVI Congreso Argentino de Vialidad y Tránsito - **PÁG. 10**



Día del Camino - **PÁG. 45**

ÍNDICE



Nota Editorial	02	Activa Participación de la AAC en la Asociación Mundial de la Ruta	66
Próximos Eventos	08	LII Asamblea Anual Ordinaria - Consejo Vial Federal	68
XVI Congreso Argentino de Vialidad y Tránsito		Premio Internacional a la Innovación en Carreteras	69
Introducción	10	60º Convención de La Cámara Argentina de la Construcción	70
Discurso de la Ceremonia Inaugural	12	Breves	72
Inauguración Expovial	16		
Expositores	17		
Reportajes	18	TRABAJOS TÉCNICOS	
Opinión de los Organizadores	22	• Modelo Mecanicista Empírico para Análisis de Pavimentos Flexibles Desarrollado en Argentina	76
Palabras del Ing. Jorge Rodríguez	26	• Propuesta de Revisión del Plano OB2: Carriles de Cambio de Velocidad y Ancho de Ramas de Giro	88
Agradecimientos a Disertantes y Moderadores	28	• Novedosa Repavimentación en Uruguay Mediante la Aplicación de una Capa Adherida de Hormigón con Fibras Sintéticas Estructurales Empleando Tecnología de Alto Rendimiento	97
Palabras de Cierre a Cargo del Ing. Guillermo Cabana	30	• Método de Evaluación del Sigma-Puentes de Vialidad Nacional	107
Declaración	34	• Reactividad Alcalina Potencial de los Basaltos Mesopotámicos	115
Mejores Stands	36	• Fisuración Temprana de Losas de Pavimento	120
Trabajos Distinguidos	38		
Torneo de Golf	41		
Según el Presidente de la Asociación de Carreteras	42		
Día del Camino	45		
Obras Premiadas	54		
El Equipo de la UCPYPFE visita la AAC	63		
Vialidad Nacional Festejó sus Ochenta Años...	64		



Obras Premiadas - PÁG. 54



60º Convención de La Cámara Argentina de la Construcción - PÁG. 70

Próximos Eventos



2013

» **ITE (Institute of Transportation Engineers)**
Conferencias Técnicas y Exposición

3 al 6 de marzo
San Diego California, USA.

www.ite.org
ite_staff@ite.org

» **XVII CLATPU-Congreso Latinoamericano de Transporte Público y Urbano**

25 al 29 de marzo
Centro de Convenciones de Guayaquil, Ecuador.

www.clatpu.org

» **INTERTRAFFIC Estambul 2013**

29 al 31 de mayo
Estambul, Turquía.

www.istanbul.intertraffic.com/tr/
intertraffic@rai.ni

» **20° Congreso Mundial de ITS**

14 al 18 de octubre
Tokio, Japón.

www.itsworldcongress.org

» **17° IRF World Meeting**

9 al 13 de noviembre
Riyadh, Arabia Saudita.

www.irf2013.com

2014

» **Congreso Mundial de la Vialidad Invernal**

4 al 7 de febrero
Andorra la Vieja, Andorra.

www.piarc.org

» **IV CISEV - Congreso Iberoamericano de Seguridad Vial**

Junio
México.

www.institutoivia.org

2015

» **XXV Congreso Mundial de la Carretera**

2 al 6 de noviembre
Seúl, República de Corea.

www.piarc.org



Construyendo Argentina.



JCR S.A.



Córdoba 300 - CP 3400 - Corrientes - Argentina.

Florida 547. Piso 16 - CP 1005 - Buenos Aires - Argentina.

www.jcrsa.com.ar



**PETROQUÍMICA
PANAMERICANA S.A.**

PLANTA FABRICACIÓN ZARATE:
FABRICACIÓN DE EMULSIONES ASFÁLTICAS Y DILUIDOS
VENTA Y ENTREGA EN OBRA DE ASFALTOS Y FUEL-OIL

TEL. FIJOS : (011) 4747-2358 / 4732-0393

CELULARES: (011) 15-3909-6097 / 6494-4700 / 4143-2034

PARQUE INDUSTRIAL ZARATE - Pcia. de Buenos Aires

porelbuencamino@sion.com



**XVI CONGRESO ARGENTINO
DE VIALIDAD Y TRÁNSITO**

7^{ma} EXPOVIAL ARGENTINA

22 al 26 de OCTUBRE 2012



COMPLEJO FERIAL CÓRDOBA - CIUDAD DE CÓRDOBA . ARGENTINA

IX CONGRESO INTERNACIONAL ITS

XXXVII REUNIÓN DEL ASFALTO

SEMINARIO INTERNACIONAL DE PAVIMENTOS DE HORMIGÓN

**XXXVII
REUNIÓN DEL
ASFALTO**



LOS DESAFÍOS DEL TRANSPORTE FRENTE AL CRECIMIENTO

Este evento señalado por sus protagonistas como “el más importante del sector vial de Latinoamérica”, retornó a la ciudad mediterránea luego de 75 años, así como lo recuerda un monolito en la Plaza San Martín de la Ciudad de Córdoba. La relevancia que ha adquirido el encuentro en los últimos años hace que haya escapado al límite de “nacional” para convertirse en un evento internacional, con especial participación de profesionales latinoamericanos.

Del acto inaugural, desarrollado en el Salón Quebrada del Condorito del Predio Ferial, participaron más de 1500 asistentes, entre congresistas e invitados especiales. En el estrado estuvieron presentes el Jefe de Gabinete de Ministros del Gobernador, **Dr. Oscar González**, en representación del **Dr. José Manuel De la Sota**; el Vice Intendente, **Lic. Marcelo Cossar**, en representación del Intendente de la Ciudad; el Ministro de Infraestructura y Energía, **Ing. Hugo Testa**; el Presidente de la Asociación Argentina de Carreteras, **Lic. Miguel Salvia**; los Vicepresidentes del Congreso, **Ing. Nelson Periotti**, Administrador General de la DNV e **Ing. Jorge Abel Rodríguez**, Presidente del Consejo Vial Federal; el Presidente de IVA, **Ing. Jacobo Díaz Pineda**; el Presidente de ITS Argentina, **Ing. Daniel Russomanno**; el **Ing. Alejandro Tagle**, Presidente de la CPA; el **Sr. Enrique Romero**, Director del ICPA; los Directores del Comité Ejecutivo, **Ings. Nicolás M. Berretta** y **Guillermo Cabana**; y los miembros de la Junta Ejecutiva de la Asociación Argentina de Carreteras, **Ing. Jorge Ordoñez** y **Sr. Hugo Badariotti**.

Luego de entonarse el Himno Nacional Argentino, fue proyectado un video institucional con imágenes de eventos anteriores y mensajes de los organizadores invitando a la participación en el Congreso.

El Lic. Marcelo Cossar, Vice Intendente de la Ciudad de Córdoba, dio la bienvenida a los congresistas en nombre del Intendente, Dr. Ramón J. Mestre. Destacó la importancia del encuentro en términos de mejora de la calidad de vida de los cordobeses y de los argentinos en general. Agradeció asimismo a los organizadores por haber elegido a Córdoba como sede de este importante evento.

El Ing. Jorge A. Rodríguez, Presidente del Consejo Vial Federal y Vicepresidente del Congreso, inició su mensaje agradeciendo el apoyo recibido por parte de las autoridades del Gobierno de Córdoba y la DNV. También destacó la colaboración y empeño puesto por los miembros del Comité de Organización y el apoyo de organizaciones viales y empresas que posibilitaron arribar a la inauguración de este Congreso. Destacó el componente humano en la concreción de las acciones de organización, sin cuyo compromiso hubiera resultado imposible llegar a este momento. Finalmente invitó a los presentes a aprovechar al máximo las presentaciones programadas, el intercambio de experiencias y a disfrutar de esta hermosa provincia.

El Jefe de Gabinete de Ministros de Córdoba, Dr. Oscar González, en representación del Gobernador, Dr. De la Sota -en ese momento fuera del país- usó de la palabra para expresar su satisfacción por realizarse este importante encuentro en la Ciudad Capital de la Provincia. Comentó que, al ver el video proyectado, le surgió la inquietud de preguntarle al Ing. Periotti cuántos vehículos circulaban por el país en el año 1937, fecha en que se realizó el anterior Congreso en la ciudad. La respuesta fue no más de 300 mil, estimándose hoy más de 10 millones, con una red prácticamente idéntica. Sin duda, hace falta más infraestructura de transporte. Así es como anunció que la provincia se propone crear una tasa vial de 0.40/0.50 ctvs. por litro de combustible, con el propósito de crear un fondo vial específico, con el que esperan recaudar entre 400 y 500 millones de pesos por año, destinados exclusivamente a mantenimiento y obras viales. Hizo especial hincapié en que la educación es la llave para reducir la accidentalidad, que provoca más de 30 accidentes con motos por día solo en la Ciudad de Córdoba.

Tras su mensaje, dejó formalmente inauguradas las secciones del **XVI Congreso Argentino de Vialidad y Tránsito**. Luego tomó la palabra el Lic. Salvia quien dio una síntesis del programa de actividades y agradeció el apoyo recibido.

Este **XVI Congreso Argentino de Vialidad y Tránsito** se desarrolló conjuntamente con el **IX Congreso Internacional de ITS, la XXXVII Reunión del Asfalto y el Seminario Internacional de Pavimentos de Hormigón**.

Asimismo, se desarrollaron como actividades Pre-Congreso, dos Seminarios sobre temas técnicos específicos y de absoluta actualidad. Uno de ellos sobre Medio Ambiente y Cambio Climático-Impacto en el Transporte por Carretera, y otro sobre Diseño de Mezclas Asfálticas en Caliente en los Inicios del Siglo XXI. Ambos Seminarios fueron dictados por destacados especialistas internacionales con el aporte de profesionales locales.

En el ámbito del Congreso, se presentaron más de 70 Conferencias Especiales, con expertos de 13 países y especialistas locales. Asimismo, fueron expuestos alrededor de 145 trabajos técnicos oportunamente seleccionados de entre más de 200 recibidos.

Los más de 1400 congresistas contaron con 5 salas con traducción simultánea del inglés y portugués, resultando algunas conferencias colmadas por la cantidad de interesados en participar. Cabe destacar que la presentación de los trabajos técnicos seleccionados, contó con una asistencia similar a la que se dio en las Conferencias Especiales, lo que sin duda habla de la calidad de los trabajos presentados.

El transporte por carretera y la gestión vial en sus diversos aspectos, desde las decisiones políticas, la planificación, el diseño, el mantenimiento y las soluciones incorporadas en otros países fueron debatidos intensamente tratando de encontrar puntos de aplicación para nuestro sector vial. Las áreas dedicadas a los almuerzos y a las pausas de café se convirtieron en foros informales de intercambio de experiencias y vínculos personales.

Como es habitual, la Expovial Argentina 2012 reunió a expositores de los últimos adelantos técnicos en equipamientos, insumos y servicios vinculados a la actividad vial y del transporte. Un importante número de máquinas y equipos fueron exhibidos en el área al aire libre, donde se pudo apreciar todo el potencial de la industria local y también ejemplos de avanzada tecnología internacional.

A lo largo de las páginas de la Revista se podrá tener una imagen de lo que constituyó el evento vial del año, con opiniones de los protagonistas, reportajes a los principales referentes, mensajes de las autoridades como así también los trabajos técnicos premiados, los stands de la exposición distinguidos y la Declaración Final del Congreso. ♦



En la culminación del Acto Inaugural, el Presidente de la Asociación Argentina de Carreteras, Lic. Miguel Salvia, pronunció un discurso. Tuvo palabras de agradecimiento para con las autoridades nacionales, provinciales y municipales, además de los funcionarios de organismos viales que apoyaron la realización del evento. Luego dio una síntesis del programa de actividades y deseó un feliz Congreso a todos los asistentes.

DISCURSO DE LA CEREMONIA INAUGURAL DEL XVI CONGRESO ARGENTINO DE VIALIDAD Y TRÁNSITO

por el Lic. Miguel A. Salvia



Luego de 75 años, el Congreso Argentino de Vialidad y Tránsito vuelve a la Ciudad de Córdoba para continuar la histórica labor iniciada en 1922, hace ya 90 años.

Y con el mismo espíritu de los congresistas de aquel año, constituimos este foro de intercambio tecnológico entre nuestros profesionales de la región y un ámbito de discusión frente a nuestras sociedades de temas que requerirán resolución en el corto plazo.

Recordemos que, en esa fecha, el mundo se enfrentaba a los desafíos de un nuevo sistema de transporte, con el automóvil como protagonista, que avanzaba a paso firme y requería soluciones tanto técnicas como operativas.

El Primer Congreso Mundial de la Carretera, en 1907, y un sistema de comunicación entre los profesionales de los países de la región frente a este nuevo fenómeno, originaron ese Primer Congreso Argentino,

organizado por una entidad privada ya desaparecida, el Touring Club Argentino. A continuación, se desarrolló el Primer Congreso Panamericano de Carreteras, celebrado en Buenos Aires en 1925, con la presencia de representantes de países del continente americano.

En nuestra región y en el mundo nos preguntábamos cómo utilizar eficientemente el transporte automotor. Ése era el desafío.

Nuestro país, y todo el continente, abrazaron al automotor y tardaron tres décadas en generar un sistema de transporte carretero, que poco a poco fue ocupando el centro de gravedad en la materia, por su flexibilidad y libertad, y por las rigideces que presentaban otros modos de transporte.

El Tercer Congreso de Vialidad, en 1937, marca simbólicamente la inauguración del camino entre Buenos Aires y Córdoba, y muy especialmente la definición de una red que se construiría a lo largo de las décadas posteriores.

Pero el desarrollo tecnológico posterior a la II Guerra Mundial obligó a profundizar los estudios, los intercambios tecnológicos, y a encontrar experiencias que ayudaron a cada uno de nuestros países a no perder esa carrera de tecnología.

Esos fueron los temas centrales de nuestros

Congresos en las primeras décadas.

El sistema de transporte carretero en la Argentina y en toda la región se transformó en el sistema de apoyo de la economía y la comunicación de los pueblos.

Pero surgieron nuevos desafíos. Por ello el lema de este Congreso, **“LOS DESAFÍOS DEL SISTEMA DE TRANSPORTE FRENTE AL CRECIMIENTO”**, resume esta nueva situación.

Es que junto al crecimiento económico de la década y al incremento del parque automotor en el país, surgen nuevos desafíos para el sector, impensados hace algunos años, pero que exigen mayor rigor en la elección de las obras, mejores plazos de ejecución y mayor calidad de las mismas.

El desarrollo de la economía global acaecido en las últimas tres décadas ha puesto al sistema de transporte en una posición decisiva para participar eficazmente de ella.

Hoy es necesario producir más, aumentando la capacidad de consumo y exportación, pero con calidad y disminución de costos.

Pero no sólo en el caso del comercio internacional es que el sistema de transporte adquiere una posición decisiva para los países.

Por un lado, cobra importancia en la integración de pueblos y regiones, cuya cohesión territorial y social estará dada por las posibilidades de comunicación de forma tal de completar no sólo las integraciones territoriales nacionales, sino también una integración continental con los enormes beneficios que ello implica.

Por otra parte, el proceso de urbanización del país tomó en las últimas cuatro décadas una tendencia creciente, siguiendo un proceso mundial, pero con más intensidad que en otras regiones del planeta.

Enormes suburbanizaciones, y la dificultad de planear trabajo y vivienda en una determinada área, implican grandes desplazamientos de personas que requieren un sistema de transporte eficaz, y a su vez sistemas de abastecimiento de las grandes urbes.

En el caso particular de nuestra región, el crecimiento del comercio, la integración territorial, la urbanización y el desplazamiento de personas y mercaderías, son comunes a muchas de las naciones del continente, y plantean por ello un desafío especial al sistema de transporte.

En consecuencia, la mejora en la operación y en la infraestructura del transporte serán decisivos a la hora de analizar el crecimiento de las economías y de sus pueblos.

Creemos que con la ejecución, el aprendizaje derivado de los problemas generados por la enorme inversión de los últimos años, y la resolución de los requerimientos de la sociedad, estamos en condiciones de encarar una nueva década de alta inversión. Con una planificación acotada, que tenga en cuenta no solo la búsqueda de rentabilidad económica y social a corto y mediano plazo, sino también la capacidad empresarial, los recursos financieros, las técnicas constructivas, la provisión de insumos, y las mejores soluciones técnicas posibles para cada requerimiento, podremos resolver los problemas concretos planteados por la sociedad.

Y para ello no solo debemos planear obras, sino un sistema de financiamiento y planificación que tienda a homogeneizar los criterios de ejecución, en todos los estamentos del sistema, desde los caminos de tierra a los accesos a conglomerados urbanos y puertos de circulación de mercaderías.

La complementariedad con el modo ferroviario será importante, así como con el fluvial, pero tenemos que continuar e incrementar los niveles de inversión en todo el sistema.

En este evento, continuando con nuestros Congresos de los últimos 30 años, vamos a plantear la experiencia de una década de alta inversión en infraestructura, los nuevos

desafíos que el crecimiento nos plantea a todo el sistema de transporte, un repaso de proyectos en la región y el mundo, y una discusión sobre distintos aspectos que este mundo convulsionado nos presenta.

En ese sentido, debemos destacar la realización de dos Seminarios Intensivos previos al inicio formal de este Congreso. En conjunto con la **Comisión Permanente del Asfalto de Argentina** y la **Asociación Uruguaya de Caminos**; hemos programado un Seminario de "Diseño de Mezclas Asfálticas en Caliente en los Inicios del siglo XXI".

Por su parte, la **Asociación Argentina de Carreteras** y la **International Road Federation** han programado el Seminario "Medio Ambiente y Cambio Climático. Impactos en el Transporte por Carretera".

Ambos temas están incluidos en un proceso activo de transferencia tecnológica, que este Congreso aspira a cubrir.

Pero también, sesionando en conjunto en cinco salas, desarrollaremos una amplia temática que incluye el diseño de un transporte más racional y un sistema técnico que avale dicho desarrollo.



Debemos también destacar la realización en este ámbito de la **XXXVII Reunión del Asfalto**, continuando una tarea iniciada por la **Comisión Permanente del Asfalto** hace más de 65 años y la realización de un Seminario Internacional de Pavimentos de Hormigón.

Junto a ellos, se llevará a cabo el **IX Congreso Internacional de ITS**, que tratará importantes temas sobre desarrollos tecnológicos que mejoran el uso de la infraestructura, e importantes discusiones sobre la movilidad urbana y la interoperabilidad.

Siguiendo con el alto esquema de participación, desarrollaremos en las distintas sesiones la exposición de más de 150 trabajos seleccionados entre los presentados al Congreso, elaborados por profesionales de la Argentina y la región.

Junto a estos temas, que generarán una sinergia en el pensamiento técnico de los profesionales del sector, nos dedicaremos a plantear otro conjunto de temas que se inscriben en esa mejora de nuestros sistemas. Por una parte, trataremos intensamente el tema de la Seguridad Vial, para plantearnos la respuesta en los hechos concretos frente al Decenio de la Seguridad Vial programada por la Organización Naciones Unidas; y también el grado de avance en la generación del Observatorio Iberoamericano de Seguridad Vial.

Un tema común a toda la región, la incorporación masiva de la motocicleta, será tratado en una Mesa Redonda desde diversas ópticas: transporte, salud pública, economía, etc.

Pero también aspectos que tienen que ver con el grado de avance y planeamiento de la necesaria mejora estratégica de la infraestructura, junto al indispensable desarrollo de

Auditorías e Inspecciones de Seguridad Vial, aprovechando la experiencia internacional y su posible aplicación a la realidad argentina.

Asimismo, trataremos temas vinculados a la importancia del señalamiento en la Seguridad Vial, la complementación de las políticas de Seguridad Vial con el correcto desarrollo de la gestión de faltas, y un tema de creciente importancia, que es el desarrollo de conducción en los ancianos: una nueva problemática en algunas ciudades del país.

En esta visión integral de la Seguridad Vial, analizaremos el Uso de Dispositivos de Seguridad en el Proceso de Construcción y Conservación de Rutas, un tema que frente a la enorme cantidad de obras en los últimos años, determina la necesidad de profundizar su estudio.

El análisis de los desafíos de la Vialidad Argentina será encarado tanto desde la visión de la entidad rectora de la Vialidad Argentina, la Dirección Nacional de Vialidad, conmemorando sus primeros 80 años de vida, así como desde la perspectiva del desarrollo vial de las provincias argentinas a cargo del Consejo Vial Provincial, y una visión de la importancia de la infraestructura y el desarrollo en la Provincia de Córdoba.

También volveremos a plantear en una mesa redonda la importancia del desarrollo de una política activa sobre los caminos rurales, analizando los problemas, los costos y los beneficios de encarar una política estable que ayude a los productores a mejorar sus costos de transporte.

En este análisis de los desafíos de la Vialidad, y frente a los problemas vinculados a la capacidad de los caminos, merece destacarse la presentación del **Nuevo Manual de**

Capacidad de la AASTHO, que nos ilustrará para decidir las ampliaciones necesarias, donde el tránsito presente y futuro lo determinen.

Nos parece muy importante la presentación de diferentes experiencias de proyectos en marcha, tales como la Autopista Madden Colón, en Panamá; la carretera Santa Bárbara Quiquibey, en Bolivia; la construcción del Tramo Este del anillo de circunvalación de San Pablo; y en ese mismo estado del Brasil, la influencia de las concesiones en el desarrollo de dicho Estado.

También la importancia de revisar la experiencia técnica que la República de Chile ha desarrollado luego de los últimos terremotos.

Y, junto a la transmisión de experiencia y nuevos proyectos, desarrollaremos una sesión especial: construcción de túneles. Con la presentación de dos proyectos de importancia en el cruce de los Andes; el Túnel Binacional de Baja Altura y el Túnel de Agua Negra; así como la experiencia del Túnel de Base de Koralm, en Austria, de 39 km de longitud. También estudiaremos el desarrollo de los túneles de los subterráneos de Buenos Aires y los nuevos desafíos en excavaciones mecanizadas en túneles.

Diversas conferencias tratarán la importancia del sistema de transporte en presentaciones sobre la logística y accesibilidad a los puertos (del caso italiano a la problemática argentina), así como también las tendencias mundiales en la predicción de la demanda de cargas, aplicadas al caso argentino, y las tendencias en la logística moderna del transporte de cargas. Junto a ello, la introducción de bitrenes en Australia y una mesa redonda sobre las experiencias, problemas y posibilidades en el mediano plazo para nuestro país.

Pero así como mencionamos el tema del transporte urbano y suburbano, el tema de las aplicaciones de nuevas infraestructuras y tecnologías como instrumentos para implementar la política suiza de transportes, nos permitirá conocer una metodología muy interesante en esta materia.

Asimismo, la implementación de una estrategia de transporte en la ciudad de Leeds (de 3 millones de habitantes) y las posibles implicaciones para las ciudades de América Latina, son temas a desarrollar como experiencias positivas en ciudades de mediano tamaño alrededor del mundo.

También nos abocaremos a la presentación de un conjunto de experiencias desarrolladas en Argentina, entre las que se destaca el Metrotranvía de la ciudad de Mendoza, que nos darán luz sobre las experiencias concretas y los proyectos en vías de desarrollo.

Como he mencionado, los organizadores hemos preparado un programa sobre los diferentes temas que afectan al transporte y a la infraestructura desde diversos ángulos, que permitirán compartir experiencias,

aprender de proyectos en marcha y generar no sólo la continuación de políticas de inversión, sino también nuevas acciones hacia la modificación sustancial del sistema de transporte, aprendiendo de la situación del mundo, adaptándola a nuestra realidad para consolidar este proceso de cambio.

Quiero, antes de terminar, agradecer a los organizadores, la **Dirección Nacional de Vialidad**, el **Consejo Vial Federal**, la **Provincia de Córdoba**, que junto con nuestra **Asociación** y la **Comisión Permanente del Asfalto**, el **Instituto del Cemento Portland** e **ITS de Argentina** han hecho un gran esfuerzo en la preparación de este amplio programa.

Quiero además agradecer al Ing. Edgardo Masciarelli, impulsor de nuestra presencia en Córdoba, dado que fue él quien con su entusiasmo, conocimiento del sector vial y respaldo académico, posibilitó que se concretaran los contactos necesarios para desarrollar este evento. Está pasando por un momento delicado y le deseamos una pronta recuperación.

También agradecemos a las empresas y entidades que participan como sponsors del Congreso y a quienes participan de la Expo-vial Argentina 2012. Su apoyo que implica no sólo mostrar los avances y las realizaciones de organismos y empresas, sino también un compromiso con el país y con este Congreso, que, desde 1922, se ha parado mirando al futuro, buscando respuestas y ayudando a desarrollar un sistema que hoy enfrenta nuevos desafíos.

Que este Congreso sea un éxito dependerá no solo de vuestra participación activa, sino de que las ideas que surjan en este ámbito nos ayuden a enfrentar nuevos desafíos y se conviertan en una herramienta de cambio en todas los países de la región, reflejadas en un sistema de transporte más eficiente, al servicio de la economía nacional y del bienestar de nuestros pueblos.

Muchas gracias y feliz Congreso. ♦





7^{ma} EXPOVIAL ARGENTINA

22 al 26 de OCTUBRE 2012

COMPLEJO FERIA CORDOBA - CIUDAD DE CORDOBA - ARGENTINA

INAUGURACIÓN EXPOVIAL



La 7^{ma} Expovial Argentina 2012 contó en esta oportunidad con un espacio cubierto de 7.000m² y un espacio al aire libre de aproximadamente 6.000m². En total, 62 expositores, entre organismos oficiales y empresas, expusieron **productos, servicios y proyectos** que constituyen la **avanzada en materia vial y de transporte**. Además, hubo un importante apoyo mediante el aporte de diversos sponsors. A todos ellos, el especial agradecimiento del Comité Organizador.

PREMIUM SPONSOR



INSTITUTO DEL CEMENTO
PORTLAND ARGENTINO



MAYOR SPONSOR



SPONSOR



JUNIOR SPONSOR



EXPOSITORES

- 3M
- AATES - Asociación Argentina de Túneles y Espacios Subterráneos
- ADMINISTRACIÓN DE VIALIDAD PROVINCIAL DE CHUBUT
- ADMINISTRACIÓN PROVINCIAL DE VIALIDAD DE LA RIOJA
- ALEIN INTERNATIONAL S.A.
- AMERICAN TRAFFIC S.A.
- ASTEC INC - CPI S.A.
- AUTOTROL
- AVERY DENNISON
- BECHA S.A.
- BM SEÑALIZACIONES S.A.
- CADECI
- CONSEJO VIAL FEDERAL
- CONSTRUCTION EXPO 2013 - Feria Internacional de Edificaciones y Obras de Infraestructura
- CORIPA S.A.
- COR-VIAL.
- COVEMA S.A.C.I.F.
- CRAFTCO INC.
- CRISTACOL S.A.
- DATEC - DISEÑOS DE ALTA TECNOLOGÍA S.R.L.
- DIRECCIÓN GENERAL DE ADMINISTRACIÓN DE INFRACCIONES
- SUBSECRETARÍA DE JUSTICIA DEL GOBIERNO DE LA CIUDAD DE BS. AS.
- DIRECCIÓN PROVINCIAL DE VIALIDAD DE CÓRDOBA - ASOCIACIÓN DE CONSORCIOS CAMINEROS
- DIRECCIÓN PROVINCIAL DE VIALIDAD DE SAN JUAN
- DIRECCIÓN PROVINCIAL DE VIALIDAD DE TIERRA DEL FUEGO
- ELECTROINGENIERÍA S.A.
- EMPRESA METALÚRGICA COLÓN ENTRE RÍOS S.A.
- ERLING - INGENIERÍA DE CAMINOS
- EVONIK - CRISTACOL S.A.
- GEOSISTEMAS S.R.L.
- GLASS BEADS S.A. - SOVITEC
- HEELT S.R.L.
- HIDROGRUBERT
- ICPA
- IMPEX ARGENTINA S.R.L.
- INDRA
- INDUMIX
- ITYAC - VECTRA
- IVECO ARGENTINA S.A.
- MACCAFERRI DE ARGENTINA S.A.
- MOBA MOBILE AUTOMATION AG.
- PAUNY S.A.
- PETROBRAS ARGENTINA S.A.
- PETROQUÍMICA PANAMERICANA S.A.
- POLYDEM S.A.
- REPAS S.A.
- REVISTA VIAL
- ROLCI S.A. HOFFMAN
- ROVELLA CARRANZA S.A.
- RUNCO S.A.
- SCANIA ARGENTINA S.A.
- SERVICE VIAL S.A.
- SIPROMA - DYNATEST
- TECNUS S.R.L.
- TERTU
- TOTAL ESPECIALIDADES ARGENTINA S.A.
- TRINITY - NORMAR S.R.L.
- VAWA S.A.C.I.C.I.
- WINFAS S.A.
- YPF S.A.
- ZANELLO

REPORTAJES



Jacobo Díaz Pineda

Jacobo Díaz Pineda (Presidente del Instituto Vial Iberoamericano-IVIA)

Revista Carreteras: ¿Cuáles son las conferencias con las que está presente en este Congreso?

Díaz Pineda: Son dos presentaciones. En una cuento un poco la experiencia europea en una directiva de seguridad vial que incorpora cuatro metodologías que nos parecen interesantes para aplicar en todo tipo de redes de carreteras, desde el momento de la planificación hasta la puesta en servicio. Y en la segunda intento transmitir un poco qué cosas puede aportar la infraestructura para reducir de manera sostenible los accidentes de tránsito.

Revista Carreteras: ¿Qué considera más útil para evitar accidentes en el país?

Díaz Pineda: Hay elementos básicos que funcionan en todas partes del mundo. Luchar contra el alcohol, la utilización del cinturón y el casco, y el control de la velocidad son elementos que funcionan.

Escudarse en que la idiosincrasia de un país va a hacer que no funcione o que la cultura es distinta, son meras excusas, lo han demostrado muchos países al bajar sus registros de accidentes. Hay que trabajar en los factores clave y en la infraestructura. Y, como previamente mencionaba, hay cuatro directivas europeas de las cuales yo considero que dos son las más importantes. Una es la aplicación de auditorías de seguridad vial para carreteras nuevas. Todos los bancos multilaterales que están financiando obras en la región están obligando a hacer estas auditorías. Considero que el elemento clave es la inspección y la mejora de la seguridad vial en carreteras en servicio. No tiene mucho sentido trabajar de manera sistemática sobre redes nuevas y dejar como está el trazado en la mayoría de las redes que están funcionando desde hace muchísimos años. Lo que está experimentando el mundo es que la repavimentación exclusiva de un camino puede provocar, si no hay cambios, un aumento de los accidentes. Hay que trabajar de manera seria y analizar qué es lo que va a pasar con los cambios que se producirán con esa modificación a partir de la puesta en servicio.

Hoy el 40% de los accidentes son por salida de vía. La obsesión de cualquier gestor de tránsito es reducir los accidentes en las salidas de vía. Y ahí hay claves muy simples, por ejemplo, mejorar la visibilidad, retirar obstáculos, y, si no puedes retirarlos, protegerlos con algún tipo de contención, solucionando así una gran parte del problema.

Para poner otro ejemplo, no todas las intersecciones funcionan bien. Entonces habrá que analizar cuáles son las que funcionan bien en un país y sistematizarlas en su aplicación. Trabajando de manera seria, se puede.

La problemática de los accidentes en las zonas urbanas con usuarios vulnerables ha demostrado que las experiencias europeas no alcanzan, y habría que enfocarse, quizás, en países de Asia. ♦





Lic. Verónica Raffo

Reportaje a la Lic. Verónica Raffo

(Especialista Senior en Infraestructura del Banco Mundial)

Revista Carreteras: El problema del tránsito es un problema global, por cuanto ocurren accidentes en los países más avanzados y en el tercer mundo. El Banco Mundial ha tenido esto en cuenta. ¿Cuáles son las políticas que han lanzado desde este organismo multinacional?

Raffo: Cabe destacar que la mayor cantidad de siniestralidades viales, y las de mayor importancia ocurren en los países en vías de desarrollo, de bajos y medios ingresos. Los países de bajos y de altos ingresos han demostrado en los últimos veinte años que se puede trabajar en este tema con muy buenos resultados; han mostrado el camino que hay que seguir para disminuir esta siniestralidad. Hoy los países de altos ingresos tienen cinco muertos cada cien mil habitantes, mientras que los países de Latinoamérica y África tienen más de veinte. Desde el Banco y otros Bancos multilaterales estamos trabajando fuerte en una iniciativa conjunta de seguridad vial para cada región, por ejemplo, en Latinoamérica con la siniestralidad en zonas urbanas, el tema de las motocicletas, usuarios vulnerables como peatones y ciclistas.

Otro tema muy importante es el tema de la institucionalidad. Necesitamos agencias fuertes. Argentina es un muy buen ejemplo de esto, con la Agencia Nacional de Seguridad Vial, con un fuerte liderazgo, coordinación multisectorial para obtener resultados, recolección y análisis de datos para generar un cambio, trabajando mucho con la sociedad civil en concientización y educación. Porque el cambio se genera entre todos, dado que esto es una responsabilidad compartida. Necesitamos vehículos más seguros, conductores más responsables, instituciones más fuertes, con agencias líderes que coordinen y estén al frente de programas más efectivos. En fin, es un trabajo de múltiples dimensiones, que involucra gobiernos, sociedades civiles, y otros organismos de desarrollo, como la CAF y el BID, para poder alcanzar así los objetivos que han planteado las Naciones Unidas para el 2020: una reducción del 50% de fatalidades en siniestros viales.

Revista Carreteras: ¿Se debe crear un terreno fértil para que las agencias sean un vehículo de aplicación concreta de las políticas adoptadas por el Banco Mundial?

Raffo: Mientras que no haya una institucionalidad fuerte que pueda coordinar las acciones de las vialidades, los ministerios de salud y educación, el accionar de la policía, la creación de licencias de conducir unificadas, registro de infractores unificados, sobre todo en Argentina, que es un país federal con complejidad de jurisdicciones, es menester coordinar todas esas acciones a nivel multijurisdiccional y multisectorial y para eso se necesita una institución fuerte que lidere la agenda, diseñe metas específicas, pueda monitorear el impacto de las diferentes políticas que se van aplicando y ver qué efecto causan en la disminución de siniestralidad y muertes. Que trabajen muy de cerca con la sociedad civil y el sector privado para hacer realidad esta responsabilidad compartida, si queremos salvar estas vidas que nos hemos comprometido a salvar, tenemos que trabajar con compromiso y compartir esta responsabilidad.





Michael Dreznes

Michael Dreznes (Vicepresidente de la International Road Federation)

Revista Carreteras: ¿Cuál es su aporte a este Congreso como miembro de la IRF ?

Dreznes: La contribución de la IRF es poner a la gente al tanto de lo que son las nuevas tecnologías y mejoras prácticas de la seguridad vial. Además, se hace hincapié en la necesidad de que los países tengan normativas de desempeño de los productos. Transitando por los caminos de Latinoamérica he visto que los países quedaron congelados en los años '70. Pero no creo que esto sea mala voluntad sino falta de conocimiento de lo que se podría hacer en lugar de lo que se está haciendo, dado que, como decía mi padre, "hay que tener conocimiento, pero también prudencia para saber qué hacer con ese conocimiento".

En Argentina hay cinco mil muertes por año y, si bien no se pueden prevenir todas, habría que focalizarse en aquellas a las que denomino muertes innecesarias. Recordemos que el tránsito tiene tres patas: conductor, vehículo y camino. Si una de estas tres falla, falla el tránsito.

Además, debemos contar con las cuatro "E" (por sus iniciales en inglés), que son: Education (enseñar cómo conducir, utilizar el cinturón de seguridad, etc); Engeneering (ingeniería del camino); Enforcement (que la Policía esté al tanto de lo que ocurre en el camino) y Emergency Services (servicios de emergencia en caso de accidentes).

Revista Carreteras: ¿Cómo hacemos para que cada país tenga su propia norma, inspirándose en otros países para obtener el beneficio propio?

Dreznes: Lo más importante es que el producto funcione. Independientemente de si la norma es europea o americana, debe cumplir la función para la cual está pensada. Lamentablemente, en esta industria alguien tiene que morir para que tomemos conciencia, y a veces tiene que ser alguien famoso para que se tomen medidas. Una vez escuché al Ministro de Transporte de Sudáfrica decir que usualmente son los vivos los que cierran los ojos de los muertos, pero aquí son los muertos los que les abren los ojos a los vivos, a raíz de la muerte de la nieta de Nelson Mandela.



Lic. Felipe Rodríguez Laguens

Reportaje al Lic. Felipe Rodríguez Laguens

(Director Ejecutivo de la Agencia Nacional de Seguridad Vial del Ministerio de Interior de la Nación)

Revista Carreteras: ¿Cómo se está desarrollando el diseño de la seguridad y qué acciones está llevando adelante la Agencia Nacional de Seguridad Vial?

Rodríguez Laguens: Cumpliendo con los pilares de este diseño, como están fijados a partir de haberle dado institucionalidad a este tema, el plan ya estaba establecido antes de que se lance el diseño que fue propiciado por la Presidenta de la Nación, que en el año 2008 mandó al Congreso un proyecto de ley que crea la Agencia Nacional de Seguridad Vial, dotándola de los recursos necesarios. Como dice el Ministro Randazzo, la Agencia es educación, prevención, control y sanción.

Aquí se trata de salvar vidas y, como surgió de este importante Congreso, creemos que el camino es la educación. Por eso estamos trabajando con la educación primaria transversal, llegando a todos los colegios del país. Hace poco, el Ministro Randazzo presentó el material que va a ser distribuido a todos los alumnos de cuarto y quinto año de secundaria del país, el cual va a ser previo a la entrega de su primera licencia, para intentar cambiar esta cultura donde el argentino muchas veces tiene más miedo de recibir una multa que de perder la vida en un accidente de tránsito. Esto se logra con control y sanción, y para los que no recibimos esta educación de chiquitos, el control y la percepción del control la mejoran.

Revista Carreteras: ¿Cuál es su percepción en esto de alfabetizar a los grandes?

Rodríguez Laguens: Hay una leve mejora. Tuvimos un gran impacto desde la creación de la Agencia, con mejoras en la conducta y baja de los índices negativos en materia de seguridad vial. Ahora se han estabilizado. Tenemos que profundizar las políticas. Año a año vamos mejorando, no desde el punto de vista cuantitativo, en cuestión al número de víctimas, sino cualitativamente en el análisis de los indicadores. A pesar de que aún nos falta mucho, se utiliza más el cinturón de seguridad, más gente se pone el casco antes de subirse a la moto, se ha reducido la velocidad promedio en las rutas a partir del Plan Nacional de Control de Velocidad, y esa mejora de indicadores influye directamente en la cantidad de víctimas. En esto tenemos datos favorables, pero nunca hay que bajar los brazos y, como siempre decimos, esto es un camino de muchos kilómetros por delante.



Ing. Rolando Baldasso

PALABRAS DEL MINISTRO DE INFRAESTRUCTURA Y ENERGÍA DE LA PROVINCIA DE MENDOZA, Ing. ROLANDO BALDASSO

Revista Carreteras: Sr. Ministro, cuéntenos un poco los planes de desarrollo del metro-tranvía de Mendoza.

Baldasso: Sí, hemos presentado una obra que es innovadora, un metro-tranvía que une las principales localidades de la Ciudad de Mendoza. El proyecto ya está funcionando. Es un transporte único en su tipo en Argentina. Con una frecuencia de veinte minutos, este servicio tiene once duplas, con una proyección para llevar hasta mil cuatrocientos pasajeros por hora. Ya hemos presentado al resto de la Argentina cuáles son las siguientes etapas y cuáles fueron las tecnologías que utilizamos. Estamos muy orgullosos de mostrarles a los argentinos cómo hemos podido dar este salto tecnológico.

La provincia también está avanzando en obras viales de importancia. Se está pensando en resolver con una doble vía la ruta hacia San Juan, donde hubo muchos accidentes. En el curso de estos meses, junto con Vialidad Nacional, vamos a estar llamando a concurso para vincular de manera más segura estos ochenta kilómetros.

También hay otra gran obra a desarrollar, que es la tercera trocha, y un ensanche del acceso sur en los primeros dieciocho kilómetros del camino Mendoza - Luján de Cuyo, donde hay problemas muy serios de congestión y accidentes cotidianos. La provincia va a tomar un préstamo con el Fondo Fiduciario Federal de Infraestructura Regional para financiar estas obras.



Agr. Diego Mazzitelli

PALABRAS DEL AGRIMENSOR DIEGO F. MAZZITELLI (Jefe de la División Relevamientos de la Dirección Nacional de Vialidad)

Revista Carreteras: ¿En qué consiste este sistema de información geográfica de la Dirección Nacional de Vialidad que estuvieron exponiendo?

Mazzitelli: Toda la información geográfica que se maneja en la Dirección Nacional de Vialidad está subida a la web, con las claves correspondientes. De esta manera, cualquier funcionario tiene a su disposición herramientas para consultar los datos que releva la Gerencia de Planeamiento y realizar los programas de obra desde su oficina sin necesidad de pedir papeles.

Revista Carreteras: Digamos que ustedes son algo así como el Google de Vialidad.

Mazzitelli: Exacto. Tenemos la información que está a disposición de todos los distritos, que anteriormente tenían que consultar por vía telefónica o fax y en este momento lo pueden hacer a través de Internet en un instante.

Revista Carreteras: Esta federalización de la información puede servir para aquellas obras interjurisdiccionales que, a veces, por cuestiones de competencia, no se realizan, y quizás conociendo el tema geográficamente haya una visión política más neutral y más concreta en cuestión de necesidad de obras.

Mazzitelli: Lo que venimos a exponer en este Congreso es la infraestructura de datos espaciales con que contamos. Todas las reparticiones viales, nacionales y provinciales,

se van a poder conectar, con la posibilidad de tomar la información de Vialidad. Nosotros también vamos a poder tomar la información de esas reparticiones y, en conjunto, elaborar los planes necesarios para explotar eficientemente todos los datos y no generar duplicación de esfuerzos.

Revista Carreteras: Además de la demanda para que haya políticas de fondo, estamos frente a una administración que se caracteriza por darle relevancia a la obra pública y por haber brindado un presupuesto formidable para obras. Esto brinda la posibilidad de ir en búsqueda de un presupuesto con un sustento importante en función de información objetiva.

Mazzitelli: Esto permite optimizar cualquier tipo de obra, porque al tener todos los datos disponibles, el recurso se utiliza de forma coherente y eficiente. El Ing. Periotti ha sido un entusiasta propulsor de este sistema, porque la interconexión provincial que surge de esta información y de otras reparticiones, como podrían ser las hídricas, gasíferas o de energía, genera un panorama que permite la optimización de la información y de los recursos. Con el paso que estamos dando, Vialidad Nacional va a estar, en este tema, en la avanzada técnica de América.

Reportajes realizados durante el Congreso por el Dr. Alejandro Tancredi

En próximas ediciones publicaremos otras entrevistas ♦



Sr. Enrique Romero

Director del
Instituto del Cemento
Portland Argentino

VISIÓN DE ICPA sobre el XVI Congreso Argentino de Vialidad y Tránsito

Desde el Instituto del Cemento Portland Argentino celebramos la realización del XVI Congreso Argentino de Vialidad y Tránsito.

Este significativo evento, que tuvo lugar del 22 al 26 octubre en la Ciudad de Córdoba, logró el objetivo de ser un punto de encuentro para los distintos actores del sector vial y brindó una excelente oportunidad para el intercambio de experiencias y conocimientos entre profesionales, técnicos y funcionarios, en un ambiente de cordialidad y camaradería.

Consideramos que congresos como éste son altamente positivos y fortalecen el desarrollo de la vialidad en nuestro país, ya que la demanda de obras de infraestructura debe ser acompañada por capacitación, transferencia tecnológica e innovación permanente.

En particular, destacamos la importante participación que tuvo el Seminario Internacional de Pavimentos de Hormigón, que el **ICPA** organizó como parte del programa académico, que contó con más de 200 asistentes promedio a cada una de las sesiones que lo conformaron.

Durante este encuentro, nueve destacados especialistas internacionales de Estados Unidos, Alemania, Colombia, Brasil y Argentina disertaron sobre los últimos avances en diseño, construcción y conservación de los pavimentos de hormigón, complementando así el rico temario de ponencias que el **XVI Congreso Argentino de Vialidad y Tránsito** presentó.

Para el **Instituto del Cemento Portland Argentino**, la satisfactoria realización de este Seminario no hace más que reforzar nuestros objetivos de promover el mejor uso del cemento y el hormigón a través de la transferencia de conocimientos y la divulgación de nuevas tecnologías para sus diversas aplicaciones.

Por este medio, hacemos llegar nuestras felicitaciones a todos aquellos que han sido parte de la organización, por el exitoso desarrollo de este **XVI Congreso Argentino de Vialidad y Tránsito**. Confiamos que el futuro encuentre nuevamente trabajando juntos, en busca de resolver los desafíos que el desarrollo social y económico del país le demanden al sector vial argentino. ♦





Ing. Daniel G.
Russomanno, MBA

Presidente de
ITS Argentina

VISIÓN DE ITS ARGENTINA

Tal como ocurriera en el encuentro de Mar del Plata en el año 2009, el **XVI Congreso Argentino de Vialidad y Tránsito** y el **IX Congreso Internacional de ITS** superaron ampliamente las expectativas. Esta vez con la grata compañía de la XXXVII Reunión del Asfalto y el Seminario Internacional de Pavimentos de Hormigón. Vale decir que fue un punto de encuentro de los principales referentes del área vial en todas sus líneas. Desde los tomadores de decisión gerencial y política, hasta los ejecutores de la mínima actividad que, no por ser la menor, es menos importante; siguiendo por los conocedores de los temas básicos del camino hasta los expertos en temas más complejos de tecnología inteligente; desde los planificadores, integradores, consultores y constructores, hasta los necesarios impulsores sociales de la actividad en todas sus formas.

Es decir que este Congreso logró una articulación vertical, horizontal y transversal en la promoción de ingeniería **“Por Más y Mejores Caminos”**, como siempre pregonaba la Asociación Argentina de Carreteras, líder de este proceso. La inclusión, por segunda vez, de los Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS) fue una decisión estratégica y, valga la redundancia, inteligente, para concientizar y promover la tecnología de la informática y las telecomunicaciones en la infraestructura vial y de transporte.

Específicamente, respecto del **IX Congreso de ITS**, cabe destacar que hemos logrado un éxito sin precedentes, no sólo por la cantidad de congresistas, sino por la calidad de las disertaciones, que ayudan a concientizar aún más a los sectores empresariales y políticos para que acompañen masivamente este tipo de iniciativas tecnológicas que, con mucho esfuerzo, realiza la Asociación Civil ITS Argentina.

En el evento, se realizó también la **Reunión Panamericana de Asociaciones ITS de América (PAITS)**, con la presencia de representantes de varios países latinoamericanos, que debatieron temas diversos del sector, entre los que se destacaron el trabajo conjunto y los próximos desafíos.

Excelentes resultaron las disertaciones sobre la importancia de la implementación de ITS's en los BRT's (Carriles Exclusivos para Buses de Tránsito Rápido), en las carreteras, en las ciudades y en mega eventos sociales y deportivos. Se destacó también la importancia de la planificación, seguimiento, análisis y retroalimentación de los resultados de la implementación de estos sistemas para lograr procesos de mejora continua y de aseguramiento de la calidad, a través de eficaces indicadores, análisis de riesgos y escenarios, y capacitación. Impecables muestras de efectividad de los ITS resultaron visibles en las exposiciones sobre los Centros de Control de Tránsito en distintas ciudades.

También se destacaron las disertaciones, incluidas en la agenda ITS, sobre los procesos de confección de normas de calidad en el Comité ITS, su uso imprescindible en túneles, telecomunicaciones, sensores inalámbricos y sistemas antihielo.

Por otra parte, se puso en práctica un creativo e innovador sistema de debate tecnológico, que tuvo un resonante éxito por la calidad de los disertantes; los temas de “Centros de Gestión de la Movilidad” y de “Interoperabilidad de los sistemas ITS” fueron ampliamente abordados con respuestas a una multitud de preguntas de distinto tipo a 15 expertos durante más de 2 horas.

Cabe destacar dos de las conclusiones arribadas: la necesidad de darle un marco legal al proceso de interoperatividad en todas sus formas y la de contar con Centros Integrales de Movilidad desde donde se diagnostique, planifique, diseñe, controle y se haga prospectiva para mejorar el bienestar de las personas. Asimismo, es dable mencionar la calidad de los trabajos técnicos presentados, que superaron en número y calidad a los del pasado Congreso.

“Solus, nemo plene efficax potest”, es decir que nadie puede ser completamente eficaz si trabaja solo, por lo que **el secreto del éxito obtenido fue el mentado trabajo en equipo**. Y dado que uno de los valores que considero deben tener las personas es, justamente ése, el trabajo en equipo: **si hubiera fracasado el equipo, hubiéramos sido derrotados todos como individuos.** ♦



Ing. Alejandro Tagle

Presidente de la
Comisión Permanente
del Asfalto

VISIÓN DE LA COMISIÓN PERMANENTE DEL ASFALTO - CPA

Este **Congreso de Vialidad y Tránsito** hizo posible la generación de un ambiente propicio de cordialidad y camaradería para que, una vez más, nuestra tradicional **Reunión del Asfalto** lograra el encuentro de funcionarios, investigadores, consultores, constructores, docentes, alumnos, y técnicos de diversos ámbitos del sector vial, de todo el país y del extranjero, que llegaron hasta la Ciudad de Córdoba para intercambiar sus conocimientos y experiencias en trabajos y estudios relacionados con el asfalto.

Es así como estos congresos fortalecen el desarrollo de la vialidad en nuestro país, ya que la construcción de nuevos caminos y el mantenimiento de los ya existentes deben ser acompañados, para ser exitosos, por capacitación, transferencia tecnológica e innovación permanente.

Por eso es necesario tomar conciencia de la importancia de lograr la participación e intercambio de opiniones y experiencias en estas reuniones, entre el personal de las Vialidades Nacional y Provinciales, empresas privadas y universidades.

Vale destacar que el día lunes, previo al inicio formal de esta **XXXVII Reunión**, en recuerdo del que fuera destacado Presidente de la Comisión Permanente del Asfalto, nuestro querido Ing. Félix Lilli, se realizó el Seminario sobre "Diseño de Mezclas Asfálticas en Caliente en los Inicios del Siglo XXI". Participaron una buena cantidad de asistentes y reconocidos disertantes, profesionales de Argentina, Estados Unidos y Francia.

Durante la reunión, el área de pavimentos evaluó 45 trabajos técnicos. Contó con una excelente selección, que incluyó el tratamiento de los principales temas del momento: durabilidad y preservación de pavimentos asfálticos, mezclas asfálticas tibias, reciclados, ensayos de predicción de comportamiento de mezclas en servicio, mezclas especiales para carpetas de rodamiento, nuevos avances en los métodos de diseño de pavimentos, que fueron tratados en conferencias especiales por destacados profesionales de Inglaterra, España, Estados Unidos, Brasil, Chile y, por cierto, también de la Argentina.

Nuestra CPA instituyó un Premio Especial para destacar el mejor de los trabajos técnicos presentados en la XXXVII Reunión, y resultó seleccionado por unanimidad de nuestro Jurado Académico, el trabajo "Modelo Mecanicista Empírico para Análisis de Pavimentos Flexibles desarrollado en Argentina", cuyos autores son Oscar Giovanon y Marta Pagola, de la Universidad Nacional de Rosario. Resultó por lo tanto un gran orgullo para nosotros que esta misma presentación haya sido también elegida como mejor trabajo de este **XVI Congreso** y haya recibido entonces el primer premio de la Asociación Argentina de Carreteras.

En resumen, para la **Comisión Permanente del Asfalto** los resultados del Congreso son altamente satisfactorios, y esperamos poder seguir trabajando juntos en esta línea, para incentivar la realización y presentación de trabajos, de manera de efectivizar la transferencia de conocimientos y la divulgación de nuevas tecnologías para sus diversas aplicaciones.

Aprovechamos entonces para felicitar por este medio a todos aquellos que han sido parte de la organización, por el exitoso desarrollo de este **XVI Congreso Argentino de Vialidad y Tránsito**. ♦

**Nuestra capacidad de respuesta
se mide en kilómetros.**



Estar cerca de nuestros clientes nos permite garantizarles la mejor capacidad de respuesta, tanto en entrega de producto como en servicio técnico.
La rapidez y la calidad son el compromiso de **Petrobras** y esos valores marcan nuestro camino.

PETROBRAS

PALABRAS DEL ING. JORGE RODRÍGUEZ, PRESIDENTE DEL CONSEJO VIAL FEDERAL (CVF) Y VICEPRESIDENTE DEL XVI CONGRESO ARGENTINO DE VIALIDAD Y TRÁNSITO



El **Ing. Rodríguez** reseñó el enorme nivel de obras viales concretadas en la red caminera entrerriana en los últimos cinco años de gobierno.

La planificación estratégica entre Nación y Provincia, la eficiencia en la gestión de recursos para capacitación y equipamiento público, y la coordinación de trabajos según las prioridades de los vecinos, fueron los rasgos distintivos expuestos por el Ing. Rodríguez en su rol de Director Administrador de la **Dirección Provincial de Vialidad (DPV)**.

Así, Entre Ríos sumó nuevos reconocimientos justamente por el gran avance vial, sin precedentes, en todo su territorio, experimentado en los últimos años.

En ese contexto, Rodríguez, quien fue Vicepresidente del Congreso y coorganizador del mismo junto a la **Asociación Argentina de Carreteras**, resaltó la gestión y planificación entrerriana y, al mismo tiempo, planteó la necesidad de avanzar en nuevos esquemas viales regionales, que incentiven nuevos modos de integración vial entre las provincias.

Destacó que esta integración sin duda redundará en la reducción del costo del transporte y el aumento de la productividad y competitividad a nivel global y sectorial.

Es justamente esa política vial nacional la definida por la coordinación del **Consejo Vial Federal** y la cooperación efectiva de las **Vialidades Provinciales** y de la **Dirección de Vialidad Nacional**, junto con el **Poder Ejecutivo Nacional**.

Por ello es que en el caso de la red nacional se propone priorizar corredores viales que abarquen a más de una provincia.

En el discurso de cierre del Congreso, el titular de la **Dirección Provincial de Vialidad (DPV)** remarcó que el gobierno que conduce Sergio Daniel Urribarri ha tenido un “decidido concepto social y político de la obra pública y ha realizado un extraordinario esfuerzo”.



Remarcó que en los últimos años “se han realizado una enorme cantidad de obras, duplicando en cantidad lo realizado a lo largo de los 50 años de existencia de la DPV entrerriana, gracias al apoyo del **Gobierno Provincial y Nacional**”.

Más adelante, aseguró que “**Vialidad de Entre Ríos** se ha transformado en una eficiente empresa del Estado, que ejecutó más de 100 obras, entre las que se destacan 65 accesos a distintas localidades, cerca de 700 kilómetros de pavimento, y la intervención en alrededor de 3.000 kilómetros de caminos mejorados (ripio, broza, riego químico)”.

Esa labor fue encarada a partir de las definiciones de prioridades y planes de trabajo coordinados, atendiendo acuerdos con los vecinos de los departamen-

tos de la provincia y la capacitación y jerarquización del personal de Vialidad.

Destacó, asimismo, la recuperación de equipamiento en los talleres de Vialidad y la inversión en nuevas maquinarias.

A través de la modalidad mixta de obra por administración y por contrato, se llevó adelante la pavimentación de la Ruta Provincial N°35, de Seguí hasta el kilómetro 30 de la Ruta Nacional N° 18; se ejecuta actualmente la Ruta Provincial N° 23, de Caseros a Pronunciamiento; y la ex Ruta Nacional N° 131, de Oro Verde a Etchevehere, entre otras. Además de los autódromos de Concepción del Uruguay y de La Paz.

En cuanto a los próximos pasos, citó que “ya tenemos elaborados los proyectos para conseguir el 30% que nos

falta para tener nuestra red provincial pavimentada, y realizar más accesos a localidades”.

Al exponer los alcances del **Esquema Director Vial Argentino** (Ediviar), Rodríguez había adelantado que en la próxima década se hará especial hincapié, entre otras cosas, en la mejora de la red vial secundaria y terciaria. ♦



Asociación Argentina
de Carreteras

Buenos Aires, Noviembre de 2012

AGRADECIMIENTOS A DISERTANTES Y MODERADORES

XVI Congreso Argentino de Vialidad y Tránsito

La Asociación Argentina de Carreteras quiere agradecer especialmente a conferencistas e invitados especiales que colaboraron y participaron en las distintas sesiones del XVI Congreso Argentino de Vialidad y Tránsito, del IX Congreso Internacional de ITS, de la XXXVII Reunión de la Comisión Permanente del Asfalto y del Seminario de Pavimentos de Hormigón.

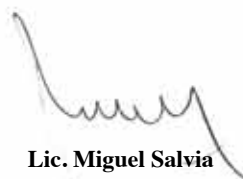
Sin duda el aporte de todos ellos forjó el éxito del Congreso, superando en número a los asistentes de anteriores ediciones, con un total de 1400 congresistas que participaron de las sesiones, la que superó muchas veces la capacidad de nuestros cinco salones en funcionamiento simultáneo.

Estamos muy complacidos con el resultado final tras haber recogido la opinión favorable de nuestros congresistas y convencidos de que este encuentro, así como los anteriores y los que organizaremos en el futuro, funcionan como un puente de transferencia tecnológica y enriquecimiento profesional.

Hemos contado con la destacada presencia de disertantes altamente reconocidos a nivel internacional, representando a 15 países, que aportaron los últimos adelantos en la técnica vial y del transporte, dándole al evento una jerarquía incomparable y renovando nuestro objetivo de trabajar

"POR MÁS Y MEJORES CAMINOS"

Esperamos contar con su presencia y la de los distinguidos expertos que nos acompañaron en nuestro próximo Congreso.



Lic. Miguel Salvia

CONFERENCISTAS

DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EN LOS INICIOS DEL SIGLO XXI

- Arancibia, Marta (Arg.)
- Bolzan, Pablo (Arg.)
- Brousseau, Yves (Francia),
- Huber, Gerard (USA)
- Jair, Mario (Arg.)
- Páramo, Jorge (Arg.)
- Poncino, Hugo (Arg.)

MEDIO AMBIENTE Y CAMBIO CLIMÁTICO. IMPACTOS EN EL TRANSPORTE POR CARRETERA

- Keller, Gordon (USA)
- Pendyala, Ram (USA)

XXXVII REUNIÓN CPA

- Archilla, Adrián (Arg.)
- Brousseau, Yves (Francia)
- Cooper, Andrew (UK)
- Corrigan, Mathew (USA)
- Esquivel, Moisés (Arg.)
- Huber, Gerard (USA)
- Kemp, Joachim (Alemania)
- Leite, Leni (Brasil)
- Moulthrop, James (USA)
- Nicholls, Cliff (UK)
- Potti, Juan José (España)

SEMINARIO HORMIGÓN

- Bustos, Marcelo (Arg.)
- Darter, Michael (USA)
- Fernández Lucco, Luis (Arg.)
- Grady, Charles (USA)
- Höller, Stefan (Alemania)
- Jaramillo, Diego (Colombia)
- Roberts, John (USA)
- Snyder, Mark (USA)
- Tadeu Balbo, José (Brasil)

IX CONGRESO ITS

- Alvarado, Mónica (Arg.)
- Andujar, Sergio (Arg.)
- Arriaga, Ernesto (Arg.)
- Banse, Klaus (Colombia)
- Belmaña, Daniel (Arg.)
- Berterreix, Viviana (Arg.)
- Bettatis, Daniel (Arg.)
- Chequer, Jabour (Brasil)
- Echandi, Ricardo (Arg.)
- Eguira Garay, Iñaki (España)
- Elorriaga, Oscar (Arg.)
- Herrera, Luis Felipe (Colombia)
- La Gamba, Carmen (Arg.)
- Lafage, Jorge (Arg.)
- Lobaco Amaya, José (México)
- Mansour, Rita (Arg.)
- Minteguiaga, Jorge (Chile)
- Molina, Alejandro (Arg.)
- Ortega, Julio José M. (Chile)
- Rubio Arévalo, Carlos (España)
- Russomanno, Daniel (Arg.)
- Sepúlveda, Jorge (Chile)
- Sigilito, Carmelo (Arg.)
- Tazzioli, Santiago (Arg.)
- Vidal Matamala, Pedro (Chile)
- Villard, Roberto (Arg.)

XVI CONGRESO

- Alvarado, Mónica (Arg.)
- Baldasso, Rolando (Arg.)
- Belmaña, Daniel (Arg.)
- Berardo, María G. (Arg.)
- Bujan, Javier (Arg.)
- Calavia Redondo, David (España)
- Castagnino, Guillermo (Arg.)
- Centeno, Pedro (Arg.)
- Cortés, Pablo (Arg.)
- Dalesandro, Marcelo (Arg.)
- Darter, Michael (USA)
- Della Casa De Italia Marco (Italia)
- Díaz Pineda, Jacobo (España)
- Dowling, Richard (USA)
- Dreznes, Michael (USA)
- Fadda, Paolo (Italia)
- Farías, Pablo José (Arg.)
- Fittipaldi, Nestor (Arg.)
- Fontana Piatti, José (Arg.)
- Gago, Julio (Arg.)
- Gómez, Hilda (Colombia)
- Gregorutti, Jorge (Arg.)
- Guerri, Edgardo (Arg.)
- Guerreiro, Sergio (Arg.)
- Harer, Gerhard (Austria)
- Höller, Stefan (Alemania)
- Ibarra, Horacio (Arg.)
- Keller, Gordon (USA)
- Lauin, Jorge (Arg.)
- Ledesma, Miguel (Arg.)
- Leiderman, Mario (Arg.)
- Martínez, Palau (Arg.)
- Mazzitelli, Diego (Arg.)
- Núñez, Gustavo (Arg.)
- Ortega, Julio José M. (Chile)
- Pearson, Bob (Australia)
- Periotti, Nelson (Arg.)
- Picca, Antonio (Arg.)
- Pineda, Mauricio (Colombia)
- Quinn, Derek (UK)
- Raffo, Verónica (WB) (Arg.)
- Raillard, Philippe (Francia)
- Reyes, Gustavo (Arg.)
- Rickert, Juan (Arg.)
- Rodríguez, Eugenia (Brasil)
- Rodríguez, Jorge (Arg.)
- Rodríguez, Laguens Felipe (Arg.)
- Rodríguez Perrotat, Juan (Arg.)
- Rolandi, José (Arg.)
- Rubio Arévalo, Carlos (España)
- Salomón, Alejandro (Arg.)
- Salvia, Miguel Ángel (Arg.)
- Sepúlveda, Patricio (Chile)
- Sigilito, Carmelo (Arg.)
- Snyder, Mark (USA)
- Tazzioli, Santiago (Arg.)
- Terenghi, Claudia Beatriz (Arg.)
- Testa, Hugo (Arg.)
- Venturini, Omar (Arg.)
- Vickerman, Roger (UK)
- Villaveces, Andrés (Colombia)
- Williams, Ian (UK)
- Worth, Julian (UK)
- Zielonka, Ezequiel (Arg.)

PALABRAS DE CIERRE A CARGO DEL INGENIERO GUILLERMO CABANA, DIRECTOR ACADÉMICO DEL XVI CONGRESO ARGENTINO DE VIALIDAD Y TRÁNSITO



La **Comisión Organizadora del XVI Congreso Argentino de Vialidad y Tránsito y el Comité Técnico**, integrado por los representantes de la **Asociación Argentina de Carreteras**, el **Instituto del Cemento Portland Argentino**, la **Comisión Permanente del Asfalto** e **ITS Argentina**, han realizado una evaluación del desarrollo de este Congreso.

Un Congreso en el que se aunó el trabajo de esas instituciones y, simultáneamente, se realizó el **IX Congreso Internacional de ITS**, la **XXXVII Reunión de la Comisión Permanente del Asfalto**, el **Seminario Internacional de Pavimentos Rígidos** y la **7^{ma} Expovial Argentina 2012**.

Queremos agradecer toda la entrega y dedicación de aquellos profesionales que generosamente prestaron tiempo y esfuerzo para todas las tareas preparatorias durante gran parte del año y, muy especialmente, a aquellos que nos brindaron su apoyo como moderadores de las distintas sesiones de este Congreso.

Gracias por su labor y por su predisposición para sobrellevar los pequeños desajustes que se pudieron haber presentado.

También manifestamos nuestro agradecimiento al personal que nos asistió eficientemente en las salas, estando siempre atentos a nuestras necesidades.

El Congreso ha reunido a más de 1.400 congresistas, provenientes de 15 países, que sesionaron en forma permanente en cinco salas, con traducción simultánea del idioma inglés y portugués, con una excelente y continua presencia en todas las salas, muchas de las cuales fueron superadas por momentos en su capacidad.

En el marco de la **7^{ma} Expovial Argentina**

2012, queremos destacar la participación de innumerables empresas y organismos, quienes, con sus stands, han acompañado este Congreso.

En reconocimiento a ello, la Comisión Organizadora otorgó un premio al **mejor stand empresarial** a **Glass Bead S.A.**, y un premio al **mejor stand de organismos de gobierno** a la **Dirección Provincial de Vialidad de la Provincia de San Juan**.

Entre las actividades pre congreso, se realizó un Torneo de Golf en el hermoso campo de Villa Allende, denominado **Copa XVII Congreso Argentino de Vialidad y Tránsito**.

El lunes 23 de octubre, se realizaron dos encuentros técnicos: el "Seminario sobre diseño de mezclas asfálticas en caliente en los inicios del siglo XXI" y el seminario de "Medio ambiente, cambio climático e impactos en el transporte por carretera".

También contó el Congreso con dos visitas técnicas, una al camino "El Cuadrado" y otra, a la "Autovía Córdoba - Alta Gracia".

Además del enriquecedor diálogo entre profesionales de distintas partes del país y del mundo, y de las diferentes reuniones informales que se programaron durante el mismo, se desarrollaron más de 70 conferencias dictadas por especialistas de Argentina y de otros 13 países.

Conferencistas de primer nivel mundial, como Michael Darter y Mark Snyder, de Estados Unidos, disertaron sobre pavimentos de hormigón y los modernos métodos constructivos de ese tipo de pavimento. James Moulthrop, de Estados Unidos, Andrew Cooper, del Reino Unido e Yves Brousseau, de Francia, disertaron

sobre diversos aspectos de los pavimentos asfálticos, tópico sobre el cual también disertaron varios expertos más.

Los especialistas de transporte del Reino Unido Roger Vickerman y Derek Quin, entre otros, desarrollaron diferentes temas, tales como la búsqueda de beneficios en el transporte y la implementación de estrategias novedosas en la materia.

La seguridad vial, los desafíos de la movilidad urbana, el proyecto y construcción de importantes obras de ingeniería como túneles, puentes y autopistas, y la reducción de riesgos ambientales, han sido desarrollados por expertos de diversos países, entre los que cabe destacar a Jacobo Díaz Pineda, de España, Gerard Harer, de Austria, Gordon Keller, de Estados Unidos, entre muchos otros.

Las novedades de la vialidad argentina nos fueron presentadas por sus máximos exponentes, entre ellos, el Administrador General de la Dirección Nacional de Vialidad, el Ing. Nelson Periotti, y el Presidente del Consejo Vial Federal, Ing. Jorge Rodríguez.

Las novedosas mesas de debate sobre tópicos específicos entre especialistas de toda América, en las sesiones de ITS, resultaron un acierto que enriqueció las jornadas en forma inesperada.

También se desarrollaron 12 mesas especiales, donde se compartieron experiencias sobre los más variados temas con profesionales del mundo entero.

El desafío del decenio de la seguridad vial, las auditorías de seguridad vial, los caminos naturales, los sistemas de tránsito inteligentes y la introducción de los bitrenes, fueron motivo de varias mesas especiales de debate.

Un total de 179 trabajos técnicos fueron presentados por autores de distintos países y se han incluido en el CD del Congreso. Se programó la presentación durante estas sesiones de 169 de ellos. Lamentablemente, algunos autores no se han presentado a exponer sus trabajos, pero de todas formas, los encontrarán en el CD mencionado. Se pan disculpar estas ausencias, que no fueron anticipadas por los autores.

El Comité Organizador realizó una evaluación de los trabajos presentados, con la intervención de expertos en las distintas áreas, habiendo tenido en cuenta el desarrollo teórico metodológico, la pertinencia, calidad y cantidad de los datos e información utilizada, los resultados y conclusiones del trabajo, la claridad, precisión y rigurosidad de la redacción, la originalidad, actualidad y avance o aporte de cada trabajo.

A la hora de definir los premios se tuvo particularmente en cuenta la originalidad del trabajo y el aporte que realiza a la técnica vial, para la mejora futura de nuestras intervenciones y actividades.

De esta forma, el **IX Congreso Internacional de Sistemas Inteligentes de Transporte** ha resuelto entregar el **Primer Premio**, que consiste en la suma equivalente a U\$S 2000, en forma conjunta a los trabajos **Nº 104**, “Desarrollo innovador de un equipo para clasificación de vehículos utilizando lazos inductivos”, cuyos autores son Enrique Spinelli, Pablo A. García y Dardo Guaraglia y **Nº 272**, “Sistemas de control de pesos y dimensiones,” de Ricardo D. Villamonte.

Asimismo, dispuso la entrega de una mención especial a Carmen La Gamba por el trabajo **Nº 290**: “Inserción de las nuevas tecnologías y políticas de inversión ITS en el AMBA”.

De igual forma, la **Comisión Permanente del Asfalto**, en su **XXXVII Reunión**, ha resuelto premiar con la inscripción para participar del XVII Congreso Panamericano del Asfalto (Guatemala, 2012), a los ingenieros Oscar Giovanon y Marta Pagola, por el trabajo **Nº 138**: “Modelo mecanicista empírico para análisis de pavimentos flexibles desarrollado en Argentina”



El **Instituto del Cemento Portland Argentino** ha otorgado su **Segundo Premio** por la suma equivalente a u\$s 2.000, a Claudio Rocco, Pedro Maiza, Carlos Fava, Silvina Marfil y Juan Manuel Tobes, por el trabajo **Nº 295**, "Reactividad alcalina potencial de basaltos mesopotámicos" y el **Primer Premio**, por el equivalente a u\$s 3.000, a David Fontans, Héctor Machin, Darío Miguez, Álvaro Gonzalez, Daniel Violini y Mariano Pappalardi, por el trabajo **Nº 109**, "Novedosa repavimentación en el Uruguay mediante la aplicación de una capa adherida de hormigón con fibras sintéticas estructurales, empleando tecnología de alto rendimiento".

Por otra parte, la **Universidad de San Juan** entregó su premio de \$25.000 a la mejor producción nacional de informática vial "Ing. Alberto B. Graffigna y Carla Bruschi de Cardinalli", a los Ing. Eduardo A. Castelli y Miguel E. Ruiz, de la Dirección Nacional de Vialidad, por el trabajo **Nº 44**: "Método de evaluación del SIGMA Puentes de Vialidad Nacional"

El **XVI Congreso**, por su parte, entregará un primer premio equivalente a U\$S 8.000, un segundo premio equivalente a U\$S 4.000 y un tercer premio equivalente a U\$S 2.000, además de dos menciones.

Finalmente, el **XVI Congreso Argentino de Vialidad y Tránsito** ha resuelto otorgar reconocimientos especiales en cada área temática, los que corresponden a los siguientes trabajos:

En el área de **Gerenciamiento de Redes Viales**, al trabajo **Nº 165**: "Efecto de carriles de sobrepaso en topografía serrana sobre las velocidades de operación", autores: Ingenieros Alejandra Baruzzi, Jorge Galarraga y Marcelo Herz.

En el área de **Medio Ambiente**, al trabajo **Nº 142**: "Alternativas de movilidad sostenible, para reducir el congestionamiento vial en las grandes ciudades", autor: Ricardo Eugenio Arredondo Ortiz.

En el área **Transporte y Logística**, al trabajo **Nº 187**: "Planificación estratégica vinculada a la accesibilidad vial a un puerto", autores: Ingenieros María Dolores Ruiz y Aníbal Vázquez.

En el área de **Seguridad Vial**, al trabajo **Nº 81**: "Primera experiencia argentina en el análisis de turbo rotondas: análisis basado en una micro-simulación de tránsito, autores: Ingenieros Roberto Agosta, Raúl González y María de Rosario Suppo Vergara, Sres. Federico Rodrigo Barca, Santiago Monzón y Marcos Tagle.

Las menciones a los mejores trabajos presentados en el **XVI Congreso Argentino de Vialidad y Tránsito** corresponden a los trabajos **Nº221**: "Problemática de los pasos a nivel y su implicancia en el tránsito vial y en el transporte público ferroviario", autor: Guillermo Eduardo Yampolsky, y **Nº272**: "Sistemas de control de pesos y dimensiones", autor: Ricardo D. Villamonte

El **Tercer Premio** de nuestro Congreso corresponde a Raúl López, María Angélica Clariá y Marcelo González, por el trabajo **Nº 94**: "Fisuración temprana en losas de pavimento".

El **Segundo Premio** de nuestro Congreso corresponde al Ing. Rodolfo Goñi, por el trabajo **Nº 91**: "Propuesta de revisión del plano OB2: carriles de cambio de velocidad y anchos de ramas de giro".

El **Primer Premio** del **XVI Congreso Argentino de Vialidad y Tránsito** será entregado a los Ingenieros Oscar Giovanon y Marta Pagola por el trabajo **Nº 138**: "Modelo mecanicista empírico para análisis de pavimentos flexibles desarrollado en Argentina", trabajo extenso de investigación y desarrollo que generó y ajustó un modelo que podrá ser utilizado como herramienta en el futuro.

Con este informe damos por terminadas las tareas del **XVI Congreso Argentino de Vialidad y Tránsito** y brindamos un enorme reconocimiento a todos los participantes, pues sabemos el esfuerzo que significa preparar trabajos y participar de estas sesiones, esfuerzo que esperamos hayan visto recompensado con los conocimientos y experiencias que han recogido en estos días.

Muchas gracias a todos por su participación. ♦

**CONSTRUIMOS.
MANTENEMOS.
CREAMOS.**



helpport

www.arhelpport.com

DECLARACIÓN DEL XVI CONGRESO ARGENTINO DE VIALIDAD Y TRÁNSITO



Reunidos en Córdoba del 22 al 26 de octubre, en conmemoración del 75° aniversario de la inauguración de la Ruta Buenos Aires-Córdoba y del III Congreso de Vialidad, realizado en esta ciudad en esa oportunidad, el XVI Congreso Argentino de Vialidad y Tránsito, luego de cuatro días de intensas sesiones,

DECLARA QUE:

ES NECESARIO

Avanzar en el tratamiento de nuevas estrategias de transporte, tanto urbano como de larga distancia, para atender las necesidades derivadas del crecimiento económico y del tránsito, estableciendo sistemas de complementariedad con otros modos, como el ferroviario y el fluvial.

Propiciar el desarrollo armónico de las redes viales, planificando y ejecutando en forma racional las obras necesarias de mejora de la capacidad, sea mediante la construcción de nuevas autopistas, como mediante la duplicación de calzadas en las rutas existentes.

Continuar en forma permanente con las inversiones en materia vial, aplicando políticas contracíclicas, entendiendo la obra vial como una inversión altamente productiva y no como un gasto.

Mejorar el proceso de diseño de obras viales, a efectos de que las mismas sean más seguras, respetando los parámetros que modernamente se aceptan hoy en el mundo.

Asegurar una política de mantenimiento homogénea a efectos de mejorar las condiciones de transitabilidad y seguridad de nuestras rutas.

Realizar acciones a efectos de mejorar la seguridad vial en calles y caminos, instrumentando las necesarias modificaciones en la infraestructura vial.

Generar sistemas armónicos de financiamiento y gestión entre la Nación y las Provincias.

Córdoba, 26 de octubre de 2012. ♦

R.P.Nº 6

La Plata - Zarate



Ruta N° 6 Fotografia aérea
El Tridente Rotonda San Felipe
Tramo 6 sección 2

Inversión: **\$1.014.885.011,053**

Plazo de Obra: **5 años**

1º etapa de CONSTRUCCIÓN: **2 años**

2º etapa de CONSERVACIÓN: **3 años**

MEJORES STANDS



» CATEGORÍA: EMPRESA

1º Premio
GLASS BEADS S.A.



» CATEGORÍA: ORGANISMO OFICIAL

1º Premio
DNV de San Juan
"Túnel de Aguas Negras"





CAMARA ARGENTINA DE CONSULTORAS DE INGENIERIA



Miembro argentino de la
Federación Panamericana
de Ingenieros Consultores

Para asociarse visite: www.cadeci.org.ar

Sede: Cerrito 1250, 1º Piso (C1010AAZ)

Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina

Tel./Fax: (54-11) 4811-4133/0570/3630/4961 Int.: 2106

E-mail: cadeci@cadeci.org.ar

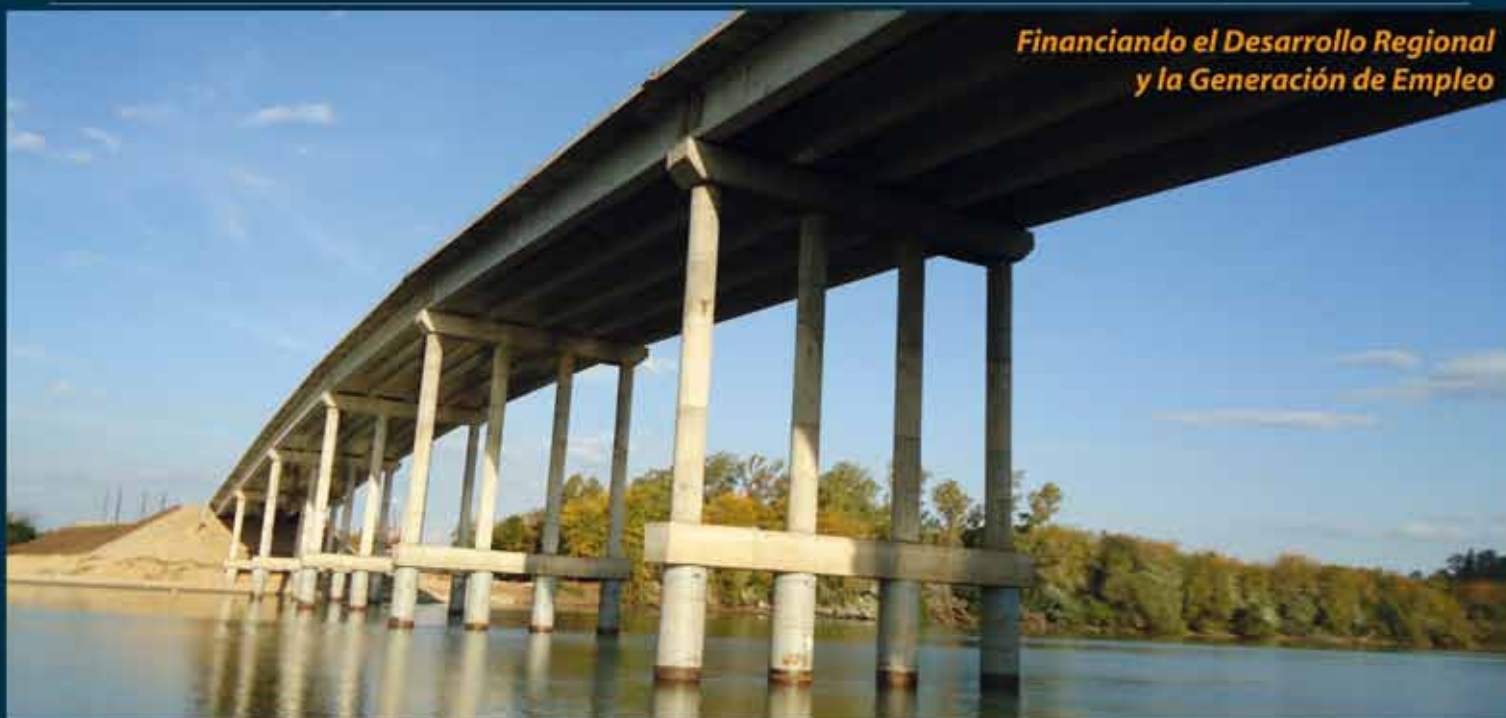
Firmas Asociadas

Abs Servicios de Ingeniería
AC&A S.A.
Atec S.A.
Barimont S.A. Consultora
Co. As. Consultores Asociados S.R.L.
COINTEC Consultora en Ingeniería y Técnica Industrial
Consular Consultores Argentinos Asociados S.A.
Consulbaires S.A. Ingenieros Consultores
Consultores Argentinos Asociados S.A. Cadia
Consultoría Oscar G. Grimaux y Asociados S.A.T.
Cornero Venezuela Consultores de Ingeniería S.A.
Del Bianco y Asoc. S.A.
Electrosistemas S.A.S.
Estudio Guitelman S.A.
Estudios y Proyectos S.R.L.
Evaluación de Recursos - Evarsa S.A.
Excel Consult S.A.
Franklin Consultora S.A.
Gago Tonin S.A.
GCIS - Grupo Consultor Integral del Sur
Hidroestructuras S.A.
IATASA
Incoclv S.R.L.
Inconas S.A.
Ing. Tosticarelli & Asoc. S.A.
INGE Consultores S.A.
Ingeniería en Relevamientos Viales S.A.
Jaime Lande y Asociados S.A.
JVP Consultores S.A.
Latinoconsult S.A.
PROINSA - Proyectos de Ingeniería S.A.
Proyectos y Estudios Especiales S.A.
Ruiz y Asociados Consultora S.R.L.
SARSY S.A. Consultores
Serman & Asociados S.A. Consultora
Tecnolatina S.A.
Ungaro, Alé Ortiz Ingenieros Asociados S.A.

Fondo Fiduciario Federal de Infraestructura Regional



**Financiando el Desarrollo Regional
y la Generación de Empleo**



Nuestro Organismo, en sus 15 años de gestión, contribuye a la infraestructura Nacional con más de \$2.519.274.550 en créditos otorgados para más de 365 obras, generando más de 5.883.000 jornales directos de empleo genuino.

Para mayor información visite nuestra página web en <http://www.fffir.gob.ar>

TRABAJOS DISTINGUIDOS

» ASOCIACIÓN ARGENTINA DE CARRETERAS



1º Premio

20138-Modelo Mecanicista Empírico para Análisis de Pavimentos Flexibles Desarrollado en Argentina;
Oscar Giovanon y Marta Pagola



2º Premio

20091-Propuesta de Revisión del Plano OB2: Carriles de Cambio de Velocidad y Ancho de Ramas de Giro; **Rodolfo Goñi**



3º Premio

20094-Fisuración Temprana de Losas de Pavimento;
María Angélica Clariá, Raúl López y Marcelo González



1ª Mención

20221-Probleáticas de los Pasos a Nivel del AMBA desde el Punto de Vista del Tránsito Vial y del Transporte Público Ferroviario. Propuestas de Solución en el Corto y Mediano Plazo;
Guillermo E. Yampolsky



2ª Mención

(Coincidente con el 1er Premio de ITS)
20272-Sistema de Control de Pesos y Dimensiones;
Ricardo D. Villamonte

TRABAJOS DISTINGUIDOS

» ITS ARGENTINA



1º Premio (Compartido)

20272-Sistemas de Control de Pesos y Dimensiones;

Ricardo D. Villamonte

20104-Desarrollo Innovador de un Equipo para la Clasificación de Vehículos Utilizando Lazos Inductivos; **Dardo Guaraglia, Enrique Spinelli, Pablo A. García y Aníbal Vázquez**



Mención

20290-Inserción de las Nuevas Tecnologías y Políticas de Inversión ITS en el AMBA; **Carmen La Gamba**

» INSTITUTO DEL CEMENTO PORTLAND ARGENTINO



1º Premio

20109-Novedosa Repavimentación en Uruguay Mediante la Aplicación de una Capa Adherida de Hormigón con Fibras Sintéticas Estructurales Empleando Tecnología de Alto Rendimiento; **D. Fontáns, H. Machín, D. Míguez, A. C. González, D. Violini, M. Pappalardi**



2º Premio

20295-Reactividad Alcalina Potencial de los Basaltos Mesopotámicos; **C. Rocco, P. Maiza, C. Fava, S. Marfil y J. Tobes**

TRABAJOS DISTINGUIDOS

» UNIVERSIDAD DE SAN JUAN



20044-Método de Evaluación del Sigma-Puentes de Vialidad Nacional;
Ing. Eduardo A. Castelli, Ing. Miguel E. Ruiz

» COMISIÓN PERMANENTE DEL ASFALTO



1º Premio (Coincidente con el 1º Premio de la A.A.C.)
20138-Modelo Mecanicista Empírico para Análisis de Pavimentos
Flexibles Desarrollado en Argentina; **Oscar Giovanon y Marta Pagola**

» RECONOCIMIENTOS ESPECIALES POR ÁREA TEMÁTICA



GERENCIAMIENTO DE REDES VIALES

20165-Efecto de Carriles de Sobrepaso en Topografía Serrana sobre
las Velocidades de Operación;
Jorge Galarraga, Alejandro Baruzzi, Marcelo Herz



TRANSPORTE Y LOGÍSTICA

20187-Planificación Estratégica Vinculada a la Accesibilidad Vial a
un Puerto; **María Dolores Ruiz, Aníbal Vázquez**



SEGURIDAD VIAL

20081 - Primera Experiencia Argentina en el Análisis de Turbo-Rotondas;
**Roberto D. Agosta, Raúl F. González, María del Rosario Suppo
Vergara, Federico Rodrigo Barca, Santiago Monzón, Marcos Tagle**

MEDIO AMBIENTE

20142-Alternativas de Movilidad Sostenible para Reducir el Conges-
tionamiento Vial en las Grandes Ciudades;
Ricardo Eugenio Arredondo Ortiz

TORNEO DE GOLF

1º Premio

Sra. Liliana Alasino, de la Empresa VAWA, de Córdoba.



Ideas, no teorías
50 años construyendo en el país
www.paolini.com.ar


PAOLINI HNOS

SEGÚN EL PRESIDENTE DE LA ASOCIACIÓN DE CARRETERAS



**XVI CONGRESO ARGENTINO
DE VIALIDAD Y TRÁNSITO**

22 al 26 de OCTUBRE 2012

COMPLEJO FERIAI CÓRDOBA - CIUDAD DE CÓRDOBA . ARGENTINA

“FUE EL MEJOR ESPACIO DE DISCUSIÓN VIAL DE LATINOAMÉRICA EN LO QUE VA DEL AÑO”

El Presidente de la Asociación Argentina de Carreteras, Lic. Miguel Salvia, dijo que el Congreso culminado el pasado 26 de octubre en la Ciudad de Córdoba, “fue el mejor espacio de discusión vial de Latinoamérica en lo que va del año”. Fue organizado por la Asociación Argentina de Carreteras, la Dirección Nacional de Vialidad y el Consejo Vial Federal, y tuvieron también activa participación el Instituto del Cemento Portland Argentino, la Comisión Permanente del Asfalto e ITS Argentina.

El Congreso sesionó del 22 al 26 de octubre, y reunió a más de 1.400 congresistas provenientes de 15 países, en 5 salas, con traducción simultánea del inglés y portugués.

“Fue realmente un orgullo para nosotros, pues la organización se presentó como un desafío con objetivos claros, los que hemos superado ampliamente”, expresó el Lic. Miguel Salvia. En el marco del Congreso también sesionaron el IX Congreso Internacional de ITS, la XXXVII Reunión de la Comisión Permanente del Asfalto, el Seminario Internacional de Pavimentos Rígidos, la Asamblea Extraordinaria del Consejo Vial Federal y la 7ma. Expovial Argentina 2012, recorrida por más de 4.900 visitantes.

“Nosotros, desde la Asociación, hemos formulado una Declaración del Congreso, que concretamente marca el rumbo a seguir y a discutir respecto de la realidad vial argentina para los próximos cuatro años”, concluyó el Presidente de la Asociación Argentina de Carreteras, Lic. Miguel Salvia.

DETALLES DEL CONGRESO



Hubo más de 70 conferencias dictadas por especialistas de Argentina y otros 13 países, entre las que se destacaron conferencistas de primer nivel mundial como Michael Darter y Mark Snyder, que disertaron sobre pavimentos de hormigón y sus modernos métodos; James Moulthrop, Andrew Cooper e Yves Brousseau, que disertaron sobre diversos aspectos de los pavimentos asfálticos; los especialistas de transporte del Reino Unido, Roger Vickerman y Derek Quin, que desarrollaron diferentes temas, tales como la búsqueda de beneficios y la implementación de estrategias novedosas de transporte.

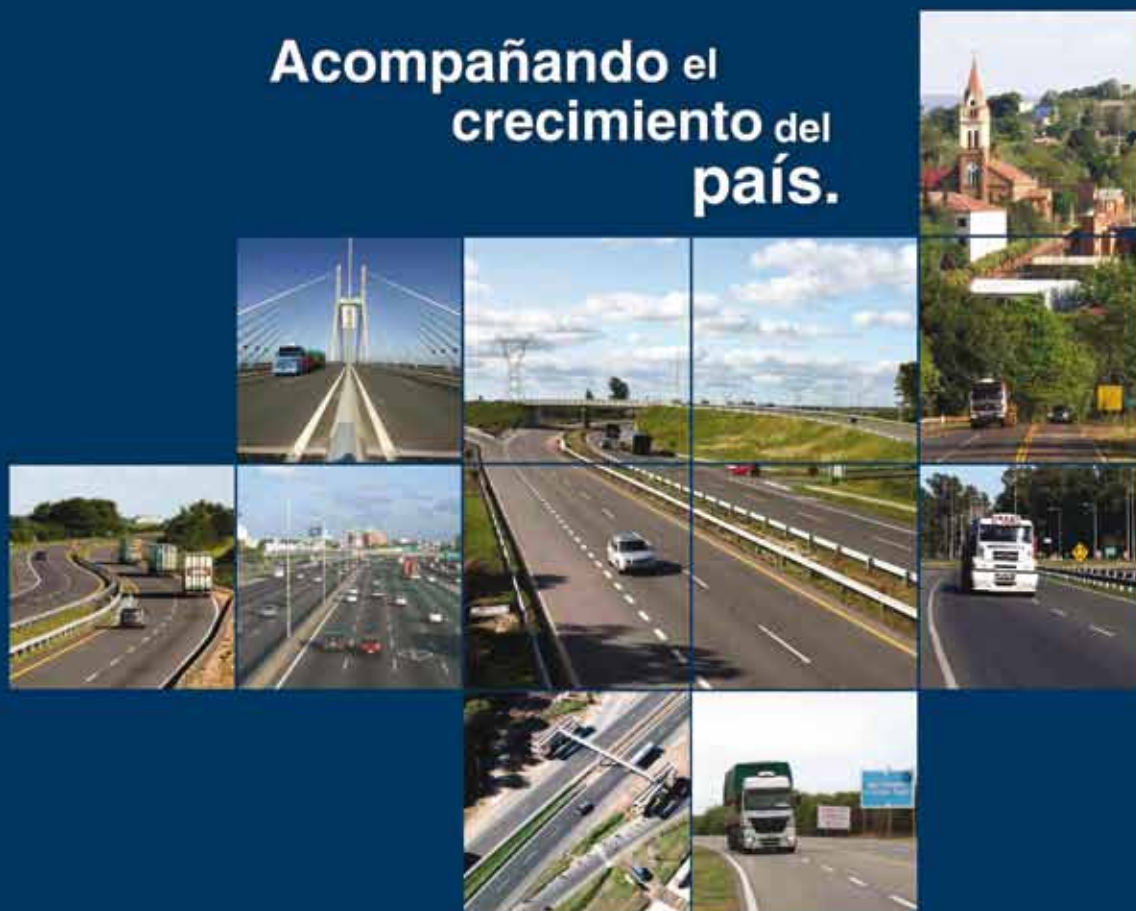
La seguridad vial, los desafíos de la movilidad urbana, el proyecto y construcción de importantes obras de ingeniería como túneles, puentes y autopistas, y la reducción de riesgos ambientales, han sido desarrollados por expertos de diversos países, entre los que cabe destacar a Jacobo Díaz Pineda, de España; Gerard Harer, de Austria; Gordon Keller, de Estados Unidos; entre muchos otros.

Las novedades de la vialidad argentina fueron presentadas por sus máximos exponentes: el Administrador General de la Dirección Nacional de Vialidad, Ing. Nelson Periotti, y el Presidente del Consejo Vial Federal, Ing. Jorge Rodríguez.

El desafío del decenio de la seguridad vial, las auditorías de seguridad vial, los caminos naturales, los sistemas de tránsito inteligentes, la introducción de los bitrenes, fueron, entre otros, temas de diversas mesas especiales de debate. ♦



Acompañando el crecimiento del país.





Asociación Argentina
de Carreteras

DÍA DEL CAMINO

OCTUBRE 2012

"POR MÁS Y MEJORES CAMINOS"



El **Día del Camino** es la oportunidad en que la **Asociación Argentina de Carreteras**, con la presencia de las máximas autoridades y referentes del sector vial y del transporte, efectúa un balance de lo realizado, lo proyectado y el futuro de la actividad.

La cena de celebración se desarrolló en los Salones del Hotel Panamericano Buenos Aires, con una presencia de más de 400 invitados, entre los que se encontraron el Secretario de Obras Públicas de la Nación, Ing. José Francisco López; el Gobernador de la Provincia de Formosa, Dr. Gildo Insfrán; el Administrador General de la DNV, Ing. Nelson Periotti; y otras altas autoridades vinculadas al sector vial.

También se hicieron presentes, como en años anteriores, autoridades de entidades colegas, representantes del sector académico y directivos de empresas relacionadas con el camino.

Es también, desde hace muchos años, el día en que se distinguen a las obras viales finalizadas durante el año. Aquellas que por su trascendencia técnica-económica, su impacto social, su compromiso con el medio ambiente o como forma creativa de solucionar problemas de tránsito, puedan servir de modelo y ejemplo para futuras realizaciones.

Estas distinciones fueron adquiriendo a largo de los años un relieve singular, por lo que su elección provoca un interés especial entre las empresas constructoras, comitentes y proyectistas.

En este **Día del Camino** fueron premiadas obras que, a criterio del Comité de Selección y Evaluación, cumplen acabadamente con los criterios antes esbozados. Cabe destacar la ardua tarea de selección entre

todas las propuestas recibidas, toda vez que en este período en que la obra vial es considerada nuevamente como una inversión y no como un gasto, una buena cantidad de obras aspiraban a obtener distinciones.

Obra Vial Nacional del Año, fue para la Ruta Nacional 19 en la Provincia de Santa Fe.

Obra Vial Provincial del Año, la Ruta Provincial 28 en la Provincia de Formosa.

Obra Vial Urbana del Año, Paso Bajo Nivel de Av. Monroe, en su cruce con el Ex Ferrocarril Mitre, en la Ciudad de Buenos Aires.

Mención Especial, Enlace Pte. Néstor Kirchner, Empalme Ruta Nacional 226/ Ruta Prov.76 y Empalme Ruta Nacional 3.

Como es tradicional, los responsables de las obras premiadas, constructoras, comitentes, proyectistas y organismos de financiación recibieron una placa recordatoria que acredita el reconocimiento otorgado. Toda la celebración se desarrolló en un ambiente cordial y de grata camaradería.

Hacia el final de la cena, el Ing. Periotti dirigió unas palabras referidas al **Día del Camino**, al 80º Aniversario de la DNV y al Día del Trabajador Vial, concluyendo con un brindis por "**Por Más y Mejores Caminos**" y el deseo de felicidad para toda la gran familia vial.

PALABRAS DEL PRESIDENTE DE LA A.A.C.,

LIC. MIGUEL A. SALVIA

UN NUEVO CICLO EN LA INFRAESTRUCTURA DEL TRANSPORTE

Una vez más, y como lo hacemos desde hace muchos años, el sector vial de la Argentina se reúne para conmemorar el Día del Camino, aportando la visión sobre la realidad de la infraestructura y la operación vial.

Nuevamente, **Por más y Mejores Caminos**- lema de nuestra Asociación-, nos reunimos para fomentar la generación de un sistema que sirva al transporte del país y que, por lo tanto, sirva a su progreso y al bienestar de todos sus habitantes.

En primer lugar, este **Día del Camino** celebra la conmemoración del 80° Aniversario de la creación de la entidad rectora de la Vialidad Argentina, la Dirección Nacional de Vialidad.

Un organismo concebido con una visión integral de la Nación y un desarrollo federal de su accionar, con amplia inserción en todo el territorio de nuestro país, y una activa participación conjunta con las provincias y los municipios.

Desde el 5 de octubre de 1932, ha definido las redes nacionales, ha colaborado con las provincias en el diseño de las redes provinciales, y ha sido protagonista del desarrollo de una de las redes

de caminos más importantes de América, estando durante muchos períodos a la vanguardia de la ingeniería vial del continente.

Todo ello, no obstante reflejar las dificultades financieras de nuestro país a lo largo de su historia, lo que forjó un temple especial para resolver con inteligencia, sacrificio y humildad los problemas que se le fueron planteando.

La Dirección Nacional de Vialidad es también un ejemplo de integración entre los sectores público y privado, utilizando las herramientas más convenientes y siendo el germen del desarrollo de un gran número de empresas viales, constructoras, consultoras, proveedoras, y hasta nuestra propia Asociación, hace más de 60 años.

En los últimos años, la importancia que a la obra vial se ha dado desde el Estado ha implicado una enorme tarea para el organismo, que debió generar su reingeniería mientras desarrollaba un gran número de obras. Por ello, hoy queremos celebrar y felicitar a toda la familia vial, nacida formalmente ese 5 de Octubre de 1932, y desarrollada a través de varias generaciones. Felicitaciones, en nombre de la sociedad argentina, por el abnegado esfuerzo y por las realizaciones concretas.



Asociación Argentina
de Carreteras

DÍA DEL CAMINO

"POR MÁS Y MEJORES CAMINOS"



Pero al recuerdo de la creación de la Dirección Nacional de Vialidad, se suma el 80° aniversario de la creación de un sistema vial integrado entre la Nación y las provincias, que poseía aspectos de planificación conjunta, ejecución descentralizada, de acuerdo a la funcionalidad de cada red; un sistema de financiamiento básico, al cual cada jurisdicción podía agregar otros recursos, y junto a ello un sistema de auditoría y control de gestión sobre los fondos del sistema. Es decir, establecía un sistema de planificación, gestión, ejecución, financiamiento y control de los fondos establecidos en dicho régimen. En este largo período, la Argentina pasó por distintas situaciones, cambios de política económica, eliminación de fondos específicos, etc., pero a pesar de todos estos avatares supo construir un sistema de caminos basado en una integración nacional de redes, desarrolladas de acuerdo a su funcionalidad específica.

Este aniversario nos encuentra frente a la necesidad de redefinir esos aspectos del sistema vial, adecuándose a las circunstancias actuales de desarrollo de la red, las políticas de promoción de la integración, y a los nuevos mecanismos de financiamiento y gestión existentes.

Hoy, el sector del transporte carretero se enfrenta a un conjunto de nuevos desafíos, generados por el vertiginoso crecimiento de la economía en la última década y el consecuente aumento en el parque automotor que transita por el sistema vial. La década pasada se inició con una baja inversión pública en infraestructura de transporte (2001/2003), pasándose a generar inversiones crecientes en la infraestructura vial a partir de 2004, y bajas inversiones en el crecimiento de los sistemas ferroviario y fluvial.

Ello se explica por la enorme importancia asignada al sistema de caminos, que constituye el centro de gravedad del transporte nacional, frente al enorme pasivo de inversiones en el sector,

producto de deficiente mantenimiento, proyectos demorados y desequilibrios entre los diferentes estamentos del sistema vial.

No obstante ello, una gran cantidad de obras lanzadas en primera instancia por la Dirección Nacional de Vialidad y luego por las Provincias, hicieron que, desde 2005 en adelante, la inversión en términos constantes superara a aquella de los últimos 30 años.

Problemas de mantenimiento y de falta de control de cargas motivaron reclamos que en muchos casos fueron atendidos. También, postergadas necesidades de vinculación entre diferentes zonas plantearon la necesidad de desarrollar una gran cantidad de obras de diferente tipo.

El desarrollo de estas obras trajeron problemas de insumos, de equipos, de recursos humanos, financieros y de gestión empresarial, que habrá que evaluar para pensar cómo enfrentar los nuevos desafíos que la realidad del transporte exige a la infraestructura vial, generando un plan que contemple todos los aspectos mencionados.

Porque junto al crecimiento económico nacional en la década y al incremento del parque automotor, surgen nuevos desafíos en el sector, impensados hace algunos años, pero que exigen mayor precisión en la elección de las obras, mejores plazos de ejecución y mayor calidad de las mismas.

Este año el sector ha vivido una situación financiera preocupante, que ha generado incertidumbre en los actores de la inversión pública, plasmando la necesidad de reordenar el sistema, evitando el desgaste que implica la paralización de obras, la limitación de planteles humanos y la interrupción en el reequipamiento de las empresas.



Esperamos fervientemente el ordenamiento de la importante cantidad de obras en ejecución, relacionando inversión real con los pagos correspondientes, de forma tal de no volver a un camino de desfinanciamiento que tanto le ha costado al país, y que implica sobrecostos presentes o futuros para la obra vial.

Creemos que, más allá de esta situación coyuntural, enmarcada en el crecimiento de la inversión de los últimos años, hay que pensar hacia el futuro, analizando cómo el país responderá a estos nuevos desafíos, que implican trazar una política de inversión y complementariedad que fomente una mayor eficiencia tanto en la operación como en la infraestructura que le sirve de sustento.

Y allí deberíamos plantearnos la racionalidad en la elección y ejecución de las obras necesarias para enfrentar los desafíos presentes y futuros, lo que generará, sin duda, el crecimiento económico de los próximos años.

Por ello, un aspecto básico es generar un sistema de mantenimiento generalizado tanto de la Red Nacional como de las redes provinciales, así como también fomentar el muchas veces olvidado mantenimiento urbano de calles y avenidas.

Pero para fomentar ese mantenimiento deberíamos unificar criterios y financiamientos específicos, que atiendan a las rutas de más alto tránsito y también al resto del sistema; parámetros básicos de cumplimiento para todas las redes y algún esquema de financiamiento específico resultará vital, ya que el usuario cuestiona el mantenimiento más allá de transitar por una ruta nacional, provincial o municipal.

Creemos que tanto el peaje, directo o indirecto, como los recursos derivados de combustibles, u otros recursos específicos, junto con recursos provinciales y municipales, deberían armonizar un sistema de mantenimiento que asegure resultados homogéneos y otorgue responsabilidad por la falta de mantenimiento.

La permanencia en el tiempo del mantenimiento nos permitirá evitar los cuantiosos costos que implica el deterioro acelerado de la infraestructura ante su falta. En este punto el sector tiene una grave asignatura pendiente: la necesidad de encarar una acción permanente y decidida de control de cargas en nuestras calles y caminos, que sancione efectivamente no solo al transportista sino también al dador y al receptor de la carga.

No es posible que rutas que no han cumplido la vida útil para la que fueron diseñadas se destruyan por la sobrecarga que transita en nuestra red. Asumir una política de mantenimiento y control en los caminos nos ahorrará enormes sumas de dinero, que podrán destinarse a modernizar nuestro sistema de caminos.





También tenemos una enorme presión de la sociedad en torno a la modernización de nuestra red de caminos. Esta presión, generada por el incremento de tránsito, especialmente en algunas rutas, se manifiesta en la necesidad de aplicar racionalidad a la hora de elegir los proyectos.

Generar mejoras atendiendo a problemas de inseguridad vial es necesario, así como también duplicar la capacidad en tramos de rutas donde el tránsito presente y futuro lo requiera. En este tipo de mejoras estructurales, conociendo las limitaciones de recursos, habrá que utilizar la inteligencia para proyectar rutas seguras con soluciones racionales que no impliquen un exceso de exigencias financieras y de ejecución de obras. Un aspecto importante será tener en cuenta las limitaciones de tiempo y de costos que implica expropiar áreas productivas, y por ende tratar de construir rutas seguras en zonas de camino existentes, siempre que ello sea posible.

Además, tenemos la necesidad de llevar nuestra red a anchos mínimos de 7,30 metros, (hoy tenemos mas de 18.000 km de caminos nacionales en esta situación), y desarrollar banquetas pavimentadas, terceras trochas u otras múltiples soluciones ante las exigencias de la red.

Y ello también se plantea en las soluciones urbanas, de accesos a puertos y de comunicación entre las diferentes suburbanizaciones de medianas y grandes ciudades. Entendemos que debemos generar una conciencia en todos los estamentos para mejorar el sistema de comunicaciones terrestres del país.

Creemos que con la ejecución y el aprendizaje sobre los problemas generados por la enorme inversión de los últimos años, y resueltos o en vías de resolución, se da curso a los requerimientos más inmediatos de la sociedad.

Es un momento importante para encarar un nuevo ciclo de alta inversión, con una planificación acotada, que tenga en cuenta no solo la búsqueda de rentabilidad económica y social a corto y mediano plazo, sino también la capacidad empresarial, los recursos financieros, las técnicas constructivas, la provisión de insumos, y las soluciones de la ingeniería para cada uno de los requerimientos, atendiendo a soluciones posibles, que resuelvan los problemas concretos planteados por la sociedad.

Y para ello no solo debemos planear obras, sino un sistema de financiamiento y planificación que tienda a homogeneizar los criterios de ejecución de obras, en todos los estamentos del sistema, desde los caminos de tierra de la producción a los accesos a conglomerados urbanos y puertos de circulación de mercaderías.

Por todo lo dicho, entendemos que este nuevo **Día del Camino** nos debería encontrar mirando hacia el futuro, con la experiencia de la inversión de los últimos años, los problemas generados y la necesidad de encarar una nueva década que nos permita acortar la brecha en la infraestructura necesaria para crecer aún más.

En esta mirada hacia el futuro se encuadra la realización del **XVI Congreso Argentino de Vialidad y Tránsito**. La presentación de más 200 trabajos de profesionales de toda la región, el desarrollo de más de 90 conferencias dictadas por expertos internacionales y un conjunto de mesas redondas sobre importantes temas, nos plantean un Congreso que mira claramente al futuro.

El conjunto de temas abordados implica no solo una actualización y transferencia tecnológica para nuestros profesionales, sino también una visión de los diferentes aspectos técnicos que nos permitirán reducir la brecha en infraestructura respecto de países más desarrollados que el nuestro.

Los **Congresos de Vialidad y Tránsito**, desde 1922 a la fecha, aspiran no solo a ser un punto de encuentro de profesionales, experiencias y novedades, sino a constituirse en miradas hacia el futuro del sistema de transporte. Los primeros congresos se plantearon el desarrollo de una red de caminos. La segunda etapa se basó en la incorporación de los aspectos del tránsito y la congestión. Y esta última etapa plantea constituirse en un canal hacia un nuevo desarrollo de la infraestructura y la operación vial. Surgidos a partir de la incorporación de tecnología de la comunicación y técnicas computacionales, nuestros congresos propenden a mejorar la operación vial y la seguridad.

Quedan muchos caminos por concretar. Muchos objetivos por cumplir: unir definitivamente al país, generar las obras urbanas de circulación que este siglo requiere, modernizar nuestra red principal de caminos, definir una política de caminos rurales. En síntesis, dar un salto de calidad respecto de nuestras calles y caminos para poder servir al país y a sus habitantes.

Aspiramos a que este **Día del Camino** parta de esta profunda modificación del panorama vial del país, y en la continuación de estos criterios, se inicie un ciclo que consolide y modernice, definitivamente, nuestra principal infraestructura de transporte. ♦

A todo el sector vial de todo el país,
FELIZ DÍA DEL CAMINO.







Coordinando las Vialidades del país





Desde 1920 construyendo el país.

PREMIO OBRA VIAL DEL AÑO

AUTOVÍA RUTA NACIONAL N°19

La transformación en autovía de la Ruta Nacional N° 19, que vincula las ciudades capitales de Córdoba y Santa Fe, en los tramos comprendidos entre la ciudad de Santo Tomé (RN 11 - Santa Fe) y el conglomerado urbano Frontera - San Francisco, es hoy una realidad.

La obra, llevada a cabo en su mayor parte por la Provincia de Santa Fe, al que se agrega un corto tramo de conexión a cargo de Vialidad Nacional, permitirá dinamizar el tránsito de cargas de la región y el Mercosur, puesto que forma parte del corredor bioceánico central, conectando el flujo pasante por el túnel subfluvial Paraná - Santa Fe, con la red troncal Este - Oeste, a través de la Ruta Nacional N° 158. El proyecto consistió en la duplicación de la calzada mediante la construcción de un pavimento nuevo, paralelo al existente, a fin de convertir a este tramo en autovía de dos calzadas separadas, con dos carriles por sentido de circulación, y con una extensión total de aproximadamente 130 km.

La obra ejecutada por la Provincia de Santa Fe, a través de su Unidad de Gestión, se dividió en cinco tramos, cuatro de los cuales fueron ejecutados con pavimentos de hormigón y el restante, con calzadas flexibles.



Ubicación de la Obra



TRAMO	TRAMO	COMITENTE	EMPRESA CONSTRUCTORA	LONGITUD (KM)	TIPO DE PAVIMENTO	PROYECTO / CONSULTORA	INSPECCIÓN
Tramo 1	RN 11 (Prog. 0+000) - Intersección RP 6	Unidad de Gestión - Gobierno de Santa Fe	DYCASA	29	Asfalto	Ing. Cornero Consultora S.A.	UTN - Regional Santa Fe
Tramo 2	Intersección RP 6 - Prog. 53+421	Unidad de Gestión - Gobierno de Santa Fe	José J. Chediack S.A.I.C.A.	24	Hormigón	Consultaires Ingenieros Consultores S.A.	UTN - Regional Santa Fe
Tramo 3	Prog. 53+421 - Intersección RN 34	Unidad de Gestión - Gobierno de Santa Fe	José J. Chediack S.A.I.C.A.	22,6	Hormigón	Consultaires Ingenieros Consultores S.A.	UTN - Regional Santa Fe
Tramo 4	Intersección RN 34 - Intersección RP 20	Unidad de Gestión - Gobierno de Santa Fe	VIALCO - EQUIMAC UTE	32	Hormigón	INCOCIV - ITYAC UTE	DPV Santa Fe
Tramo 5	Intersección RP 20 - Limite Interprovincial Santa Fe / Córdoba	Unidad de Gestión - Gobierno de Santa Fe	ESUCO S.A.	22	Hormigón	INCOCIV - ITYAC UTE	DPV Santa Fe
Tramo 6	Limite Interprovincial Santa Fe / Córdoba - Intersección RN 158	Dirección Nacional de Vialidad	ESUCO S.A.	6,9	Hormigón	INCOCIV - ITYAC UTE	DNV



El emprendimiento incluyó la ejecución de variantes nuevas de doble calzada, circunvalando los ejidos urbanos de las poblaciones de San Jerónimo del Sauce, Sa Pereyra y Frontera - San Francisco, además de la construcción de nuevos puentes y distribuidores a distinto nivel en intersecciones con vías principales, rotondas en cruces a nivel, retornos y una significativa cantidad de obras de arte en cursos de agua, drenajes y accesos a propiedades.

La longitud total de pavimentos nuevos ejecutados, incluyendo las dobles trazas mencionadas, alcanzó un total de más de 150 km, discriminados en 120 km de nuevos pavimentos de hormigón y algo más de 30 km de pavimentos asfálticos.

Las tareas de inspección de obras fueron delegadas por la Unidad de Gestión en la Dirección Provincial de Vialidad de Santa Fe y en la Universidad Tecnológica Nacional, Regional Santa Fe. La Dirección Nacional de Vialidad, como depositaria final de los trabajos que se realizaron en esta ruta de su jurisdicción, supervisó técnicamente las obras de transformación en autovía.

Paquete Estructural

Las nuevas calzadas de hormigón fueron diseñadas con un ancho de 7,90 m, que incluye un sobreancho estructural de 60 cm en el carril de vehículos pesados. Cuentan con un espesor de 23 cm y una separación entre juntas transversales de 4,50 m, provistas con pasadores de 32 mm de diámetro.

La estructura de las calzadas incluye una base de suelo arena cemento de 15 cm de espesor, que contempla sendos sobreanchos constructivos de 75 cm a cada lado del pavimento de manera de permitir y asegurar el desplazamiento de las orugas del equipo de pavimentación, garantizando la mejor calidad en cuanto a terminaciones y rugosidad superficial. El perfil se completa con una capa de 15 cm de suelo mejorado con cal, sobre terraplén con compactación especial.

Construcción

Para la materialización de los pavimentos rígidos, se emplearon tecnologías de última generación, basadas en el empleo de trenes de pavimentación y equipamientos de alto rendimiento, que han tenido un gran impulso en nuestro país en los últimos años.

En la construcción de los nuevos pavimentos de hormigón se utilizaron tres pavimentadoras de encofrados deslizantes, de cuatro orugas, trabajando en ancho completo de calzada (7,90 m), equipadas con herramientas de inserción automática de pasadores (DBI) y barras de unión (TDI), y frátas automático de terminación.



Los trenes de pavimentación contaron, en todos los casos, con equipos autopropulsados de texturizado y curado, encargados de la aplicación por aspersión de la membrana química para el correcto curado de las calzadas de hormigón.



Algo más de 260.000 m³ de mezclas de bajo asentamiento requeridas por estas tecnologías, fueron suministradas por cinco diferentes plantas móviles elaboradoras de hormigón, provistas de mezcladores forzados de alta energía. Las capacidades de producción de estos equipos fueron de 90-100 m³/hora hasta 300 m³/hora. En uno de los tramos fue necesario operar con dos plantas trabajando en forma simultánea para poder cubrir la demanda de los equipos de pavimentación.

El hormigón fue transportado al frente de obra con camiones volcadores o bateas. Con el objetivo de asegurar la calidad del material entregado, las plantas elaboradoras de hormigón fueron reubicadas a lo largo de la traza, en siete (7) posiciones distintas, a fin de mantener las distancias máximas de transporte especificadas.

La obra se completa con la pavimentación con concreto asfáltico de las banquetas externas, la demarcación horizontal de las calzadas, señalización vertical, iluminación de distribuidores e intersecciones con rutas nacionales y provinciales. Un significativo trabajo de forestación y sembrado de banquetas y taludes, completan una obra de alto impacto económico, dentro de un marco de integración y respeto por el medio ambiente.

La transformación en Autovía de la Ruta Nacional N°19 es un proyecto estratégico para la Región Centro, puesto que es una vía esencial para la salida de las producciones de esta importante zona agro-ganadera, a través de los puertos del Río Paraná. Es además una obra vital para nuestro país, ya que integra el Corredor Bioceánico Central, haciendo posible lograr una logística de transporte más eficiente, que

facilite el acceso a los puertos del Atlántico y el Pacífico, incrementando el valor agregado neto, disminuyendo los costos de transporte y los tiempos de viaje de los usuarios. Aumenta y optimiza además, los índices de seguridad, y disminuye la siniestralidad, a la vez que mejora la competitividad de las economías de la región y de toda la Argentina. ♦

ÍTEMS PRINCIPALES

• Hormigón de pavimentos:	260.000 metros cúbicos
• Hormigón de obras de arte:	30.000 metros cúbicos
• Mezcla asfáltica en caliente:	180.000 toneladas
• Subbases de suelo arena cemento:	1.300.000 metros cuadrados
• Suelos de terraplenes:	3.200.000 metros cúbicos
• Barandas metálicas de defensa:	65.000 metros lineales



CHEDIACK

UNA PRESENCIA PERMANENTE EN LA CONSTRUCCIÓN
Y CONSERVACIÓN DE LOS CAMINOS ARGENTINOS



PREMIO OBRA VIAL PROVINCIAL DEL AÑO

R.P. N° 28 Formosa: la obra hidrovial más importante del norte del país

Esta obra fue distinguida con el Premio “Obra Vial Provincial del Año” en la celebración del Día del Camino.

En la Revista Carreteras N° 207 se mostraron detalles técnicos de la misma.

El Proyecto de pavimentación de la Ruta Provincial N°28 en la Provincia de Formosa, que une las localidades de Las Lomitas y Posta Cambio Zalazar, marca el rumbo de la provincia hacia la integración Norte-Sur, vinculando las Rutas Nacionales N° 81 y 86. Esta obra de pavimentación incluye un viaducto de 900 metros de largo sobre el Bañado La Estrella. Único viaducto entre las obras viales del norte del país que permite la transitabilidad de la ruta todo el año, sin depender de las condiciones climáticas, enlazando comunidades que antes de la obra, en épocas de crecidas, debían recorrer más de 290 km para conectarse. ♦

PLANTEL S.A.

Excelencia en Ingeniería, Construcciones y Servicio



www.plantel.com.ar

Laprida 4650 - Mar del Plata - Buenos Aires
Tel.Fax: (0223) 475-9498/99 - recepcion@plantel.com.ar



PREMIO OBRA VIAL URBANA DEL AÑO

PASO BAJO NIVEL DE AV. MONROE EN SU CRUCE CON EL EX FERROCARRIL MITRE RAMALES J.L. SUÁREZ Y MITRE

El cruce bajo nivel de Av. Monroe, en su intersección con el ex Ferrocarril Mitre, Ramal J.L. Suárez y Mitre, está habilitado al tránsito desde noviembre del año 2011.

El objetivo de la obra fue eliminar el paso a nivel que allí existía, a fin de mejorar la seguridad vial de quienes transitan la zona y optimizar la conectividad entre ambos lados de las vías del tren.

La obra consistió en construir un cruce vehicular de 319 metros de longitud entre el inicio de ambas rampas. Su gálibo vertical es de 4,20m y cuenta con dos carriles con único sentido de circulación este-oeste. El proyecto previó también la ejecución de un cruce peatonal dotado de rampas y escaleras, nueva señalización y cámaras de seguridad. A su vez, se hizo un nuevo acceso a la estación Coghlan a través de la pasarela peatonal del bajo nivel, a fin de evitar el cruce por las vías del tren.

Para impedir anegamientos se construyó una estación de bombeo pluvial, nuevos desagües en zona de vías y una adecuación de los existentes en las proximidades. Los vecinos frentistas al bajo nivel cuentan con calles de convivencia, que permiten el acceso y egreso al sector, con un desarrollo urbanístico importante mediante la repotenciación de la iluminación, cestos papeleros, nuevas veredas y forestación.

El túnel, que tiene una longitud de 128 metros, requirió la excavación de casi 16.000m³ de tierra y la ejecución de 371 pilotes. Este paso bajo nivel tuvo la complejidad técnica de atravesar dos ramales del ex ferrocarril Mitre: el José León Suárez y el Mitre. Por esta razón, previamente a la excavación, se debió construir dos puentes ferroviarios nuevos. Uno se emplazó sobre el ramal José León Suárez mediante el montaje de 4 losas de 250 toneladas cada una, de 12,80mts x 12mts x 0,90mts de espesor. Se montaron una a continuación de la otra, cubriendo 48m de longitud con la asistencia de un puente Grúa MEGALIFT (ML), de capacidad para 500 toneladas. El otro puente ferroviario se construyó sobre el ramal Mitre, donde se montaron dos losas de 80 toneladas cada una.

DATOS ADICIONALES

• Cámaras de Seguridad:	26 cámaras en el proyecto total.
• Calzada:	6.480m ² Pavimento H30 en colectoras y rampas del túnel y 4.660 m ² de fresado y recapado asfáltico en zonas aledañas.
• Veredas:	Se ejecutaron 7.600 m ²
• 200 Luminarias:	Luminarias vehiculares en túnel: 54 (reflectores) / Luminarias en pasarela peatonal: 68 / Luminarias en parapetos túnel: 20 (columnas) Luminarias en salida a Coghlan y escaleras: 22 / Luminarias en vereda: 36.





Pasos a nivel de mitigación provisorios

Debido a la construcción de este cruce bajo nivel, el paso a nivel de la calle Monroe debió cerrarse al tránsito, y para permitir el cruce de las vías se abrieron dos pasos provisorios en Plaza y Melián, que mitigaron el impacto que las obras provocaron en la circulación de la zona. Además, por el emplazamiento del Hospital Pirovano en el lugar, se construyó sobre la calle Melián un contracarril exclusivo para ambulancias, a fin de garantizar la circulación de vehículos en caso de emergencia.

Ante la habilitación al tránsito del paso bajo nivel de Monroe, se cerró el paso a nivel de la calle Plaza -abierto al tránsito provisoriamente- y se reparó el pavimento de su calzada. El paso a nivel de Melián sigue habilitado para permitir la circulación de vehículos hacia el noreste, hasta que esté finalizado el paso bajo nivel de la calle Olázabal, que permitirá la circulación hacia la Avda. del Libertador por debajo de las vías del ex ferrocarril Mitre.

Empresa Contratista:

UTE compuesta por las empresas Fontana Nicastro S.A. de Construcciones y Luciano S.A. ♦

ROGGIO

BENITO ROGGIO E HIJOS S.A.



Desde 1908, excelencia en construcciones.

MENCIÓN ESPECIAL

ENLACE PRESIDENTE NÉSTOR KIRCHNER

Tramo: **Empalme Ruta Nacional N°226/ Ruta Prov. N°76 – Empalme Ruta Nacional N°3**

Sección: **Km. 0,00 – Km. 35,346**

Partidos: **Olavarría – Azul**

Provincia: **BUENOS AIRES**



El proyecto tipificado como “Obra Nueva”, con una longitud de 35.346,52 metros, se define como un camino en zona ondulada, que se desarrolla entre la Ruta Nacional N° 226 y la Ruta Nacional N°3, atravesando una zona agrícola, ganadera y minera, entre la región sureste del partido de Olavarría y la región suroeste del partido de Azul.

La progresiva inicial se ubica en la intersección de la Ruta Nacional N°226 con la Ruta Provincial N° 76, aproximadamente 10 Km al sureste de la ciudad de Olavarría. Su progresiva final encuentra a la Ruta Nacional N° 3, en su progresiva 324,6, aproximadamente 18 Km al norte de la localidad de Chillar, partido de Azul. El desarrollo de la traza se reparte prácticamente en un 50 % en cada uno de los municipios mencionados.

El paquete estructural consiste en una calzada de hormigón de 7,30 metros de ancho, con 21 cm de espesor, y un sobreancho respecto de borde de calzada de 20 cm por borde de calzada. ♦

PRINCIPALES UNIDADES DE OBRA

• 1.- Sub-base de suelo cemento	40.570 m³
• 2.- Terraplén	791.823 m³
• 3.- Calzada de hormigón	289.719 m³
• 4.- Barandas metálicas para defensas	12.104 m
• 5.- Plantación de especies arbóreas	1.650 Un



CAMINOS DEL RÍO URUGUAY

S.A. DE CONSTRUCCIONES Y CONCESIONES VIALES



Caminos del Río Uruguay

Autopista Mesopotámica

Rutas Nacionales N° 12 y 14 .
Financió y Construyó las Autovías:
Brazo Largo-Ceibas y Panamericana-Zárate

Visite nuestra página en la Web: www.caminosriouruguay.com.ar

Tronador 4102 - C1430DMZ Capital - Teléfono: 4544-5302 (Líneas Rotativas)



CLEANOSOL ARGENTINA

desde 1966 Haciendo Caminos mas Seguros



DEMARCACION HORIZONTAL

SPRAY / LINEA VIBRANTE
LINEA PARA LLUVIA
B.O.S. / PREFORMADOS
PINTURA EN FRIO
TACHAS REFLECTIVAS

SEÑALIZACION VERTICAL

FABRICANTE HOMOLOGADO
DE SEÑALES **KW**

CONSERVACION VIAL

MICROAGLOMERADO EN FRIO
MATERIAL PARA BACHEO EN FRIO
BOX BEAM / FLEX BEAM
TRAVESIAS URBANAS
AMORTIGUADORES DE IMPACTO
TERMINALES ABC
DELINEADORES DELETABLES

Mendoza 1674 / Avellaneda / Tel.: 011 - 4135-7200 / ventas@cleanosol.com.ar



SUPERCEMENTO

SOCIEDAD ANÓNIMA INDUSTRIAL Y COMERCIAL



UNA SOLUCIÓN PARA CADA NECESIDAD DE LA INGENIERÍA

Capitán General Ramón Freire 2265 - (CZE1428) Buenos Aires Argentina - T.E.(54.11) 4546-8900 Fax: 4543-2950 E-mail: info@supercemento.com.ar



Seguimos construyendo calidad



Av. del Libertador 5936, piso 13 (C1428ARP) Buenos Aires, Argentina Tel/Fax: 4781-6749 E-mail: info@homaq.com.ar

Una empresa del Grupo **HOLDEC**

EL EQUIPO DE LA UCPYPFE VISITA LA ASOCIACIÓN ARGENTINA DE CARRETERAS



La Junta Ejecutiva de la **Asociación Argentina de Carreteras**, compartió un almuerzo con el **Lic. Pablo Abal Medina**, y su equipo de colaboradores de la Unidad de Coordinación de Programas y Proyectos con Financiamiento Externo, evento que tuvo lugar en el Salón del 6° piso de la entidad.

Esa Unidad de Coordinación gestiona el Financiamiento Externo de importantes proyectos de infraestructura y, como tal, coordina diversos programas directamente vinculados con la actividad vial, como el “Programa Norte Grande”.

Particularmente posibilitó, entre otras, la financiación de obras como la recientemente distinguida en el Día del Camino como **“Obra Vial Provincial del Año”**, la Ruta Provincial N°28, tramo entre la RN°91 y la RN° 86, en el norte de la Provincia de Formosa. En la cena de celebración, la Asociación hizo entrega de placas recordatorias a comitentes, proyectistas y constructores de las distintas obras viales distinguidas, entre ellas la mencionada Ruta Provincial N° 28.

Asimismo, durante su visita a la Asociación, se hizo entrega al **Lic. Pablo Abal Medina** del reconocimiento correspondiente y en él al equipo de profesionales que gestionó y posibilitó el financiamiento de la obra.

Al agradecerlo, el **Lic. Abal Medina**, hizo especial hincapié en impulsar los proyectos que comprenden acciones de inclusión social y protección del medio ambiente, tal como es el caso de la obra de la Ruta Provincial N° 28. Asimismo tuvo un reconocimiento hacia el Gobierno del que forma parte y para con los colaboradores que lo acompañan en su gestión.

El encuentro, que se desarrolló en un ambiente de muy grata camaradería, también permitió conocer programas futuros relacionados con el transporte. ♦



Vialidad Nacional festejó sus ochenta años, el Día del Camino y del Trabajador Vial

Con la finalidad de celebrar su aniversario número ochenta, el Día del Camino y del Trabajador Vial, la Dirección Nacional de Vialidad realizó el jueves 4 de octubre un acto con más de mil doscientas personas, en las instalaciones del predio ferial de Tecnópolis, en Villa Martelli.

Al evento asistieron el Secretario de Obras Públicas de la Nación, Ing. José López; la Procuradora del Tesoro, Dra. Angelina Abbona; el Síndico General de la Nación, Dr. Daniel Reposo; y el diputado bonaerense por el Frente para la Victoria, Edgardo Fernando Depetri.

Acompañaron al Administrador General de Vialidad Nacional, Ing. Nelson Periotti, el Subadministrador de la institución, Ing. Joaquín Alonso; el Gerente de Administración, Cdr. Sergio Passacantando; el Gerente de Planeamiento, Investigación y Control, Ing. Fernando Abrate; el Gerente de Obras y Servicios Viales, Ing. Jorge Gregorutti y el Coordinador General de Distritos, D. Rodolfo Villa, entre otras autoridades nacionales, provinciales y municipales, como así también, de entidades y empresas del quehacer vial.

El acto comenzó al mediodía y se extendió hasta después de las 19 horas. En su discurso de bienvenida, el Ing. Nelson Periotti manifestó: "Este Día del Camino y del Trabajador Vial y de celebración del 80° aniversario de la creación de la Dirección Nacional de Vialidad posee, sin duda alguna, especial trascendencia. Viene a ponerle marco a este escenario de obras e intervenciones, producto de este emblemático plan nacional de inversiones en obras de infraestructura vial, que lleva adelante el Poder Ejecutivo Nacional".

Agregó que "se logró porque existe un proyecto político nacional y un modelo económico de recuperación y puesta en

valor del Estado al servicio de la comunidad, un proyecto político que ha instalado el Dr. Néstor Carlos Kirchner, Presidente de los argentinos a partir del año 2003, y continuado por la Sra. Presidenta, la Dra. Cristina Fernández de Kirchner, a partir del año 2007".

Avanzado el discurso, el titular de la D.N.V. destacó: "A Vialidad Nacional la han hecho grande los hombres y mujeres que la sienten en el alma. Los que forjaron esta historia de 80 años, y muchos de nosotros que luchamos todos los días por su eficiencia en la actividad que desarrolla y por la recuperación de aquel prestigio que jamás debió perder como institución

emblemática del Estado Nacional. Gracias a todos los viales del país, a los funcionarios, a los jefes de distritos, a las Asociaciones y empresas, por el acompañamiento a la gestión", finalizó.

Por su parte, el Secretario de Obras Públicas, Ing. José López, expresó: "Los trabajadores viales deben sentirse orgullosos por haber contribuido a forjar una etapa irrepetible, porque la inversión desarrollada superó todos los niveles, el crecimiento del tránsito rompió todos los récords históricos y ese crecimiento, que se dio en paralelo al desarrollo de la economía, fue acompañado por el mantenimiento de las rutas".

Inmediatamente después de los discursos de las autoridades, se proyectó un video institucional con la historia del organismo.

El 5 de octubre de 1925 se inauguró, en Buenos Aires, el Primer Congreso Panamericano de Carreteras y se instauró esa fecha como el "Día del Camino". El mismo día, pero de 1932, se promulgó la Ley Nro. 11.658, que creó la Dirección Nacional de Vialidad.

Para recordar este acontecimiento, trabajadores viales se reunieron en el salón de Tecnópolis y disfrutaron del almuerzo mientras se entregaban reconocimientos institucionales.

Tanto la Asociación Argentina de Carreteras, el Consejo Vial Federal y Vialidad Provincial de Entre Ríos, el Instituto de Cemento Portland, ITS Argentina, la Cámara Argentina de Consultoras de Ingeniería y la Comisión Permanente del Asfalto, distinguieron al Ing. Periotti con la entrega de placas y otros obsequios.

En las primeras horas de la tarde, fue la institución vial la que llevó adelante la tradicional entrega de presentes a su personal más antiguo en actividad. Trabajadores que prestan servicios desde hace 25, 30, 35, 40, 45 y 50 años.



Se destacó, por otro lado, a la "jubilada del año" y a José Luis Pellegri, el ex empleado de la D.N.V. de edad más avanzada. Uno de los momentos más emotivos de la tarde fue cuando Pellegri, de 95 años, subió al escenario y relató su participación en la recorrida que le hicieron a Eva Perón por los talleres de Vialidad, cuando él todavía se encontraba en funciones.

La celebración terminó con un brindis y un recital de Oscar "el chaqueño" Palavecino, vitoreado por todos los trabajadores de Vialidad Nacional. ♦

Oscar "el chaqueño" Palavecino y el Titular de la D.N.V., Ing. Periotti.



SISTEMAS DE DEFENSAS METÁLICAS

Compuestas por defensas(*), postes, alas terminales y accesorios según normas y planos tipo de la DVN.

*con certificación conjunta de IRAM INTI.



CAÑOS CORRUGADOS HEL-COR HC68

Los caños de acero cuarrugado galvanizado HC68 con una cobertura de 610gr/m2 de zinc en ambas caras y costura helicoidal continua tipo "Lockseam", según normas y planos de tipo DNV.



Los productos de Staco Argentina tienen el respaldo internacional de Armco Staco líder en producto viales

Río Derey entre Río Pinto y Río Potrero - Barrio Cina Cina (1748) - General Rodríguez - Buenos Aires - Argentina
Tel / Fax: 4632-6746 / 5599 y 4631-8734 - www.stacoargentina.com.ar - comercial@stacoargentina.com.ar



ACTIVA PARTICIPACIÓN DE LA AAC EN LA ASOCIACIÓN MUNDIAL DE LA RUTA

Durante este año ha habido una activa participación de nuestra Asociación en los Comités Técnicos y en la difusión de las actividades de la Asociación Mundial de la Ruta, a la cual estamos adheridos desde hace ya muchos años.

Tal como mencionáramos en números anteriores, en oportunidad del Congreso Mundial de México, en Septiembre de 2011, se firmó el acuerdo de entendimiento con la entidad mundial, reconociendo a la **Asociación Argentina de Carreteras** como Comité Argentino de la AIPCR-PIARC.

A partir de allí y continuando con actividades conjuntas, este Comité Argentino participó en 15 de los 16 Comités Técnicos del Organismo Mundial, con la intervención de sus profesionales, en reuniones desarrolladas en diferentes partes del mundo, donde se definieron las actividades a desarrollar y los planes de acción de cada Comité Técnico para el período 2012-2015. Entre estas actividades, están previstos varios seminarios técnicos sobre diferentes temas a llevarse a cabo en nuestro país.

Es la intención de la **Asociación Argentina de Carreteras** crear Comités Técnicos locales, de forma tal de generar una activa transferencia tecnológica y un marco de propuestas e ideas que surjan del conjunto de profesionales vinculados al sector, del ámbito público o privado sean socios o no de la Asociación.

En ese marco de actividades, es que el consejo de la **Asociación Mundial de la Ruta** celebró su reunión anual los días 24 y 25 de Octubre, en la ciudad de Lucerna, Suiza. En esa reunión se eligió nuevo Presidente y nuevo Comité Ejecutivo para el período 2013-2016.

Si bien la fecha coincidió con la realización de nuestro **XVI Congreso Argentino de Vialidad y Tránsito**, la Asociación, en su calidad de Comité Argentino de la AIPCR-PIARC, estuvo representada por el Ing. Miguel Marconi, quien efectuó una presentación junto a siete países, sobre los cambios en la seguridad vial de cada uno de ellos, y participó en las elecciones de las respectivas autoridades.



Nuevo Presidente

Se presentaron tres candidatos para el cargo de Presidente, en representación de Bélgica, Francia y México.

Luego de la presentación de las ideas fuerza de cada uno de ellos, se procedió a la votación, la que requería más del 50% de los votos, lo que se consiguió en segunda vuelta, siendo designado el representante de México.

Oscar de Buen Richkarday fue elegido Presidente de la Asociación Mundial de la Carretera a partir del 1 de enero de 2013, con el 59% de los votos emitidos.

Oscar de Buen Richkarday es Ingeniero Civil por la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), con una Maestría en Ciencias en Transporte del Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT), Estados Unidos. Pasó la mayor parte de su carrera profesional en el sector público mexicano, sobre todo en la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), donde se desempeñó como Subsecretario de Infraestructura, de 2007 a febrero de 2011.

Oscar de Buen Richkarday fue Vice-Presidente de la Asociación Mundial de la Ruta desde 2009 a 2011.

El nombramiento de Oscar de Buen Richkarday lleva implícito el reconocimiento a los miembros de habla hispana, y a la participación cada vez más activa de los países emergentes.

Nuevo Comité Ejecutivo y Presencia de la AAC

Posteriormente se eligió por votación el nuevo Comité Ejecutivo, constituido por representantes de todos los continentes, de forma tal de tener una representación global para decidir las acciones de los próximos cuatro años.

Como un hecho destacable, y un reconocimiento a nuestra acción, fue electo, como Miembro del Comité Ejecutivo para ese período el Presidente de nuestra entidad y del Comité Técnico Argentino, Lic. Miguel Salvia.

La **Asociación Argentina de Carreteras** se enorgullece con esta nueva muestra de confianza de la Organización Internacional y compromete todo el esfuerzo de su Consejo Directivo y de sus socios en general para llevar adelante y cumplir con los objetivos que se proponen en el Plan Estratégico y en los Comités Técnicos oportunamente aprobados. Recordamos que uno de los compromisos básicos es desarrollar una acción conjunta entre ambas entidades en pos de la transferencia tecnológica entre nuestros profesionales y los expertos mundiales. También, la de contribuir a la constitución de **Comités Técnicos Iberoamericanos Regionales** con el objetivo de permitir una mayor participación de especialistas de habla hispana y procurar un mejor aprovechamiento de las experiencias internacionales en las distintas materias de la actividad vial y del transporte. Esperamos propuestas de los miembros del sector para conseguir una actividad dinámica durante el próximo año.



Nuestro ejemplo de trabajo - Tu elección de vida - Una **Provincia** modelo



Vialidad

Dirección Provincial de Vialidad
Ministerio de Planificación, Infraestructura y Servicios
Gobierno de Entre Ríos

INGENIERIA VIAL Y DE TRANSPORTE



Gago Tonin s.a.
Servicios de Ingeniería

Diagonal 74 N° 483 - (B1902DMS) La Plata - ARGENTINA
Teléfonos: 54 221 424 5176 - Fax: 54 221 483 8028
E-Mail: info@gagotonin.com.ar - www.gagotonin.com.ar

- Proyectos
- Dirección e Inspección de Obras
- Auditorías Técnicas
- Gestión del Mantenimiento en Redes Terciarias



CONSEJO VIAL FEDERAL

LII Asamblea Anual Ordinaria

Del 28 al 30 de noviembre se llevó a cabo, en la ciudad de Ushuaia, provincia de Tierra del Fuego, Antártida e Islas del Atlántico Sur, la Quincuagésima Segunda Asamblea Anual Ordinaria del Consejo Vial Federal. Encabezada por el Presidente del Consejo, el Ingeniero Jorge Rodríguez, la Asamblea contó con la presencia de todos los titulares de las Vialidades Provinciales del país y también con representantes de la Dirección Nacional de Vialidad. Además, se sumaron profesionales y técnicos que conformaron las Juntas que integran el organismo.

Durante las sesiones, se trataron numerosos temas inherentes al quehacer vial, entre los que se destacan la determinación de los **Índices de Coparticipación Vial**, la actualización del **Esquema Director Vial Argentino** (EDiViAr) y la conservación de los caminos, punto sobre el que se hizo una declaración que fue entregada al Consejo Interprovincial de Ministros de Obras Públicas (CIMOP), que se encontraba sesionando en la misma ciudad.

En otro punto se aprobó la propuesta de modificación del Código Penal, a fin de endurecer las penas por la destrucción y/o robo de señales de tránsito, por atentar contra la seguridad vial de los usuarios.

DECLARACIÓN DEL CONSEJO VIAL FEDERAL - LII ASAMBLEA ANUAL ORDINARIA

La Red Vial Federal, su MANTENIMIENTO y NECESIDAD de priorizar la asignación de mayores recursos.

La Red Vial de nuestro país -configurada por la Red Nacional y Provincial- define el espacio vial por donde se desplazan la totalidad de la población y las cargas terrestres. Está compuesta por aproximadamente 500.000 Km de rutas y caminos de sus redes primarias, secundarias y terciarias. De los 78.764 Km de rutas asfaltadas en el país, las rutas provinciales representan el 55,3% (43.550 Km), mostrando este porcentaje la importancia que tienen las redes regionales en el desarrollo socio productivo de nuestro país.

Como consecuencia de varios factores entre los que se destaca el crecimiento del PBI en nuestro país, en los últimos 10 años se observa que el Tránsito Medio Diario Anual (TMDA) aumentó entre un 50% y un 300%, del cual el transporte de carga representa aproximadamente un 25% del total de vehículos (si bien en ciertos corredores estos porcentajes ascienden a un 75%). Analizados en detalle estos datos, se observa que gran parte de los corredores y rutas provinciales se convirtieron en importantes corredores viales, con un tránsito federal que es dinámico e integrador, y que está demandando cada vez más una atención diferente en la conservación de nuestras rutas, para quien circula por ellas busca condiciones de transitableidad y seguridad independientemente de si éstas son provinciales o nacionales, o si circula por una u otra provincia.

Los informes de los estamentos técnicos de cada una de nuestras Vialidades provinciales y de la DNV acerca de las condiciones de transitableidad de las rutas muestran que un porcentaje importante (se estima del orden del 20%) presenta índices de estado inferior a 5 (según metodología de evaluación de pavimentos de DNV); es decir, niveles de deterioro importantes debido a que el nivel de inversión anual en el mantenimiento y conservación

de las rutas pavimentadas está lejos de alcanzar el equivalente al 10% del valor de patrimonio vial, que es lo que se recomienda.

Por tal razón, el Consejo Vial Federal en su **LII Asamblea Anual Ordinaria** incorpora y debate el tema del ESTADO Y CONSERVACIÓN de las redes camineras y DECLARA, que:

- Las provincias plantean incrementar sus recursos presupuestarios para atender a su red vial provincial dado que cada vez ésta es más exigida e integrada a la circulación nacional.
- Es irrenunciable priorizar el mantenimiento de nuestras rutas de igual manera que se lo hace con las obras viales nuevas, con el objeto de mejorar la competitividad territorial.
- El problema dejó de ser individual y aislado a las provincias y se convirtió en una problemática general, que requiere de propuestas con soluciones integrales y, en tal sentido, entendemos que el Consejo Vial Federal es el ámbito institucional adecuado para llevar adelante este abordaje.
- Es necesario reencauzar los recursos obtenidos de los impuestos existentes para el financiamiento que se requiere para revertir esta situación.
- Un buen punto de inicio es el estudio de redistribución del impuesto a los combustibles, como se propone en el proyecto de ley del Diputado Nacional Osvaldo Elorriaga.
- Los miembros integrantes de la Asamblea se comprometen a interiorizar a legisladores y otros actores políticos y sociales sobre lo analizado y discutido en el seno de la Asamblea Anual Ordinaria del CVF.

Ushuaia, 29 de noviembre de 2012.



De izq. a derecha: Tec. R. Villa, Secretario Ejecutivo. Representa a la DNV. Ing. M. Bertolino, Vice Pte. 1º del CVF; Ing. J. A. Rodríguez, Pte. del CVF; Ing. N. M. Berretta, Secretario Técnico-Administrativo; Ing. R. Basilio, Vice. Pte 2º del CVF. // Asamblea en Pleno.



Cuarta Edición
2011 • 2012

LA FUNDACIÓN DE LA ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE LA CARRETERA PREMIA UN ESTUDIO SOBRE GESTIÓN DINÁMICA DEL TRÁFICO EN AUTOPISTAS

Aporta nuevas y más fiables herramientas para evaluar el nivel de servicio de la red de gran capacidad.

• **Asimismo otorga el Premio Ingeniero Björnulf B. Benatov a un trabajo que analiza, mediante ultrasonidos, el proceso de fisuración de los pavimentos.**

La aplicación de las nuevas tecnologías de la información y la comunicación a la Ingeniería de Tránsito ha permitido desarrollar un conjunto de sistemas que mejoran la gestión de la circulación e incrementan los niveles de seguridad vial, optimizando la utilización de las infraestructuras viarias existentes.

Gracias a estos sistemas, conocidos como ITS (Intelligent Transport Systems), se ha generalizado en las carreteras españolas la gestión del tránsito en tiempo real, partiendo del conocimiento de variables como el nivel de servicio de la vía, es decir, las condiciones de funcionamiento de la circulación y cómo los conductores perciben dichas condiciones (velocidad, tiempo de recorrido, libertad de maniobra, comodidad, seguridad).

Sin embargo, el cálculo de niveles de servicio presenta actualmente una serie de problemas en la gestión dinámica del tránsito en autopistas, a los que trata de dar respuesta la investigación que ha resultado galardonada con el “IV Premio Internacional a la Innovación en Carreteras Juan Antonio Fernández del Campo”, convocado por la Fundación de la Asociación Española de la Carretera (FAEC).

El estudio lleva por título **“Modelización de los niveles de servicio en autopistas en tiempo presente para la gestión dinámica del tráfico”**.

La finalidad de este trabajo no es otra que definir una nueva metodología de cálculo en tiempo real de los niveles de servicio en autopistas, que supere los actuales sistemas de medición, totalmente estáticos. La técnica propuesta por Enrique Belda Esplugues, Doctor Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos y autor de la investigación, abre la puerta a futuras líneas de trabajo dirigidas a estudiar el comportamiento del tránsito en autopistas bajo la influencia de meteorología adversa e incluso a establecer la posible correlación entre el comportamiento de los conductores ante un suceso y los datos obtenidos del equipo de medida que registra dicho suceso.

La investigación de Belda Esplugues -una síntesis de su tesis doctoral que, con el mismo título, fue dirigida por Alfredo García García, catedrático de la Universidad Politécnica de Valencia, y Vicente Ramón Tomás López, Profesor de la Universitat Jaume I- ha obtenido el voto unánime del Jurado del Premio Juan Antonio Fernández del Campo.

Premio Ing. Björnulf B. Benatov

Como novedad, en su edición 2011-2012, el “Premio Internacional a la Innovación en Carreteras Juan Antonio Fernández del Campo” ha contemplado el otorgamiento del Premio Ing. Björnulf B. Benatov, en memoria de este ingeniero, fundador de la FAEC y promotor del certamen, fallecido en abril de 2011.

En este sentido, los miembros del Jurado han reconocido con el Premio Björnulf B. Benatov el trabajo **“Auscultación de la fisuración descendente en pavimentos asfálticos mediante ultrasonidos”**, del que son autores **Miguel Ángel Franesqui García** (Escuela de Ingenierías Industriales y Civiles de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria) y **Juan Gallego Medina** (Departamento de Ingeniería Civil – Transportes de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Universidad Politécnica de Madrid).

Una de las principales causas del deterioro de los pavimentos asfálticos es la fisuración producida en la superficie de los mismos. Pese a ello, se trata de un aspecto que, según los autores del trabajo premiado con el accésit, no está considerado convenientemente en los métodos tradicionales de diseño de carreteras.

Con el fin de aportar luz a la materia, Franesqui y Gallego han realizado una investigación de laboratorio in situ con ultrasonidos para conocer con detalle el proceso de fisuración de los pavimentos, y así poder evaluar la profundidad de este tipo de fisuras. Además, la técnica propuesta es no destructiva, de bajo costo y de rápida ejecución. También permite resolver algunos de los inconvenientes que presentan otros métodos de diagnóstico, caracterizados por su menor fiabilidad o su naturaleza destructiva.

INVESTIGACIÓN GANADORA

“MODELIZACIÓN DE LOS NIVELES DE SERVICIO EN AUTOPISTAS EN TIEMPO PRESENTE PARA LA GESTIÓN DINÁMICA DEL TRÁFICO”

• **Enrique Belda Esplugues**

Doctor Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.

Premio Ing. BJÖRNULF B. BENATOV

“AUSCULTACIÓN DE LA FISURACIÓN DESCENDENTE EN PAVIMENTOS ASFÁLTICOS MEDIANTE ULTRASONIDOS”

• **Miguel Ángel Franesqui García**

Escuela de Ingenierías Industriales y Civiles
UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA.

• **Juan Gallego Medina**

Departamento de Ingeniería Civil – Transportes de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID. ♦

60° CONVENCION DE LA CÁMARA ARGENTINA DE LA CONSTRUCCION

Con una masiva concurrencia de alrededor de 1600 personas, el 19 de noviembre se llevó a cabo, en el Sheraton Hotel de Buenos Aires, la 60° Convención de la Cámara Argentina de la Construcción.



El presidente de la Cámara, Ing. Enrique Wagner, abrió el encuentro y destacó las optimistas expectativas para el año 2013, con una inversión del sector que llegaría al 14% del Producto Bruto Interno, lo que se traduciría en más de 3 millones de puestos de trabajo directos e indirectos.

En primer término, expusieron Gerardo Martínez, Secretario General de la UOCRA, el Ing. José F. López, Secretario de Obras Públicas de la Nación, y el Lic. Horacio Rodríguez Larreta, Jefe del Gabinete de Ministros del Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires. El Ing. Fernando Lago, de la CAC, presentó "Propuestas de Financiamiento. Plan de Inversiones 2012-2021".

Mediante una videoconferencia se presentó el economista Nouriel Roubini, prestigioso profesor de la Leonard N. Stern School of Business de la New York University, quien efectuó un "Análisis de la Crisis Internacional y sus Consecuencias en Países Emergentes". El Sr. Pierluigi Collina, famoso árbitro de fútbol, expuso sobre la "Toma de Decisiones Bajo Presión".

También disertaron Alberto Sileoni y José F. López sobre el "Desarrollo de la Vocación por Construir en Estudiantes de Escuelas Técnicas".

Axel Kicillof, Secretario de Política Económica y Planificación del Desarrollo, y Diego Bossio, Director Ejecutivo del ANSES, expusieron

el Programa Crédito Argentino-PRO.CRE.AR. Santiago Bilinkis, especialista en Tecnología, disertó sobre el "Futuro de la Construcción".

La Convención se cerró con la exposición de la Sra. Presidenta, **Dra. Cristina Fernández de Kirchner**, quien destacó que la actividad creció un 300 por ciento y creó 300 mil puestos de trabajo desde 2003. La Jefa de Estado defendió las medidas contracíclicas adoptadas por el Gobierno contra la crisis económica internacional.

La presidenta destacó que "la película de los diez años muestra que el crecimiento exponencial de la actividad fue uno de los motores del crecimiento". "Dentro del mayor crecimiento en nuestros 200 años de historia, la actividad de la construcción fue la que más creció", enfatizó.

Asimismo, aseveró que el mundo sufre una "crisis política, de consecuencias económicas". Sostuvo que en los países desarrollados "hay una crisis de endeudamiento soberano similar al que Argentina vivió en 2001".

La Presidenta consideró que este "modelo es lo más adecuado para la República Argentina. Y si estoy equivocada, el pueblo con su voto va a decidir cuál es el modelo a seguir". "La buena administración del país es la suma de las buenas administraciones provinciales y municipales", recalcó.

EXPRESÓ LA SEÑORA PRESIDENTA:

“EL PATRÓN TIENE QUE SER ÉSE: TRABAJO,
PRODUCCIÓN, INVESTIGACIÓN, CIENCIA Y TECNOLOGÍA”

La mandataria aseguró que el gobierno va a continuar aplicando “todas las medidas contracíclicas”. Exhortó a observar “el formidable potencial que tiene un mundo donde hay millones y millones de personas que todavía no han accedido a agua potable, a gas, a rutas”. “Los sectores que más necesitan estos servicios son los sectores que, trabajando en esos servicios, obtienen recursos que destinan completamente al consumo”, explicó.

Por último, consideró que “el patrón tiene que ser ése: trabajo, producción, investigación, ciencia y tecnología”, y consideró que éste “es el país que yo creo que es sustentable en el largo plazo”. “Lo que tenemos que definir los argentinos es una Argentina para nosotros y para todos los demás: para los que están y para los que tienen que venir. Un país para todos, que de eso se trata este proyecto político”, concluyó.

Acompañaron a la Jefa de Estado, el vicepresidente Amado Boudou; el presidente de la Cámara de la Construcción, Enrique Wagner; el gobernador bonaerense, Daniel Scioli; el jefe de gabinete, Juan Manuel Abal Medina; además de ministros, funcionarios del gobierno y miembros del Consejo Directivo de la Cámara Argentina de la Construcción. ♦



RENOVACIÓN DE AUTORIDADES



La Cámara Argentina de la Construcción, socia fundadora de la Asociación Argentina de Carreteras, realizó el 28 de noviembre su Asamblea Anual Ordinaria. En esa oportunidad se realizaron los comicios para la renovación de autoridades.

Resultó electo como nuevo Presidente de la CAC, el Ingeniero GUSTAVO WEISS, al que le deseamos los mayores éxitos en su gestión institucional. En la actualidad, el Ing. WEISS preside la empresa Eleprint SA, socia de la Asociación Argentina de Carreteras.

La nómina de la Mesa Ejecutiva con la nueva distribución de cargos para el ejercicio 2012 - 2013, es la siguiente:

PRESIDENTE	ING. GUSTAVO WEISS
VICEPRESIDENTE 1°	ING. CARLOS G. ENRIQUE WAGNER
VICEPRESIDENTE 2°	ING. MARIO BUTTIGLIENGO
VICEPRESIDENTE 3°	LIC. JUAN CHEDIACK
VICEPRESIDENTE 4°	ING. ALDO B. ROGGIO
SECRETARIO	DR. RICARDO GRIOT
SECRETARIO DEL INTERIOR	ING. JUAN A. CASTELLI
TESORERO	DR. JULIO CÉSAR CRIVELLI
PROTESORERO	ING. FEDERICO BENSADON
PROSECRETARIO	SR. GREGORIO CHODOS
PROSECRETARIO DEL INTERIOR	ING. CÉSAR BORREGO

Breves

La Presidente de Brasil habla en la ONU sobre seguridad vial



La Seguridad Vial ocupó el escenario principal cuando la Sra. Presidenta de Brasil, Dilma Rousseff, habló en la Asamblea General Anual de las Naciones Unidas, resaltando el rol que la FIA (Federación Internacional del Automóvil) ha tomado para combatir el creciente número

de muertes y serias lesiones en las rutas mundiales.

La mayoría de estas estadísticas trágicas (1 millón 300 mil muertes y 40 millones de lesionados) son especialmente importantes en países en desarrollo. Por esta razón, la Presidenta Rousseff ha tomado una fuerte posición, con sólidos principios, apoyando los esfuerzos iniciados por el Presidente de FIA, Sr. Jean Todt, y la campaña global de dicha federación.

En su discurso, la Presidenta Rousseff dijo: “Otra iniciativa que nosotros admiramos es la Década de Acción para la Seguridad Vial 2011-2020 de las Naciones Unidas. Brasil está comprometido activamente para proteger vidas y reducir los accidentes en las rutas. Con este propósito, nuestro gobierno está preparando una amplia campaña para intensificar la concientización junto con la FIA.”

Anteriormente, el Sr. Jean Todt, acompañado por la Embajadora de la Seguridad Vial Global, Michelle Yeoh, y el campeón mundial de F1, Emerson Fittipaldi, se habían reunido con el Secretario General de las Naciones Unidas, Ban Ki-moon, y la Presidenta Rousseff. Durante su reunión, el



FEDERATION INTERNATIONALE DE L'AUTOMOBILE
REGION IV

principal tópico de conversación fue el rápido incremento global de los problemas sobre temas de seguridad vial, para lo cual Sr. Todt confirmó el compromiso de FIA con la Década de Acción para Seguridad Vial de la ONU y enfatizó la necesidad de un fuerte y coordinado esfuerzo para limitar el creciente número de lesiones serias y fatales en las vías.

El Presidente de FIA sugirió focalizar este problema, y en particular dirigir los esfuerzos a uno de los grupos de riesgo, comprendido por gente joven en países en vías de desarrollo. Dicha propuesta también había sido mencionada en un encuentro anterior con Margaret Chan, Directora General de la Organización Mundial de la Salud (OMS).

Esta campaña tiene como meta reducir cinco millones de muertes en rutas durante los próximos diez años, para lo cual es necesario un fuerte compromiso de líderes mundiales, tales como la Presidenta Rousseff.

El gobierno de Brasil, junto con la ONU, colaborarán con la FIA en la búsqueda de soluciones efectivas y viables para mejorar la seguridad vial.



BEBER Y CONDUCIR. Manual de seguridad vial para decisores y profesionales



El propósito del documento “Beber y conducir. Manual de seguridad vial para decisores y profesionales” es brindar sugerencias prácticas para el establecimiento de programas coordinados e integrados que puedan ser implantados en cada país con el fin de reducir la conducción bajo los efectos del alcohol. Su objetivo específico es abordar el consumo de alcohol por parte de los con-

ductores, tanto de vehículos motorizados como de motocicletas.

En este contexto, son los conductores de vehículos comerciales los que constituyen un grupo especialmente importante debido a la gran cantidad de pasajeros que transportan y al número de kilómetros que recorren.

Este manual proporciona los datos necesarios para iniciar un programa que combata la ingesta de alcohol al volante y describe los pasos para efectuar la evaluación del problema en un país determinado.

El documento sigue las pautas del “Informe Mundial sobre Prevención de los Traumatismos Causados por el Tránsito”, publicado por primera vez en 2004 por la Organización Mundial de la Salud (OMS) y el Banco Mundial.

Este manual ha sido publicado por la OMS, la Alianza Mundial para la Seguridad Vial, la Fundación FIA para el Automóvil y la Sociedad y el Banco Mundial.

www.aecarreteras.com

Brasil lanza un multimillonario plan de concesiones al sector privado

El Gobierno brasileño lanzó un millonario plan de concesiones para impulsar inversiones de más de 60.000 millones de dólares en carreteras y vías férreas, que busca estimular la economía y poner al día las desfasadas infraestructuras de transporte de cara a los dos grandes eventos que organiza el país, la Copa del Mundo en 2014 y los Juegos Olímpicos de Río de Janeiro en 2016.

BRASILIA (AFP). El paquete, que otorga un papel preponderante a la iniciativa privada en la modernización del transporte, pretende impulsar inversiones de 133.000 millones de reales (unos 66.000 millones de dólares) en 25 años, de los cuales 79.000 (casi 40.000 millones de dólares) se aplicarán en los próximos cinco años.

El plan prevé otorgar en concesión a empresas privadas la construcción o ampliación de 7.500 km de grandes carreteras de Brasil, con una inversión estimada en 21.000 millones de dólares, explicó el ministro de Transportes, Paulo Sergio Passos, en un evento con la presidenta Dilma Rousseff y grandes empresarios. El país tiene actualmente 5.200 km de carreteras nacionales bajo concesión.

“Estamos configurando una gran red ferroviaria nacional”, con 10.000 km de nuevas vías e inversiones estimadas en unos 45.000 millones de dólares, aunque no serán solo privadas, sino también del Estado, que para evitar monopolios contratará las obras y venderá la capacidad de carga.

Estímulo frente a crisis

Con este plan, el Gobierno busca modernizar las desfasadas infraestructuras de transporte, en un país que acogerá la Copa del Mundo en 2014 y los Juegos Olímpicos en Río en 2016, e impulsar la economía, afectada por la crisis internacional y que se estima que crecerá menos de 2% este año.

“Hoy iniciamos una nueva etapa de nuestro modelo de desarrollo”, afirmó Rousseff.

“Mi gobierno reconoce las Asociaciones con el sector privado como esenciales para el crecimiento. (...) No estamos deshaciéndonos de patrimonio público, estamos haciendo Asociaciones para ampliar la infraestructura del país (...), salvar una deuda de décadas de atraso y asegurar el menor costo logístico posible” para la población, dijo.



La presidenta brasileña, Dilma Rousseff, lanzó ayer un plan de concesiones al sector privado para mejorar la infraestructura del país y estimular la actividad económica. (EFE) / abc color

Rousseff, del izquierdista Partido de los Trabajadores que gobierna desde 2003, afirmó a los inversionistas que su país “ofrece grandes oportunidades, con ambiente institucional estable”.

“Las Asociaciones que estamos proponiendo hoy son muy atractivas en términos de rentabilidad, riesgo y financiación”, añadió.

La Confederación Nacional de la Industria aplaudió la iniciativa. “Muchas de estas obras estaban previstas, pero a largo plazo.

La novedad es que se amplía la participación de la iniciativa privada y se aceleran las obras, es un cambio muy importante”, dijo el presidente de la CNI, Robson Braga.

Un estudio de la CNI asegura que Brasil tiene la peor infraestructura de transporte entre los grandes países emergentes como China, India, Rusia y Sudáfrica, y que tiene peor calidad de transporte que Chile, Argentina, Colombia y México.

El Gobierno prevé anunciar un plan parecido para puertos y aeropuertos. En febrero pasado, otorgó en concesión por más de 20 años los tres principales aeropuertos del país, dos en São Paulo y uno en Brasilia.

La AEC y el BID, premio internacional a la seguridad vial

La Asociación Española de la Carretera (AEC) y el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) han sido galardonados con el **IRF Global Road Achievement Award** (GRAA) 2012 en su categoría "Seguridad Vial" por el proyecto "Iniciativa para la Seguridad Vial en América Latina y el Caribe (Diagnóstico, Guía y Proyectos Piloto)", un programa que se ha consolidado como un Plan de Acción de Seguridad Vial específico e inédito hasta la fecha en esta región.

El proyecto ha sido desarrollado por el BID, con la asesoría técnica de la AEC y la colaboración de la Universidad Politécnica de Valencia. BID y AEC mantienen desde hace tiempo una línea de fructífera colaboración en la reducción de la siniestralidad en las carreteras y las ciudades del arco latinoamericano.

La experiencia de la AEC en este sentido ha permitido realizar un adecuado diagnóstico de las condiciones reales de la seguridad del tráfico en estos países, unos de los más castigados por los accidentes de circulación en todo el mundo. Este trabajo de asesoría ha resultado de gran importancia de cara al desarrollo posterior del programa premiado por la IRF, materializado en la "Guía de Apoyo a Proyectos de Seguridad Vial", sin olvidar las experiencias piloto implementadas en países como Argentina, Brasil, Costa Rica y Nicaragua.

La ceremonia de entrega de este prestigioso premio tendrá lugar en Washington en enero de 2013.

Prestigio Internacional

Los **Global Road Achievement Awards** (GRAA) son los galardones más prestigiosos del sector viario internacional. Están promovidos por la Federación Internacional de Carreteras (**International Road Federation**,

IRF), una organización fundada en 1948 en la que están representados organismos públicos y privados de carreteras procedentes de más de 70 países de todo el mundo. Entre sus miembros se encuentra la Asociación Española de la Carretera, que se integró en la IRF tan sólo un año después de su fundación, en 1949.

La AEC resultó también premiada en 2005 por la Federación Internacional de Carreteras con el **Global Road Achievement Award** por su papel como "institución creadora y líder de opinión en el sector viario". De esta forma, se reconocía el compromiso de esta entidad por promover y favorecer el debate público en materia de carreteras, tanto en España como a nivel internacional.

Las categorías contempladas por los GRAA en su edición 2012 abarcan un amplio espectro: Construcción, Diseño, Protección Medioambiental, Gestión, Conservación, Gestión de Tráfico e ITS, Financiación, Gestión de Calidad, Seguridad Vial y Tecnología y Equipamiento. En cada una de ellas han resultado ganadoras organizaciones punteras de todo el mundo. En opinión de Patrick Sankey, Director General de la IRF, "en las actuales circunstancias de incertidumbre económica, el sector viario ha demostrado una vez más que es una fuente de soluciones de vanguardia". Los GRAA dan buena cuenta de ello.

Desde 2000, fecha en la que fueron creados, más de un centenar de proyectos de una treintena de países han sido distinguidos por su excelencia e innovación con estos prestigiosos premios.

Asociación Española de la Carretera (AEC)
www.aecarretera.com



OBITUARIO: Dr. Jorge O. Agnusdei



El Dr. Jorge Agnusdei falleció el 8 de octubre en la Ciudad de La Plata. Era miembro del Consejo Directivo de la Asociación Argentina de Carreteras y Vicepresidente de la Comisión Permanente del Asfalto de Argentina.

A nivel internacional, fue fundador y Secretario Permanente de los Congresos Ibero-Latinoamericanos del Asfalto (CILA), siendo además un estrecho colaborador de la Asociación Española de la Carretera y de su Fundación. Contribuyó a difundir y fue Jurado Internacional del Premio a la Excelencia Viaria, dedicado a la memoria del Ingeniero Juan Antonio Fernández del Campo y Cuevas.

En el plano académico, el Doctor en Química Jorge Agnusdei será siempre recordado como un prestigioso referente en tecnología vial, habiendo sido docente de diversas universidades y expositor destacado en cursos y seminarios de su especialidad.

Más allá de su perfil profesional, se destacó por el cariño y simpatía de su trato cotidiano y por la forma en que derramó su generosidad y calidez entre todos lo que gozaron de su inquebrantable amistad.

Sin duda, su ausencia se percibirá nítidamente en cada evento, foro o reunión de amigos del sector vial de Iberoamérica.

Trabajos Técnicos

- **Modelo Mecanicista Empírico para Análisis de Pavimentos Flexibles Desarrollado en Argentina**

Autores: Oscar Giovanon y Marta Pagola

- **Propuesta de Revisión del Plano OB2: Carriles de Cambio de Velocidad y Ancho de Ramas de Giro**

Autor: Ing. Rodolfo Goñi

- **Novedosa Repavimentación en Uruguay Mediante la Aplicación de una Capa Adherida de Hormigón con Fibras Sintéticas Estructurales Empleando Tecnología de Alto Rendimiento**

Autores: D. Fontáns, H. Machín, D. Míguez, A. C. González, D. Violini y M. Pappalardi

- **Método de Evaluación del Sigma-Puentes de Vialidad Nacional**

Autores: Ing. Eduardo A. Castelli e Ing. Miguel E. Ruiz

- **Reactividad Alcalina Potencial de los Basaltos Mesopotámicos**

Autores: C. Rocco, P. Maiza, C. Fava, S. Marfil y J. Tobes

- **Fisuración Temprana de Losas de Pavimento**

Autores: María Angélica Clariá, Raul López y Marcelo González

• En próximas ediciones se publicarán otros Trabajos Técnicos distinguidos.

MODELO MECANICISTA EMPÍRICO PARA ANÁLISIS DE PAVIMENTOS FLEXIBLES DESARROLLADO EN ARGENTINA

Autores:

Oscar Giovanon y Marta Pagola

RESUMEN

Se presenta un modelo mecanicista empírico desarrollado en el Laboratorio Vial de la Universidad Nacional de Rosario. El mismo permite el análisis de estructuras de pavimento considerando distintos parámetros y momentos de la vida de las mismas, dentro de las opciones puede citarse:

- Dispone de una importante herramienta para el ajuste del modelo de deformación en base a mediciones de campo y/o de laboratorio, a través de la modelización por retroajuste.
- Se incorpora también la opción de analizar el comportamiento con las metodologías mecanicistas clásicas en base a condiciones estructurales iniciales.
- El modelo permite simular la evolución de la estructura a lo largo de la vida en servicio pudiendo considerar las variaciones del tránsito, el clima y del comportamiento de los diferentes materiales en función de su condición de trabajo e historia de tensiones.
- Mediante la simulación de los fenómenos de fisuración por fatiga bajo carga, acumulación de deformaciones plásticas por los distintos materiales y fallas por fisuración térmica, permite expresar el comportamiento de la estructura analizada en función de los parámetros de superficie que valoran la aptitud de la misma para brindar una adecuada calidad a los usuarios, rugosidad, porcentaje de fisuras, porcentaje de baches y ahuellamiento.

En este trabajo, se comentan las aptitudes del modelo y se muestra una primera calibración de los modelos que lo integran, basada en el comportamiento en servicio de tramos reales de rutas de Argentina.

1. INTRODUCCIÓN

Los modelos de comportamiento estructural son utilizados para el diseño y verificación de los pavimentos, pudiéndolos encontrar también formando parte de los sistemas de gestión. Estos sistemas son una herramienta muy útil para las administraciones públicas y las empresas concesionarias, pues permiten realizar una mejor programación de sus inversiones, definiendo el momento más apropiado para la realización de las tareas de mantenimiento, tanto para sustentar una adecuada calidad de servicio del pavimento como para lograr un mayor beneficio económico.

El desarrollo de modelos de comportamiento de las estructuras viales resulta compleja como consecuencia de diferentes aspectos, entre los que pueden citarse:

- Los materiales asfálticos resultan susceptibles a condiciones de frecuencia y temperatura (como variables de principales)
- Los suelos y materiales granulares son susceptibles al nivel de tensiones y contenido de humedad (como variables de principales)
- Cada una de las capas constitutivas del pavimento se encuentran, en general, constituidas por un conglomerado de diferentes materiales

- El entorno climático variable condiciona tanto mediante la temperatura como mediante el contenido de humedad.
- Las fallas estructurales se producen por fatiga, siendo la reiteración de las cargas variable en intensidad y frecuencia.
- La vida útil de la estructura no finaliza con la aparición de la primera fisura en el punto más crítico, sino cuando es evidente en superficie con diferentes grados de fisuración y/o deformaciones plásticas.

Como consecuencia de esta complejidad los planteos a nivel estructural son en general muy simplistas. Los diferentes enfoques pueden clasificarse en los siguientes grupos:

- a) Utilización de modelos empíricos
- b) Resolución de modelos mecanicistas en condiciones medias ponderadas
- c) Modelos de comportamiento mecanicistas incrementales a nivel estructural

Dado que el análisis mecanicista es la herramienta capaz de permitir tanto la consideración de gran cantidad de los aspectos involucrados en el comportamiento estructural, como así también posibilitar la innovación en la utilización de diferentes materiales, se adoptó como el núcleo del modelo mecanicista empírico desarrollado.

Sobre la base de priorizar los aspectos de mayor peso recomendados por la bibliografía y por las experiencias propias, se plantea un modelo multicapa pseudo dinámico con posibilidad de considerar el comportamiento no lineal de los materiales.

Se analiza, aplicando diferencias finitas, la evolución de los materiales en el tiempo conjuntamente con los aspectos estacionales del tránsito y el clima. La solución para cada paso incremental se obtiene mediante la resolución de la función de tensiones.

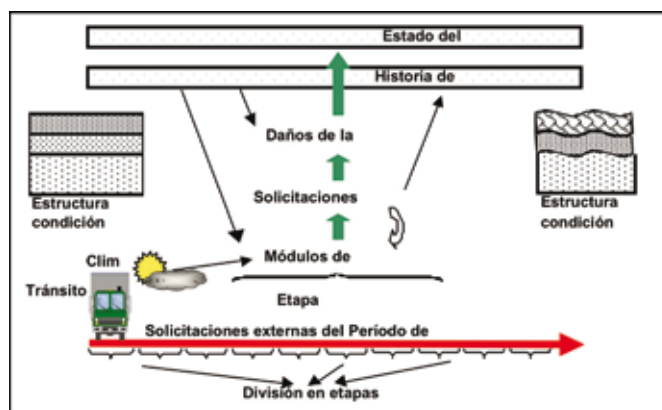


Figura 1. Esquema del modelo de análisis incremental

Adicionalmente y reconociendo la importancia de los datos, el modelo integra dentro de sí la posibilidad de ajuste de los módulos aplicando un Sistema Experto, en base a diferentes tipos de mediciones de campo y/o laboratorio.

2. ESTRUCTURA DEL MODELO

El modelo está constituido por un conjunto de subprogramas que interactúan entre sí, permitiendo una optimización entre los programas que efectúan más eficientemente la resolución de algoritmos y aquellos que brindan una interfaz amigable con el usuario.

Para constituir la interfaz con el usuario se adoptó una planilla Excel, dado que la mayoría de los usuarios están habituados con su uso y que además integra herramientas de programación propias.

Para la resolución de los algoritmos correspondientes se optó por la realización de programas ejecutables desde una plataforma Fortran, dada la aptitud de ésta y que además se dispone de experiencias previas con esta herramienta. El nombre BackViDe dado a este modelo es un acrónimo de los tres ejecutables realizados en Fortran y que en versiones previas resultaban incluidos en aplicaciones independientes.

En la Figura 2 se muestra un esquema del modelo mecanicista empírico desarrollado, indicando las principales interacciones entre las hojas de las planillas de cálculo y los programas externos. Estas planillas contienen numerosas rutinas de Visual Basic que interactúan entre sí y con los tres programas externos.

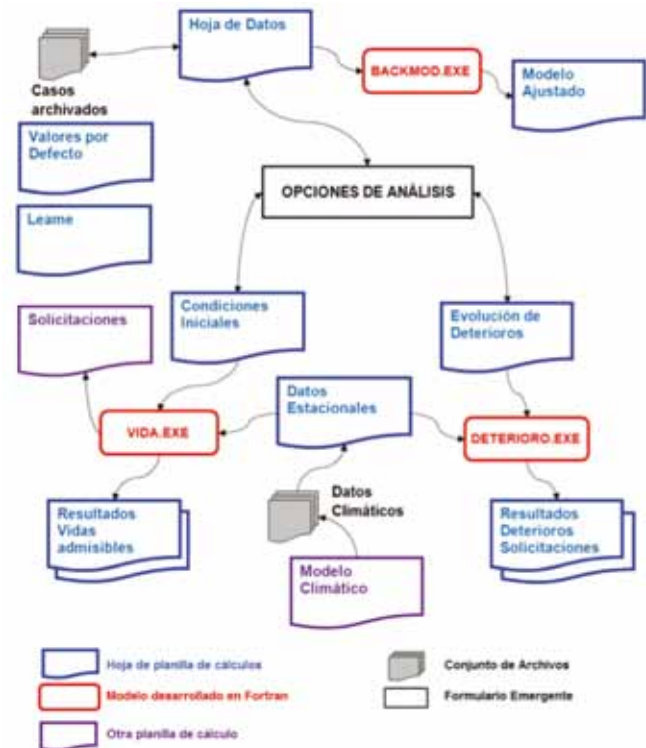


Figura 2. Esquema de BackViDe

Los tres programas externos desarrollados en Fortran, interactúan mediante archivos de intercambio de datos y de banderas de finalización de procesos, siendo sus funciones las siguientes:

- Backmod: realiza el proceso de retroajuste modular en base a mediciones de deflexión (su designación se origina del nombre en inglés de este proceso back calculation of modulus).
- Vida: calcula la vida útil de la estructura aplicando un modelo mecanicista de comportamiento en condiciones iniciales.
- Deterioro: calcula la evolución de los deterioros de superficie aplicando un modelo mecanicista – empírico, considerando las variaciones de los materiales en el tiempo.

El programa contiene un formulario emergente indicado en la Figura 2 como OPCIONES DE ANÁLISIS desde el cual, luego de seleccionar las alternativas deseadas, se accede al modelo de diseño correspondiente. Las opciones de análisis a seleccionar son:

- Variación de los materiales con la historia de tensiones
- Consideración de Estacionalidades
 - Mensual
 - Diaria
- Análisis de Fisuración Térmica

3. CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES

Dado que a los distintos materiales empleados en las estructuras viales les corresponden diferentes criterios para la caracterización de su rigidez y resistencia a fatiga, se plantean en el modelo 4 diferentes tipologías para los mismos, identificados mediante la siguiente numeración:

1. Mezcla asfáltica
2. No ligado lineal
3. No ligado no lineal
4. Cementado, con ligante hidráulico

Dentro BackViDe este número precede a su nombre en los 32 materiales disponibles, para facilitar su reconocimiento por el usuario. En la Figura 3 se resumen las diferencias entre ellos, las que se describen en los puntos siguientes de este capítulo recordando para cada concepto a qué tipo de material se aplica.

Tipo de material	Rigidez		Falla por fatiga	
	Caracterización	Variación en el tiempo	Ahuellamiento	Fisuración
1 Asfáltico	Curva maestra	Curado, Envejecimiento, Daño	Si	Si
2 No ligado no Lineal	Modulo Resiliente	Períodos climáticos	Si	No
3 No ligado Lineal	Constante	Períodos climáticos	Si	No
4 Cementado	Constante	Curado, Envejecimiento, Daño	Si	Si

Figura 3. Criterios de caracterización según el tipo de material

3.1 Rigidez

3.1.1 Curva Maestra del Módulo Dinámico (Material Asfáltico, Tipo 1)

La expresión Curva Maestra hace referencia a la generalización dentro de una curva expresada en condiciones de referencia de diferentes curvas asociadas a diversas condiciones de trabajo del material, en este caso las variables son frecuencia y temperatura respecto a las cuales expresar el valor del módulo.

La ecuación de la curva maestra adoptada corresponde a una función sig-moidal con la siguiente expresión:

$$\log(E_d) = \log(E_{min}) + \frac{(\log(E_{max}) - \log(E_{min}))}{(1 + e^{\beta + \gamma f})}$$

$$f = \log(Hz e^{(\delta(273+T - \frac{1}{298})})}$$

donde: E_d módulo dinámico (MPa)
 f frecuencia reducida por temperatura
 Hz frecuencia de la sollicitación (ciclos/seg.)
 T temperatura (°C)
 E_{min} E_{max} β γ δ constantes que caracterizan al material

3.1.2 Curva Maestra de Relajación (Material Asfáltico, Tipo 1)

Para el cálculo de las sollicitaciones térmicas, provocadas por las variaciones de temperatura, el módulo de relajación de este material se expresa en función de su curva maestra de relajación. En esta oportunidad el término curva maestra se refiere a la adopción de -20 °C como temperatura de referencia y la definición de las correspondencias para obtener las equivalencias a otras temperaturas.

El comportamiento a la temperatura de referencia se define mediante un modelo de relajación generalizado de Maxwell de cinco elementos Figura 4, dados por su módulo E_i y tiempo de relajación λ_i a -20 °C y una expresión para el corrimiento por temperatura aT , que permite calcular un tiempo ficticio (tiempo reducido) para una temperatura distinta de la referencia y utilizar el modelo de relajación dado.

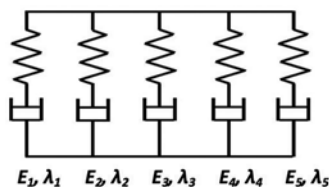


Figura 4. Modelo Generalizado de Maxwell de cinco elementos

$$t_{Ti} = t/aT$$

donde: t_{Ti} tiempo reducido desde la temperatura Ti a la temperatura de referencia ($Tr = -20$ °C) (seg)
 t tiempo real a la temperatura Ti (seg)
 aT corrimiento por temperatura

Existen diferentes expresiones para el cálculo del coeficiente aT dadas por diferentes estudios Arrhenius, Williams-Landel-Ferry (WLF) y polinómicas, entre ellas se optó por una función polinómica de segundo grado para representar su logaritmo por debajo de 0 °C, continuando con la tangente de esta curva para temperaturas superiores

$$\log aT = C_{lin}(Ti - Tr) + C_{cuad}(Ti - Tr)^2 \quad \text{para } T < 0 \text{ °C}$$

$$\log aT = C_{lin} Ti + C_{cte} \quad \text{para } T > 0 \text{ °C}$$

donde: C_{lin} , C_{cuad} coeficientes del material que definen la susceptibilidad con la temperatura
 C_{cte} valor del $\log aT$ a 0 °C

Conocidas las diez constantes del modelo, correspondientes a los cinco módulos y tiempos de relajación de los elementos, puede calcularse la variación de la tensión en el tiempo frente a una deformación específica conocida.

Procediendo en el análisis incremental, la variación de la deformación específica se obtiene a partir de la variación de temperatura dada por el modelo climático, y del coeficiente de contracción térmica de la mezcla asfáltica.

3.1.3 Módulo Resiliente

(Material No ligado no lineal, Tipo 2)

Se caracteriza la rigidez del material mediante la ecuación de su módulo resiliente (módulo en función del nivel de tensiones alcanzado). Se la denomina ecuación de módulo resiliente por que en su formulación se consideran las deformaciones elásticas, también denominadas resilientes.

Esta opción permite representar el comportamiento no lineal de los suelos y materiales granulares no tratados. La ecuación del módulo resiliente puede ser obtenida de ensayos triaxiales dinámicos, utilizándose para su realización la norma AASHTO T-294-92 "método standard de ensayo del módulo resiliente", protocolo SHRP P46.

Existen diferentes opciones para la formulación de la ecuación de módulo resiliente. Se adoptó entre ellas, por la que la expresa en función de dos invariantes de tensiones teta θ y tao octaédrico τ_{oct} , que representan respectivamente, el confinamiento y la importancia de los esfuerzos de cortes.

$$Er = A \theta^B \tau_{oct}^C$$

donde: θ primer invariante de tensiones (MPa)
 τ_{oct} esfuerzo de corte octaédrico (MPa)
 A, B, C coeficientes que caracterizan al material en una condición de densidad y humedad

3.1.4 Variaciones de la rigidez

Para poner de manifiesto otros aspectos que condicionan la rigidez de los materiales, y que se relacionan al paso del tiempo o al deterioro producido por la acción de las cargas, se adicionan en el modelo los criterios de Curado, Envejecimiento, Daño y Estacionalidad.

3.1.4.1 Curado y Envejecimiento (Materiales Tipo 1 y 4)

En particular estos criterios fueron concebidos para representar aspectos como:

- curado de las emulsiones asfálticas (maduración que acontece en los primeros meses de colocación)
- envejecimiento de las capas de rodamiento asfálticas por acción del clima
- endurecimiento de las capas con ligante hidráulico

Si bien su planteo inicial fue en forma separa, en la práctica, las expresiones de curado y envejecimiento pueden ser utilizadas conjuntamente para representar los aspectos indicados u otro a plantear por el usuario.

Respecto al proceso de curado, se manifiesta mediante la adopción de una relación modular inicial y un período para alcanzar el valor final. Se plantea que el valor del módulo es un porcentaje que varía en el tiempo hasta alcanzar el valor unitario (100%) al cabo de un número de meses, se adoptó un factor parabólico que se aplica sólo si el eje tiempo es menor al período de maduración establecido.

Para poner de manifiesto fenómenos como el de envejecimiento a lo largo de la vida útil, se plantea una variación relativa del módulo por unidad de tiempo mediante el factor F_e . Como se comentó, dado que estos factores interactúan, es posible su uso combinado para representar el proceso deseado.

$$E_m = E F_c F_e$$

donde: E_m módulo a la edad m para el material sin daño (MPa)
 E módulo del material E_d o E_r según corresponda por el tipo de material (MPa)
 F_c factor de curado
 F_e factor de envejecimiento

$$F_c = \left(\frac{(C_0 - 1) m^2}{m_c^2} \right) - \left(\frac{2(C_0 - 1) m}{m_c} \right) + C_0$$

si $m \geq m_c$ $F_c = 1$
 $F_e = 1 + \frac{m}{m_e} C_e$

m edad (meses)
 C_0 coeficiente de curado inicial
 m_c coeficiente de curado (meses)
 m_e coeficiente de envejecimiento (meses)
 C_e coeficiente de envejecimiento

3.1.4.2 Daño (Materiales Tipo 1 y 4)

Los materiales ligados degradan su rigidez con la acción reiterada de las cargas, para representar este proceso de deterioro por fatiga de los materiales tanto con ligante asfáltico como hidráulico se plantea una función, que disminuye el valor del módulo con el daño por fisuración acumulado. Para modelar esta caída modular en función del daño se utilizó una función sigmoideal planteada entre el valor del material en su condición de integridad (Daño nulo) y un valor del módulo mínimo para su condición de máximo deterioro.

$$E_f = E_{dmin} + \frac{(E_m - E_{dmin})}{1 - e^{C_{d1}} + e^{C_{d1} + C_{d2} D_i^{0.5}}}$$

donde: E_m módulo a la edad m para el material sin daño (MPa)
 E_f módulo considerando daño por fatiga (MPa)
 D_i daño acumulado del material hasta el período i
 e base de los logaritmos neperianos
 $C_{d1}, C_{d2}, C_{d3}, E_{dmin}$ parámetros de la función de daño caracterizan al material

3.1.4.3 Estacionalidad

Para representar procesos asociados a períodos estacionales, diferentes de las variaciones térmicas y que afectan la rigidez de los materiales, como ser el contenido de humedad en los suelos, se asocia a cada mes del año y cada capa un nuevo factor que multiplica al módulo de la capa independientemente de su tipo.

Este factor, para evitar errores involuntarios, se define por defecto en el valor unitario, anulando su efecto, y debe ser modificado por el usuario si desea representar estas variaciones.

3.2 Resistencia a la Fatiga

Entendiendo a la fatiga como el efecto reiterado de las cargas, en forma genérica, se engloban en ella tanto los procesos de fisuración como los de acumulación de deformaciones plásticas.

Dado que el comportamiento de los materiales depende de los estados de sollicitaciones previos se requiere, en ambos procesos de fatiga, considerar la historia de tensiones. Esta historia se resume en un parámetro particular para cada proceso.

3.2.1 Resistencia a la Fisuración

En este proceso el parámetro que resume la historia de sollicitaciones es el daño acumulado por fatiga obtenido como la acumulación de los daños de los diferentes períodos. La expresión no difiere de la usualmente empleada en los análisis mecanicistas clásicos que sólo consideran el modelo en la condición inicial, pero si difiere en el criterio asociado al número de reiteraciones admisibles.

$$D_n = \sum_{i=1}^n \frac{F_s N_i}{N_{iadm}}$$

donde D_n daño acumulado del material hasta el período n
 N_i número de reiteraciones del esfuerzo en el período i
 N_{iadm} número de reiteraciones admisibles del esfuerzo en el período i
 F_s factor de seguridad asociado a la confiabilidad asumida en el deterioro y la dispersión de la predicción

En referencia al factor de seguridad, asumiendo que el logaritmo de la diferencia entre el número de reiteraciones acontecido por fisuración y el logaritmo del número de reiteraciones predicho por el modelo, se distribuye según una ley gaussiana, puede calcularse el número de reiteraciones para una dada confiabilidad como:

$$\log N_{adm}^c = \log N_{adm} - t^c S$$

Ecuación de la que puede inferirse la expresión del coeficiente de seguridad a partir de la siguiente relación:

$$N_{adm}^c = N_{adm} / 10^{t^c S} = N_{adm} / F_s$$

donde N_{adm}^c número de reiteraciones admisibles con una dada confiabilidad
 t^c parámetros de la distribución normal asociado a una dada confiabilidad
 S desviación estándar del error del logaritmo del número de reiteraciones predicho para fisuración

El número de reiteraciones admisibles, que provoca un daño acumulado unitario, se asocia aquí al inicio de la fisura en el punto donde este daño es calculado. En el cálculo de los esfuerzos de cada período se obtienen en cada interfaz los diferentes esfuerzos, realizando en análisis de daños acumulados en cada uno de ellos para determinar el punto de inicio de fisuras, ya sea desde la parte inferior o superior de la capa.

Ejemplificando la búsqueda del inicio de la fisura se muestra, en la Figura 5, la variación de la deformación específica de tracción tangencial ϵ_t , bajo la carga de un extremo de eje estándar con ruedas duales, evaluadas desde el Modelo para una estructura y diferentes espesores de la mezcla asfáltica. Donde no siempre es crítico bajo el centro de las ruedas.

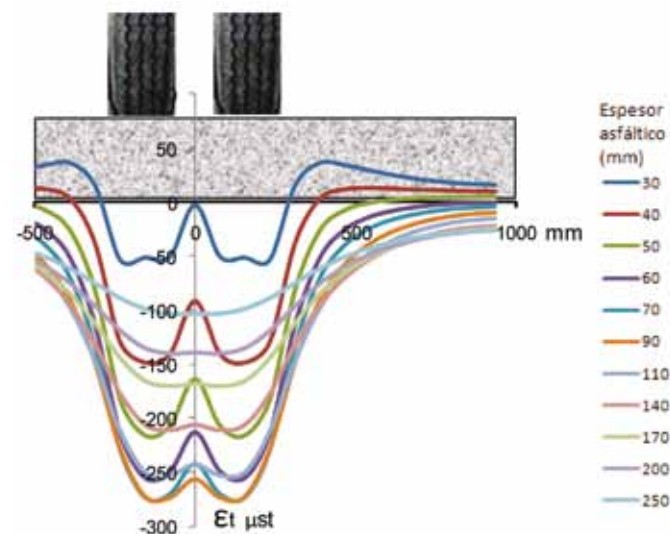


Figura 5. Variación de la deformación específica tangencial de tracción en la interfaz asfáltica inferior

El número de reiteraciones admisible se obtiene con diferentes expresiones dependiendo del tipo de material ligado, se indican a continuación las ecuaciones asociadas a cada uno de ellos.

Material Ligado Asfáltico:

$$N_{iadm} = \left(\frac{E_f}{3000} \right)^{C_{f2}} \left(\frac{A_{CT} \varepsilon 10}{\varepsilon_6 F_{TD} A} \right)^{C_{f1}}$$

donde N_{iadm} millones de reiteraciones requeridas para el inicio de fisuras en la condición del período i
 ε máxima deformación específica de elongación (μstr)
 E_f módulo del período (MPa)
 F_{TD} factor asociado a fisuras iniciando desde la superficie (Top Down)
 A_{CT} factor asociado a concentración de tensiones
 A porcentaje de asfalto en volumen (%)
 $\varepsilon_6 C_{f1} C_{f2}$ parámetros que caracterizan al material

El factor F_{TD} se aplica sólo para fisuras iniciando desde la superficie y se declara como uno de los parámetros de calibración del modelo. Este factor minimiza las solicitaciones admisibles en el caso que estas se produzcan en la superficie de la calzada provocando el inicio de la fisura para un menor número de ciclos.

Material Ligado Hidráulico:

$$N_{iadm} = 10^{(1 - \frac{A_{CT} \sigma}{\sigma_6})^{C_{f1}}}$$

donde σ máxima tensión de tracción (MPa)
 $\sigma_6 C_{f1}$ parámetros que caracterizan al material

El factor A_{CT} está asociado a la concentración de tensiones, dada por el estado y modo de fisuración del material de la capa adjunta. Se aplica sólo si la capa adjunta, en esa interfaz, se encuentra fisurada y con un mayor daño al punto en análisis, adoptando en caso contrario un valor unitario.

$$A_{CT} = F_{CT} + \frac{D_D}{F_{CI}}$$

donde F_{CT} parámetros que caracterizan el modo de fisuración del material de la capa adjunta, próximo a uno en materiales que se microfisuran y por lo tanto con reducido efecto de concentración de tensiones
 D_D diferencia de daños en la interfase
 F_{CI} factor que minimiza la concentración de tensiones dada por la diferencia de daños, constituye un parámetro de calibración del modelo

En este modelo incremental se ponen de manifiesto, y por lo tanto se deben modelizar, una serie de procesos hasta arribar a la presencia en la superficie de la estructura de un porcentaje de fisuras. El daño unitario se corresponde con el inicio de la fisura y no a una condición de deterioro de la superficie como en otros modelos iniciales o incrementales.

Este planteo, conceptualmente más correcto, obliga a poner de manifiesto la propagación de fisuras dentro de la estructura hasta la superficie y la vinculación del daño de la capa de superficie con la gravedad del estado de fisuración. En el modelo pueden diferenciarse cuatro etapas de fisuración. En la Figura 6 se esquematizan las etapas de la fisuración si estas evolucionan de abajo hacia arriba.

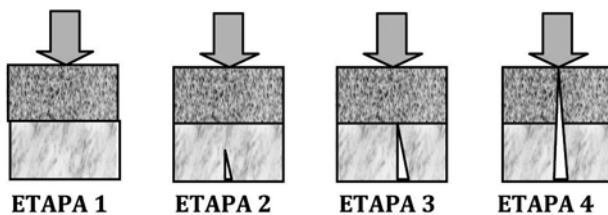


Figura 6. Etapas del deterioro fisuración

Etapas 1. Estructura sin fisuras (daño menor que la unidad en todo punto, análisis del inicio de fisura).

Etapas 2. Capa ligada inferior con fisura en progreso (daño mayor que la unidad en una zona de la capa, se incorpora el cálculo del progreso de fisuras).

Etapas 3. Capa ligada inferior totalmente fisurada (daño mayor que la unidad en toda la capa, se incorpora la consideración de la concentración de tensiones en las capas adyacentes).

Etapas 4. Estructura con fisura en superficie (daño mayor a uno en superficie, se requiere una función que modele la cantidad de fisuras en función del valor del daño en superficie).

El progreso de fisuras es modelado habitualmente mediante la ley de Paris, que representa adecuadamente a los materiales sólo cuando estos se comportan a medianas o bajas temperatura e insumen gran cantidad de esfuerzo computacional, haciéndola inadecuada por el momento en su utilización en estructuras a escala real y modelos incrementales.

Es por ello que se aplica un modelo simplificado, donde una vez iniciada la fisura progresa con una velocidad de propagación función del daño que sigue acumulando el punto de inicio de la fisura, hasta interesar a la totalidad de la capa. A partir de este momento la totalidad de la capa progresa a la misma tasa de daño.

$$Lf_i = Lf_{i-1} + C_{PF} \Delta D_i$$

donde Lf_i longitud de fisuras del período i (mm)
 Lf_{i-1} longitud de fisuras del período anterior (mm)
 ΔD_i daño acumulado del material en el período i
 C_{PF} parámetro que caracteriza al material, velocidad de progreso de fisuras en milímetros por unidad de daño (mm)

3.2.2 Resistencia a las Deformaciones Plásticas

Dentro de las etapas típicas de acumulación de deformaciones plásticas en función del número de ciclos evidenciadas en los ensayos de diferentes tipos de materiales, que se esquematizan en la Figura 7, se consideran las dos primeras, dejando de lado la tercer etapa, correspondiente principalmente a procesos de deformación por corte sin cambio de volumen.

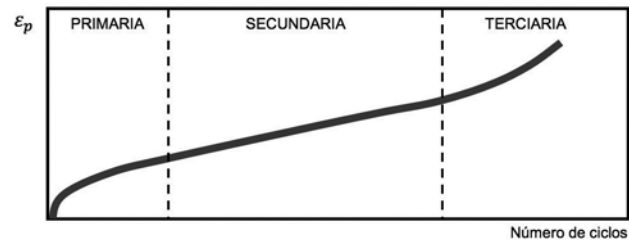


Figura 7. Etapas típicas del proceso de deformación plástica

El criterio de falla por Ahuellamiento en el Modelo Incremental fue adoptado en base a una ecuación general de manera que su formato sea común a todos los tipos de materiales, expresando el valor de la deformación plástica en función del número de ciclos:

$$\log \varepsilon_p = C_{A1} + C_{A2} \varepsilon_e + C_{A3} \log \varepsilon_e + C_{A4} \log F_S N + C_{A5} \varepsilon_e \log F_S N + C_{A6} (T + 273)$$

donde ε_p deformación específica plástica (μstr)
 ε_e deformación específica elástica (μstr)
 N número de reiteraciones de ε_e
 T temperatura ($^{\circ}\text{C}$)
 F_S factor de seguridad asociado a la confiabilidad adoptada para el ahuellamiento y la dispersión de su predicción
 $C_{A1}, C_{A2}, C_{A3}, C_{A4}, C_{A5}, C_{A6}$ parámetros que caracterizan al material

$$F_S = 10^{t^c S}$$

donde t^c parámetros de la distribución normal asociado a una dada confiabilidad
 S desviación estándar del error del logaritmo del número de reiteraciones predicho para ahuellamiento

Dado que las solicitaciones de cada período son variables en valor y número, se adopta a la deformación específica plástica acumulada como el parámetro que representa la historia de tensiones de cada punto.

4. VARIABLES DEL ENTORNO

El comportamiento de la estructura es el resultado del comportamiento de cada uno de los materiales actuando en conjunto, bajo la acción del tránsito y el clima. Comentados los materiales en los puntos anteriores se expresan a continuación las consideraciones realizadas en referencia al tránsito y al clima.

4.1 Tránsito

4.1.1 Eje de Referencia

El tránsito se representa mediante el número de reiteraciones del eje adoptado como referencia, este eje consiste por defecto en un eje simple de ruedas duales de 80 KN. El eje puede ser definido por el usuario para representar casos particulares, como se ejemplifica en la Figura 8 en su utilización en una terminal portuaria.

El eje de referencia se declara como un eje de ruedas duales o simples, modelizado por cuatro cargas de improntas circulares. El número de reiteraciones utilizado en los criterios de falla para calcular los daños producidos en cada período, se corresponderá entonces con las reiteraciones del eje de referencia declarado.

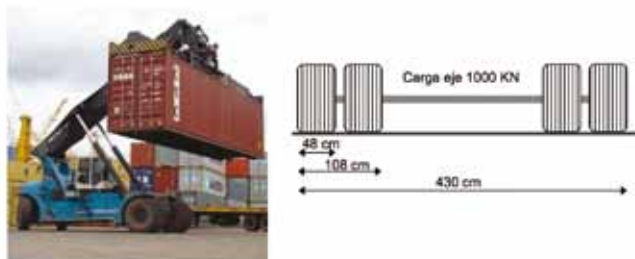


Figura 8. Adopción del eje de referencia para un caso particular

4.1.2 Distribución Temporal

El dato tránsito se introduce mediante el número de reiteraciones en cada uno de los años, ya sean históricos o futuros, y el dato de la distribución de estos a lo largo del año.

Para facilitar el ingreso del valor anual se brindan diferentes posibilidades para la carga de los mismos, los que pueden combinarse:

- composición vehicular y agresividades por categorías
- crecimiento fijo para un número de años
- tasa de crecimiento para un número de años
- introducción de cada dato particular

Es posible luego personalizar la distribución del tránsito anual en correspondencia con la discretización temporal realizada; esto se logra declarando la fracción del valor anual para cada período. Estos períodos serán cada uno de los doce meses, o cada período de cuatro horas de cada día típico de cada mes, según la discretización temporal adoptada por el usuario.

4.1.3 Efecto Dinámico

Para poner de manifiesto como el grado de deterioro de la carretera afecta dinámicamente la respuesta de los vehículos provocando un mayor efecto destructivo de los mismos, se declara anualmente el factor de agresividad dinámica. Este factor considera el tipo de suspensión de los vehículos y mayor a el número de ejes equivalentes asociando esta agresividad con el nivel de rugosidad del camino expresado en unidades del Índice Internacional de Rugosidad "IRI".

Los valores obtenidos para las agresividades, en base a una simulación con superficies reales digitalizadas, indican una fuerte dependencia con el valor de rugosidad como muestra la Figura 9, pudiendo expresar esta función en base a una ley cuadrática:

$$N_i = N_{ei} + (1 + F_{di} R_i^2)$$

donde N_i número de reiteraciones del eje de referencia considerando el efecto dinámico para el período i
 N_{ei} número de reiteraciones del eje de referencia declarado como dato para el período i , obtenido como el valor anual multiplicado por el factor de distribución del período
 F_{di} factor dinámico que caracteriza el tipo de suspensión del tránsito pesado en el período i
 R_i rugosidad IRI de la calzada en el período i (mm/Km)

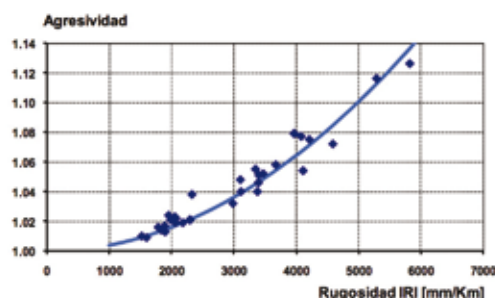


Figura 9. Factor de Agresividad dinámica en función del valor de rugosidad

4.2 Clima

La cantidad de datos climáticos requeridos es muy variable, dependiendo de la opción de discretización temporal seleccionada dentro del año, mensual o diaria, se diferencian:

- los datos de temperatura, que afectan a las capas de materiales tipo 1 (asfálticas)
- los datos estacionales concebidos para representar por ejemplo, las variaciones del contenido de humedad en los suelos y materiales granulares, capas de materiales tipo 2 y 3.

4.2.1 Temperatura del Pavimento

En forma similar al tránsito, la temperatura puede ser representada como una media anual, mensual o cada cuatro horas de cada día típico de cada mes cada 5 centímetros de profundidad. Estos valores pueden ser cargados por el usuario, recomendándose su importación desde un archivo de clima. Los archivos de clima son tipo texto con extensión ".cli" y pueden ser modificados desde un editor, siendo recomendado su generación desde el programa de simulación de clima "Tempe" sobre la base de los datos de la zona como temperatura ambiente, radiación solar, velocidad del viento y características de los materiales en general.

Las ubicaciones del conjunto de archivos climáticos preexistentes, se brindan georeferenciadas facilitando la selección de datos climáticos para una dada ruta, en la Figura 10 se visualizan estas ubicaciones mediante Google Earth.



Figura 10. Ubicación de las estaciones meteorológicas asociadas a los archivos climáticos

4.2.2 Factores Estacionales

Los factores estacionales aplicables a todos los tipos de capas, se expresan mensualmente y en forma diferenciada para cada una de las capas. Estos factores multiplican a los módulos de trabajo, de cada capa, luego de todas las consideraciones particulares del tipo de material. Estos factores estacionales son definidos por defecto en el valor unitario y por lo tanto sin efecto sobre los módulos de trabajo.

5. DETERIOROS DE SUPERFICIE

El análisis mecanicista permite el cálculo de las tensiones y deformaciones elásticas en diferentes puntos de la estructura, vinculando estos con los criterios de falla es posible obtener las deformaciones plásticas y los daños por fatiga a lo largo de la vida en servicio. Luego, a partir de estos resultados, se obtienen los diferentes deterioros de la superficie.

La versión actual del modelo permite obtener los siguientes deterioros de superficie:

- Ahuellamiento
- Porcentaje de Fisuras
- Porcentaje de Baches
- Rugosidad
- Índice de Estado

5.1 Ahuellamiento

El Ahuellamiento es el deterioro valorado más directamente a partir de los resultados obtenidos del análisis de la mecánica del continuo y los criterios de acumulación de deformaciones plásticas, sin necesidad de agregar nuevos criterios.

Una vez obtenida la deformación específica plástica de los diferentes puntos de la estructura, esta se integra a lo largo de la estructura y de los periodos temporales, obteniendo así la estimación del ahuellamiento.

$$Ah_n = \int_{t_0}^t \int_0^{h_e} \varepsilon_p dh dt - \Delta_{Ah}$$

donde	ε_p	deformación específica plástica
	dh	diferencial altura
	h_e	espesor de la estructura, incluida la subrasante
	dt	diferencial de tiempo
	Δ_{Ah}	variación del ahuellamiento dada por las acciones externas

En referencia al espesor a asignar a la subrasante, si se considera un comportamiento no lineal (tipo 2) el programa genera tres subcapas adicionales para así poder considerar su variación modular en profundidad, de 200, 300 y 400 milímetros de espesor apoyadas sobre un espacio semi infinito. Caracterizadas las cuatro subcapas por la misma ecuación de módulo resiliente.

Para considerar la subrasante se realizó un análisis sobre diferentes estructuras determinando el valor del espesor ficticio del semi infinito para el cual supuestos constantes los esfuerzos a nivel de su punto superior de la subrasante, provocan el mismo ahuellamiento que el obtenido considerando su variación en profundidad, adoptándose un valor de 400 milímetros.

5.2 Fisuración

El análisis mecanicista permite llegar hasta el valor del daño en la superficie, correspondiendo el daño unitario en superficie a la aparición del primer indicio de fisura en la misma, ya se trate de fisuración por cargas de tránsito o fisuración térmica. Resta entonces una ecuación empírica que vincule el daño presente en superficie con el porcentaje de fisuras presente en la misma.

La ecuación adoptada presenta el mismo formato para los dos tipos de fisuración considerados, por acción de las cargas de tránsito o por efecto térmico. Los parámetros de las mismas constituyen parámetros de calibración del modelo.

$$Fis = Fis_{Tra} + Fis_{Ter} \leq 100$$

$$Fis_{Tra} = C_F (D_{IT} - 1)^{C_{Fe}}$$

$$Fis_{Ter} = C_{FT} (D_{ITer} - 1)^{C_{FTe}}$$

donde	Fis	porcentaje total de fisuras
	Fis_{Tra}	porcentaje de fisuras por acción del tránsito
	Fis_{Ter}	porcentaje de fisuras térmicas
	D_{IT}	daño en superficie para el período por tránsito
	D_{ITer}	daño en superficie para el período por efecto térmico
	$C_F, C_{Fe}, C_{FT}, C_{FTe}$	parámetros de calibración del modelo

Si se declaran fisuras iniciales, BacViDe calculará el daño asociado existente en la capa de superficie, despejándolo de las ecuaciones previas.

5.3 Baches

Para representar los baches se plantea, en el submodelo de baches, que estos inician luego de un determinado porcentaje de fisuras totales, y progresan en función de la variación del daño acumulado en superficie.

La ecuación adoptada es la siguiente, y los parámetros de la misma pueden ajustarse como valores de calibración.

$$Bach_i = Bach_{i-1} + C_B (D_i - D_{i-1})^{C_{Be}} \text{ si } Fis > C_{Bi}$$

donde	$Bach_i$	porcentaje de baches para el período i
	C_{Bi}	porcentaje de fisuras para el inicio de baches, parámetro del submodelo
	C_B, C_{Be}	parámetros de calibración del modelo

5.4 Rugosidad

Para caracterizar la rugosidad se adopta el valor del Índice Internacional de Rugosidad IRI. El submodelo de rugosidad plantea que a partir del valor de la obra inicial o tarea mayor de rehabilitación, la variación del IRI es la suma de un incremento anual fijo más otro función de la variación de los otros deterioros (en particular ahuellamiento y baches). La ecuación adoptada es la siguiente, y los parámetros de la misma pueden ajustarse como valores de calibración.

$$IRI_i = IRI_{i-1} + \frac{C_{Ra}}{nper} + C_{RH} \Delta_{Ah} + C_{RB} \Delta_{Bach}$$

donde IRI_i rugosidad del período i (mm/Km)
 Δ_{Ah} variación del ahuellamiento en el período (mm)
 Δ_{Bach} variación del porcentaje de baches en el período (%)
 C_{Ra} variación anual de la rugosidad ajena a los deterioros, parámetro de calibración del modelo (mm/Km año)
 $nper$ número de períodos en el año
 C_{RH}, C_{RB} parámetros de calibración del modelo

6. ACCIONES ESTRUCTURALES

Es posible simular la realización de acciones de mejora, capas estructurales, luego del inicio del análisis, esto se logra indicando la edad en la que esta acción se realizará y sus características.

En la versión actual del modelo es posible la incorporación de cualquier tipo de capa en superficie, y también se considera la opción Fresado, que implica la eliminación de un espesor a declarar.

La tarea Fresado, puede ser utilizada para representar diferentes acciones que impliquen la eliminación de un determinado espesor desde la superficie, por ejemplo, borrado de huella, reciclado, reconstrucción. El Fresado de 10 mm cuando existe un ahuellamiento de 13 mm implica que se la estructura quedará con 3 mm de ahuellamiento, con la rugosidad declarada en la tarea fresado y sin disminución de las fisuras existentes. Si el espesor de fresado es mayor que el de la capa de superficie, ésta o el conjunto de capas asociadas al espesor son eliminadas, pudiendo representarse reciclados parciales y reconstrucciones, al agregar sobre esta tarea las capas correspondientes.

Si la acción a realizar es agregar una capa de un nuevo material de refuerzo, la rugosidad será la declarada para esa capa, las fisuras y baches en superficie serán cero y el ahuellamiento será el veinte por ciento del existente a menos que se elimine previamente por fresado.

7. RETROAJUSTE MODULAR

La modelización estructural de un pavimento existente se basa en la caracterización de sus materiales y suele complementarse con la medición deflectométrica, posibilitando esta práctica la realización del retroajuste modular.

La técnica del retroajuste modular consiste en lograr un modelo mecanicista de la estructura auscultada que presente valores deflectométricos similares a los evaluados en campo, logrando de esta forma en su posterior uso dentro del modelo de deterioro una más ajustada predicción del comportamiento esperado. La técnica del retroajuste modular consiste en lograr un modelo mecanicista de la estructura auscultada que presente valores deflectométricos similares a los evaluados en campo, logrando de esta forma en su posterior uso dentro del modelo de deterioro una más ajustada predicción del comportamiento esperado.

8. PRIMERA CALIBRACIÓN

Los criterios de falla obtenidos en ensayos de laboratorio no pueden ser directamente aplicables en los modelos mecanicistas, requiriéndose un proceso de calibración. Esto es consecuencia entre otros aspectos del

conjunto de simplificaciones que se realizan en el modelo apartándolo de la realidad, y de las diferencias en los estados de tensiones entre los ensayos de caracterización e insitu.

La determinación de los criterios de falla, o la calibración de estos a partir de tendencias obtenidas en laboratorio, se realiza sobre la base del comportamiento de estructuras a escala real. Procedimiento que se realizó históricamente en base a los resultados del ensayo AASHTO de los años cincuenta, y continúa en la actualidad realizándose a partir del seguimiento de tramos de ruta en servicio, en pistas de ensayo especialmente diseñadas para tal fin o mediante equipos simuladores de tránsito.

Dado que existen gran cantidad de particularidades en cada Sistema de Administración de Carreteras que condicionan los criterios de falla, estos criterios tienen que reconocerse como uno de los aspectos integrantes del Sistema específico vigente. Estas particularidades pueden identificarse formando parte de aspectos generales, que condicionan y diferencian los resultados obtenidos en cada Sistema.

Estos aspectos generales pueden identificarse al realizar el bosquejo de los procesos intervinientes en el ajuste de los criterios, esquematizado en la Figura 11. Y dado que estos aspectos forman parte del ajuste de los submodelos condicionarán los resultados de los mismos.



Figura 11. Esquema del proceso de ajuste de criterios/modelos

8.1 Los Datos de Comportamiento

Los datos disponibles para la primera calibración del modelo de comportamiento corresponden a un conjunto de rutas en servicio Nacionales y Provinciales de las que se cuenta con información de sus capas estructurales, deflectometría, tránsito y comportamiento.

Se reconoce la importancia de contar con datos confiables para la realización del ajuste/calibración de los modelos de comportamiento. Esta tarea continúa siendo afrontada a nivel mundial mediante la realización de pistas de ensayo y más recientemente mediante la implementación de equipos simuladores de tránsito pesado. Estas opciones requieren gran cantidad de recursos económicos destinados a investigación, circunstancia difícil de lograr. Hecho por el cual se recurre a la utilización de tramos en servicio de los cuales se dispone de la información requerida para la realización del proceso de calibración.

Esta adopción tiene como beneficio que las técnicas constructivas, la valoración del tránsito y en general las evaluaciones; resultan similares a las que se aplicarán posteriormente en el diseño o constatación de vidas útiles. En contraposición se dispone de menor cantidad de ensayos sobre los materiales y en general presentan mayores dispersiones, particularmente las asociadas a la agresividad del tránsito y a las evaluaciones de estado. Los once tramos utilizados corresponden en su mayoría a tramos homogéneos de la Red Vial a cargo de la Dirección Nacional de Vialidad, incorporando cuatro tramos de redes provinciales.

La tabla de la Figura 12 resume las características de las estructuras utilizadas, pudiéndose apreciar una buena amplitud de los rangos asociados a los tránsitos anuales y espesores estructurales.

Tramo Homogéneo	Espesor Estructural (cm)	Espesor Asfáltico (cm)	Tránsito Anual (ejes 80KN / carril)
T01	50	35	602 000
T02	67	37	610 000
T03	65	35	512 000
T04	65	25	561 000
T05	55	12	323 000
T06	41	21	137 000
T07	47	17	143 000
T08	43	15	82 000
T09	56	30	1 421 000
T10	74	16	433 000
T11	74	16	433 000

Figura 12. Estructuras utilizadas en la calibración

La tabla de la Figura 13 resume los archivos climáticos asociados a cada tramo homogéneo conjuntamente con la edad de la construcción indicando separadamente las etapas constructivas, donde corresponde como suma de edades, y el número de datos anuales de evaluaciones de estado disponibles.

Tramo Homogéneo	Archivo Climático	Edad (años)	Datos de Comportamiento (años)
T01	Laboulaye	23	6
T02	El Sombrerito	21+5	8
T03	El Sombrerito	10	4
T04	El Sombrerito	9	3
T05	Rosario	24	5
T06	Laboulaye	11	9
T07	Rosario	10	8
T08	Ceres	17	2
T09	Rosario	13+18+10	9
T10	Balcarce	15	15
T11	Balcarce	15	15

Figura 13. Archivos climáticos y cantidad de años de evaluación utilizados

8.2 Procedimiento de Calibración

Como punto de partida de las diferentes ecuaciones de falla de los materiales se adoptaron las disponibles en la bibliografía, priorizando las experiencias locales, cuando esto fue posible.

Se trabajó sobre cada estructura en particular ajustando inicialmente el modelo de deformación y luego los criterios de falla de manera de obtener la mejor aproximación posible entre la prognosis y los comportamientos evaluados.

Para el ajuste del modelo de deformación estructural se consideraron los espesores de las diferentes capas, las mediciones de deflectometría y los ensayos de materiales si se disponían. Utilizando para ello el Sistema Experto incluido en BackViDe.

Para el ajuste de los submodelos de comportamiento, es necesario disponer de los datos del tránsito a lo largo de los diferentes períodos y de evaluaciones de estado dentro de los mismos para poder plantear la comparación y ajuste de los valores evaluados y predichos.

En referencia al tránsito, para todos los tramos, se asumió una distribución uniforme del tránsito anual dentro de cada uno de los períodos pertenecientes al año y se adoptó el factor de agresividad dinámico en el valor mínimo recomendado.

Este proceso se realizó en forma iterativa intentando minimizar las diferencias en los parámetros de los modelos de falla adoptados para cada deterioro y tipo de material entre los diferentes tramos.

Algunos de los aspectos que motivaron la realización de múltiples ajustes hasta arribar a los criterios que se muestra como adoptados en cada estructura y finalmente como criterio por defecto son:

- Respecto al submodelo de fisuración hubo que discernir que ajustar: el criterio de inicio de la fisura, el criterio del progreso de fisuras o la ecuación que vincula el daño con el porcentaje de fisuras.

- Respecto al submodelo de ahuellamiento hubo que discernir la contribución de que capa en el ahuellamiento valorado en la superficie modificar para lograr el ajuste.

La Figura 14 muestra las gráficas correspondientes a los parámetros de estado de la superficie generadas por BackViDe luego de haber realizado el al ajuste de los submodelos, en el tramo T11, observándose una adecuada correspondencia entre los valores medidos (indicados con puntos) y las estimaciones (graficadas con trazo continuo).

Dentro de las posibilidades de los submodelos, el ajuste se plantea de manera de minimizar las diferencias respecto a las mediciones de campo, observándose las dispersiones asociadas a estas mediciones.

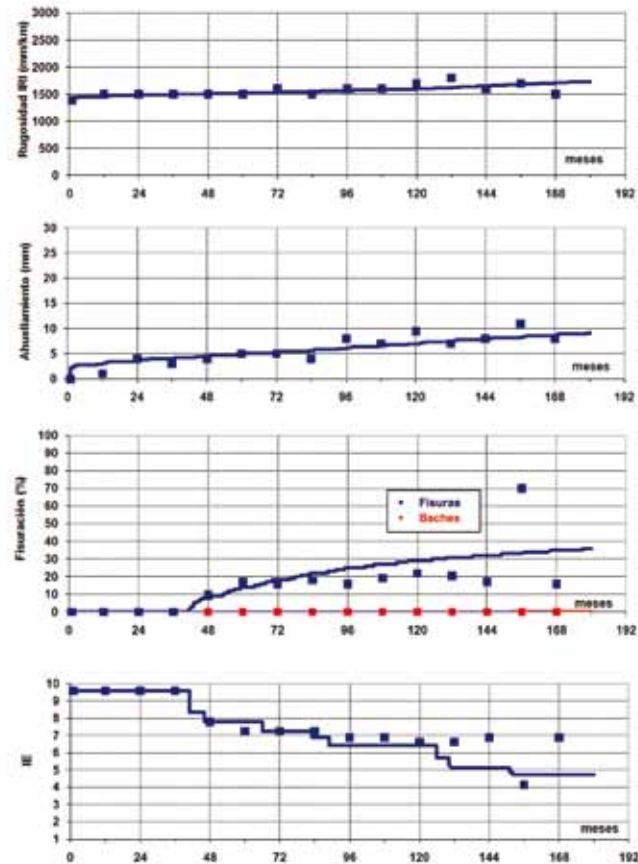


Figura 14. Comportamiento de superficie con parámetros ajustados para el tramo T11

8.3 Adopción de Valores por Defecto

8.3.1 Parámetros del Sub Modelo de Fisuración

Respecto a la Fisuración en los procesos previos se adoptaron/ajustaron los diferentes coeficientes asociados a los materiales asfálticos, en el último proceso de calibración se ajustó el parámetro ϵ_6 adoptándose los restantes como se detalla:

F_{CT} factor asociado a concentración de tensiones de la capa adyacente, adoptado en 1.1 para Arenas Asfalto y Suelos Arena Emulsión, y 1.2 para el resto de materiales asfálticos

F_{TD} factor asociado a fisuras iniciando desde la superficie (Top Down) no se calibró por no haberse evidenciado este tipo de falla

C_{FI} parámetro que define la susceptibilidad respecto al nivel de deformaciones, adoptado en 3.29

C_{F2} parámetro que define la susceptibilidad respecto al módulo de la mezcla, adoptado en 2.8

C_{PF} parámetro que caracterizan al material, velocidad de progreso de fisuras en milímetros por unidad de daño, adoptado en 50 mm/daño

C_F parámetro de la ecuación del porcentaje de fisuras en relación al daño, adoptado en 12

C_{Fc} parámetro de la ecuación del porcentaje de fisuras en relación al daño, adoptado en 0,7

C_e parámetro de envejecimiento, adoptado para la capa de rodamiento en 1.0 para 10 años y nulo para el resto de las capas

La Figura 15 resume los valores de ϵ_6 obtenidos en cada uno de los tramos, de los que se obtiene un valor medio de 94 μ str, valor que se adopta como defecto para este parámetro.

Tramo Homogéneo	Espesor Estructural (cm)	Espesor Asfáltico (cm)	Tránsito Anual (ejes 80KN / carril)	ϵ_6 (μ str)
T01	50	35	602 000	110
T02	67	37	610 000	80
T03	65	35	512 000	95
T04	65	25	561 000	117
T05	55	12	323 000	95
T06	41	21	137 000	80
T07	47	17	143 000	105
T08	43	15	82 000	77
T09	56	30	1 421 000	90
T10	74	16	433 000	80
T11	74	16	433 000	95
Valor promedio adoptado				94

Figura 15. Valores de ϵ_6 para cada Estructura utilizada en la calibración

Los parámetros asociados a la fisuración térmica no fueron calibrados por no producirse este proceso en los tramos disponibles.

Las dispersiones observadas del valor de ϵ_6 son atribuibles tanto al propio submodelo de fisuración como a la falta de datos específicos de las mezclas asfálticas en algunos de los tramos como ser porcentaje y tipo de asfalto, adoptados en 11% de asfalto en volumen y mezcla densa con cemento asfáltico de penetración 70-100, cuando no se dispuso de datos.

8.3.2 Parámetros del Sub Modelo de Ahuellamiento

Respecto al Ahuellamiento en los procesos previos se adoptaron/ajustaron los diferentes coeficientes que determinan el logaritmo de la deformación plástica, asociados a los materiales asfálticos y no ligados, en el último proceso de calibración se ajustó el parámetro C_{A1} adoptándose los restantes como se detalla:

C_{A2} parámetro que define la susceptibilidad respecto al nivel de deformaciones específicas elásticas, adoptado en 0 para las mezclas asfálticas y -200 para los materiales no ligados.

C_{A3} parámetro que define la susceptibilidad respecto al logaritmo del nivel de deformaciones elásticas, adoptado en 1.00 para las mezclas asfálticas y variable para los no ligados 1.10 para las Bases granulares 1.05 para los Suelos Seleccionados y 1.00 para las Subrasantes o Suelos con clasificaciones AASHTO A-5, A-6 o A-7).

C_{A4} parámetro que define la susceptibilidad respecto al logaritmo del número de reiteraciones, adoptado en 0.43 para las mezclas asfálticas y 0.17 para los materiales no ligados.

C_{A5} parámetro que define la susceptibilidad respecto al producto entre el logaritmo del número de reiteraciones y la deformación específica elástica, adoptado en 0.0.

C_{A6} parámetro que define la susceptibilidad respecto a la temperatura, adoptado en 0.016 para las mezclas asfálticas y 0.0 para los materiales no ligados.

Estructura	Espesor Estructural (cm)	Espesor Asfáltico (cm)	Tránsito Anual (ejes 80KN / carril)	C_{A1} Mezclas Asfálticas	C_{A1} Mezclas Modificadas	C_{A1} Materiales no ligados
T01	50	35	602 000	-7.15	-7.25	-0.20
T02	67	37	610 000	-7.10		-0.20
T03	65	35	512 000	-6.88		-0.10
T04	65	25	561 000	-7.00		-0.17
T05	55	12	323 000	-6.90		-0.10
T06	41	21	137 000	-6.50		0.00
T07	47	17	143 000	-6.80		-0.10
T08	43	15	82 000	-7.33		-0.30
T09	56	30	1 421 000	-6.92		-0.10
T10	74	16	433 000		-7.50	-0.15
T11	74	16	433 000		-7.10	-0.10
Valor promedio adoptado				-6.95	-7.30	-0.12

Figura 16. Valores de C_{A1} para cada Estructura utilizada en la calibración

La Figura 16 resume los valores de C_{A1} obtenidos en cada uno de los tramos, se intentó inicialmente diferenciar este parámetro según diferentes tipos de mezclas asfálticas. Dado que no se evidenció una notoria tendencia, hasta poseer un muestreo más amplio se agrupa las mezclas asfálticas con las mezclas arenas asfalto, y las mezclas modificadas con las de tosca arena asfalto, correspondiendo los promedios de -6.95 y -7.30 respectivamente. Y para el conjunto de los materiales no ligados un valor promedio de -0.12.

8.3.3 Parámetros del Sub Modelo de Rugosidad

Respecto a la Rugosidad, en los lugares donde se dispuso del dato no presentó grandes variaciones, pero si se evidenció una importante dispersión en las mediciones de campo de mayor antigüedad; variabilidad que disminuye en mediciones más recientes a partir de los controles y exigencia de homologación de equipos planteadas por la DNV. Los parámetros del submodelo adoptados por defecto luego del proceso de calibración, son los que se detalla:

C_{Ra} variación anual de la rugosidad independiente de las fallas adoptada en 0 mm/Km año (nula).

C_{RH} variación de la rugosidad en relación a la variación del ahuellamiento adoptada en 35 mm/Km mm.

C_{RB} variación de la rugosidad en relación a la variación del porcentaje de baches adoptada en 100 mm/Km %.

8.3.4 Parámetros del Sub Modelo de Baches

Respecto al submodelo de Baches no fue posible realizar una calibración. Los parámetros del submodelo adoptados por defecto, son los que se detalla:

C_{Bi} porcentaje de fisuras para el inicio de baches, adoptado en 30%.

C_B parámetro de aumento en relación al aumento del daño por fisuras, adoptado en 0.1.

C_{Be} parámetro exponente del aumento del daño por fisuras, adoptado en 1.0.

8.3.5 Confiabilidad del Modelo

Este tema será motivo de una continua revisión, en la medida que se disponga de un mayor número de tramos para la realización del proceso de calibración de los valores por defecto, como así también se realicen mejoras en los criterios de modelización.

Pese a disponer, por el momento, de sólo once tramos se plantea el análisis de confiabilidad sobre los parámetros de Ahuellamiento y Fisuración en base a la hipótesis que el logaritmo del error del número de reiteraciones presenta una distribución normal. Esto permite optar por una confiabilidad que se manifiesta en el modelo por medio de un factor de variación del número de reiteraciones de cargas, función de la desviación estándar del logaritmo del error de estimación y el grado de confiabilidad adoptado. Este cálculo requiere la ejecución del conjunto de tramos de calibración con los valores por defecto y su comparación con los valores calibrados para calcular los errores de predicción.

Dado que en el modelo incremental no existe de por sí una condición límite de deterioro de la superficie, para posibilitar la comparación se adoptó 20 mm de ahuellamiento y 30% de fisuras. En el caso que alguna de estas condiciones no se alcance en ambas simulaciones se adoptó, para ese deterioro superficial, la peor condición sobre la que se pueda realizar la comparación.

Como referencia para valorar la magnitud de estas desviaciones se recuerda que el modelo de la metodología empírica AASHTO, que aplica en estos momentos la DNV Argentina, presenta una desviación de 0.35, en relación a su experiencia origen donde fueron ensayados todos los materiales y pesados todos vehículos que circularon. Recomendando valores entre 0.40 y 0.50 para su aplicación en pavimentos de la red. Vial.

Comparativamente con estos valores, se logró una muy reducida desviación estándar en fisuración de 0.17 y en referencia al ahuellamiento el valor calculado de 0.39 es razonable y resulta motivado por la existencia de discrepancias marcadas en los tramos T06 y T08.

9. CONCLUSIONES

Se dispone de un modelo mecanicista empírico capaz de predecir el Comportamiento en Servicio de los Pavimentos Flexibles, este modelo se encuentra integrado dentro de un Sistema donde se cuenta con una importante herramienta para el ajuste del modelo de deformación en base a mediciones de campo y/o de laboratorio.

Se incorpora a este modelo la opción de realizar análisis de comportamiento con las metodologías mecanicistas clásicas en base a condiciones estructurales iniciales.

El modelo desarrollado es apto para valorar el comportamiento de una estructura vial (evolución de los parámetros de estado en superficie en el tiempo) en base al análisis de los esfuerzos introducidos por las cargas del tránsito y del clima.

Mediante la simulación de los fenómenos de fisuración por fatiga bajo carga, acumulación de deformaciones plásticas en los distintos materiales y fallas por fisuración térmica, arriba a expresar el comportamiento de la estructura analizada en función de los parámetros de superficie que valoran la aptitud de la misma para brindar una adecuada calidad a los usuarios, rugosidad, porcentaje de fisuras, porcentaje de baches y ahuellamiento. En el análisis incremental, se realizan innovaciones al poner de manifiesto las diferentes etapas de progreso de fisuras dentro de la estructura, como así también el deterioro modular debido a los procesos de fatiga.

Se propicia, a partir de los logros alcanzados, continuar con la calibración del modelo en diferentes tramos de manera de ajustar las dispersiones de predicción calculadas.

Se plantea también el objetivo futuro de vincular resultados de ensayos de caracterización de los materiales en laboratorio con las distintas constantes de los submodelos, quedando así las constantes de calibración de los submodelos como parámetros regionales independientes del material utilizado. ♦

10. BIBLIOGRAFÍA

- Evaluation of different predictive dynamic modulus models of asphalt mixtures used in Argentina, F. Martinez y S. Angelone, Eighth International Conference on the Bearing Capacity of Roads, Railways, and Airfields, Illinois. EEUU. Junio de 2009.
- The use of Time-Temperature Superposition to fundamentally characterize asphaltic concrete mixtures at low temperatures, D. Hiltunen and R. Roque, Engineering properties of asphalt mixtures and the relationship to their performance ASTM STP 1265, 1995.
- Evaluating and comparing different methods and models for generating relaxation modulus master-curves for asphalt mixes, L. Walubita, A. Alvarez, G. Simate, Construction and Building Materials, Published by Elsevier Ltd. diciembre 2010.
- Alternate Shift Factor Relationship For Describing The Temperature Dependency Of The Visco-Elastic Behavior Of Asphalt Materials, G.M Rowe and M.J Sharrock, Transportation Research Board Annual Meeting, Washington, DC. 2011.
- Evaluación de modelos para la predicción del módulo resiliente de suelos de subrasante, S. Angelone, F. Martínez, M. Cauhape Casaux, G. Balestrini, XV Congreso Argentino de Vialidad y Tránsito Mar del Plata. Septiembre 2009.
- Determination of fracture parameters of asphalt mixes by the repeated indirect tensile test, F. Martinez, S. Angelone, 6Th International RILEM Symposium Performance Testing and Evaluation of Bituminous Materials, Zurich, Suiza, abril de 2003.
- A Proposed Model Describing The Permanent Deformation Behaviour Of Subgrade Soils, S. Angelone, F. Martinez, International Symposium on Unbound Aggregates in roads UNBAR 6. Nottingham, England, July 2004.
- Análisis de la deformación permanente en suelos granulares no ligados de subrasante, S. Angelone, F. Martínez, M. Cauhape Casaux, G. Balestrini, Lisboa, XV Congreso Ibero- Latinoamericano del Asfalto Portugal. Noviembre de 2009.
- L'éssai de fluage dynamique dans la formation des enrobés et le dimensionnement des chaussées, G. Aussedat publicación especial V del Laboratorio Central de Puentes y Caminos de Francia diciembre de 1977.
- Hacia un Sistema Experto en el Diseño de Pavimentos, O. Giovanon y M. Pagola, 14o Congreso Ibero-Latinoamericano del Asfalto, La Habana, Cuba. Noviembre de 2007.
- Relevant aspects in failure criteria, O. Giovanon y M. Pagola, MAREPAV the seventh International Conference on Maintenance and Rehabilitation of Pavements and Technological Control, Auckland - New Zealand, agosto 2012.



Deer Bridges, República Checa.



Estamos en todo.

En las grandes obras de la arquitectura mundial,
la calidad de Holcim hace la diferencia.

Cemento. Hormigón. Pétreos.



PROPUESTA DE REVISIÓN DEL PLANO OB2: CARRILES DE CAMBIO DE VELOCIDAD Y ANCHO DE RAMAS DE GIRO

Autor:

Ing. Rodolfo Goñi

RESUMEN

Los carriles de cambio de velocidad para los vehículos que entran o salen de un camino troncal o de una autopista son esenciales para la seguridad y eficiencia de la intersección, por cuanto permiten que el giro se complete con mínima interferencia en la corriente principal de tránsito.

Las ramas de giro, en tanto, deben tener un ancho adecuado a los movimientos que en ellas se realizan y a las características de los vehículos tipo preponderantes que utilizan o utilizarán la intersección.

En Argentina, ambas características de las intersecciones están consideradas en el Plano Tipo "OB-2" de la Dirección Nacional de Vialidad. Existen dos versiones del mencionado plano: la versión original de la década del 70 y la Revisión del año 1980. Los valores indicados en las tablas de ambos planos tienen diferencias, originadas seguramente en la distinta versión de la bibliografía AASHTO que le dio origen.

Respecto a las longitudes de los carriles de desaceleración y aceleración, hay en la bibliografía internacional distintas formulaciones matemáticas para su cálculo, con distintas formas de medir esa longitud (ubicación de las secciones de control).

En lo que hace a los anchos de ramas de giro, las tablas de las versiones existentes no indican que vehículo tipo (o combinación de ellos) se utilizan en cada caso en el cálculo.

El objetivo de la presente Monografía es en primer lugar hacer un repaso del tratamiento de estos temas en las últimas versiones de la normativa internacional usualmente tomada como referencia en Argentina (AASHTO, Norma 3.1-I.C, etc). Posteriormente se proponen nuevas tablas que, teniendo en cuenta la bibliografía indicada, están en consonancia con los usos y costumbres de la ingeniería vial en nuestro país.

Las nuevas tablas se han incluido en la "Propuesta de Actualización de las Normas de Diseño Geométrico" entregada a la DNV en el año 2010, como resultado del Acuerdo DNV – EICAM de San Juan.

1. INTRODUCCIÓN

Los carriles de cambio de velocidad para los vehículos que entran o salen de un camino troncal o de una autopista son esenciales para la seguridad y eficiencia de la intersección, por cuanto permiten que el giro se complete con mínima interferencia en la corriente principal de tránsito.

Las ramas de giro, en tanto, deben tener un ancho adecuado a los movimientos que en ellas se realizan y a las características de los vehículos tipo preponderantes que utilizan o utilizarán la intersección.

En Argentina, ambas características de las intersecciones están consideradas en el Plano Tipo "OB-2" de la Dirección Nacional de Vialidad. Existen dos versiones del mencionado plano: la versión original de la década del 70 y la Revisión del año 1980. Los valores indicados en las tablas de ambos planos tienen diferencias, originadas seguramente en la distinta versión de la bibliografía AASHTO que le dio origen.

Respecto a las longitudes de los carriles de desaceleración y aceleración, hay en la bibliografía internacional distintas formulaciones matemáticas para su cálculo, con distintas formas de medir esa longitud (ubicación de las secciones de control).

En lo que hace a los anchos de ramas de giro, las tablas de las versiones existentes no indican que vehículo tipo (o combinación de ellos) se utilizan en cada caso en el cálculo.

El objetivo de la presente Monografía es en primer lugar hacer un repaso del tratamiento de estos temas en las últimas versiones de la normativa internacional usualmente tomada como referencia en Argentina (AASHTO, Norma 3.1-I.C, etc). Posteriormente se proponen nuevas tablas para dicho plano tipo, las que, teniendo en cuenta la bibliografía indicada, están en consonancia con los usos y costumbres de la ingeniería vial en nuestro país.

Las nuevas tablas se han incluido en la "Propuesta de Actualización de las Normas de Diseño Geométrico" entregada a la DNV en el año 2010, como resultado del Acuerdo DNV – EICAM de San Juan.

2. TERMINALES DE RAMAS Y CARRILES DE CAMBIO DE VELOCIDAD

2.1. Función. Tipos. Anchos.

Función

Normalmente, los vehículos tienen que desacelerar antes de salir de un tramo de un camino principal a una vía de giro o a una rama. A su vez, tienen que acelerar al entrar a aquél desde una rama. Si estos cambios de velocidad se realizan sobre la calzada principal, los vehículos que giran pueden perturbar a los pasantes. Los carriles de cambio de velocidad permiten que estas divergencias o convergencias se realicen con mínima interferencia sobre la corriente vehicular principal.

Son un elemento típico del diseño de autopistas y autovías, aunque también suelen disponerse en caminos troncales. En general, se recomienda su uso donde se dé una de las circunstancias siguientes:

- La velocidad VO85 del movimiento de paso es superior a 60 km/h
- Las intensidades de circulación, tanto del movimiento de paso como de cualquier giro, son superiores a 200 vph.



Figura 1 - Imagen de los carriles de cambio de velocidad en una autopista

Tipo

Los carriles de cambio de velocidad pueden tener dos diseños:

- Tipo paralelo. Se añade un carril a la calzada principal, provista de una transición (cuña) en su extremo.
- Tipo directo. El carril sale tangente a la calzada principal o formando un ángulo bajo.

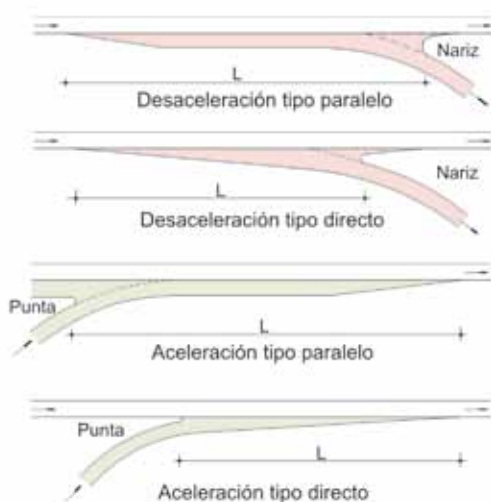


Figura 2 - Tipos de carriles de cambio de velocidad

Es preferible que los carriles de aceleración sean de tipo paralelo, porque en los directos no resulta clara la distancia disponible para la maniobra. En cambio, los de desaceleración pueden ser directos o de tipo paralelo.

Por distracción del conductor, puede darse que algún vehículo entre equivocadamente en un carril de desaceleración y necesite corregir su trayectoria. Para ello se recomienda extender la zona pavimentada algo más allá de la nariz, y evitar la presencia de obstáculos tales como desniveles, señales, estructuras, etc. Los obstáculos fijos que sean inevitables, se deben proteger adecuadamente, por medio de sistemas de contención de vehículos.

Al final de un carril de aceleración un vehículo puede ver imposibilitada su entrada en el tramo, y debe poder continuar por la banquina.

Ancho

Los carriles del tipo paralelo tienen el mismo ancho que los restantes carriles de la calzada. En los carriles tipo directo, el ancho es variable, definido por la geometría del borde externo.

Pendiente transversal.

Los carriles de cambio de velocidad se disponen en general con la misma pendiente transversal que la calzada principal, al menos en la longitud comprendida entre el punto de unión de los bordes de ambas calzadas y el inicio/final de los mismos.

2.2. LONGITUD DE LOS CARRILES DE CAMBIO DE VELOCIDAD.

2.2.1. Consideraciones generales

En términos generales, se puede decir que la longitud de los carriles de cambio de velocidad depende de la velocidad directriz del camino principal y de la velocidad estimada de operación en la rama de giro. En nuestro país es práctica normal considerar como parámetro para la obtención de esta longitud la velocidad a la altura de la nariz (en lugar de, por ejemplo, una velocidad específica asociada a la geometría de la rama).

Se analizan a continuación las condiciones de diseño utilizadas en el vigente Plano OB-2 de la Dirección Nacional de Vialidad, en las Normas AASHTO y en la Norma Española de Trazado 3.1-IC.

2.2.2. El vigente Plano OB-2

El Plano OB-2 de la D.N.V. indica la utilización de una tipología para cada carril de cambio de velocidad: tipo directo en desaceleración y tipo paralelo en aceleración.

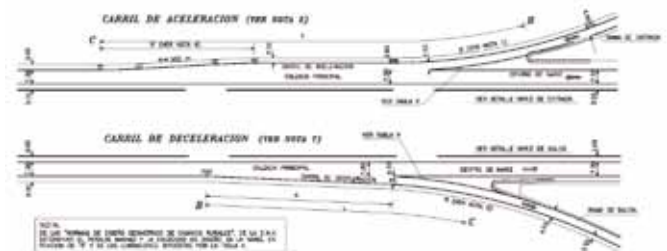


Figura 3 - Los tipos de carriles incluidos en el OB2 de la DNV

En el plano no se indican las expresiones matemáticas utilizadas en el cálculo, tampoco cuales son las velocidades inicial y final efectivamente usadas (refiere a la velocidad directriz de la ruta y a la velocidad de diseño de la rama, sin indicar si ellas son las de cálculo), ni las tasas de aceleración y desaceleración.

Incluso hay diferencias entre las dos versiones del mencionado plano: la versión original de la década del 70 y la Revisión del año 1980. Los valores indicados en las tablas de ambos planos tienen diferencias, originadas seguramente en la distinta versión de la bibliografía AASHTO que se tomó como referencia. Se ha trabajado sobre el plano original del 70, que es el utilizado normalmente por los profesionales de la repartición.

Este plano indica como secciones características a las siguientes:

- El extremo de la cuña de transición, en su punto de contacto con el borde la calzada principal.
- La nariz, usualmente materializada en nuestro país mediante un cordón de hormigón.

La Tabla II de este plano tipo es la que muestra las longitudes a utilizar. La misma tiene doble entrada, con la velocidad directriz del camino principal y la velocidad de diseño de la rama:

TABLA II – LONGITUD DE DISEÑO DE CARRILES DE DECELERACION Y ACCELERACION PARA PENDIENTES ≤ 1.2%

VELOCIDAD DISEÑO DE RAMA (Km/h)	CONDICION DE FRENADO	30	35	40	45	50	60	70	80
CURVA DE RADIO MINIMO (m)	—	26	36	47	60	75	111	156	210
VELOCIDAD DIRECTRIZ DE LA RUTA (Km/h)	LONGITUD 'A' DE TRANSICION (m)	LONGITUD TOTAL DEL CARRIL DE DECELERACION 'L' INCLUYENDO LA LONGITUD DE TRANSICION 'A' (m).							
70	60	110	100	90	85	80	75	—	—
80	70	130	115	110	105	100	95	—	—
90	80	145	135	130	125	120	115	—	—
100	85	160	155	150	145	140	135	120	100
110	90	180	170	165	160	150	135	115	110
120	95	200	185	180	180	175	170	150	140
130	100	215	205	200	200	190	180	165	150
VELOCIDAD DIRECTRIZ DE LA RUTA (Km/h)	LONGITUD 'A' DE TRANSICION (m)	LONGITUD TOTAL DEL CARRIL DE ACCELERACION 'L' INCLUYENDO LA LONGITUD DE TRANSICION 'A' (m).							
70	60	—	120	110	110	165	145	—	—
80	70	—	200	190	180	235	220	—	—
90	80	—	280	265	255	335	295	245	165
100	85	—	360	345	330	390	375	320	250
110	90	—	440	425	405	465	450	390	310
PERALTE MINIMO COMPATIBLE CON CURVAS DE RADIO MINIMO EN INTERSECCIONES (m/m)		*	*	0.02	0.04	0.06	0.08	0.09	**

La longitud de la cuña de transición se toma en función de la Vdirectriz de la ruta principal. Eso remite al criterio de relacionar esta transición con un cierto tiempo para realizar el cambio de carril (3 segundos a la velocidad directriz).

2.2.3. Su longitud según AASHTO

En AASHTO se plantean carriles de cambios de velocidad con ambas tipologías: directos o paralelos.

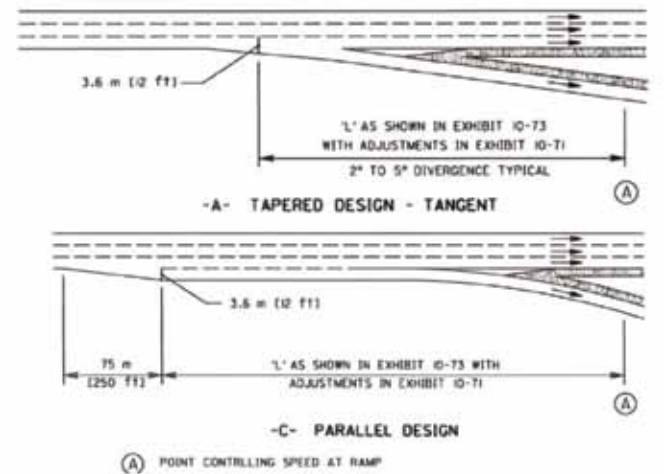


Figura 4 - Los tipos de carriles de desaceleración de AASHTO

Metric									
Deceleration length, L (m) for design speed of exit curve V' (km/h)									
Highway design speed, V (km/h)	Speed reached, V _s (km/h)	Stop condition	20	30	40	50	60	70	80
50	47	75	70	60	45	—	—	—	—
60	55	95	90	80	65	55	—	—	—
70	63	110	105	95	85	70	55	—	—
80	70	130	125	115	100	90	80	55	—
90	77	145	140	135	120	110	100	75	60
100	85	170	165	155	145	135	120	100	85
110	91	180	180	170	160	150	140	120	105
120	98	200	195	185	175	170	155	140	120
V = design speed of highway (km/h) V _s = average running speed on highway (km/h) V' = design speed of exit curve (km/h) V' _s = average running speed on exit curve (km/h)									

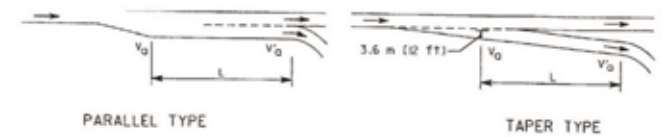


Figura 5 - Longitudes de los carriles de desaceleración de AASHTO

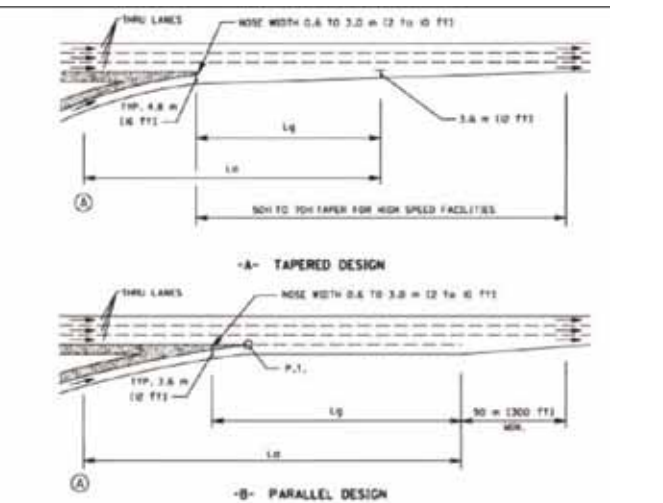


Figura 6 - Los tipos de carriles de aceleración de AASHTO

Metric									
Acceleration length, L (m) for entrance curve design speed (km/h) and initial speed, V _s (km/h)									
Highway design speed, V (km/h)	Speed reached, V _s (km/h)	Stop condition	20	30	40	50	60	70	80
50	37	60	50	30	—	—	—	—	—
60	45	95	80	65	45	—	—	—	—
70	53	150	130	110	90	65	—	—	—
80	60	200	180	165	145	115	65	—	—
90	67	260	245	225	205	175	125	35	—
100	74	345	325	305	285	255	205	110	40
110	81	430	410	390	370	340	290	200	125
120	88	545	530	515	490	460	410	325	245
Note: Uniform 50:1 to 70:1 tapers are recommended where lengths of acceleration lanes exceed 400 m.									

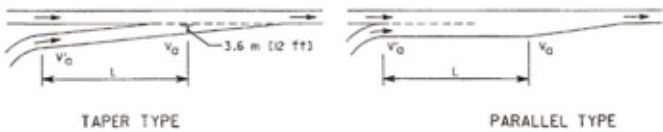


Figura 7 - Longitudes de los carriles de aceleración de AASHTO

Esta Norma define como secciones características en un carril de cambio de velocidad a:

- Aquella donde el ancho del carril, medido perpendicularmente al eje de la calzada principal desde su borde sea de 3,65 m.
- La sección que controla la velocidad segura en la rama (el punto "A" indicado en las figuras anteriores). Esto significa el inicio/final del elemento geométrico planimétrico que determina la velocidad específica de la rama (por ejemplo el radio de curva circular que limita la velocidad en la rama). También puede ser el punto donde existe un control de paso, como por ejemplo un cartel de pare. Esta situación es típica de la salida en un distribuidor tipo diamante, cuya rama puede estar resuelta con elementos casi rectos, pero que presenta una sección de detención (PARE) al alcanzar el camino secundario.

Esto último es una singularidad de AASHTO, y significa que la maniobra de desaceleración/aceleración puede no realizarse completamente en el carril auxiliar. Por lo tanto la longitud indicada en las tablas correspondientes puede estar incluyendo una parte de la propia rama.

Esto marca una diferencia notoria con la práctica usual en Argentina, donde tomamos a la nariz como límite de la longitud del carril de cambio de velocidad.

Respecto a la longitud de la cuña de transición, AASHTO plantea longitudes mínimas, sin diferenciar por las distintas velocidades directrices. Toma una relación ancho carril/longitud transición entre 1:20 (en desaceleración) y 1:25 (en aceleración). Admite utilizar transiciones más suaves, con relaciones hasta 1:30, siempre usando una cuña más larga en aceleración que en desaceleración.

2.2.4. Su longitud según la Norma Española 3.1-IC.

Esta Norma indica que los carriles de aceleración deben ser siempre de tipo paralelo. Respecto a los de desaceleración, se indica que, en general, sean de tipo paralelo. Excepcionalmente, previa expresa justificación, podrán ser de tipo directo, con curvaturas progresivamente crecientes.

Se definen como secciones características en un carril de cambio de velocidad:

- Sección característica de 1,5 m: Aquella donde la anchura del carril, medida perpendicularmente al eje de la calzada principal desde el borde de ésta, sea de metro y medio (1,50 m).
- Sección característica de 1 m: Aquella donde la separación entre bordes de calzada del carril y la calzada principal, medida perpendicularmente al eje de ésta, sea de un metro (1,00 m).

Esto significa que tampoco usa la nariz como sección de referencia. Por el otro lado, en el empalme con la calzada principal, plantea que no es imprescindible que esté abierto totalmente el carril para que el conductor inicie la maniobra, por ejemplo la desaceleración.

La longitud de la transición (cuña triangular) para los carriles de tipo paralelo se indica en la Tabla 8, en función del menor de los valores de la velocidad de proyecto (V_p) y la máxima señalizada a la altura de la sección característica de 1.5 m.

TABLA 8
LONGITUD (m) DE LA CUÑA TRIANGULAR DE TRANSICIÓN.

Min. (V_p limitada) (km/h)	DECELERACIÓN	ACELERACIÓN
< 80	70	133
100	83	167
120	100	175

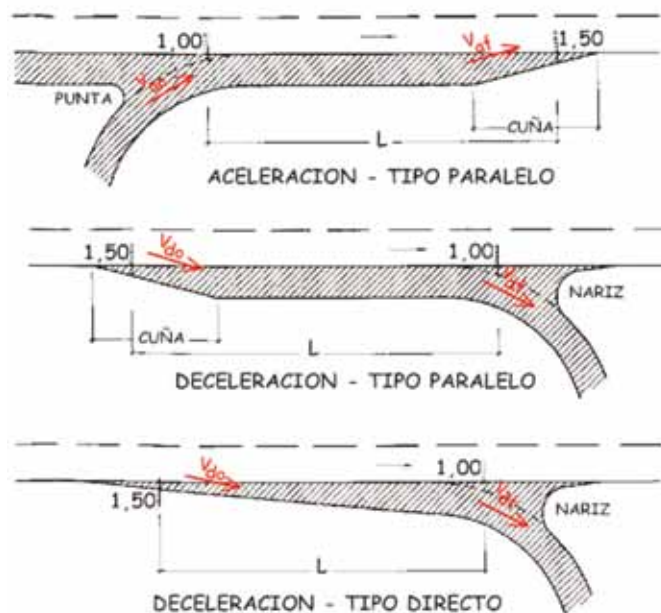


Figura 9 - Secciones características según Norma 3.1-IC

A efectos del cálculo de su longitud, supone que la velocidad de un vehículo, a lo largo del carril de cambio de velocidad, varía entre los valores siguientes:

Carriles de aceleración:

- V_{ao} valor de la velocidad específica (V_e) del elemento del carril de aceleración que contiene la sección característica de 1 m

- V_{af} el menor de los valores siguientes:

- Velocidad de proyecto (V_p).
- Velocidad máxima señalizada en la calzada principal, a la altura de la sección característica de 1,5 m.

Carriles de desaceleración:

- V_{do} el menor de los valores siguientes:

- Velocidad de proyecto (V_p)
- Velocidad máxima señalizada en la calzada principal, a la altura de la sección característica de 1,5 m.

- V_{df} valor de la velocidad específica (V_e) del elemento del carril de desaceleración que contiene la sección característica de 1 m.

En las tablas 10 y 11 se indican las longitudes de los carriles de aceleración y deceleración (L) para valores discretos de i , V_{ao} , V_{af} , V_{do} y V_{df} .

- L = longitud del carril de aceleración o deceleración (m) entre las secciones características,
- i = inclinación de la rasante en tanto por uno (positiva en rampa, negativa en pendiente).
- V_{ao} , V_{af} , V_{do} y V_{df} : las velocidades antes definidas (km/h).

TABLA 10
LONGITUD DE LOS CARRILES DE ACCELERACIÓN

Velocidad $V_{af} = 60$ km/h	
V_{ao} (km/h)	INCLINACIÓN DE LA RASANTE (%)
	$-7 < i < 7$
$0 < V_{ao} < 60$	200

Velocidad $V_{af} = 80$ km/h	
V_{ao} (km/h)	INCLINACIÓN DE LA RASANTE (%)
	$-7 < i < 7$
$0 < V_{ao} < 60$	200

Velocidad $V_{af} = 100$ km/h													
V_{ao} (km/h)	INCLINACIÓN DE LA RASANTE (%)												
	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
0	200	200	200	200	200	200	200	205	217	232	248	267	290
10	200	200	200	200	200	200	200	204	216	231	247	266	289
20	200	200	200	200	200	200	200	201	213	228	244	263	286
30	200	200	200	200	200	200	200	200	208	222	238	247	279
40	200	200	200	200	200	200	200	200	212	228	247	269	296
50	200	200	200	200	200	200	200	200	214	232	253	280	313
60	200	200	200	200	200	200	200	200	210	231	256	288	

Velocidad $V_{af} = 120$ km/h												
V_{ao} (km/h)	INCLINACIÓN DE LA RASANTE (%)											
	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
0	261	275	291	308	328	361	378	410	449	498	561	647
10	261	274	290	307	327	351	377	410	449	497	560	647
20	258	272	287	305	325	348	375	407	446	494	557	643
30	253	267	282	300	319	342	369	401	440	488	551	637
40	246	259	275	292	311	334	360	392	430	478	541	626
50	235	249	263	280	299	321	348	379	417	464	526	611
60	221	234	248	264	283	304	330	360	397	444	504	588

TABLA 11
LONGITUD DE LOS CARRILES DE DESACELERACIÓN

Velocidad $V_{ao} = 60$ km/h			
V_{af} (km/h)	INCLINACIÓN DE LA RASANTE (i %)		
	-7	-6	$-5 < i < 7$
0	112	104	100
10	109	101	100
$20 < V_{af} < 60$	100	100	100

Velocidad $V_{ao} = 80$ km/h													
V_{af} (km/h)	INCLINACIÓN DE LA RASANTE (%)												
	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
0	199	184	172	161	151	142	135	128	122	116	111	106	102
10	196	181	169	168	149	140	133	126	120	114	109	105	100
20	186	173	161	151	142	134	126	120	114	109	104	100	100
30	171	158	147	138	130	122	116	110	105	100	100	100	100
40	149	138	129	120	113	107	101	100	100	100	100	100	100
50	121	112	105	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
60	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Velocidad $V_{ao} = 100$ km/h														
V_{af} (km/h)	INCLINACIÓN DE LA RASANTE (%)													
	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6
0	310	288	268	251	236	223	211	200	190	182	174	166	159	153
10	307	285	265	248	234	220	209	198	188	180	172	165	158	152
20	298	276	257	241	227	214	202	192	183	174	167	160	153	147
30	282	262	244	228	215	203	192	182	173	165	158	151	145	139
40	261	242	225	211	198	187	177	168	160	153	146	140	134	129
50	233	216	201	188	177	167	158	150	143	136	130	125	120	115
60	199	184	172	161	151	142	135	128	122	116	111	106	102	100

Velocidad $V_{ao} = 120$ km/h												
V_{af} (km/h)	INCLINACIÓN DE LA RASANTE (%)											
	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
0	414	386	361	340	321	303	288	274	261	250	239	230
10	411	383	359	337	318	301	286	272	260	248	238	228
20	403	375	351	330	312	295	280	266	254	243	233	223
30	388	362	339	319	301	284	270	257	246	234	224	215
40	368	343	321	302	285	270	256	244	232	222	213	204
50	342	319	299	281	265	251	238	226	216	207	198	190
60	311	290	271	255	240	228	216	206	196	187	180	172

2.2.5. La propuesta de la AVN 2010

Como se ha ido mostrando, una de las mayores diferencias entre normativas esta dada por las secciones a utilizar como características, dentro de las cuales se realizará el análisis cinemático. En ese sentido, en esta propuesta se optó por las siguientes:

- Sobre la calzada principal, se consideró excesivo tomar el ancho completo del carril como límite de la maniobra de cambio de velocidad. Se tomó una sección característica de 2,15 m: donde el ancho del carril medido perpendicularmente al eje de la calzada principal desde el borde sea de 2,15 m. Esto es, que permite ubicar un vehículo liviano con un margen de distancia (revancha) al borde del carril de 0,15 m.
- Por el lado de la rama, se consideró conveniente mantener la práctica usual en nuestro país, esto es, tomar como sección característica a la nariz de separación entre calzada del carril y de la calzada principal.

Si bien en las tablas se ingresa con la velocidad directriz del camino principal, el cálculo se realiza:

- En los carriles de desaceleración, con la velocidad media de marcha como velocidad inicial,
- En los carriles de aceleración con la velocidad media de marcha menos 8 km/h como velocidad final.

En la rama se trabaja con la velocidad máxima segura a la altura de la nariz. Esto significa que en ramas directas como las de un diamante se puede utilizar 60 o 70 km/h. En rulos, se considerará la velocidad asociada a la combinación radio-peralte del mismo.

En lo que hace a las tasas de desaceleración y aceleración entre ambas secciones características, se utilizaron valores clásicos indicados en distinta bibliografía (norteamericana, sudafricana y española):

Desaceleración: 2 m/s²

Aceleración: 0,7 m/s²

Tabla 12 - Longitudes de los carriles de desaceleración

Vd	Vcálculo	Velocidad rama								Cuña
		0	20	30	40	50	60	70	80	
60	55	105	100	90	80					80
70	63	125	115	105	95	80				80
80	70	140	135	125	110	95	80			80
90	77	160	155	145	130	120	95	80		80
100	85	190	180	170	155	140	120	95		80
110	91	205	200	190	175	160	140	115	85	80
120	98	230	225	215	200	185	165	140	110	80
130	104	255	250	240	225	210	185	160	130	80

Tabla 13 - Longitudes de los carriles de aceleración

Vd	Vcálculo	Velocidad rama								Cuña
		0	20	30	40	50	60	70	80	
60	47	185	165	140	110					110
70	55	230	210	180	145	110				110
80	62	275	255	225	190	140				110
90	69	330	305	280	240	195	130			110
100	77	390	370	345	305	260	200	125		110
110	83	445	425	400	360	310	250	180	110	110
120	90	515	490	465	425	375	315	245	160	110
130	97	575	550	525	485	440	380	305	225	110

La expresión de cálculo utilizada, para pendiente longitudinal nula, ha sido:

$$L_{total} = \frac{V_f^2 - V_i^2}{25.9 \cdot a} + 0.60 \cdot L_{cuña}$$

Donde:

- L_{total} : longitud total carril de cambio de velocidad, incluyendo transición, en (m)
- V_f, V_i : velocidades inicial y final del cambio de velocidad, en (km/h)
- a : tasa de aceleración (+) o desaceleración (-), en (m/s²)
- $L_{cuña}$: longitud de la transición, 80 m o 110 m, en (m)

En todas las normativas mencionadas se realiza una corrección de estas longitudes en función de la pendiente longitudinal de la calzada principal (cuando las pendientes son mayores que +/- 2%). Estas correcciones son similares, por lo que en esta propuesta de actualización se mantuvieron los factores ya incluidos en la versión vigente del plano tipo OB2.

Tabla 14 - Factores de corrección a aplicar a los carriles de aceleración L cuando se construyen en pendientes $i \geq \pm 2\%$

V de la autopista km/h	Longitud en pendiente = factor por longitud de tabla II									
	Velocidad directriz de rama km/h								Cualquier velocidad	
	30	40	50	60	70	80			3 a 5 % ascendente	3 a 5 % descendente
60		1,3	1,3						0,7	
70	1,3	1,3	1,4						0,7	
80	1,3	1,4	1,4	1,4	1,5				0,65	
90	1,3	1,4	1,5	1,5	1,5	1,5			0,6	
100	1,4	1,5	1,5	1,6	1,6	1,6			0,6	
110	1,5	1,5	1,6	1,7	1,7	1,8			0,6	
5 a 6 % ascendente										
60		1,5	1,5						0,6	
70	1,5	1,5	1,6						0,6	
80	1,5	1,6	1,7	1,8	2				0,55	
90	1,6	1,7	1,8	2	2,2	2,4			0,5	
100	1,8	1,9	2	2,2	2,4	2,6			0,5	
110	2	2	2,2	2,4	2,7	2,9			0,5	
5 a 6 % descendente										
60									0,6	
70									0,6	
80									0,55	
90									0,5	
100									0,5	
110									0,5	

Nota: la pendiente es el promedio entre las correspondientes a los puntos B y C.

Tabla 15 - Factores de corrección a aplicar a las longitudes de desaceleración L cuando se construyen en pendientes $i \geq \pm 2\%$

V de la autopista km/h	Longitud en pendiente = factor por longitud de tabla II	
Para cualquier velocidad	3 a 5 % ascendente	3 a 5 % descendente
	0,9	1,2
Para cualquier velocidad	5 a 6 % ascendente	5 a 6 % descendente
	0,8	1,35

Nota: La pendiente es el promedio de las correspondientes a los puntos B y C

3. ANCHOS DE RAMAS DE GIRO

3.1. Generalidades

El ancho de la calzada en una rama de giro en una intersección a nivel o en un ramal de un distribuidor a distinto nivel se define como el área barrida por el vehículo de diseño para el radio de curvatura seleccionado y el tipo de operación prevista. Clásicamente se definen tres tipos de operación:

- Caso 1: un carril, un sentido sin provisión para adelantamiento de vehículo detenido.
- Caso 2: un carril, un sentido con provisión para adelantamiento de vehículo detenido.
- Caso 3: dos carriles, uno o dos sentidos.

Las características físicas de los vehículos y la composición del tránsito son factores que controlan el diseño geométrico de las ramas. Es necesario examinar todos los tipos de vehículos, agruparlos, y determinar los representativos en cada clase, para su uso en el diseño. Los vehículos tipo corresponden al que tiene mayores dimensiones y mayores radios de giro mínimo que los similares de su clase.

En términos generales se suelen indicar cuatro clases de vehículos:

- Vehículos de pasajeros: incluye los vehículos livianos (automóviles) y camiones livianos de reparto (furgonetas y camionetas).
- Camiones: incluye los camiones sin y con acoplado, semirremolques y semirremolques con acoplado.
- Ómnibus: incluyen los colectivos simples, microómnibus, colectivos articulados, colectivos escolares, y similares.
- Vehículos de recreación: casa rodante, coche y remolque. Si bien en la bibliografía se mencionan, no es un vehículo representativo para nuestro país, por lo que no se acostumbra su uso como vehículo de diseño.

Para su utilización en el diseño, es práctica normal en Argentina remitirse a los vehículos tipo de AASHTO. Considerando la versión 2004, se pueden seleccionar como los más representativos para nuestro país los siguientes:

- P: vehículo liviano de pasajeros
- SU: camión de unidad única
- CITY-BUS: autobús urbano
- INTERCITY-BUS (BUS-14): autobús interurbano
- WB-12: semirremolque mediano
- WB-15: semirremolque grande (*)
- WB-19: semirremolque especial (transporte de automóviles)

(*) Representa adecuadamente al semirremolque de 18,6 m de longitud total, el máximo permitido por la Ley 24.449, Ley Nacional de Tránsito.

Al seleccionar un vehículo, el proyectista debe evaluar cuidadosamente la composición del tránsito. Por ejemplo, si el tránsito que gira es casi todo de vehículos de pasajeros, puede resultar muy costoso diseñar para camiones grandes.

3.2. El vigente Plano OB-2

En él se indican las siguientes condiciones de tránsito:

- Condición A: cuando el número de autos es predominante, pero se tienen también en cuenta algunos camiones de dos ejes y ómnibus.
- Condición B: cuando el número de camiones de dos ejes y ómnibus son suficientes como para gobernar el diseño (del 5 al 10% del tránsito total) pero se tienen también en cuenta algunos camiones con acoplado y semirremolques.
- Condición C: cuando el número de camiones con acoplado y semirremolques es suficiente para gobernar el diseño.

TABLA 16 - ANCHOS DE PAVIMENTO DE RAMALES Y/O CAMINOS DE ENLACE

RADIO DEL SECTOR INTERIOR DEL PAVIMENTO	CASO 1 1 CARRIL 1 SENTIDO DE MARCHA S/ SOBREPASO DE VEHICULO DETENIDO			CASO 2 1 CARRIL 1 SENTIDO DE MARCHA C/ SOBREPASO DE VEHICULO DETENIDO			CASO 3 1 & 2 CARRILES 1 & 2 SENTIDOS DE MARCHA		
	A B C			A B C			A B C		
	m			m			m		
15	5,30	5,30	7,00	7,00	7,30	8,75	8,30	10,30	12,75
20	4,75	5,25	5,75	6,25	7,00	8,25	8,75	10,00	11,25
30	4,50	4,75	5,50	5,50	6,75	7,50	8,50	9,50	10,50
40	4,25	4,75	5,25	5,75	6,25	7,25	8,25	9,00	10,00
60	4,00	4,75	4,75	5,75	6,25	7,00	8,25	8,75	9,50
80	4,00	4,50	4,75	5,50	6,00	6,75	8,00	8,50	9,00
120	4,00	4,50	4,75	5,50	6,00	6,75	8,00	8,50	8,75
150	3,85	4,50	4,50	5,50	6,00	6,75	8,00	8,50	8,75
Recta	3,65	4,50	4,50	5,25	5,75	6,25	7,00	8,25	8,25
MODIFICACIÓN DEL ANCHO SEGUN EL TRATAMIENTO LATERAL USADO									
BANQUINA NO ESTABILIZADA	NINGUNA			NINGUNA			NINGUNA		
CORDON MON-RIEL	NINGUNA			NINGUNA			NINGUNA		
CORDON NO MONTABLE * 1 LADO 2 LADOS	AUMENTAR EN 0,25 AUMENTAR EN 0,50			NINGUNA AUMENTAR EN 0,25			AUMENTAR EN 0,25 AUMENTAR EN 0,50		
BANQUINA ESTABILIZADA EN UNO O AMBOS LADOS	NINGUNA			DEDUCIR EL ANCHO DE LA BANQUINA ESTABILIZADA DEL PAV. MIN. ABSOLUTO= CASO 1			DEDUCIR EN 0,50 CON BANQUINA DE 1,30 O MAYOR		

Como se ve, no hay indicación precisa de los vehículos tipo considerados en cada condición. Esto es especialmente importante en lo que respecta a los camiones pesados. Allí, utilizar un semirremolque chico o grande puede dar importantes diferencias en los anchos de calzada a utilizar.

3.3. La propuesta de la AVN 2010

Para salvar las indefiniciones antes indicadas, en la Revisión 2010 de las Normas de Diseño se incluyó una actualización de esta tabla, utilizando los valores de la versión 2004 de AASHTO, con indicación precisa del vehículo tipo en cada caso.

Además se agregó una tabla auxiliar, con los anchos correspondientes a los siete vehículos tipo seleccionados, lo que brinda la posibilidad de considerar a cualquiera de ellos como vehículo de diseño.

Respecto a las condiciones de diseño, se mantienen las tres clásicas, con indicación del vehículo tipo (según AASHTO):

- Condición A: predominan vehículos livianos (P), pero también se considera que giran los camiones SU, aunque no son suficientes como para influir en el diseño.
- Condición B: suficientes vehículos SU como para gobernar el diseño, pero con alguna consideración para los semirremolques.
- Condición C: suficientes vehículos semirremolques WB-12 o WB-15 como para gobernar el diseño.

Los anchos de las calzadas de giro se listan en la Tabla 16.

Tabla 16 - Anchos de calzadas de giro

Radio interior (m)	Caso 1 Condición			Caso 2 Condición			Caso 3 Condición		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C
15	5,4	5,5	7,2	6,0	7,8	9,2	9,4	11,0	13,6
25	4,8	5,0	5,9	5,6	6,9	7,9	8,6	9,7	11,1
30	4,5	4,9	5,7	5,5	6,7	7,6	8,4	9,4	10,6
50	4,2	4,6	5,2	5,3	6,3	7,0	7,9	8,8	9,5
75	3,9	4,5	4,9	5,2	5,9	6,5	7,6	8,3	8,7
100	3,9	4,5	4,9	5,2	5,9	6,5	7,6	8,3	8,7
125	3,9	4,5	4,9	5,1	5,9	6,4	7,6	8,2	8,5
150	3,6	4,5	4,9	5,1	5,8	6,4	7,5	8,2	8,4
Recta	3,6	4,2	4,4	5,0	5,5	6,1	7,3	7,9	7,9
Modificación de anchos (m) por efecto de banquina pavimentada (1) y cordones									
Banquina sin pavimentar	Sin modificación			Sin modificación			Sin modificación		
Cordón Montable	Sin modificación			Sin modificación			Sin modificación		
Cordón no montable	Un lado Añadir 0,3 Dos lados Añadir 0,6			Sin modificación Añadir 0,3			Añadir 0,3 Añadir 0,6		
Banquina pavimentada a uno o ambos lados	En condiciones B y C ancho en recta puede reducirse a 3,6 m si ancho de banquina pavimentada es 1,2 m o más			Deducir ancho de las banquetas pavimentadas. Ancho mínimo como Caso 1.			Deducir 0,6 m donde la banquina pavimentada sea de 1,2 m como mínimo.		

(1) Cuando existen banquetas pavimentadas en ramales -principalmente en intercambiadores- éstas deben tener un ancho uniforme en toda su longitud. En ramales de un sentido de circulación la suma de los anchos de las banquetas pavimentadas no debe superar los 3 a 3,5 m, de los cuales 0,5 a 1 m deben corresponder a la banquina izquierda.

La Tabla 17 identifica el vehículo tipo y la maniobra que se consideró para la determinación de los anchos de la Tabla 16. Estos anchos incluyen los espacios adicionales necesarios para que dichas maniobras puedan realizarse con seguridad. Donde aparecen dos letras, la primera indica el tipo de vehículo que puede adelantar cómodamente a un vehículo estacionado, siendo el tipo de éste el que señala la segunda.

Ejemplo: Caso 2 con composición de flujos tipo B, la clave P-SU informa que un automóvil puede maniobrar holgadamente adelantando a un camión simple.

Tabla 17 - Vehículos tipo considerados en la determinación de los anchos de calzadas de la Tabla 16

Caso 1 Condición			Caso 2 Condición			Caso 3 Condición		
A	B	C	A	B	C	A	B	C
P	SU	WB-12 o ICBUS (el mayor)	P-P	P-SU	SU-SU	P-SU	SU-SU	WB-12 y WB-12

La Tabla 18 permite apreciar las vehículos más grandes que pueden operar en ramales cuyos anchos son los de la Tabla 16, con espacios laterales menores a los normalmente considerados y circulando a bajas velocidades.

Tabla 18 - Máximos vehículos tipo que pueden realizar maniobras en los anchos de calzadas de la Tabla 16

Caso 1 Condición			Caso 2 Condición			Caso 3 Condición		
A	B	C	A	B	C	A	B	C
WB-12	WB-12	WB-15	P SU	P WB-12	SU WB-12	SU WB-12	WB-12 WB-12	WB-15 WB-12

Ejemplos:

- En Caso 1 – A; se lee WB-12, significa que en el ancho indicado un camión con semirremolque corriente puede efectuar el giro sin salirse del carril, pero prácticamente sin revancha entre la trayectoria de las ruedas y el borde del pavimento.
- En Caso 2 – B: se lee P – WB-12. Indica que un automóvil podrá adelantar a un camión tipo WB-12 que se encuentre estacionado al borde del carril (o viceversa), con separación lateral mínima entre un vehículo y otro y entre los bordes del pavimento.

El detalle de los anchos resultantes para cada uno de los siete vehículos tipo mencionados como representativos del parque automotor argentino se brinda en la Tabla 19.

Tabla 19 - Anchos de calzadas de giro para diferentes vehículos tipo

Caso 1: un carril, un sentido							
Sin posibilidad de adelantamiento de vehículo detenido							
R borde interno	P	SU	BUS-14	CITY BUS	WB-12	WB-15	WB-19
15	4	5,5	7,2	6,5	7	9,7	13,3
25	3,9	5	5,9	5,6	5,8	7,2	8,5
30	3,8	4,9	5,7	5,4	5,5	6,7	7,7
50	3,7	4,6	5,2	5	5	5,7	6,3
75	3,7	4,5	4,9	4,8	4,8	5,3	5,7
100	3,7	4,5	4,9	4,8	4,8	5,3	5,7
125	3,7	4,5	4,9	4,8	4,8	5,3	5,7
150	3,7	4,5	4,9	4,8	4,8	5,3	5,7
Recta	3,6	4,2	4,4	4,4	4,2	4,4	4,4
Caso 2: un carril, un sentido							
Con posibilidad de adelantamiento de vehículo detenido (del mismo tipo)							
R borde interno	P	SU	BUS-14	CITY BUS	WB-12	WB-15	WB-19
15	6	9,2	13,1	11,7	11,8	17,3	24,7
25	5,6	7,9	10,2	9,5	9,3	12,1	14,9
30	5,5	7,6	9,5	9	8,8	11,1	13,3
50	5,3	7	8,3	7,9	7,7	9,1	10,4
75	5,2	6,7	7,6	7,4	7,1	8,2	9
100	5,2	6,5	7,3	7,1	6,9	7,7	8,3
125	5,1	6,4	7,1	7	6,7	7,5	8
150	5,1	6,4	7	6,9	6,6	7,3	7,7
Recta	5	6,1	6,4	6,4	6,1	6,4	6,4
Caso 3: dos carriles, uno dos sentidos							
Mismo tipo de vehículo en ambos carriles							
R borde interno	P	SU	BUS-14	CITY BUS	WB-12	WB-15	WB-19
15	7,8	11	14,9	13,5	13,6	19,1	26,5
25	7,4	9,7	12	11,3	11,1	13,9	16,7
30	7,3	9,4	11,3	10,8	10,6	12,9	15,1
50	7,1	8,8	10,1	9,7	9,5	10,9	12,2
75	7,0	8,5	9,4	9,2	8,9	10	10,8
100	7,0	8,3	9,1	8,9	8,7	9,5	10,1
125	6,9	8,2	8,9	8,8	8,5	9,3	9,8
150	6,9	8,2	8,8	8,7	8,4	9,1	9,5
Recta	6,8	7,9	8,2	8,2	7,9	8,2	8,2

4. CONCLUSIONES

Los cambios propuestos en el plano tipo OB2 han buscado darle mayor claridad al mismo.

En el caso de los carriles de cambio de velocidad, se detallan los parámetros de ingreso (velocidades inicial y final), las secciones características entre cuales plantear la aceleración o desaceleración, y el diseño de las transiciones. Se agregan para los carriles de aceleración dos velocidades directrices que no aparecen en el actual: 120 y 130 km/h.

Dadas las diferencias en la ubicación de las secciones características, no parece conveniente hacer comparaciones directas. Sin embargo, a título informativo se indican a continuación algunos valores referenciales. Tomando para todos los casos las longitudes resultantes desde el inicio/fin de las curvas de transición, hasta su correspondiente punto característico (nariz, separación de 1m, punto "A"), se tiene:

- Carriles de desaceleración:
 - AVN2010 vs OB2 vigente: entre 4% y 15% mayor el primero
 - AVN2010 vs 3.1-IC: entre 25% y 45% mayor el segundo (producto de calcular con la Vd y no con la VMM)
 - AVN2010 vs AASHTO: entre 20% y 40% mayor el segundo (recordar que parte de la longitud indicada por AASHTO puede formar parte de la propia rama, más allá de la nariz)

- Carriles de aceleración:

- AVN2010 vs OB2 vigente: valores similares, con diferencias menores al 10% en uno y otro sentido.

- AVN2010 vs 3.1-IC: entre 10% y 30% mayor el primero para velocidades en ramas <40 km/h, mayor el segundo para Vrama>40 km/h.

- AVN2010 vs AASHTO: entre 15% y 50% mayor el segundo (nuevamente, parte de la longitud indicada por AASHTO puede formar parte de la propia rama, más allá de la nariz)

Se observa que las mayores diferencias se presentan frente a AASHTO, por la posibilidad de ubicación del punto "A" dentro de la propia rama. Frente al plano vigente, resultan con esta propuesta valores similares o levemente mayores.

Como es lógico, longitudes mayores a las propuestas pueden brindar mejores condiciones para las maniobras. Pero se consideró que no se trata de elegir siempre los mayores valores brindados por la bibliografía internacional (incrementando las cantidades de obra a ejecutar), dejando de lado la práctica local.

La necesidad de aumentar notoriamente las longitudes hoy en uso debería estar apoyada en datos de accidentes causados por la insuficiencia de estos carriles auxiliares, o en investigaciones locales que induzcan a modificar –por ejemplo– las tasas de aceleración o desaceleración.

En lo que respecta a los anchos de rama, no hay en la propuesta un cambio sustancial de valores. Se han tomado los anchos de la versión 2004 de AASHTO. Se considera que lo más sustancial de la proposición es el agregado de los vehículos tipo considerados en cada caso, así como una tabla con los anchos para cada uno de los siete vehículos tipo considerados más representativos del parque automotor argentino. En ese sentido se remarca que el WB15 de AASHTO representa adecuadamente al semirremolque de 18,6 m de longitud total, el máximo permitido por la Ley 24.449, Ley Nacional de Tránsito (nuestros semirremolques grandes tienen una distancia entre ejes algo menor que 15 metros, o sea están entre el WB12 y el WB15). ♦

5. BIBLIOGRAFÍA

- 01 Gobierno de la República Argentina – Ley 24449 Tránsito y Seguridad Vial
- 02 DNV – CADIA-COARA-LEIDERMAN Consultoras 1980 Normas de Diseño Geométrico de Carreteras – Tomos I, II y III
- 03 EGIC – DNV – UBA 1986 Trazado y Diseño Geométrico de Caminos Rurales
- 04 EGIC – DNV – UBA 1999 Algunas Normas Británicas de Trazado y Diseño Vial, adaptadas a circulación por la derecha
- 05 FIUBA 2009 Diseño Geométrico y Seguridad Vial
- 06 SEIT-DGC España 2000 Trazado – Instrucción de Carreteras Norma 3.1-IC http://www.carreteras.org/normativa/trazado/3_1ic/indice.htm
- 07 ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR – España 1986 Apuntes de Trazado
- 08 AASHTO – EUA 1994*, 2001, 2004 A Policy on Geometric Design of Highways and Streets * Traducción autorizada EGIC (DNV-UBA)
- 09 AASHTO – EUA 1989, 1996*, 2002 Roadside Design Guide * Traducción autorizada EGIC (DNV-UBA)
- 10 AASHTO – EUA 1997* Highway Safety Design and Operations Guide * Traducción autorizada EGIC (DNV-UBA)
- 11 AASHTO – EUA 2004 A Guide to Achieving Flexibility in Highway Design
- 12 AASHTO – EUA 2008 Driving Down Lane-Departure Crashes: A National Priority https://bookstore.transportation.org/item_details.aspx?ID=1216

13 FHWA – Federal Lands Highway 2008
Project Development and Design Manual (PDDM)
<http://fh.fhwa.dot.gov/resources/manuals/pddm/>

14 FHWA – EUA 2005
Flexibility in Highway Design*

*Traducción autorizada ITE en español.
<http://www.fhwa.dot.gov/environment/flex/>
15 FHWA – EUA 1998

Older Driver Highway Design Handbook
<http://www.fhwa.dot.gov/tfhrc/safety/pubs/older/home/>

16 ITE – EUA 1999
The Traffic Safety Toolbox – a primer on traffic safety
17 ITE – EUA

Traffic Calming State of the Practice
<http://www.ite.org/traffic/search.asp>

18 JOHN C. GLENNON and PAUL F. HILL – EUA 2004
Roadway Safety (Defects) and Tort Liability
<http://www.lawyersandjudges.com/productdetails.cfm?pc=1187>

<http://www.crashforensics.com/papers.cfm?PaperID=12>
19 MONTANA & TEXAS DOT – EUA 2008

Road Design Manual – Road Design Manual
http://www.mdt.mt.gov/other/roaddesign/external/montana_road_design_manual/01_road_design_process.pdf

<http://onlinemanuals.txdot.gov/txdotmanuals/rdw/index.htm>
<http://onlinemanuals.txdot.gov/txdotmanuals/rdw/rdw.pdf>

20 MINNESOTA DOT – EUA 2009

Road Design Manual
<http://www.dot.state.mn.us/design/rdm/>

21 TRB – EUA
Special Report 214: Designing Safer Roads

http://www.trb.org/Main/Blurbs/Designing_Safer_Roads_Practices_for_Resurfacing_Re_153888.aspx

22 EZRA HAUER – Canadá 2000

Safety in Geometric Design Standards*

*Traducción Revista Carreteras N° 164 julio 2001 AAC

https://ceprofs.civil.tamu.edu/dlord/CVEN_635_Course_Material/Safety_in_Geometric_Design.pdfs

23 HIGHWAY Hwy 407 – Canadá 1997

Report of the Highway 407 Safety Review Committee
<http://www.peo.on.ca/publications/407report/index407.htm>

24 ALBERTA – Canadá 1999

Highway Geometric Design Guide
<http://www.transportation.alberta.ca/951.htm>

25 SIECA – Centroamérica 2004

Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras Regionales

http://www.sieca.org.gt/Sitio_publico/Transporte/Manuales/Vulnerabilidad/Manual_normas/Manual_centroamericano_de_normas_2da.pdf

26 SOPTRAVI – Honduras 2001

Manual de Carreteras

27 NASRAL – Sudáfrica 2010

Geometric Design Guidelines

<http://geometricdesign.csir.co.za/>

28 MAIN ROADS – Queensland Australia 2009

Road Planning and Design Manual

<http://www.mainroads.qld.gov.au/Business-and-industry/Road-builders/Technical-publications/Road-planning-and-design-manual.aspx>

29 MAIN ROADS – Western Australia 2009

Standards / Guidelines

<http://www.mainroads.wa.gov.au/OtherRoads/Pages/mrwaSearchResults.aspx?k=road%20and%20traffic%20engineering%20guidelines>

30 KW OGDEN – Monash University – Australia 1995

Safer Roads: A Guide to Road Safety Engineering

<http://catalogue.nla.gov.au/Record/2197519>

31 WORLD BANK 2005

Sustainable Safe Road Design – A Practical Manual

32 AIPCR-PIARC 2005

Road Safety Manual

<http://publications.piarc.org/en/technical-reports/road-safety-manual.htm>

33 AIPCR-PIARC 1991

Safety Improvements on Interurban Roads

www.piarc.org/library/aipcr/6/B8C46F8dZAt8h5b3f4i215r.pdf

34 ERSO Roads Europa'09

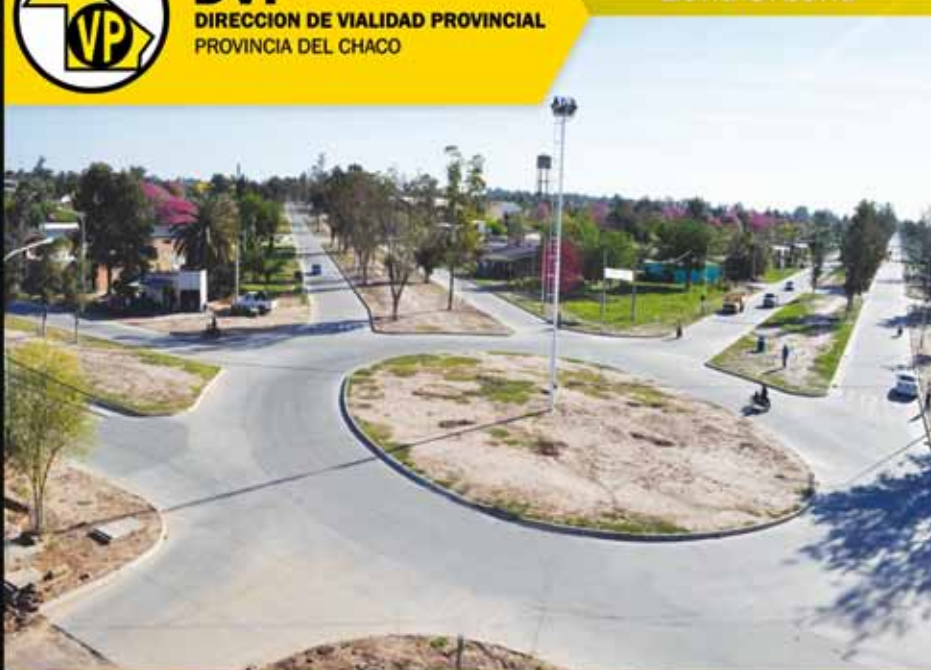
http://www.erso.eu/knowledge/fixed/15_road/Roads.pdf

Intersección con Ruta Nac. N° 95



DVP
DIRECCION DE VIALIDAD PROVINCIAL
PROVINCIA DEL CHACO

Rotonda Villa Angela
Zona Urbana



**Vialidad Provincial abriendo nuevos caminos
y apoyando el desarrollo de nuestra Provincia.**



GOBIERNO DEL PUEBLO
DE LA PROVINCIA DEL CHACO

GOBERNACION
CHACO

estamos haciendo historia

NOVEDOSA REPAVIMENTACIÓN EN URUGUAY MEDIANTE LA APLICACIÓN DE UNA CAPA ADHERIDA DE HORMIGÓN CON FIBRAS SINTÉTICAS ESTRUCTURALES EMPLEANDO TECNOLOGÍA DE ALTO RENDIMIENTO

Autores:

D. Fontáns, H. Machín, D. Miguez, A. C. Gonzalez, D. Violini y M. Pappalardi

RESUMEN

El mantenimiento y rehabilitación de los pavimentos que integran la Red Vial de un país, es un recurso estratégico para sostener el crecimiento. Para tal fin, se vienen desarrollando diversos métodos de pavimentación y materiales, que pueden ofrecer la mejor solución técnico-económica de un proyecto.

El objetivo del presente trabajo es transmitir la experiencia adquirida durante la rehabilitación de la Ruta 24 en Uruguay, la cual consistió en la aplicación de un hormigón reforzado con macro fibras sintéticas, destinado a un whitetopping del tipo delgado, con adherencia a la capa de concreto asfáltico existente, donde se destaca además la inclusión en el contrato de exigencias singulares de rugosidad, por lo que se empleó en obra un perfilómetro pivotante Dipstick para evaluar la regularidad superficial de cada subtramo construido.

Se han abordado los aspectos fundamentales que previamente se tuvieron en cuenta durante el relevamiento de la calzada asfáltica, la caracterización del hormigón reforzado con fibras (HRF), y los resultados de los ensayos obtenidos durante el control de calidad en obra, donde se pudo superar con éxito las dificultades adicionales que se plantearon por el solo hecho de la incorporación de las fibras.

Como desafío final, se trabajó en forma rigurosa sobre un ítem clave del proyecto, como lo es la adherencia entre la nueva capa del HRF y el pavimento preexistente. Esto se logró a partir de la aplicación de un método de trabajo sistemático para la intervención de la capa asfáltica, el cual consistió en el fresado, texturizado, hidrolavado, y el mantenimiento de la superficie limpia mediante el soplado con aire comprimido, previo al hormigonado.

Cabe señalar que la adherencia es un pilar fundamental en el desempeño de este tipo de pavimentos, el cual ya se encuentra habilitado al tránsito, y está siendo monitoreado, encontrándose actualmente en perfectas condiciones.

1. INTRODUCCIÓN

El objetivo del presente trabajo es transmitir la experiencia adquirida durante la rehabilitación de la Ruta 24 de Uruguay, entre los meses de Agosto de 2011 y Abril de 2012, donde se aplicó una capa delgada de hormigón con fibras sintéticas estructurales, con adherencia a la capa de concreto asfáltico existente.

Se han abordado los aspectos fundamentales que previamente se tuvieron en cuenta, como el relevamiento geométrico de la calzada, la irregularidad transversal, el bacheo y el proyecto altimétrico. También se mencionan aspectos correspondientes a la puesta en obra, como la gestión del tránsito, la preparación de la superficie de concreto asfáltico existente y la pavimentación con tecnología de alto rendimiento (TAR).

Finalmente se describen los resultados obtenidos durante el control de calidad en obra y el logro de una adecuada adherencia entre el hormigón

reforzado con fibras (HRF) y el sustrato asfáltico, como así también las características superficiales de la calzada.

Se analiza, aplicando diferencias finitas, la evolución de los materiales en el tiempo conjuntamente con los aspectos estacionales del tránsito y el clima. La solución para cada paso incremental se obtiene mediante la resolución de la función de tensiones.

2. ANTECEDENTES

La Ruta 24 de Uruguay pertenece a la Red Vial Nacional, y recorre la zona del litoral uruguayo en la región Noroeste del país, enlazando las Rutas 2 y 3 desde Fray Bentos hasta Paysandú respectivamente, donde predomina el tránsito pesado agroforestal. En los últimos años esta actividad se ha incrementado en forma notoria, por lo que en el año 2010 surgió la necesidad de rehabilitar la ruta, y se llamó a licitación un primer tramo de 21,6 km, comprendido entre las Rutas 2 y 20 (figura 1). Se cotizaron dos alternativas de rehabilitación para una vida útil de 15 años, una mediante una nueva carpeta asfáltica y otra mediante el refuerzo con una capa adherida de hormigón con fibras sintéticas estructurales, resultando la oferta de esta última opción con un costo inferior al 10 %.

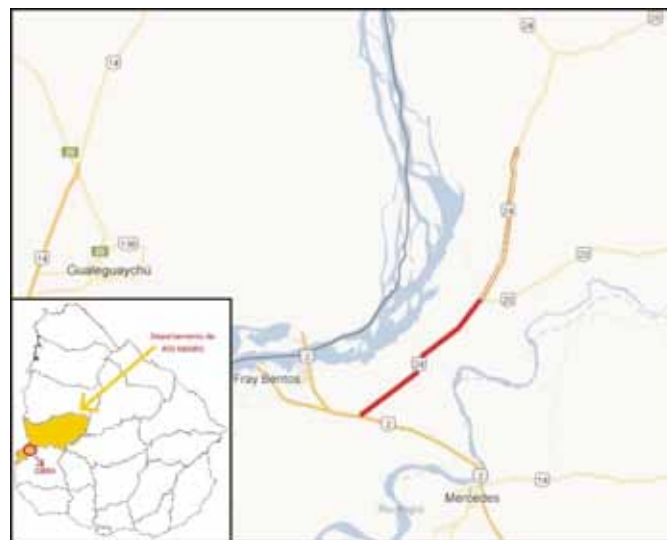


Fig. 1. Mapa de la Ruta 24 de Uruguay, destacando el tramo de obra y su futura ampliación.

Whitetopping	Espesor de hormigón	Observaciones
Convencional (CW)	≥ 20 cm	No se asume adherencia con capa asfáltica
Delgado (TWT)	entre 10 cm y 20 cm	Se puede asumir adherencia, o no asumir
Ultra-Delgado (UTW)	entre 5 cm y 10 cm	Se asume adherencia con la capa asfáltica

CW: Conventional Whitetopping; TWT: Thin Whitetopping; UTH: Ultra-Thin Whitetopping.

Fig. 10. Aplicación del compuesto líquido con carro de curado, y control de la dosis efectiva.

Actualmente se sugiere reemplazar el término whitetopping por la sola mención de una sobrecapa de hormigón (concrete overlay)⁽³⁾, destacando el hecho de ser una capa adherida o no adherida.

2.2. Hormigón Reforzado con Fibras (HRF)

La incorporación al hormigón de fibras estructurales discontinuas o discretas, le concede al material una serie de propiedades especiales, tanto en estado fresco como endurecido.

En el estado fresco, la incorporación de las fibras produce en el hormigón un incremento de la cohesión, una reducción de la trabajabilidad y puede modificar la exudación.

En el estado endurecido, la incorporación de las fibras modifica el comportamiento mecánico del hormigón, adquiriendo tenacidad y control del proceso de fisuración. La resistencia a la tracción se puede incrementar frente a cierta dosis y tipos de fibras estructurales, aunque dicha mejora tiene una magnitud de segundo orden frente a la tenacidad que adquiere el hormigón al mejorar su capacidad de deformación. La resistencia a compresión del hormigón, no cambia por el solo hecho de haber incorporado fibras.

La principal acción de las fibras comienza luego de la primera fisura, donde se inician los fenómenos de arrancamiento y deslizamiento fibra-matriz. Las fibras producen una acción de costura o puente a través de las fisuras, controlando su propagación y permitiendo la transmisión de esfuerzos, lo que confiere de esta manera una resistencia remanente del material (capacidad residual).

3. ESTUDIOS PREVIOS

3.1. Diseño

Para determinar el espesor de la capa del HRF de acuerdo al tránsito previsto (15 millones de ejes equivalentes AASHTO) durante la vida útil adoptada (15 años), el Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTOP) de Uruguay, con el asesoramiento de Jeffery Roesler, adoptó un novedoso método de diseño desarrollado en Illinois, USA⁽⁴⁾, el cual considera la resistencia residual que le confieren las macro fibras al hormigón, entre otros parámetros de diseño. De esta manera, el proyecto resultó en una capa de HRF de 15 cm de espesor, con losas cortas de 1,8 m x 1,8 m, considerando además adherencia con la capa asfáltica, la cual luego de su tratamiento (fresado y texturizado) debe tener un espesor remanente mínimo de 12 cm⁽⁵⁾.

Se destacan dos particularidades sobre las juntas de este tipo de pavimento de hormigón, como lo es la ausencia de barras (sin pasadores en las juntas transversales y sin barras de unión en las juntas longitudinales), como así también la materialización de las juntas mediante un único corte delgado (aserrado primario), sobre el cual posteriormente no se realiza ningún tipo de sellado.

Se destacan dos particularidades sobre las juntas de este tipo de pavimento de hormigón, como lo es la ausencia de barras (sin pasadores en las juntas transversales y sin barras de unión en las juntas longitudinales), como así también la materialización de las juntas mediante un único corte delgado (aserrado primario), sobre el cual posteriormente no se realiza ningún tipo de sellado.

3.2. Desarrollo del Hormigón con Macro Fibras Sintéticas

A partir de los parámetros de diseño adoptados para el cálculo del espesor de la capa de hormigón, se debió desarrollar un HRF que cumpla con los siguientes requisitos establecidos en el Pliego de Especificaciones Técnicas Particulares:

- Resistencia a compresión media a la edad de 28 días = 35 MPa.
- Módulo de Rotura media a la edad de 28 días = 5 MPa (725 psi).
- Resistencia Residual 150⁽⁶⁾ media a la edad de 28 días = 1 MPa (20% del MR)
- Requisito de habilitación rápida: MR = 3,8 MPa (550 psi)

En una primera etapa de desarrollo, se evaluaron en laboratorio diversos HRF donde se emplearon distintos tipos y dosis de fibras sintéticas estructurales (macro fibras), de diferentes orígenes (Argentina, Australia, Italia, Estados Unidos, Japón y China), al que se le sumaron las microfibras sintéticas, de amplia difusión para el control de la fisuración plástica⁽⁷⁾.

En base a dichos estudios se seleccionaron los materiales a emplear, principalmente la combinación cemento-aditivo y el tipo de fibras, y se continuó el desarrollo del HRF con el Dr. Ing. Raúl Zerbino en el LEMIT, lográndose obtener la siguiente dosificación (tabla 2), la cual demostró ser la mejor solución técnico-económica para ser implementada en la obra⁽⁸⁾:

Tabla 2. Dosificación correspondiente al HRF para la rehabilitación de la Ruta 24.

Hormigón	HRF
Asentamiento objetivo a los 30 minutos (cm)	2 a 3
Aire incorporado (%)	2,0

Cemento Artigas CPN40 (Montevideo), granel (kg/m ³)	340
Agua (kg/m ³)	140
Arena natural fina (Rio Negro) MF = 1,80 (kg/m ³)	235
Arena natural gruesa (Rio Negro) MF = 3,20 (kg/m ³)	565
Piedra partida 5-20 granítica (Palmitas, Soriano) (kg/m ³)	570
Piedra partida 20-30 granítica (Palmitas, Soriano) (kg/m ³)	570
Aditivo Viscocrete Artigas (Sika) (kg/m ³)	2,05
Macrofibra sintética Barchip 54 (EPC) (kg/m ³)	2,7
Microfibra sintética FibroMac 12 (Maccaferri, Brasil) (kg/m ³)	0,6
Peso Unitario por unidad de Volumen (PUV) (kg/m ³)	2450
Relación agua/cemento	0,41

Nota: Las cantidades consignadas corresponden a los agregados en condición saturada y superficie seca (sss).

3.3. Auscultación de la Calzada Asfáltica Existente

La Ruta 24 se constituyó con una calzada asfáltica indivisa de dos carriles, uno para cada sentido de circulación, de 3,60 m de ancho y banquetas de 1,50 m (figura 2).

El paquete estructural original se conformó con 45 cm de material granular (base y subbases), más 15 cm de concreto asfáltico y carpeta, habiéndose efectuado su anterior rehabilitación entre los años 1999 y 2000.



Fig. 2. Estado de la Ruta 24 antes de ser rehabilitada (fotografía del 17/09/2010).

Con la premisa del diseño, para cumplir el espesor mínimo remanente del concreto asfáltico existente (12 cm), se realizó la auscultación del deterioro de la calzada, realizando un relevamiento topográfico detallado que permitió determinar el perfil transversal existente, con el fin de optimizar el posterior fresado de las crestas del ahuecamiento y acotar su profundidad a un máximo previsto de 25 mm (figura 3)⁽⁹⁾.



Fig. 3. Relevamiento de la calzada con perfilómetro transversal, nivel digital, regla y cuña.

Complementariamente, a través de pruebas de carga con camión del tipo C11, se definió por parte del Comitente las áreas a bachear en forma puntual, indicando además la profundidad que corresponde en cada caso, donde algunos baches pueden ser de profundidad parcial y otros de profundidad total. Dichas zonas de bacheo son marcadas para que la apertura del bache coincida con las juntas de contracción del HRF durante la pavimentación.

Dado que la especificación indica que los baches se deben ejecutar de hormigón, dependiendo de la profundidad de los mismos, para los casos de bacheo en espesor parcial el whitetopping podría ser del tipo delgado adherido o convencional, no considerando la adherencia en la interfaz con la superficie de apoyo en este último caso.

En ese sentido, el hormigón en la zona del bache puede alcanzar espesores de 20 a 25 cm, dependiendo del espesor adicional inducido por la geometría. Espesores mayores también se han alcanzado en situaciones puntuales, pero no ha sido lo habitual.

Dado que las zonas de bacheo se encuentran bien identificadas, es sencillo al momento del aserrado de las juntas, profundizar el corte para cumplir con la condición habitual de 1/3 del espesor de hormigón.

4. CONSTRUCCIÓN

Para la realización del whitetopping rigen todas las prácticas constructivas del buen arte empleadas habitualmente durante la construcción de los pavimentos de hormigón.

Además, se implementaron las recomendaciones indicadas en la Guía de referencia de la American Concrete Pavement Association, correspondiente a las sobrecapas de hormigón().

En lo que refiere al HRF, la obra tiene como principal particularidad el efecto de las fibras en cada una de las tareas del hormigonado (elaboración y mezclado, transporte y colocación, compactación y terminación), considerando el empleo de Tecnología de Alto Rendimiento. Complementariamente, por ser un whitetopping adherido, además de ser clave el hecho de asegurar la adherencia, también hay que tener en cuenta en esta obra los efectos de una pavimentación por media calzada (reflejo del trabajo de juntas transversales, hormigón de habilitación rápida y gestión del tránsito).

4.1. Gestión del Tránsito Durante la Obra

Dado que la ruta se mantuvo habilitada al tránsito durante la obra, las especificaciones de la Dirección Nacional de Vialidad (DNV) establecen que no es posible la ocupación de la vía en más de dos kilómetros. Por tanto, luego de pavimentada esta distancia en media calzada, fue necesario mover el tren de pavimentación a otro tramo, mientras el hormigón adquiere la resistencia necesaria para su habilitación.

El 90% de los trabajos se realizó con tránsito. Teniendo en cuenta que se trata de la ruta de Uruguay de mayor cantidad de camiones, se emplearon banderilleros que operaban las 24 hs., para regular el sentido del tránsito. Durante el hormigonado, resulta fundamental la continuidad en el extendido, por tanto no solo interesa la cantidad de camiones, la distancia de transporte y la producción de planta, sino también, la coordinación entre los banderilleros para permitir la entrada del hormigón al área de pavimentación evitando demoras innecesarias.

4.2. Preparación de la Superficie Asfáltica

Dado que el diseño de este tipo de pavimento consiste en una estructura compuesta formada por el asfalto preexistente y la nueva capa de hormigón, actuando en forma conjunta, se hace imprescindible la adherencia entre ambas capas.

A tales efectos, para asegurar dicha adherencia, se empleó un procedimiento simple pero de aplicación rigurosa, que consiste en conseguir sobre el pavimento asfáltico existente, una superficie rugosa y limpia, previa a la colocación del hormigón.

La primera tarea constructiva sobre la superficie asfáltica, consistió en el fresado de las crestas del ahuellamiento según los niveles que se obtuvieron a partir del relevamiento topográfico, lo cual permite optimizar el espesor de la capa del HRF que se va a aplicar, cumpliendo con su espesor mínimo de diseño (15 cm). Para esta tarea se empleó una fresadora Wirtgen 1000. Posteriormente, se realizó el texturizado del ancho completo de la superficie asfáltica, siendo este el primer requisito para garantizar la hipótesis de adherencia de la capa del HRF, establecida en el proyecto. Para esta tarea se empleó una fresadora Wirtgen 500 con tambor texturizador, respetándose el espesor remanente mínimo de la capa asfáltica previsto en el diseño (12 cm).

Luego de las tareas de fresado y texturizado que se llevan a cabo en los días previos a la pavimentación, cuando el hormigonado es inminente, se realiza la limpieza intensiva de la superficie asfáltica. Esta tarea es fundamental para conseguir el objetivo de adherencia con la capa del HRF.

Por lo general, la limpieza se realiza el día previo o el mismo día del hormigonado, mediante un barrido hidráulico con hidrolavadoras de alta presión, a razón de 40 l/min. Esto implica contar con un equipo con gran capacidad de almacenamiento de agua y los correspondientes dispositivos instalados en el mismo (figura 4).

Finalmente, una o dos horas antes que el hormigón tome contacto con la superficie de concreto asfáltico, se realiza el barrido con aire comprimido (figura 5). Esta tarea depende de las condiciones climáticas y del tránsito que circula por la senda adyacente, por lo que muchas veces se hace necesario mantener el barrido delante del tren de pavimentación, de forma de retirar el polvo que pudiera depositarse sobre la calzada texturizada. En caso de ser necesario, previamente se puede complementar la limpieza con un barrido mecánico con cepillo.



Fig. 4. Limpieza con hidrolavado (cisterna de 22 m³ con dos bombas independientes).



Fig. 5. Barrido con aire comprimido para liberar la superficie del polvo adherido.

4.3. Elaboración del Hormigón

Para la elaboración del hormigón se dispuso de una planta con mezcladora central de 2 m³ (tiempo de mezclado del orden de 50 segundos). Se obtuvo en forma holgada picos de producción de 60 m³/h (promedio 50 m³/h). Con dicha producción promedio, se pudo abastecer sin inconvenientes la sección de hormigonado (media calzada: ancho 3,60 m y espesor 0,15 m), hasta una velocidad de avance de la pavimentadora = 1,5 metros/minuto.

Uno de los puntos claves en la producción del hormigón, fue el empleo de un dosificador automático para las macro fibras, de origen austriaco, sumamente preciso y con una tecnología de avanzada nunca antes utilizada en la región, el cual fue entregado en comodato por el proveedor de las fibras (figura 6). A partir del empleo de este moderno equipamiento, se logró incorporar las fibras en forma uniforme, garantizando la distribución homogénea en el hormigón y evitar la formación de erizos durante el mezclado.



Fig. 6. Dosificador automático de las macro fibras, instalado en la planta de hormigón.

4.4. Transporte y Colocación del Hormigón

El transporte del hormigón se realizó en camión volcador, con la carga que corresponde a la elaboración de tres pastones (6 m³) por viaje. Dado que la planta se instaló en la progresiva 9 km de la obra, la máxima distancia de transporte empleada fue de 12,5 km, y se tuvo la precaución de programar la obra para que dicha distancia no sea alcanzada en verano.

La variable clave es el tiempo de transporte y la pérdida de asentamiento que se obtiene en dicho lapso, frente a la condición climática reinante. Ante esta problemática, se destaca el buen desempeño del aditivo empleado (fabricado con policarboxilatos), con el cual se logró minimizar la pérdida de asentamiento y cumplir sin inconvenientes con el asentamiento objetivo al frente de pavimentación (2 a 3 cm).

Respecto a la influencia de las fibras sintéticas, cabe señalar que su incorporación favorece la cohesión del material, pero ante la segregación que se puede producir durante el transporte, su efecto es de segundo orden, frente a la incidencia que tienen, tanto el asentamiento como la distancia de transporte y la lisura del camino por el que se transita, por lo que se mantiene la recomendación de acotar el asentamiento a la salida de planta a un valor máximo de 7 cm.

La colocación del hormigón al frente de la pavimentadora se realizó mediante la descarga del camión volcador en un avance controlado, de manera de obtener sobre la base un manto de hormigón de altura uniforme. Complementariamente se utilizó una mini-pala cargadora para facilitar la distribución del hormigón, operando la misma en forma prioritaria desde un lateral, de manera de minimizar su tránsito sobre el hormigón. El hecho de realizar el hormigonado por media calzada, con la dificultad adicional de encontrarse la ruta habilitada al tránsito, no permitió acceder a otras opciones laterales de distribución del hormigón, como por ejemplo una retroexcavadora.

4.5. Compactación y Terminación

La compactación y terminación del hormigón se realizó con una extendidora de moldes deslizantes Wirtgen SP 500, la cual permite realizar la pavimentación por media calzada. Teniendo en cuenta que la pavimentadora es el verdadero indicador de la trabajabilidad del hormigón, la principal observación constructiva de este sistema de pavimentación se realizó al comienzo de la obra, durante la materialización de la faja de prueba, donde se verificó al colocar hormigones de asentamiento ≥ 4 cm, una tendencia del sistema de compactación (vibrado de alta frecuencia), que segregaba en forma parcial, las fibras sintéticas hacia arriba, provocando su acumulación en la cámara de vibrado.

A partir de este hecho, se realizó el seguimiento del hormigonado de la faja de prueba empleando asentamientos más bajos, sumado a la realización de un ensayo de conteo de fibras mediante la extracción de un par de muestras en la misma sección del hormigón recién compactado y terminado, la primera en correspondencia con los 5 cm superiores de la calzada, y la segunda muestra en correspondencia con los 5 cm inferiores. De esta manera se pudo establecer el rango adecuado del asentamiento al frente de pavimentación, encontrándose el valor ideal entre 2 cm y 3 cm.

Durante el hormigonado de la segunda mitad de la calzada, se tomó la precaución adicional de realizar una imprimación sobre el tercio superior del canto del hormigón preexistente, de manera de facilitar la materialización de la junta constructiva longitudinal. Complementariamente, se colocó un parche aislante (film), en coincidencia con el extremo de las juntas transversales de contracción del hormigón preexistente, para evitar que el trabajo de las mismas se refleje a edad temprana en el nuevo hormigón (figura 7).



Fig. 7. Pavimentación de la segunda media calzada. Se coloca film en canto de juntas.

Para la terminación superficial se realizó un texturado longitudinal, el cual se aplica a través de una arpillera húmeda solidaria a la pavimentadora (figura 8). Luego, las aplicaciones manuales se trata que sean mínimas, solo para resolver contingencias en caso de que las hubiera.

Se verificó que a pesar de observarse en forma sistemática la aparición de algunas macro fibras sintéticas expuestas parcialmente sobre la superficie del hormigón terminado, este hecho no afectó bajo ninguna circunstancia las tareas de texturado del hormigón.



Fig. 8. Detalle de la superficie recién terminada y texturada con arpillera húmeda.

Para la terminación superficial se realizó un texturado longitudinal, el cual se aplica a través de una arpillera húmeda solidaria a la pavimentadora (figura 8). Luego, las aplicaciones manuales se trata que sean mínimas, solo para resolver contingencias en caso de que las hubiera.

Se verificó que a pesar de observarse en forma sistemática la aparición de algunas macro fibras sintéticas expuestas parcialmente sobre la superficie del hormigón terminado, este hecho no afectó bajo ninguna circunstancia las tareas de texturado del hormigón.

4.6. Curado

En lo que refiere al curado del hormigón, se destaca el desempeño del compuesto líquido utilizado (base solvente), el cual facilitó la formación de la membrana en tiempo y forma, bajo cualquier condición climática y de exudación del hormigón (figura 9). Tal fue el éxito de este producto, y ante la ausencia de fisuras plásticas, que se planteó un tramo experimental en la obra para la discusión sobre la utilidad de las microfibras, dado que su principal función es el control de la fisuración plástica.

Para la aplicación del curado se empleó un carro autopropulsado que permite realizar sin demoras la distribución uniforme del compuesto líquido para la formación de la membrana. El pulverizado se realiza mediante tres boquillas reguladoras, que están dispuestas longitudinalmente sobre un brazo mecánico, el cual se mueve en sentido transversal.

Para verificar la dosis efectiva del compuesto líquido de curado aplicado sobre la superficie del hormigón, se procedió a pesar una bandeja de tara y superficie conocida (figura 10), obteniéndose por lo general una dosis de 100 a 120 g/m² (120 a 150 ml/m², según la densidad del producto indicada: 0,80 a 0,84), cumpliendo de esta manera con la recomendación del fabricante (mínimo 120 ml/m²). Complementariamente, en forma diaria, se verifica el consumo del producto a lo largo de toda la jornada de hormigonado, obteniéndose por lo general un valor promedio de 200 ml/m², el cual suele incluir la aplicación con mochilas de curado sobre el borde, sumado a lo que se vuela por el viento.



Fig. 9. Detalle de la formación de la membrana de curado en base a solvente.



Fig. 10. Aplicación del compuesto líquido con carro de curado, y control de la dosis efectiva.

4.7. Aserrado

El aserrado es una tarea fundamental en esta obra, ya que presenta la dificultad adicional de una mayor cantidad de juntas (losas cortas de 1,8 m x 1,8 m) y una mayor restricción de la base (superficie texturada), lo cual incrementa el riesgo de fisuración ante cualquier demora del aserrado.

Para asegurar esta tarea, se trabajó con una cuadrilla permanente y con experiencia, empleando tres aserradoras en forma simultánea para las juntas transversales y a continuación otra aserradora para la junta longitudinal, la cual tampoco se debe retrasar. En todos los casos se debe cumplir con una profundidad de corte que alcance 1/3 del espesor del HRF. Conceptualmente, el hecho de realizar sin demoras un aserrado simultáneo de varias juntas, implica que se liberen las tensiones del hormigón en forma homogénea, provocándose que el trabajo de las juntas se distribuya de manera uniforme entre todas las juntas (hipótesis de diseño), con el objetivo que la apertura de la junta sea lo menor posible, y permita la fricción entre sus caras para colaborar también con la transferencia de carga entre losas contiguas.

El inicio de la ventana de aserrado se determinó a partir del tiempo final de fraguado del hormigón en condiciones de obra, donde se logró obtener un corte limpio con mínimos desprendimientos. El tiempo para dar comienzo al aserrado depende principalmente de la temperatura, por lo que se obtuvieron registros en verano de 6 a 8 horas, mientras que en invierno este plazo se extendió de 18 a 24 horas.

5. CONTROL DE CALIDAD

5.1. Hormigón Reforzado con Fibras

A excepción de los ensayos correspondientes al conteo de fibras para evaluar su uniformidad en el hormigón fresco, y la determinación de la resistencia residual del hormigón endurecido (Norma ASTM C 1609), el control de calidad del HRF en pavimentos no difiere de los ensayos habituales para este tipo de hormigones de consistencia seca, cuando se emplean pavimentadoras de encofrados deslizantes.

De esta manera, durante la ejecución de la obra, se realizaron los siguientes ensayos de rutina para evaluar las propiedades del hormigón fresco: asentamiento, temperatura, PUV, pérdida de asentamiento, además del ensayo particular del conteo de fibras, el cual consiste en tamizar una muestra de hormigón de peso conocido, de manera tal de poder luego extraer todas las macro fibras en forma manual y determinar su porcentaje referido en peso seco. Al iniciar la obra, este ensayo se realizó en tres muestras consecutivas de un mismo pastón, para poder evaluar la repetibilidad del ensayo y validar el método empleado. Luego de comprobar en sucesivos días la correcta homogeneidad de la distribución de las fibras en el hormigón, este ensayo se continuó realizando en forma sistemática de dos a tres veces por semana, complementándose además estos resultados con el control diario de stock de las macro fibras (registrado por el dosificador), en correspondencia con el volumen de la producción hormigón.

Para optimizar el moldeo de probetas cilíndricas y vigas, se instaló una mesa vibrante al pie de la planta (figura 11), de manera de obtener una compactación similar a la del equipo de pavimentación.



Fig. 11. Mesa vibratoria instalada al pie de la planta para el moldeo de probetas.

Se realizaron además en forma semanal, los ensayos de exudación y tiempo de fraguado.

Otro requisito de resistencia del hormigón, producto del sistema de construcción adoptado por media calzada y ante la necesidad de mantener ininterrumpido el tránsito en la obra, fue el de obtener un material tipo Fast-Track, donde el método de diseño que se adoptó especifica un módulo de rotura = 3,8 MPa para la habilitación del pavimento.

Para verificar dicho requisito en función de la resistencia a compresión, se adoptó para habilitar el pavimento una resistencia a compresión de 25 MPa, según el empleo de la siguiente fórmula de correlación flexión-compresión():

$$MR \text{ (psi)} = 2,3 \cdot Rc \text{ (psi)}^{2/3} > MR \text{ (MPa)} = 0,445 \cdot Rc \text{ (MPa)}^{2/3} = 0,445 \cdot (25 \text{ MPa})^{2/3} = 3,8 \text{ MPa}$$

Operativamente en la obra, en los tramos que requerían una habilitación rápida, dado que no fue posible implementar el método de la madurez para establecer el cumplimiento de la resistencia, se realizó el moldeo de probetas cilíndricas, expuestas a la condición climática en el frente de pavimentación, a partir de las cuales se determinó la resistencia a compresión, que permitió establecer el momento que corresponde a la habilitación rápida del pavimento.

A fin de poder determinar la capacidad residual del HRF mediante las vigas moldeadas en la obra, de acuerdo al pliego de licitación, el MTOP adquirió por intermedio de la empresa Contratista, una moderna prensa que permite medir las deformaciones como variable de control por lazo cerrado (figura 12). De esta manera se determinó el Módulo de Rotura (MR) y la resistencia residual 150 (ASTM C-1609), como parte del control de calidad de la obra.



Fig. 12. Dispositivo de ensayo adquirido, para determinar la resistencia residual del HRF.

En forma complementaria, también se evaluó la adherencia entre la nueva capa del HRF y la capa existente de concreto asfáltico, mediante la extracción de testigos de espesor total, los cuales posteriormente fueron ensayados al corte en la interfase entre ambas capas según la Norma AASHTO T 323-03 (2007)⁽¹²⁾ (figura 13).

Los valores obtenidos se encontraron entre un mínimo de 1,1 MPa y un máximo de 1,6 MPa (en promedio 1,3 MPa), a partir del cual se considera una buena adherencia según la calificación de referencia indicada en la tabla 3(). En la Tabla 4 se resumen todas las propiedades evaluadas del HRF.



Fig. 13. Ensayo de adherencia por resistencia al corte en la zona de la interfaz HRF-asfalto.

Calificación de la adherencia	MPa	psi
Excelente	$\geq 2,1$	≥ 300
Muy buena	1,7 a 2,1	250 a 290
Buena	1,4 a 1,7	200 a 249
Regular	0,7 a 1,4	100 a 199
Mala	0 a 1,7	0 a 99

Tabla 3. Calificación de la adherencia al corte.

Resistencia a compresión	Unidad	Valor medio	Desvio	Valor máximo	Valor mínimo
Asentamiento	cm	3,2	0,5	4,0	2,0
Capacidad de exudación	%	1,4	0,9	2,5	0,3
Contenido de macro fibras	%	2,63	0,03	2,69	2,60
Probetas*, edad 7 días	MPa	33,3	3,4	44,7	20,7
Probetas*, edad 28 días	MPa	38,3	3,3	44,7	27,3
Testigos**, edad 28 días	MPa	37,6	4,7	51,3	26,2
Módulo de rotura, 28 días	MPa	5,6	0,3	6,4	5,1
Resistencia residual (F'_{100})	MPa	1,2	0,2	1,6	0,9
Adherencia HRF-Asfalto (corte)	MPa	1,3	0,2	1,6	1,1

*Diámetro de las probetas = 15 cm; Capacidad de la prensa de obra = 100 Tn (se usa a 80 Tn);
 **Diámetro de los testigos = 10 cm.

Tabla 4. Control de calidad: propiedades evaluadas.

5.2. Regularidad Superficial

La nueva exigencia para contratos en la red vial uruguaya impuesta por el MTOP, consiste en que es de rechazo el tramo de obra cuyo Índice de Rugosidad Internacional (IRI) sea superior a 2,8 m/km. Esto condicionó a la empresa Contratista (Grinor S.A.) a la adquisición de una pavimentadora acorde a tales requerimientos, optándose por la Wirtgen SP500.

La exigencia antedicha obligaba a una evaluación permanente de este aspecto de la calidad. Dado que no estaba asegurada la disponibilidad de los equipos de medición de la Dirección Nacional de Vialidad (DNV), aparte de que los mismos son de alto rendimiento y para tramos tan cortos como lo son los de una jornada de pavimentación, se vería sub-utilizada la capacidad de estos, se adquirió un equipo de bajo rendimiento para la evaluación de la regularidad superficial.

Esto permitió hacer mediciones lo suficientemente precisas del perfil longitudinal y a partir de allí determinar el IRI del tramo recientemente construido.

Cabe mencionar, que el límite impuesto para la aceptación de la obra no admitía tolerancia de ningún tipo, por lo que se procuró que el equipo a adquirir fuera de los definidos como Clase I (de mayor precisión) por el HDM-4, organismo desarrollador de dicho índice internacional.

Para aplicar la perfilometría estática, se utilizó el perfilómetro pivotante Dipstick 2272 (figura 14). Dicho instrumento consta de gran prestigio en la materia y es usado por muchas administraciones de carreteras para calibrar equipos de alto rendimiento también Clase I.



Fig. 14. Registro de la regularidad superficial mediante el uso de un perfilómetro pivotante.

La integración de las mediciones hechas después de cada jornada permitió determinar luego el IRI en tramos de obra de longitud 1 km, que es lo considerado en las especificaciones particulares.

Cabe consignar que el IRI medio de la senda a (-), cuyo sentido de circulación es de norte a sur fue de 2,1 m/km. En tanto que el IRI de la senda a (+) (sentido sur-norte) fue de 2,0 m/km.

Estos valores fueron confirmados por la DNV con un equipo Mays Meter, del tipo de respuesta dinámica. No obstante, se obtuvieron diferencias importantes en la evaluación por km, siendo más dispersas las de éste último, aunque sin afectar las condiciones de recepción.

En el gráfico 1 se observa que los valores más bajos de IRI se obtuvieron en el entorno de la planta de elaboración de hormigón, así como también en la senda (+), sur-norte, que es la que tenía menor irregularidad transversal y en la que prácticamente no se ejecutaron baches. Se destacan dos líneas horizontales que responden a los umbrales de aceptación y de bonificación.

La línea llena corresponde al umbral de aceptación para tramos de 1 km que es de 2,8 m/km, donde se evidencia claramente que todos los tramos cumplen con esa condición.

Por otra parte, la línea segmentada corresponde a los tramos que están por debajo del umbral de bonificación. Dicha bonificación consiste en algo más de 1 U\$S por m2, para aquellos tramos kilométricos en que la regularidad superficial es tal que $IRI \leq 2$ m/km.

No obstante, esta obra no es objeto de bonificación alguna, ya que la condición anterior se debe cumplir para el 90% de los tramos kilométricos, considerando como IRI del tramo el mayor de las dos sendas.

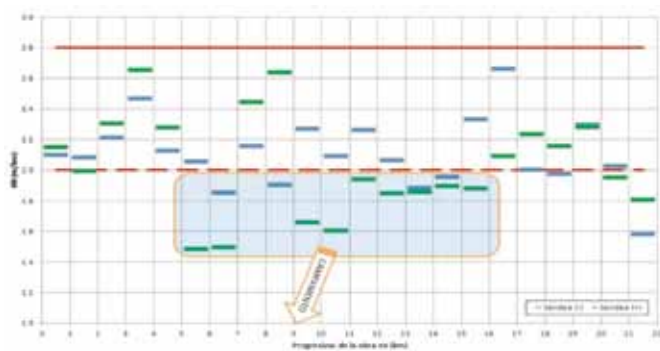


Gráfico 1: Valores medios de IRI por km de senda construida.

6. CONSIDERACIONES RESPECTO A LA RUGOSIDAD SUPERFICIAL

Sin perjuicio de reconocer que las especificaciones son claras y ofrecen la posibilidad de pagar no solo por el volumen de trabajo, sino también por la calidad del mismo, se entiende que este aspecto de la especificación es perfectible, ya que de la forma en que está planteado no conduce al mayor perfeccionamiento posible.

Esto es debido a dos motivos. Uno es por el hecho que se considera como IRI de un tramo, el mayor IRI de las dos sendas. Algo que en principio no parece tener demasiado interés en sendas con sentido de circulación diferente. No obstante, el mayor inconveniente de este aspecto de la especificación radica en que si en la primera de las sendas construidas se obtuvo un IRI de aceptación, pero no lo suficientemente bajo, el IRI del tramo ya quedó sentenciado en ese valor, y por mejores resultados que se obtengan en la construcción de la segunda senda, esto no mejorará el indicador de calidad. En cambio si se consideran las sendas en forma independiente, el estímulo para obtener la mejor calidad persistirá.

Por otra parte, algo similar ocurre en la exigencia del 90% de los tramos con un IRI por debajo del umbral especificado para cumplir la bonificación. Este aspecto puede ser contraproducente, ya que si promediando la obra se ha superado el 10% de los tramos no bonificados, en ese momento deja de existir el estímulo que generaba la bonificación, y se pierde la posibilidad que el constructor esté hasta el último día intentando mejorar su performance, y por lo tanto la calidad de la obra.

Entendemos que la exigencia de un IRI característico es adecuada, ya que se estimula a mejorar los procesos y por tanto la uniformidad del producto, evitando así que algunos tramos queden excesivamente irregulares en compensación de otros que hayan quedado muy bien.

Consideramos que un paso evolutivo en la implementación del premio, es la aplicación de una bonificación escalonada, según el IRI obtenido, o en función del percentil, pudiendo variar de 100% de los tramos, al 50% por ejemplo. Cualquier mecanismo sirve en la medida que se estimule hasta que el último tramo pavimentado tenga como objetivo la mayor calidad posible.

En el caso de esta obra, pronto resultó que el premio o la bonificación no era alcanzable al menos sin la aplicación de alguna técnica posterior a la construcción. A pesar de que en los dos primeros meses los valores de IRI eran relativamente bajos, avanzada la primavera rápidamente se superó el 10% de tramos con IRI > 2m/km.

A parte de las conocidas precauciones para hormigonar en tiempo caluroso, como característica de los proyectos de whitetopping adherido, se exige que la temperatura del concreto asfáltico no exceda 49 °C. Por este motivo, muchos hormigonados en verano se hicieron en jornadas muy cortas de trabajo, aumentando las juntas de construcción, zona crítica en cuanto al logro de la calidad de rugosidad.

A pesar de esto, se procuró mejorar, fundamentalmente ajustando los aspectos de logística, así como las características y homogeneidad del hormigón fresco.

Eso condujo a que en los dos últimos meses de pavimentación, aún con calor y las vicisitudes descritas, la calidad aumentara progresivamente, incluso por encima de las expectativas iniciales.

En el gráfico 2 se representa el IRI promedio de los hectómetros pavimentados en los referidos meses. En promedio, cada mes se pavimentó unos 5 km de senda, siendo diciembre 2011 y enero 2012 los que están más debajo de ese promedio debido a que se contó con mucho menos días de trabajo por la licencia anual de la construcción.

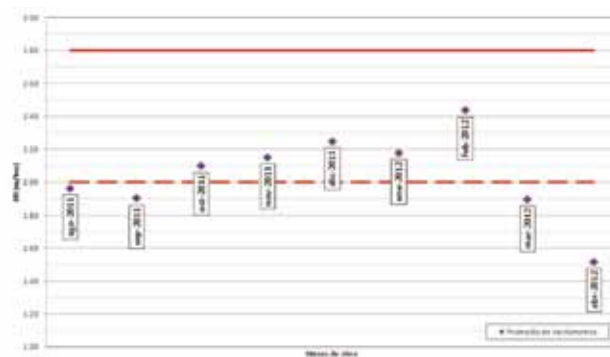


Gráfico 2: Valores medios de IRI por hectómetro y por mes de obra.

7. CONSIDERACIONES FINALES

- La concreción de este proyecto se debe a la decisión de los profesionales del MTOP de Uruguay, en avanzar sobre una metodología innovadora, dando lugar a la primera experiencia de repavimentación de la región, mediante la aplicación de una capa adherida de hormigón con fibras sintéticas estructurales, empleando TAR.

- La incorporación de fibras reduce la trabajabilidad del hormigón, lo cual fue compensado mediante el empleo de un aditivo de última generación, reductor de agua de alto rango, fabricado con policarboxilatos, evitando de esta manera un incremento adicional de la demanda de agua.

- La presencia de las fibras no afectó las tareas de mezclado, transporte y colocación del hormigón. El hecho de emplear un dosificador automático para la incorporación uniforme de las macro fibras, permitió una distribución homogénea sin la formación de erizos.

- En lo que refiere a la compactación con la vibración de alta frecuencia que entrega la pavimentadora, se verificó un asentamiento de trabajo óptimo de 2 cm a 3 cm, dado que por encima de ese valor la terminadora segrega en parte las macro fibras, reduciendo la homogeneidad en su distribución.

- La presencia de macro y microfibras, no afectaron los procesos de terminación y texturado de la superficie.

- La incorporación de las fibras modifica el comportamiento mecánico del hormigón, adquiriendo tenacidad y control del proceso de fisuración, lo que confiere de esta manera la resistencia residual. La resistencia a compresión del hormigón, no cambia por el solo hecho de haber incorporado las fibras.

- Para la ejecución del whitetopping rigen todas las prácticas constructivas del buen arte empleadas habitualmente durante la construcción de los pavimentos de hormigón, destacando la dificultad adicional del aserrado, debido a la mayor cantidad de juntas y la mayor restricción de la base.

- El hecho de realizar una pavimentación por media calzada, presentó las dificultades adicionales del reflejo del trabajo de juntas transversales, la disposición de un hormigón de habilitación rápida y la gestión del tránsito, las cuales se pudieron superar con éxito.

- Las propiedades del HRF cumplieron satisfactoriamente todos los requisitos de calidad establecidos.

- El nivel de adherencia entre el HRF y la superficie asfáltica texturizada, fue aceptable, encontrándose entre los parámetros esperados. La adherencia es clave para el futuro desempeño del pavimento, y se asigna la misma al cumplimiento en forma rigurosa del procedimiento de limpieza de la superficie asfáltica.

- El logro de esta construcción fue posible gracias a la conformación de un grupo de trabajo entre las empresas involucradas y los organismos públicos y el soporte de especialistas y organismos científicos.

- En la actualidad el pavimento está habilitado al tránsito en la totalidad del tramo y se encuentra en perfectas condiciones. Su desempeño es monitoreado (control de cargas) con el objeto de evaluar este novedoso método de diseño y constructivo, incluyendo además la materialización de un tramo experimental de 100 m lineales sin microfibras, y otro tramo experimental de 500 m lineales con un HRF de 12 cm de espesor y losas cortas de 1,2 m x 1,2 m.

- A partir del éxito de esta experiencia, recientemente se otorgó la ampliación del 100 % de la obra, quedando de esta manera confirmado para la región, la disponibilidad de una nueva alternativa para la rehabilitación de los pavimentos asfálticos. ♦

REFERENCIAS

- (1) AMERICAN CONCRETE PAVEMENT ASSOCIATION, Whitetopping, State of the practice, Engineering Bulletin EB210.02P, USA, 1998.
- (2) TRANSPORTATION RESEARCH BOARD, National Cooperative Highway Research Program, Thin and Ultra-Thin Whitetopping. A Synthesis of Highway Practice, NCHRP Synthesis 338, Washington, D.C., 2004.
- (3) AMERICAN CONCRETE INSTITUTE, ACI Committee 325, Concrete Overlays for Pavement Rehabilitation, Report ACI 325.13R-06, USA, February, 2006.
- (4) FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION, Design and Concrete Material Requirements for Ultra-Thin Whitetopping, Publication N° FHWA-ICT-08-016, USA, June 2008.
- (5) PASTORINI, Magdalena, Experiencia en Uruguay: Proyecto de rehabilitación con Whitetopping en Ruta Nacional N° 24, 8° Congreso de la Vialidad Uruguaya, Montevideo, Octubre 2011.
- (6) ASTM C 1609/C 1609M-07. Standard test method for flexural performance of fiber-reinforced concrete (using beam with third-point loading), ASTM Standards, USA, 2007.
- (7) Vázquez, Esteban., Hormigones reforzados con fibras, 8° Congreso de la Vialidad Uruguaya, Montevideo, Octubre 2011.
- (8) MIGUEZ, D., GONZALEZ, A.C., VIOLINI, D., PAPPALARDI, M. y ZERBINO, R., Desarrollo e implementación de un hormigón reforzado con fibras sintéticas para la repavimentación de la Ruta 24 de Uruguay, 19ª Reunión Técnica de la AATH, Bahía Blanca, Argentina, 2012.
- (9) FONTANS, David, MACHIN, Héctor y GOMEZ, Diego, Primera experiencia en ejecución de Whitetopping en la Red Vial Nacional, 8° Congreso de la Vialidad Uruguaya, Montevideo, Octubre 2011.
- (10) NATIONAL CONCRETE PAVEMENT TECHNOLOGY CENTER, Guide to Concrete Overlays: Sustainable Solutions for Resurfacing and Rehabilitating Existing Pavements, Second Edition, ACPA publication TB021-02P, USA, September 2008.
- (11) Raphael, J.M., "Tensile strength of concrete," ACI Journal, Vol. 81, Number 2, Mar-Apr 1984 pp. 158-165.
- (12) American Association of State Highway and Transportation Officials, Standard Method of Test for Determining the Shear Strength at the Interface of Bonded Layers of Portland Cement Concrete, AASHTO Designation: T 323-03 (2007), USA, 2007.
- (13) Federal Highway Administration, Portland Cement Concrete Overlays, State of The Technology Synthesis, Publication N° FHWA-IF-02-045, USA, April 2002. Chapter 3.

⁽¹⁾ AMERICAN CONCRETE PAVEMENT ASSOCIATION, Whitetopping, State of the practice, Engineering Bulletin EB210.02P, USA, 1998.

⁽²⁾ TRANSPORTATION RESEARCH BOARD, National Cooperative Highway Research Program, Thin and Ultra-Thin Whitetopping. A Synthesis of Highway Practice, NCHRP Synthesis 338, Washington, D.C., 2004.

⁽³⁾ AMERICAN CONCRETE INSTITUTE, ACI Committee 325, Concrete Overlays for Pavement Rehabilitation, Report ACI 325.13R-06, USA, February, 2006.

⁽⁴⁾ FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION, Design and Concrete Material Requirements for Ultra-Thin Whitetopping, Publication N° FHWA-ICT-08-016, USA, June 2008.

⁽⁵⁾ PASTORINI, Magdalena, Experiencia en Uruguay: Proyecto de rehabilitación con Whitetopping en Ruta Nacional N° 24, 8° Congreso de la Vialidad Uruguaya, Montevideo, Octubre 2011.

⁽⁶⁾ ASTM C 1609/C 1609M-07. Standard test method for flexural performance of fiber-reinforced concrete (using beam with third-point loading), ASTM Standards, USA, 2007.

⁽⁷⁾ Vázquez, Esteban., Hormigones reforzados con fibras, 8° Congreso de la Vialidad Uruguaya, Montevideo, Octubre 2011.

⁽⁸⁾ MIGUEZ, D., GONZALEZ, A.C., VIOLINI, D., PAPPALARDI, M. y ZERBINO, R., Desarrollo e implementación de un hormigón reforzado con fibras sintéticas para la repavimentación de la Ruta 24 de Uruguay, 19ª Reunión Técnica de la AATH, Bahía Blanca, Argentina, 2012.

⁽⁹⁾ FONTANS, David, MACHIN, Héctor y GOMEZ, Diego, Primera experiencia en ejecución de Whitetopping en la Red Vial Nacional, 8° Congreso de la Vialidad Uruguaya, Montevideo, Octubre 2011.

⁽¹⁰⁾ NATIONAL CONCRETE PAVEMENT TECHNOLOGY CENTER, Guide to Concrete Overlays: Sustainable Solutions for Resurfacing and Rehabilitating Existing Pavements, Second Edition, ACPA publication TB021-02P, USA, September 2008.

⁽¹¹⁾ Raphael, J.M., "Tensile strength of concrete," ACI Journal, Vol. 81, Number 2, Mar-Apr 1984 pp. 158-165.

⁽¹²⁾ American Association of State Highway and Transportation Officials, Standard Method of Test for Determining the Shear Strength at the Interface of Bonded Layers of Portland Cement Concrete, AASHTO Designation: T 323-03 (2007), USA, 2007.

PERDÉS MÁS QUE TU VIDA



tus VIAJES

TU INFANCIA

tus AMORES

tus ESTUDIOS

TU FAMILIA

tus AMIGOS

tus EMOCIONES

USÁ CASCO

MÉTODO DE EVALUACIÓN DEL SIGMA-PUENTES DE VIALIDAD NACIONAL

Autores:

Ing. Eduardo A. Castelli y Ing. Miguel E. Ruiz

RESUMEN

Los puentes de una red vial son activos valiosos desde el punto de vista social y económico. Por esta razón, y, con el objetivo principal de asistir a las autoridades en la asignación racional de presupuesto para el mantenimiento y ejecución de obras de reparación o sustitución de estructuras existentes, la Dirección Nacional de Vialidad llevó a cabo dos convenios con la Universidad Nacional de Córdoba para desarrollar y aplicar un Sistema de Gerenciamiento de Puentes.

Este trabajo proporciona una visión general del sistema desarrollado, que se denomina "SIGMA Puentes". Dentro del método integral que articula el sistema, se destacará la metodología de evaluación del estado de conservación de los puentes, que distingue este emprendimiento de otros actualmente en uso en distintos países. La metodología propuesta se basa en un grupo de "Indicadores de Riesgo de Falla" (IRF) e "Indicadores de Consecuencias de Falla" (ICF) de las obras de paso.

Se asignan calificaciones a estos indicadores para evaluar los aspectos de riesgo estructural, hidráulico/ambiental y de seguridad vial del puente. El promedio ponderado de estas notas se denomina "Calificación del Riesgo de Falla" (CRF). De este modo, los casos que presenten un CRF menor o igual a 7, se consideran que se encuentran en una condición de moderado o alto riesgo de falla. Por este motivo, se estudian las consecuencias que ocasionaría la falla de la vía de comunicación a través de los indicadores de consecuencias, en donde el promedio ponderado de la calificación de tres indicadores se utiliza como el principal parámetro sobre el que se define una lista de prioridades para la ejecución de las tareas de rehabilitación, mantenimiento o readecuación de puentes existentes.

En el trabajo se comparten resultados de aplicación que muestran el panorama del estado de situación de la gestión de puentes de la Red Vial Nacional.

1. INTRODUCCIÓN

Un Sistema de Gerenciamiento de Puentes (SGP) es una herramienta integral apta para optimizar la estrategia de conservación, reparación y rehabilitación de las obras de arte mayores de una red, dado un presupuesto determinado (Kaschner et al., 1999; Czepiel, 1995 – ref. [6]). Un SGP permite a los responsables de la toma de decisiones seleccionar la alternativa de mínimo costo y máxima eficacia, que brinde un adecuado nivel de seguridad y servicio, a partir de las restricciones presupuestarias, identificando los fondos necesarios a futuro y jerarquizando las intervenciones a realizar en cada momento. Se basa en una metodología de seguimiento y control para gestionar eficientemente los recursos, que en general se encuentra asociada al uso de un programa informático que administra una base de datos.

Al conocer mejor el estado de un conjunto de puentes se puede extender su vida útil a un costo menor, gracias a la oportuna detección de los defectos estructurales, de servicio o atribuibles al obstáculo atravesado, mediante las inspecciones y relevamientos, permitiendo de este modo un rápido diagnóstico y tratamiento eficaz de los defectos observados. Esto conduce, en general, a importantes ahorros en mantenimiento y reemplazo de estructuras existentes.

La Dirección Nacional de Vialidad (DNV) no contaba hasta el 2006 con un SGP que permitiese conocer en un instante dado las características y el estado de conservación de los cruces existentes. Por ello, resultaba sumamente difícil establecer un orden de prioridades para ejecutar presupuestos de mantenimiento, reparación, y reemplazo de los puentes del stock.

La necesidad habitual de administrar un presupuesto determinado para reparar y mantener la Red Vial Nacional (RVN), hace necesario establecer un orden de prioridades para ejecutar inversiones que privilegien la seguridad de los usuarios y un buen nivel de servicio de las carreteras. Para lograr esto, es de gran utilidad establecer un método que aplique un algoritmo eficaz y contar con un sistema que sea capaz de almacenar toda la información de los puentes y su estado de conservación.

Cabe destacar, que existen numerosos SGP desarrollados en diversos países del mundo que podrían haberse adaptado a las necesidades de la RVN. Sin embargo, la experiencia indica que la adopción de un programa foráneo es de difícil implementación y genera altos costos iniciales y de operación, e inconvenientes de adecuación a futuro. Por estas razones la DNV decidió desarrollar un SGP nuevo, que tuviera en consideración las características particulares del territorio argentino y que fuera de una instrumentación simple y económica. El SGP desarrollado se denomina "Sistema Integral de Gerenciamiento y Mantenimiento de Puentes" (SIGMA Puentes) y su herramienta informática es el llamado "SIGMA-P".

El SGP se desarrolló inicialmente gracias a un esfuerzo conjunto de la DNV y la Universidad Nacional de Córdoba (UNC), mediante dos Convenios de colaboración específicos. El primero permitió arribar, a fines de 2006, a una primera versión de software y su documentación (constituida por manuales de sistema e instructivos del SGP), junto con la aplicación de la metodología desarrollada (como experiencia piloto) a un conjunto de 25 estructuras que fueron seleccionadas por su diversa tipología y afectaciones. Mediante el segundo Convenio se afinó el método, adecuando y ampliando los instructivos y el programa SIGMA-P a los resultados de la experiencia piloto, y a diferentes requerimientos institucionales (básicamente: mejoras, capacitación y documentación) así como su empleo en más de 230 puentes de la RVN.

Como resultado de estos esfuerzos interinstitucionales, ya se han llevado a cabo anteproyectos y proyectos de reparación, revisión y elaboración de especificaciones técnicas y pliegos de licitación, con obras terminadas y en ejecución. Además, la DNV formalizó un grupo de trabajo con profesionales designados en todos los Distritos del país, con equipamiento y capacitación ad hoc para un ambicioso elenco de tareas, estando actualmente en curso el completamiento de la carga de informes de la totalidad de puentes carreteros (3332 obras de arte mayores). También se sumó a los pertrechos del SGP un Sitio Web concebido principalmente para dar servicios prácticos a la comunidad de usuarios del SIGMA Puentes. Para una mayor descripción de la organización desplegada por la Repartición en la implementación del SGP, se remite al lector a las referencias [1], [2] y [3].

El sistema producido es de aplicación para todas las estructuras de la RVN, exceptuando los puentes atirantados y de características especiales que pueden encontrarse sobre grandes ríos, y en su arquitectura contempla evoluciones como la integración de reparticiones viales provinciales, o su adaptación a túneles y otras obras de paso.

En este trabajo se presentan primero brevemente las principales características y potencialidades del SGP desarrollado, para luego detallar únicamente la metodología de evaluación implementada en el mismo, que resulta novedosa para calificar el estado de conservación de los puentes y las implicancias de su colapso o salida de servicio. Dicho método de evaluación cuenta con características particulares que lo distinguen del resto de los SGP existentes.

III. ANTECEDENTES

Existe en el mundo una gran diversidad de SGP desarrollados en los últimos 30 años. El avance de estos sistemas se ha visto movilizado en gran medida por la importancia y magnitud del capital invertido por los diferentes países en infraestructura vial. En la actualidad, un gran porcentaje de las naciones del mundo tienen en uso algún tipo de SGP que les permite priorizar las inversiones destinadas a mantenimiento, reparación, o reemplazo de las obras de arte mayores de su red vial.

La mayor parte de los SGP se construyen sobre una base informática constituida por programas de computadora de mayor o menor complejidad. Estos programas se encargan de administrar una base de datos en donde se encuentran representados todos los puentes y otras obras de paso de la red vial de una determinada región. En general, los SGP hacen uso de programas comerciales para manejar su base de datos, tales como Oracle, SQL, Access, Delphi, Power builder, etc. (Bevc, et al., 1999; Godart y Vassie, 2001 - ref. [6]; Cernuschi y Soprano, 2004).

Cada uno de los SGP actualmente implementados presenta aspectos particulares propios que distinguen un sistema de los demás. Sin embargo, se observan ciertas características comunes a todos los SGP existentes, que pueden resumirse en los siguientes aspectos: (1) Inventario, (2) Inspecciones o relevamientos de campo, (3) Evaluación de estado y clasificación de defectos, (4) Estimación de costos de diversas alternativas de mantenimiento, y (5) Programa de intervenciones o mantenimiento jerarquizado.

El Inventario, primer módulo de un SGP, consiste en realizar una descripción general del cruce, previa pesquisa de la información disponible sobre el mismo. El módulo de inspecciones (o Relevamientos) involucra la realización de visitas periódicas o especiales al puente con el objeto de obtener información que permita emitir un juicio sobre el estado de conservación del mismo. El tercer módulo, Evaluación o Análisis, consiste en asignar una calificación que refleje su estado más o menos grave de deterioro. El módulo de Costos estima un presupuesto de obras de reparación, ampliación o mantenimiento rutinario del puente sobre la base de los diagnósticos del tercer módulo. Por último, el quinto módulo (Jerarquización) permite establecer el orden de prioridades para ejecutar obras de reparación o mantenimiento dentro de un grupo determinado de estructuras y prever escenarios de acuerdo a distintas pautas de asignación de inversiones.

Durante la revisión de literatura llevada a cabo en épocas del primer Convenio DNV- UNC, se apreció que los SGP estudiados presentaban importantes semejanzas en los puntos 1) y 2), mientras que los sistemas tienden a diferenciarse ostensiblemente en los puntos 3) a 5). Las distinciones más importantes se observan justamente en el módulo de "Evaluación de estado". Mientras los puntos 1) a 3) se encuentran presentes en todos los SGP analizados, algunos no cuentan con un programa de mantenimiento jerarquizado, librando al juicio de autoridades administrativas las decisiones respecto al orden y oportunidad de ejecución de las obras de reparación y mantenimiento.

De acuerdo a esta información recabada en el análisis de antecedentes, el desarrollo del nuevo SGP de la DNV se llevó a cabo con el objetivo de generar una herramienta simple y de fácil acceso pero robusta, escalable, y que sirviera de apoyo a la toma de decisiones de la dirigencia de la repartición pública. Una de las premisas era que funcionara con una base de datos con motor en software libre de licencia, que pudiera accederse en forma remota a través de una conexión a Internet, a tenor de las pautas más modernas de gobierno electrónico y disponibilidad de la información.

IV. RESEÑA DEL SIGMA-P

El conocimiento del historial de eventos y estado de conservación de las obras de arte mayores de una red es un input fundamental si se quiere garantizar un buen nivel de servicio y preservar el patrimonio vial. Para alcanzar este objetivo es condición importante, aunque no excluyente, el contar con una aplicación que almacene las características más importantes de los puentes, emita diferentes modelos de planillas que auxilien en la tarea de inspección, y sea capaz de establecer un orden de preferencia para llevar a cabo intervenciones y ejecutar presupuestos otorgables a reparación y mantenimiento de los mismos. Toda la información valiosa que consta en una base de datos debe poder explotarse integrando "Informes" con gráficos y estadísticas que muestren el estado de situación.

En el marco de esta problemática, mediante los Convenios ya referidos, se diseñó el programa SIGMA-P, que en su primera versión plasmaba el esquema operativo simplificado de la siguiente página. Consta de cinco módulos fundamentales independientes entre sí, pero relacionados de modo que la información generada por cada módulo sirve de dato de entrada al posterior.

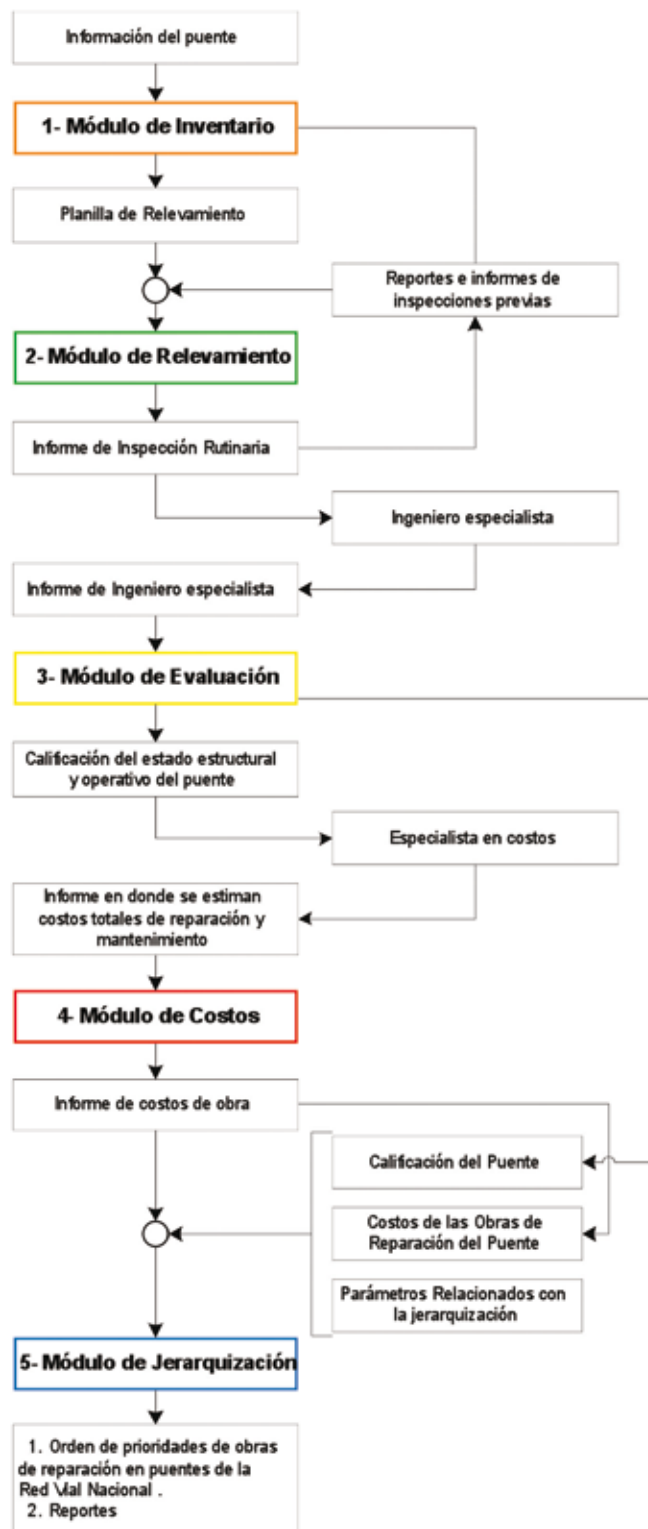
Otro requerimiento del proyecto era que la utilización del SGP no estuviera restringida a profesionales altamente calificados. La gran cantidad de obras de arte mayores de la Argentina, junto con su extensión geográfica, hacen que la sencillez del SGP sea un aspecto fundamental para el éxito en su aplicación generalizada. Por ello, luego de la experiencia piloto, se adicionó al segundo módulo los relevamientos expeditivos, y se precisaron los criterios para evaluaciones, distinguiendo las convencionales de aquellas que requieren participación de especialistas. Así mismo, observando que el ciclo de campañas y cargas de los cuatro módulos de todo el stock llevaría un tiempo considerable, se establecieron planes directores y se dotó al software de nuevas funciones como solicitud de intervención urgente y alertas. Frente a la necesidad de monitorear el avance y calidad del plan de trabajos, en el segundo Convenio también se discriminó el estatus de los informes (en carga, emitido, aprobado, observado o rechazado) y se incorporó funciones de auditoría.

Al igual que en los SGP estudiados como antecedentes, el SIGMA-P cuenta con los cinco módulos antes descritos. Los primeros dos módulos (Inventario y Relevamiento) se implementaron en forma similar a lo observado en la mayoría, es decir, por medio de planillas específicas de inventario y relevamiento para cada configuración, con los campos y parámetros usuales. Estas planillas se confeccionaron y luego ajustaron especialmente según las necesidades de la DNV. Los restantes tres módulos (Evaluación, Costos y Jerarquización) resultan sustancialmente distintos a los SGP existentes y por ello su descripción reviste mayor interés.

Desde un enfoque productivo o de outputs, puede mentarse a los módulos como sigue a fin de clarificar lo expuesto:

1. INVENTARIO: ¿Cómo es el puente?
2. RELEVAMIENTO: ¿Qué problemas tiene?
3. EVALUACIÓN: ¿Qué calificación le corresponde según el Método SIGMA?
4. COSTOS: ¿Qué inversión requiere de mínima y máxima?
5. JERARQUIZACIÓN: ¿En qué orden de prelación debería atenderse?

ESQUEMA OPERATIVO SIGMA-P:



V. METODOLOGÍA PARA ASIGNAR LA CALIFICACIÓN DE UN PUENTE

Como se mencionara anteriormente, el principal foco en este artículo es el algoritmo incluido en el módulo 3, asociado con la metodología de evaluación del estado de conservación de una obra de arte mayor de la RVN y la asignación de una nota para su ordenamiento priorizado según distintos parámetros.

La jerarquización de las inversiones para el mantenimiento de un determinado nivel de servicio de los puentes de una red vial, consiste en establecer el elenco de prioridades en que habría que ejecutar las obras necesarias para lograr la máxima eficiencia con el presupuesto disponible.

La metodología de jerarquización del SGP parte de la premisa de que un puente presenta tres aspectos fundamentales que hacen que, como vía de comunicación, ostente un alto nivel de servicio. Estos tres aspectos fundamentales son: (a) las características estructurales, (b) las características hidráulico-ambientales del puente y/o su entorno, y (c) las características de la seguridad vial y capacidad al tránsito del puente y sus accesos. Las características (a), (b), y (c) se identifican con aquellos aspectos que pueden conducir a la falla del paso, entendiendo como “falla” a aquella situación que hace (de algún modo) que el puente sea intransitable, y no solamente al colapso o ruina de la estructura.

Considerando los aspectos antes mencionados, un mal estado de la hidráulica de una obra de arte podría acarrear que las crecidas del curso de agua sorteado ocasionen daños en los accesos, fundaciones u otros elementos del puente. Del mismo modo, un deficiente estado de conservación o deterioro de la estructura puede provocar el colapso del puente, inhabilitando su utilización.

Finalmente y atendiendo al tercer aspecto, un puente inseguro, en donde ocurran accidentes fatales frecuentemente, puede considerarse en “falla” por cuanto representa una amenaza para los vehículos y/o peatones que circulan por el mismo.

El estudio de diversos pasos dentro de la RVN indica que los tres puntos de vista señalados, en conjunto, hacen a la serviciabilidad del puente. Por ello, la metodología propuesta busca determinar una calificación integral que refleje el estado global del puente atendiendo a los aspectos (a), (b), y (c). La calificación integral es un valor numérico que varía entre 1 y 10, en donde una puntuación igual a 1 indica un defectuoso estado de conservación, mientras que un valor igual a 10 es indicativo de un estado óptimo de conservación.

Para lograr el objetivo de alcanzar una valoración holística del estado de un puente, se propuso la definición de seis indicadores que, combinados apropiadamente, arrojarán la calificación buscada.

En los siguientes apartados se describen estos indicadores y la forma en que se plantea su combinación.

V-i. Indicadores de Riesgo

Tal como se introdujo en el apartado anterior, deben evaluarse seis parámetros para obtener la calificación final del estado de conservación global de un puente. Los parámetros (o indicadores) están divididos en dos grupos: (i) Indicadores de Riesgo, y (ii) Indicadores de Consecuencias.

El primer grupo está compuesto por tres indicadores: indicador de riesgo por falla netamente estructural (IRE), indicador de riesgo por falla hidráulica o afectaciones ambientales (IRH), e indicador de riesgo por seguridad vial inadecuada (IRS). El segundo grupo está compuesto por otros tres indicadores que se evaluarán en ciertas condiciones, como se detalla más adelante en este trabajo. Existe también un tercer nivel de evaluación de índices vinculados al consumo presupuestario (costos de mínima y de óptima intervención, por ejemplo), pero estos no integran el algoritmo que posiciona al puente dentro de la grilla de prelación y su abordaje excedería el alcance del presente artículo.

Riesgo de Falla:

El promedio ponderado de las notas de los indicadores de riesgo de falla (IRF), se denomina "Calificación de Riesgo de Falla" (CRF). Los factores de peso que se aplican a cada uno de los indicadores se determinaron luego de numerosas discusiones y análisis de expertos de la UNC y de la DNV. Los factores de peso propuestos para el actual ciclo de aplicación son los siguientes:

Riesgo Estructural = 30%, Riesgo Hidráulico = 30% y Riesgo de Seguridad vial = 40%. De acuerdo a esto, la ecuación que permite obtener el CRF puede expresarse como sigue:

$$CRF = 0.3 IRE + 0.3 IRH + 0.4 IRS$$

Dable es destacar que estos porcentajes no representan probabilidades de falla, o fracciones del conjunto de puentes afectadas estadísticamente por un dado riesgo, sino grados de preferencia establecidos en función de la importancia relativa de los distintos IRF que la autoridad establece en un cierto marco y durante al menos una ronda completa de evaluación del stock. Estos pesos de ponderación pueden ser alterados en función de cambios en la situación de la red, no siendo aconsejable hacerlo en periodos cortos. Un completo detalle acerca de la obtención de los factores de peso puede encontrarse en la referencia [5].

Para el caso de puentes sorteando obstáculos que no sean cursos de agua (quebrada, ruta, u otra estructura, por ejemplo) primeramente se estableció una ecuación de ponderación modificada reducida a: $CRF = 0.45 IRE + 0.55 IRS$ pero luego se vio la conveniencia de adaptar los criterios de evaluación de manera tal que en estos casos la calificación IRH estime los riesgos relacionados con la situación en la zona inferior del overpass (p.ej. gálibo inferior libre, presencia de obstáculos cercanos a la banquina de calzada inferior, ocurrencia de accidentes bajo el puente, etc.).

El desarrollo del SGP incluyó la formulación de guías para la asignación de las calificaciones de los indicadores de riesgos, cuya primer versión puede consultarse en Ruiz et al., (2005), y que están siendo adaptados y preparados por DNV para su publicación como manuales. En este artículo se muestra únicamente, a continuación, un resumen de estos lineamientos, asociado a las notas de IRE, IRH e IRS.

La calificación de los indicadores de riesgo describe la posibilidad de ocurrencia de eventos de distinta severidad para el puente, debido a la cual se afectaría su uso normal. La escala se ha definido de modo tal que a mejor estado, le corresponde mayor nota, por lo que el puntaje 1 concierne un máximo riesgo, y el puntaje 10 corresponde al mínimo riesgo. Las calificaciones se asocian con las subsecuentes situaciones (la primera viñeta resalta cuestiones estructurales e hidráulicas, y la segunda relacionadas con la seguridad vial):

• 1 (UNO)

- Muy alta posibilidad de clausura o corte de accesos por razones estructurales o hidráulicas.

- Accidentes graves (víctimas fatales o heridos graves) registrados en el puente en los últimos tres años, debido a razones de falta de adecuación geométrica (reducción de sección transversal y de velocidad de circulación, falta de visibilidad).

• (TRES)

- Muy alta posibilidad de limitación de cargas por razones estructurales o hidráulicas.

- Ancho de la calzada del puente menor al de la calzada de los accesos (reducción del ancho útil de carril), o velocidad de circulación en el puente mucho menor a la velocidad de aproximación en los accesos (disminución de velocidad de 20 Km/h o más).

• 5 (CINCO)

- Altos sobrecostos en caso de tener que realizar las obras de rehabilitación de manera urgente por razones estructurales o hidráulicas (Causas que incrementan el costo en caso de reparación urgente: zonas alejadas de centros urbanos importantes; proyectos de alta complejidad técnica; dificultades administrativas para contratación directa).

- Ancho de la calzada del puente menor a 8,30 m, o velocidad de circulación en el puente menor a la velocidad de aproximación en los accesos (disminución de velocidad de entre 10 Km/h y 20 Km/h).

• 7 (SIETE)

- Sin sobrecostos en caso de tener que realizar las obras de rehabilitación de manera urgente. Afectaciones que pueden repararse con intervenciones programadas.

- Deficiencias en los elementos de guiado y seguridad pasiva del puente (defensas vehiculares, veredas y barandas peatonales, señalización).

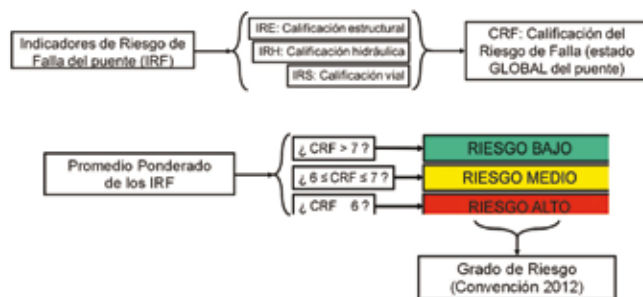
• 9 (NUEVE)

- Requiere solamente tareas de mantenimiento de rutina (vale para los tres indicadores).

Respecto de los números pares de la escala, el tope de 10 correspondería a la situación ideal de un puente, verbi gratia, el momento de su recepción y puesta en servicio. Los valores 2, 4, 6 y 8 corresponden a situaciones intermedias o particularizaciones de las arriba descritas, todas ellas reflejadas en los "Criterios de Evaluación" y glosadas en los documentos guía para capacitación de profesionales Evaluadores.

Una vez obtenidas las calificaciones de los tres IRF y justificadas mediante un informe estandarizado, puede calcularse su promedio ponderado con la ecuación vigente. Con el objeto de asegurar un nivel de servicio elevado en las estructuras, el umbral que separa el conjunto de las obras de arte que necesitan algún grado de intervención ad hoc de los que solamente requieren mantenimiento preventivo se fijó, a tenor de las mejores prácticas internacionales, en 7. Esto significa que existe un riesgo por no diligenciar algún tipo de acción sobre un puente cuando su nota es menor o igual a 7, mientras que siendo mayor podría esperar al próximo análisis. Por ello se habla de grados de riesgo "alto" o "bajo", coligiéndose que el término "alto riesgo" no se vincula taxativamente con un colapso inminente de la obra de arte.

Recientemente, la maduración del SIGMA Puentes llevó a las autoridades a discriminar aún más los grados de riesgo para una mejor planificación, incorporando el riesgo "medio", como se muestra en estos diagramas:



De este modo, los puentes cuyo promedio ponderado de indicadores de riesgo sea mayor a 7 se consideran con bajo riesgo de falla y puede discretizarse los riesgos altos (que requieren diligenciamiento urgente), de los moderados (cuya intervención puede programarse) para optimizar recursos.

El método prescribe que es condición suficiente para considerar a un puente con riesgo de falla “alto”, el que uno de los indicadores de riesgo presente una calificación menor o igual a 5. En estos casos no es necesario determinar el CRF, y en los campos donde figura el promedio ponderado constará “NA” (No Aplica).

Para los casos de obras de arte con alto riesgo de falla, se deberán evaluar ineludiblemente los indicadores de consecuencias con el objeto de establecer un orden de prioridades sugerido para la ejecución de inversiones de reparación o reemplazo. Cuando el grado de riesgo es medio o bajo, la evaluación de las consecuencias es optativa, aunque recomendada por su valía intrínseca.

V-ii. Indicadores de Consecuencias

El segundo grupo de indicadores persigue el objetivo de evaluar qué costos se movilizarían en caso de una interrupción de servicio en el puente. Existen perjuicios de diversa índole vinculados a esta situación, y cuantos más factores involucrados se tengan en cuenta en el algoritmo, más fidedigno y útil será su resultado.

Los indicadores de consecuencias de falla (ICF) sopesan las implicancias que surgen de la ruina (o clausura) de una estructura, lo que incluye costos por afectación del patrimonio vial, costos de los usuarios, y relacionados con el impacto ambiental que podría ocasionarse como secuela del colapso, la intervención de emergencia o las obras programadas de mayor o menor envergadura.

Consecuencias de Falla:

Los factores que se han tenido en cuenta en la actual versión del método SIGMA para evaluar las consecuencias de falla, quedan englobados en tres indicadores que son:

- Nivel de Tránsito, asociado a la importancia económica del puente en la red vial (ICNT).
- Vulnerabilidad de la Red, relacionada con el perjuicio a los usuarios en caso de inhabilitación del puente (ICVR).
- Valor Estratégico, vinculado a la importancia social, geopolítica, y ambiental del puente en la red (ICVE).

El promedio ponderado de las notas individuales de estos indicadores se utiliza para establecer el orden de prioridad recomendado de inversión y los factores de peso asignados luego del procedimiento de encuesta a expertos (ref. [5]) y vigentes en esta etapa son:

Nivel de Tránsito = 40%, Vulnerabilidad de la Red = 30% y Valor Estratégico = 30%

Siguiendo la metodología señalada para el caso de CRF, se calcula la Calificación de Consecuencias de Falla (CCF) de la siguiente manera:

$$CCF = 0.4 \text{ ICNT} + 0.3 \text{ ICVR} + 0.3 \text{ ICVE}$$

Para el caso de que un puente califique como de “alto riesgo” solamente por razones de seguridad vial, la vulnerabilidad de la red no debe contemplarse en la ecuación porque la obra de paso no sale de servicio (no será necesario realizar un desvío). En esas situaciones, la fórmula de ponderación que se aplica se reduce a:

$$CCF = 0.55 \text{ ICNT} + 0.45 \text{ ICVE}$$

El CCF es el parámetro principal que utiliza el sistema SIGMA-P para definir un orden de prioridad de actuación, que puede ser desde iniciar un proyecto hasta ejecutar una obra de rehabilitación y reparación o bien de sustitución. La documentación presentada por la UNC (Ruiz et al, 2005) en razón de los Convenios con DNV incluye el detalle para la asignación de las calificaciones a cada uno de los indicadores de consecuencias, la cual es accesible para su descarga online mediante el Sitio Web de la comunidad de usuarios del SIGMA Puentes (refs. [1] y [2]). Justamente a través de la aplicación del método por parte de los usuarios y el intercambio técnico suscitado desde los Distritos con la Subgerencia de Puentes y Viaductos y otras áreas de la Repartición, se han precisado los criterios, elaborando instructivos con plantillas modelo y ejemplos que se transmiten en los seminarios y encuentros SIGMA que Vialidad Nacional viene realizando desde 2006.

A continuación, se presenta un resumen de estos lineamientos.

Nivel de Tránsito:

Es un indicador asociado a la importancia económica del perjuicio que generaría la clausura o limitación de carga por falla estructural o hidráulica y también para el caso de accidentes por seguridad vial deficiente. El costo debido al cierre de ruta o interrupción del tramo está directamente asociado a la cantidad de usuarios que se encontrarán perjudicados por tal situación. Del mismo modo, la cantidad de accidentes en un puente angosto está netamente vinculada al volumen de tránsito circulante.

Para la asignación de puntajes, se han determinado umbrales de tránsito que permiten distribuir razonablemente el total de tramos de la RVN, debido a que el Tránsito Medio Diario Anual (TMDA) del tramo de carretera en donde está implantado el puente es un indicador que mide con buena sensibilidad cuántos usuarios se verán afectados por la falla de un puente diariamente.

Estos umbrales pueden ajustarse cada ciclo de evaluación (de 3 a 5 años) en función del procesamiento de datos que surgen de los Ce.Co.T. (Centros de Control de Tránsito).

El puntaje del Indicador de Consecuencias de Falla por Nivel de Tránsito en el puente (ICNT) para las evaluaciones del año “n” se analiza en función del TMDA del año “n- 1” de acuerdo al siguiente cuadro.

Calificación ICNT	TMDA (Vehículos / Día)
1	Mayor que 5000
3*	Mayor que 3000 y menor o igual que 5000
5*	Mayor que 1500 y menor o igual que 3000
7*	Mayor que 500 y menor o igual que 1500
9*	Menor o igual que 500

(*) Variaciones intermedias (notas 2, 4, 6 y 8): en base a la composición, se resta 1 cuando el porcentaje de vehículos pesados (camiones más ómnibus) supere el 20% del TMDA.

De no existir mediciones oficiales, el Evaluador recabará datos anteriores proyectados, o bien apreciados en campo, haciendo notar en el Informe esta particularidad.

Vulnerabilidad de la Red:

Este indicador considera que la falla de una obra de paso interrumpe la continuidad de la red vial con graves efectos para determinadas regiones. Un ejemplo de esta situación pudo verificarse en Enero de 2006, con la caída del puente sobre el Río Seco (Ruta 34 - Salta), que tuvo como consecuencia el aislamiento de siete pueblos por unos 15 días.

Permite incorporar en la evaluación las pérdidas económicas debido a una limitación de la capacidad portante de la estructura o a su colapso, teniendo en cuenta que esto acarreará dificultades de circulación, y que los vehículos deberán utilizar rutas alternativas que podrían implicar demoras y un recorrido de distancia superior y, probablemente, por rutas que tienen distinto nivel de servicio (diferencial de prestación) o no pertenecen a la RVN (interjurisdicción de la variante).

El punto de partida para cuantificar este factor es que, a mayor recorrido alternativo para unir dos puntos de la red vial a la cual pertenece el puente, mayores serán los costos económicos asociados, por lo que será más relevante la vulnerabilidad resultante de la red.

El rango de valores a asignar a este indicador surgirá en función de la distancia del recorrido alternativo y del tiempo adicional que requiere el mismo, comparado con el camino original. Se han tipificado los desvíos como sigue:

- Desvío Tipo I : por By Pass provisorio o zona densamente urbanizada (asociado a velocidad del orden de los 15 Km/h).

- Desvío Tipo II : por camino no pavimentado o zona medianamente urbanizada (asociado a velocidad del orden de los 40 Km/h).

- Desvío Tipo III : por camino pavimentado o zona rural (asociado a velocidad del orden de los 80 Km/h).

El puntaje del Indicador de Consecuencias de Falla por Vulnerabilidad de la Red en el puente (ICVR) se obtiene entonces analizando la longitud y tipo del primer desvío factible en concierto con esta tabla:

Grado de Vulnerabilidad	Calificación ICVR	Tiempo Adicional por desvío	Longitud Adicional por desvío (Km)		
			Tipo I	Tipo II	Tipo III
Muy alto	1	Aprox. 120 min. (o más)	≈ 30 (o >)	≈ 80 (o >)	≈ 160 (o >)
	3*	Aprox. 60 min.	≈ 15	≈ 40	≈ 80
Alto	5*	Aprox. 30 min.	≈ 7,5	≈ 20	≈ 40
	7*	Aprox. 15 min.	≈ 4	≈ 10	≈ 20
Normal	9*	Aprox. 7 min. (o menos)	≈ 2 (o <)	≈ 5 (o <)	≈ 10 (o <)

(*) Variaciones intermedias (notas 2, 4, 6 y 8): se restará 1 ó 2 de acuerdo a la magnitud de las obras requeridas para habilitar el desvío o aspectos puntuales a justificar por el Evaluador (ancho relativo de calzadas, características recíprocas de trayectos). Si la envergadura de trabajos requeridos es mínima (p/ej. perfilado con motoniveladora), el indicador original no se modifica.

El método SIGMA siempre descansa en el buen juicio ingenieril del profesional que ejecuta la evaluación, y le proporciona criterios para homogeneizar los procedimientos. Un ejemplo de ello sería, en este caso, iluminar el análisis de cruce, comparando la nota obtenida al considerar la longitud de la alternativa existente más conveniente, con la posibilidad de realizar o no obras especiales inmediatamente aledañas para rehabilitar el tránsito (vado, puente Bailey, etc.).

Estas disquisiciones se patentizan en los informes que se cargan en el módulo 3, fundamentando la nota del indicador.

Valor Estratégico:

El valor estratégico se establece aquí para los fines del mantenimiento y rehabilitación de puentes, por lo que debe referirse a la situación actual del tramo, y no a la situación potencial (planificación).

Pretende reflejar la importancia de los valores socioeconómicos, geopolíticos y ambientales que tiene en la red el tramo donde se ubica el puente. Estos aspectos se han condensado en un factor único, con lo cual el puntaje del Indicador de Consecuencias de Falla por Valor Estratégico del puente (ICVE) se obtiene con la siguiente ecuación:

$$ICVE = VE_{base} - ZU - ZF - A$$

Donde:

VE_{base}: es el valor estratégico de base por la jerarquía del tramo en la red. Existen dos niveles de importancia, de acuerdo al tramo: alta y normal (valores 5 a 9); pero luego, por la situación territorial del mismo, puede reducirse (o no) su calificación a “muy alta” valoración estratégica (valores de 1 a 3), como se verá.

Importancia Estratégica	Calificación VE _{base}	Tramo Base
Muy alta	1	Sólo por situación territorial
	3	Sólo por situación territorial
Alta	5	Corredor troncal pavimentado
	7	Otros tramos pavimentados Corredor troncal no pavimentado
Normal	9	Otros tramos no pavimentados

ZU: es un modificador por zona urbana, aplicado para considerar que las obras de paso implantadas en comunas o ciudades cumplen un rol socioeconómico que trasciende la función vial. Puede restar de 1 a 4 puntos al VE_{base}. Observando un ámbito de 2 km alrededor del emplazamiento, de acuerdo al cuadro puntuamos:

Ubicación del puente	Calificación ZU
Zona no urbana	0
Comuna con población menor a 2.000 habitantes	1
Municipio de 2.000 a 10.000 habitantes	2
Ciudad de 10.000 a 100.000 habitantes	3
Ciudad con más de 100.000 habitantes	4

ZF: el modificador por zona de frontera también puede restar de 1 a 4 puntos al VE_{base}, y se definió para reflejar que las estructuras en corredores internacionales y en rutas fronterizas poseen una importancia geopolítica marginal a la función vial. Analizando el trayecto caminero más directo desde el puente al límite internacional, entramos en la tabla:

Emplazamiento del puente (Situación del tramo)	Calificación ZF
A más de 400 km de la frontera más próxima (No integrante de corredor internacional)	0
A más de 400 km de la frontera más próxima (Integrante de corredor internacional)	1
Entre 200 y 400 km de la frontera	2
Entre 100 y 200 km de la frontera	3
A menos de 100 km de la frontera	4

A: modificador por sensibilidad ambiental. Para obtener el puntaje de este parámetro, se ha pautado un procedimiento en que el Evaluador debe:

a) Considerar la ubicación de la vía de cruce en las eco regiones y áreas naturales protegidas de la provincia. Normalmente se utiliza un mapa provisto por la División de Gestión Ambiental de la DNV con escala apropiada.

b) Analizar para la eco región correspondiente los aspectos críticos del medio natural para la obra vial. Recabar opinión de referentes CEGA (Centros de Gestión Ambiental) en los Distritos. Esto se realiza mediante el cuadro N° 1 de la página 402 - Anexo II, Sección V del MEGA 2007.

c) Ponderar los aspectos anteriores según su impacto en obras SIGMA. En el cuadro anterior se han agregado colores que grafican el rango de importancia (en tres niveles) de los aspectos críticos, para el caso puntual de obras de arte mayores.

Parando mientes en b) y c), calificar la sensibilidad del medio receptor donde se ubica el puente según las características físicas, biológicas y antrópicas como de nivel “bajo”, “medio” o “alto”. Este es un caso de transversalidad interesante, puesto que surge de un análisis interdisciplinario que deben llevar a cabo en conjunto los agentes especializados en puentes (SIGMA) con los del área ambiental (CEGA). Cabe aclarar que, como aquí no se trata de un proyecto en particular sino de un cotejo expeditivo y comparativo para ordenamiento de actuaciones, no se completa el formulario (check list) de estudio del impacto ambiental típico.

e) A la luz de las particularidades del caso (envergadura del puente, sus afectaciones y tipo de soluciones a prever), asignar el valor de A, seleccionando del cuadro, que puede restar de 1 a 4 puntos al VE_{base} :

Nivel de Sensibilidad del medio	Calificación A
Bajo	0 - 1
Moderado	2
Alto (áreas naturales protegidas, poblaciones vulnerables)	3 - 4

Es importante destacar que la suma de los tres modificadores (ZU, ZF y A) no puede superar el valor cuatro (4). Además, el menor valor posible de ICVE es uno (1), es decir que en definitiva deberá efectuarse una valoración integral.

VI. CONCLUSIONES

El Sistema de Gestión de Puentes de Vialidad Nacional se compone de cinco módulos interrelacionados, y posee características comunes a otros SGP internacionales, distinguiéndose especialmente por su método de evaluación, el cual se pergeñó en un primer Convenio con la UNC. En futuras publicaciones se presentarán los resultados de aplicación de dicha metodología en todo el país, asociados principalmente con los frutos de un segundo Convenio, de cercana culminación.

Este trabajo se ha dedicado a explicar el modo de evaluar el estado de conservación de los puentes y priorizar las intervenciones, lo cual se lleva a cabo en los módulos 3 y 5 respectivamente. Dicho objetivo se logra utilizando una metodología de análisis multicriterio en tres niveles concatenados: El primer nivel consiste en evaluar factores de riesgo de falla o colapso, estableciéndose criterios claros para, a partir de los relevamientos, otorgar puntuaciones al puente entendido en sentido amplio como obra de paso (involucrando accesos y obstáculo sorteado) respecto de sus patologías y afectaciones, sean estructurales, hidráulicas o de seguridad vial.

Los indicadores de riesgo varían de 1 a 10 y permiten calcular un promedio ponderado, denominado “Calificación de Riesgo de Falla”, solidario a tres grados de riesgo (alto, medio y bajo). Sean dos puentes para los que se ha obtenido CRF, dado que este guarismo en definitiva estima el nivel de riesgo que implicaría postergar la inversión para un próximo período, debería atenderse prioritariamente al de menor nota (riesgo de falla mayor).

La descripción de las guías de evaluación ordinaria y detallada para los distintos rubros será motivo de otros trabajos por su valía y extensión, pero en el apartado dedicado a los IRF (“Indicadores de Riesgo de Falla”) se ha mencionado someramente las implicancias de estas calificaciones.

El método y sus herramientas de aplicación permiten alterar los factores de peso, adaptándose a nuevos requerimientos. Por ejemplo, si el algoritmo se utilizara en un país o provincia con alta actividad sísmica, podría aumentarse la importancia relativa de los riesgos de falla estructurales frente a los demás, para privilegiar la adecuación del stock (en este ejemplo, hasta evidenciar mejoras en el desempeño sísmico resistente).

El segundo nivel de evaluación está orientado a determinar la magnitud del perjuicio, en caso de que la falla del escalafón anterior se produzca. Por ello, en un principio este subcriterio de intervención era aplicable sólo a los puentes de alto riesgo, segmentando el proceso de jerarquización a los casos más álgidos y considerando cómo impactaría dentro de la red la falla de cada una de estas estructuras.

Esta configuración es con la que opera actualmente el SIGMA-P, lo que permite establecer un orden de prioridades sugerido para la intervención y reparación de obras de arte. Entre dos estructuras que han obtenido igual puntaje de riesgo, se deberá actuar primero en aquella cuya falla ocasione mayores consecuencias.

Los indicadores de consecuencias evalúan el nivel de tránsito en el puente, la vulnerabilidad de la red en el tramo y su valor estratégico, y varían de 1 a 9 dado que (si la obra de paso es útil), no hay “cero” consecuencias por falla. Se han normalizado y simplificado los procedimientos para la consecución de las notas indicadoras de consecuencias, que como se describió en el acápite V-ii, engloban las afectaciones socio-económicas que se producirán si el puente sale de servicio o se encuentra limitado. Esta facilidad de obtención de los ICF llevó recientemente a las autoridades de la DNV a recomendar a los grupos SIGMA de los Distritos que sean calculados para todas

las estructuras, porque como valor añadido, la "Calificación de Consecuencias de Falla" (CCF) puede servir también para priorizar las campañas de inspección y orientar qué puentes deben evaluarse primero.

Éste es el tópico más abarcado en el presente artículo por su novedad, y aquí también es apreciable la flexibilidad del método, por cuanto los umbrales, factores de peso, etc. son completamente actualizables. Como muestra podría mencionarse que en un caso ficticio de escalada bélica, inmediatamente resultaría accesible el listado de obras de arte en frontera, con el ranking para gestionar el aspecto estratégico de las mismas.

La estructura jerárquica del proceso de decisión se verá complementada por un tercer nivel, mediante el subcriterio de ordenamiento de prioridades por presupuesto de la obra a realizar (inversión requerida), ya que entre dos obras con iguales riesgos y consecuencias, la que requiera menor costo de ejecución detendrá ventajas comparativas.

En conclusión, el método expuesto cumple con el objetivo de minimizar los riesgos de fallas y sus efectos en una red vial, sujeto a un presupuesto dado para mantenimiento y rehabilitación de sus puentes. Su algoritmo, no teniendo una solución analítica pura, contempla un conjunto de factores que lo hacen abarcativo y eficaz para optimizar la toma de decisiones. Además, puede ser adaptado para su uso en diferentes regiones a fin de reflejar condiciones particulares de la red o del tránsito, u otros requerimientos. ♦

VII. BIBLIOGRAFÍA

1. "SIGMA Puentes: Sistema Integral de Gerenciamiento y Mantenimiento de Puentes" (Eduardo Castelli). Nota publicada en la revista "Carreteras" (Asociación Argentina de Carreteras) N° 203 (2011).
2. "Sitio Web del Sistema de Gestión de Puentes Argentino" (Eduardo Castelli). Trabajo presentado en el XXIV Congreso Mundial de Carreteras de la Asociación Mundial de la Ruta - Méjico (2011).
3. "El Sistema de Gestión de Puentes de la Red Vial Nacional de Argentina" (E. Castelli, N. Correa, J. Ortiz Andino). Artículo publicado en el N° 339 de la revista latinoamericana de la AIPCR (2008).
4. "A New Bridge Management System for the National Department of Transportation of Argentina" (M. Ruiz, E. Castelli, T. Prato). Trabajo publicado en el libro "Bridge Maintenance, Safety, Management, Health Monitoring and Informatics" del IV IABMAS - Seúl, Corea (2008).
5. "Gestión de Riesgo en Gerenciamiento de Puentes con Modelos de Decisión Multicriterio Discretas" (J. Galarraga, M. Herz). Mecánica Computacional Vol. XXVI, pp. 2533-2548 (2007).
6. "Final Report", BRIME (Bridge Management in Europe), Delivery D14 (Woodward, R.; Cullington, D.; Daly, A.; Vassie, P.; Haardt, P.; Kashner, R.; Astudillo, R.; Velando, C.; Godart, B.; Cremona, C.; Mahut, B.; Raharainivo, A.; Markey, I.; Bevc, L.; & Perus, I.) (2001).

CONSULBAIRES Ingenieros Consultores S.A



**TRANSPORTE
INGENIERIA HIDRAULICA
INGENIERIA SANITARIA
ENERGIA
ESTRUCTURAS
ARQUITECTURA**



**- ESTUDIOS DE FACTIBILIDAD TECNICA Y ECONOMICA
- ANTEPROYECTOS Y PROYECTOS EJECUTIVOS
- ESTUDIOS AMBIENTALES
- INSPECCION Y DIRECCION DE OBRAS**



**PROYECTISTA TRAMO 2 R.N.N°19
(ACCESO A SAN CARLOS - R.N.N°34).
PROVINCIA DE SANTA FE
OBRA VIAL DEL AÑO 2012**



MAIPU 554 3°PISO (1006) BUENOS AIRES - ARGENTINA. TEL. (54-11) 4322-2377/5048.FAX.(54-11) 4322-9639.
CONSULBAIRES@CONSULBAIRES.COM.AR - WWW.CONSULBAIRES.COM.AR

REACTIVIDAD ALCALINA POTENCIAL DE LOS BASALTOS MESOPOTÁMICOS

Autores:

C. Rocco, P. Maiza, C. Fava, S. Marfil y J. Tobes

RESUMEN

Los basaltos de la Mesopotamia son una importante fuente de de agregados destinados a la elaboración de hormigones. Si bien presentan en general un comportamiento en servicio satisfactorio desde el punto de vista de la durabilidad, existen casos documentados de hormigones elaborados con basaltos de la Mesopotamia que han sufrido fenómenos deletéreos severos por efecto de la reacción álcali agregado. Resulta sin embargo de una notoria complejidad establecer de manera objetiva la reactividad alcalina potencial de estos agregados básicamente por dos particularidades: en primer lugar la dificultad para cuantificar la presencia del componente mineralógicamente reactivo y en segundo lugar el hecho de que prácticamente todos estos agregados califican como potencialmente reactivos en el ensayo según norma IRAM 1674. En este trabajo se presentan los resultados de estudios y ensayos correspondientes a la evaluación de la reactividad alcalina potencial de agregados basálticos provenientes de cuatro canteras comerciales ubicadas en la Mesopotamia Argentina. Sobre muestras representativas de los frentes de explotación de cada una de las canteras analizadas se realizaron estudios petrográficos con esteromicroscopio y microscopía de polarización sobre secciones delgadas, que incluyeron la cuantificación del vidrio volcánico presente en el agregado. Estos estudios se complementaron con ensayos acelerados de reactividad alcalina potencial de barras de mortero según norma IRAM 1674, ensayos químicos de reactividad alcalina potencial según norma IRAM 1650 y ensayos de expansión de prismas de hormigón hasta un año de edad según norma IRAM 1700. Adicionalmente se realizaron ensayos acelerados de barras de mortero en similares condiciones a las establecidas en la norma IRAM 1674 pero exponiendo a las mismas a diferentes concentraciones de NaOH en el rango comprendido entre 0 y 1N. Los resultados obtenidos permiten correlacionar entre sí la información proveniente de las diferentes técnicas de evaluación aplicadas y establecer en forma objetiva el grado de reactividad del agregado. Por otro lado se aporta información de gran utilidad para establecer criterios de utilización de estos agregados en el contexto de la problemática de la reacción álcali agregado.

INTRODUCCIÓN

Los basaltos de la mesopotamia argentina constituyen una fuente importante de provisión de agregados para la elaboración de hormigones y su empleo como agregado para la elaboración de hormigones se extiende a lo largo de varias provincias de nuestro país. Si bien desde el punto de vista de la durabilidad estos basaltos presentan en general un comportamiento satisfactorio en servicio, existen casos documentados en los que se han manifestado fenómenos deletéreos severos por efecto de la reacción álcali sílice (RAS). Como ejemplo de ello puede citarse el hormigón de la Ruta Nacional N° 127, el aeropuerto de la ciudad de Corrientes y pavimentos urbanos de Curuzú Cuatí que presentan claras evidencias de deterioro debido al desarrollo de la reacción (1). Tal como fuera detallado en trabajos previos, los autores observaron en estos hormigones fisuras y coronas de reacción relacionadas con las especies reactivas presentes en las rocas basálticas, conformadas por pastas vítreas y/o argilizadas principalmente con montmorillonita. Los productos de neoformación identificados fueron ettringita, sílice amorfa a pobremente cristalizada y aluminosilicatos (estructuras ceolíticas).

La reactividad potencial de estas rocas presenta un grado de heterogeneidad importante que esta asociado a la propia heterogeneidad de los frentes de las coladas y al grado de alteración de la roca. Estas coladas forman parte de las cuencas sedimentarias de Paraná y Chacoparanense. Afloran las Formaciones Pirambaia y Botucatú, los basaltos de la Serra Geral y sus intercalaciones clásticas. Estas coladas cubren areniscas de origen eólico y fluvial con espesores entre 200 y 600 metros (2). El basalto aflora junto al río Uruguay en el este de Misiones y Corrientes y NE de Entre Ríos. Cubre aproximadamente 1.000.000 km² en Argentina, Brasil, Paraguay y Uruguay. El espesor varía entre 800 y 1000 metros alcanzando los 1930 metros en Brasil (3). Las coladas expuestas en la provincia de Misiones se extienden en el subsuelo hasta la localidad entrerriana de Gualeguay (2). Son basaltos toleíticos con textura dominante de grano fino, raras veces porfírica y tonalidades gris oscura a negras (4). Generalizando puede esquematizarse el siguiente modelo: un piso, por lo común de estructura vesicular, de grano muy fino, con asimilación del sustrato, silicificación por precipitación de sílice criptocristalina a partir de aguas circulantes y litológicamente muy vítrea. En la parte central, el tamaño de los cristales es mayor, la textura es ofítica o subofítica, prácticamente no hay vidrio y la roca es holocristalina. En los niveles superiores de la colada las características litológicas son semejantes a las mencionadas para el sector medio, el desarrollo cristalino es levemente menor, pero los procesos exógenos alteran a las rocas y se desarrolla una textura intersertal por argilización de los minerales originales y del vidrio (5).

En este trabajo se presentan resultados de ensayos de caracterización de la reactividad alcalina potencial de muestras de basaltos obtenidas de canteras ubicadas en la Mesopotamia Argentina. Los ensayos incluyeron estudios petrográficos, ensayos acelerados de reactividad alcalina potencial de barras de mortero según norma IRAM 1674 (7) y con distintas concentraciones de álcalis, químicos de reactividad alcalina potencial según norma IRAM 1650 (8) y de expansión de prismas de hormigón hasta 1 año de edad según norma IRAM 1700 (9). Cabe destacar que el presente trabajo forma parte de un proyecto de investigación sobre control de la reacción álcalis agregado en hormigones elaborados con agregados basálticos de la Mesopotamia Argentina destinado a obras viales de hormigón, entre la Dirección Nacional de Vialidad y la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de La Plata.

MATERIALES

Se estudiaron 4 canteras de basalto que se encuentran actualmente en explotación. Dos ubicadas al sur de la provincia de Corrientes, próximas a la ciudad de Curuzú Cuatí, una al norte de Entre Ríos, próxima a la ciudad de Concordia y una en Misiones, en el ámbito municipal de la ciudad de Posadas. Sin orden de prelación ni correspondencia las canteras se identifican en este trabajo como A, B C y D. El material presenta una densidad comprendida entre 2,93 y 2,98 con valores de absorción en agua entre 1,21 y 1,58 %. En cada cantera se realizó un reconocimiento visual del frente de explotación, se identificó el sector de donde se estaba realizando la extracción del material y se tomaron muestras representativas del material procesado de dicho sector. Este muestreo se realizó a boca de cinta en la planta de trituración de cada cantera, obteniéndose en cada caso dos

fracciones de agregados del mismo origen: arena de trituración (fracción 0-9 mm) y piedra partida (fracción 6-19 mm). Las muestras, cuyo tamaño fue del orden de los 2 m³, fueron reducidas por cuarteo en laboratorio para obtener las porciones utilizadas en los estudios y ensayos.

ENSAYOS

Para los estudios petrográficos se utilizó un estereomicroscopio trinocular Olympus SZ-CTV y microscopio de polarización Olympus, trinocular BH-2. La evaluación de la reactividad de las rocas se realizó confeccionando barras de mortero según lo establecido en la Norma IRAM 1674. La determinación de la sílice disuelta y reducción en alcalinidad se realizó según lo establecido en la Norma IRAM 1650. Las muestras se trituraron hasta obtener una fracción comprendida entre los tamices IRAM 300 mm y 150 mm, luego se lavaron y secaron a 105°C. Una cantidad normalizada se colocó en una solución de NaOH a 80°C durante 24 hs. Se tomó una alícuota, se llevó a pH ácido y se determinó la sílice disuelta por gravimetría.

Para la determinación del contenido de vidrio y arcillas en las muestras de triturado basáltico, se tomó una porción de material triturado, se impregnó en resina tipo epoxi de índice de refracción (n) ~ 1.54. Se dejó fraguar y se pulió hasta alcanzar un espesor de 20 micrones. Los cortes delgados se estudiaron con microscopio de polarización. Se realizaron 2 mediciones: 1) Se contó el número de partículas con vidrio y con arcillas (se indica como % de partículas con vidrio y % de partículas con arcillas respectivamente). 2) Se cuantificó el porcentaje de vidrio y arcilla dentro de cada partícula. Se informa como % de vidrio y % de arcillas en la muestra. Se contaron las partículas presentes en el campo del microscopio. Esta operación se repitió 5 veces (en 5 campos) con un objetivo x5 (magnificación 50) y otras 5 veces con una magnificación x100. Se promediaron las determinaciones sobre los 10 campos.

Los ensayos acelerados de reactividad alcalina potencial se realizaron sobre prismas de mortero según norma IRAM 1674. De cada cantera se ensayaron las muestras de arena de trituración (fracción 0-6 mm) y de piedra partida (fracción 6-19 mm). De manera adicional, y conforme el procedimiento establecido en dicha norma, se efectuaron ensayos variando la concentración de NaOH. Los ensayos de reactividad alcalina potencial a larga edad se realizaron sobre prismas de hormigón según norma IRAM 1700. En este caso solo se ensayaron las muestras correspondientes a la piedra partida (fracción 6-19 mm). Ambos ensayos se realizaron por duplicado procediéndose al moldeado de probetas en días diferentes.

RESULTADOS Y ANÁLISIS PETROGRAFÍA

Las rocas de las 4 canteras estudiadas son basaltos toleíticos. Al microscopio, sobre secciones delgadas se observó que están constituidas por tabillas de plagioclasa (andesina), parcialmente argilizada. En los interespacios se disponen piroxenos (augita y augita titanífera), parcialmente desferizados, asociados a óxidos e hidróxidos de hierro. Algunos sectores presentan una asociación de minerales arcillosos, de baja birrefringencia. La textura varía de intersertal a intergranular. En la roca de la cantera D la asociación de minerales arcillosos, principalmente nontronita, saponita con sus variedades férricas, retiene el hierro movilizado por la desvitrificación y tiñe la roca de color pardo rojizo. En la roca de la cantera B se reconocen sectores vítreos con procesos de desvitrificación de grado muy variable, desde zonas con vidrio relicto a totalmente desvitrificado. La roca obtenida en la cantera C presenta algunos interespacios que están colmatados por materiales producto de la desvitrificación del vidrio volcánico. En estos sectores es común la presencia de apatito. Por último la cantera A presenta una roca con algunos interespacios que están rellenos por una asociación de alteración arcillosa (principalmente nontronita y saponita), con sectores donde el núcleo de esta asociación es celadonita y sílice criptocristalina. Aunque es

poco frecuente puede observarse vidrio volcánico relicto. Los resultados volcados en la tabla 1 muestran la presencia de vidrio en porcentajes que varían entre 0,2 y 2,5% y de arcilla entre 2,0 y 4,0%, lo que le confieren a los agregados analizados características de potencial reactividad frente a los álcalis.

En la tabla 1 se muestran los resultados de la determinación del contenido de vidrio y arcillas en las muestras de triturado basáltico correspondiente a la fracción 6-19 mm. Las muestras de las canteras C y D presentaron contenidos de vidrio que se aproximan al 3% considerado como valor límite para calificar la reactividad alcalina potencial de agregados volcánicos según CIRSOC 201-2005. Respecto al contenido de arcilla todos los agregados superaron el valor máximo del 2% establecido al mismo efecto en dicho reglamento.

Cantera	% de partículas con vidrio	% de vidrio en la muestra	% de partículas con arcilla	% de arcilla en la muestra
A	19	1,5	7	2,0
B	14	0,2	5	4,0
C	28	2,4	34	2,8
D	20	2,5	19	2,2

Tabla 1. Porcentaje de vidrio y arcilla en muestras de triturado basáltico.

En la figura 1a se observan partículas de la roca D (con luz paralela). Se muestra el vidrio volcánico en clastos monominerales (vv) y vidrio intersticial. Los sectores argilizados (ar) pueden identificarse por sus propiedades ópticas. La figura 1b corresponde a la cantera B. Se observan fragmentos de la roca triturada (x50) donde se identifican sectores parcialmente argilizados. El basalto está constituido principalmente por piroxenos, feldespatos (andesina cálcica) y minerales opacos. No se observó vidrio volcánico intersticial. En la figura 1c se observan partículas de basalto (ba) de la cantera C con cantidades variables de vidrio desvitrificado intersticial, otras de vidrio volcánico (vv) desvitrificado y algunas argilizadas parcialmente (ar). La figura 1d se muestra fragmentos de la roca triturada de la cantera A (con luz paralela x 50 aumentos). Se identifica al basalto (ba), vidrio volcánico (vv) desvitrificado y sectores argilizados (ar).

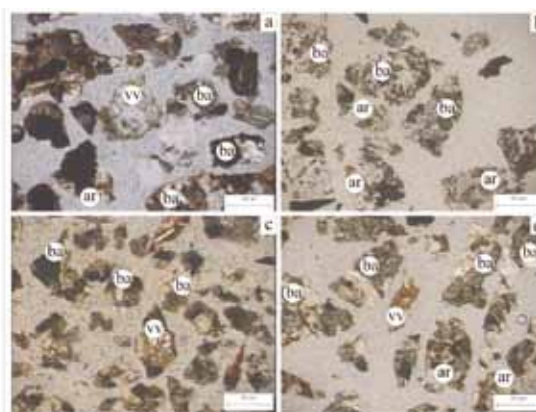


Figura 1. Imágenes características de cortes delgados correspondientes a las muestras analizadas

ENSAYO QUÍMICO

El ensayo químico se realizó según lo establecido en la norma IRAM 1650 sobre las muestras de arena de trituración y piedra partida de cada una de las canteras estudiadas. Los resultados obtenidos se informan en la tabla 2. De acuerdo con la experiencia previa que se tiene de este ensayo y sobre este tipo de rocas, valores superiores a 20 mg/l permiten calificarlas como potencialmente reactivas. Los valores que se indican en la tabla 2 muestran que el valor de sílice disuelta resultó ser alto en todas las muestras.

Fracción	Cantera	Sílice disuelta (mg/l)	C1 (milimoles/litro)	R
Piedra Partida (6-19 mm)	A	15,2	50,7	45
	B	23,4	78,0	55
	C	34,5	115,0	40
	D	37,0	126,6	35
Arena Trituración (0-6 mm)	A	21,7	72,3	260
	B	21,1	70,3	300
	C	47,8	159,7	245
	D	34,7	115,7	220

Tabla 2: Método de ensayo químico.

C1: sílice disuelta en milimoles por litro. R: reducción en alcalinidad.

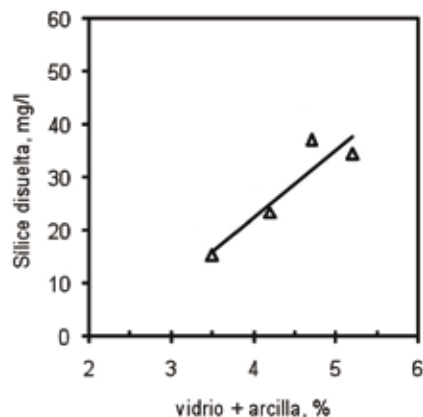


Figura 2. Relación entre el % total de vidrio y arcilla contenido en la muestra y la cantidad de sílice disuelta medida según IRAM 1650. Muestras de piedra partida (fracción 6-19 mm)

Por otra parte, en la figura 2 se muestra la correlación entre la cantidad de sílice disuelta, y la cantidad total de arcilla y vidrio, expresada como porcentaje en peso, medida en las muestras de piedra partida. En el gráfico se indican la curva de correlación lineal y con letras la identificación de la cantera de origen. Como era de esperar, se observa una muy buena correlación entre ambas variables, lo que permite corroborar la confiabilidad de las determinaciones de vidrio y arcilla mediante la técnica experimental implementada. La cantera C presentó el valor de sílice disuelta más elevado (contemplando los resultados obtenidos para la arena de trituración y la piedra partida), seguida por las muestras extraídas de la cantera D. Los menores valores se observaron en las canteras A y B.

Ensayos acelerados de barras de mortero, según Norma IRAM 1674

En la tabla 3 se muestran los resultados de expansión a 16 días de las barras de mortero correspondientes a las muestras de arena de trituración y piedra partida de las distintas canteras ensayadas en las condiciones que establece la norma IRAM 1674. Cada valor informado corresponde al promedio de ensayo de seis probetas pertenecientes a 2 mezclas de ensayo.

Fracción	Cantera	Expansión, %
Piedra Partida (6-19 mm)	A	0,218
	B	0,309
	C	0,498
	D	0,409
Arena Trituración (0-6 mm)	A	0,229
	B	0,303
	C	0,483
	D	0,455

Tabla 3: Resultados de ensayo IRAM 1674

Como se puede observar todas las muestras ensayadas presentaron valores de expansión que superan holgadamente el límite máximo de 0,10% establecido en el CIRSOC-201-2005 para calificar a los agregados como potencialmente reactivos, según este ensayo. En la figura 3 se muestran los resultados de la tabla 3 en función de la cantidad de sílice disuelta determinada en las muestras ensayadas. Se indica con letras la identificación de la cantera de origen. Como se puede observar las expansiones obtenidas en las barras de mortero se correlacionan razonablemente bien con el contenido de sílice disuelta.

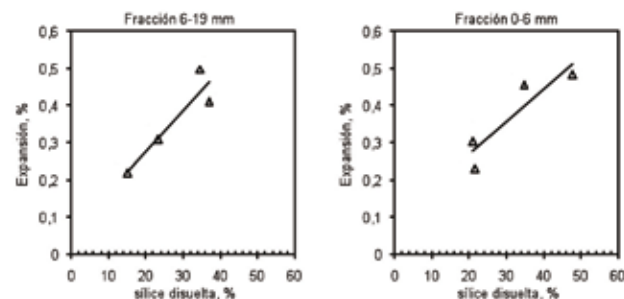


Figura 3. Valores de expansión obtenidos en el ensayo acelerado en función del contenido de sílice disuelta determinada en las muestras ensayadas

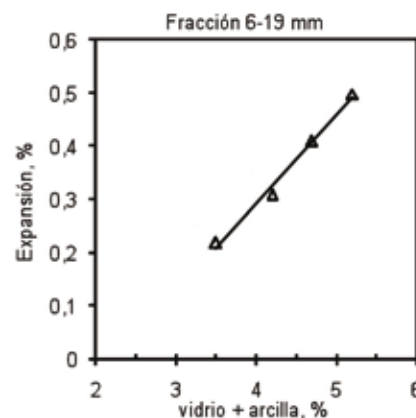


Figura 4. Valores de expansión obtenidos en el ensayo acelerado en función del contenido de vidrio y arcilla determinada en las muestras ensayadas. Muestras de piedra partida

En la figura 4 se muestran los resultados de expansión de las barras de mortero elaboradas con el material obtenido de muestras de piedra partida en función del porcentaje de vidrio y arcilla determinado en las muestras ensayadas. Se indica con letras la identificación de la cantera de origen. Como se puede observar los resultados presentan una correlación lineal sorprendente.

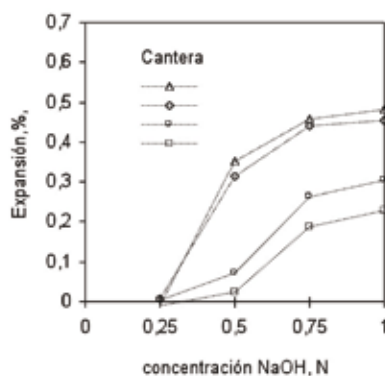


Figura 5. Valores de expansión obtenidos en el ensayo acelerado en función de la concentración de NaOH. Muestras de piedra partida

Como fuera expresado anteriormente, se realizaron siguiendo la metodología de ensayo establecida en la norma IRMA 1674, ensayos sobre las muestras de piedra partida de todas las canteras en estudio, variando la concentración de NaOH desde 0.25 hasta 1 N, valor que establece la norma para la evaluación de la reactividad potencial del agregado. Los resultados obtenidos (valores de expansión a la edad de 16 días) se muestran en la figura 5. Como era de esperar, las expansiones crecen cuando el contenido de álcalis aumenta. En el gráfico se observa claramente un comportamiento diferenciado por grupo de canteras, donde las canteras denominadas C y D alcanzan valores de expansión sensiblemente más elevados que las A y B, para todas las concentraciones. Para concentraciones de álcalis de 0.25 N los valores de expansión a la edad de 16 días son para las cuatro muestras estudiadas prácticamente iguales a cero. Es importante destacar que para las muestras extraídas de las canteras C y D, que presentaban mayores porcentajes de vidrio y arcilla y según expresáramos en la tabla 2, la mayor cantidad de sílice disuelta, a partir de concentraciones de NaOH de 0.5 N alcanzan valores de expansión superiores al límite de 0.1 %. Finalmente, a partir de concentraciones de 0.75 N ese valor de expansión es superado por todas las muestras evaluadas.

Ensayos de prismas de hormigón, según norma IRAM 1700

En la figura 6 se representan los resultados de expansión de los prismas de hormigón elaborados con las muestras de piedra partida (fracción 6-19 mm) ensayados según norma IRAM 1700 hasta la edad de 1 año. Cada valor representado corresponde al promedio de ensayo de seis probetas pertenecientes a 2 mezclas de ensayo. Se puede observar que el agregado de la cantera C presentó valores de expansión a 1 año que superan el 0,04%, lo que califica a dicho agregado como reactivo. Por el contrario las muestras de agregados de las restantes canteras no superaron dicho límite.

A pesar del hecho de que no es posible correlacionar los resultados obtenidos en este ensayo con los resultados que se obtuvieron en los ensayos acelerados, químico y con los contenidos de vidrio y arcilla presentes en cada una de las muestras, es interesante destacar que el agregado que resulta potencialmente reactivo, es decir, aquél que representa a la cantera C, fue el que presentó un mayor contenido de sílice disuelta según se puede observar en la tabla 2, y los mayores porcentajes de vidrio + arcilla.

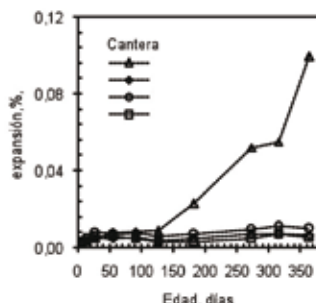


Figura 6. Evolución de la expansión en función de la edad de prismas de hormigón ensayados según norma IRAM 1700. Muestras de piedra partida

CONCLUSIONES:

Los resultados de los estudios y ensayos realizados sobre las muestras de los agregados basálticos mesopotámicos de las canteras analizadas permiten establecer las siguientes conclusiones:

1. Desde el punto de vista petrográfico, las rocas basálticas de las cuatro canteras estudiadas presentaron contenidos de vidrio volcánico y de arcillas que permiten calificarlas petrográficamente como potencialmente reactivas (las especies deletéreas son pastas vítreas y/o argilizadas principalmente con montmorillonita). Dicha calificación es coherente con los resultados obtenidos en los ensayos químicos, según IRAM 1650, y ensayos acelerados, según IRAM 1674. El mayor grado de reactividad correspondió al material de la cantera C donde se alcanzaron expansiones del orden del 0,5% en el ensayo IRAM 1674, valores de sílice disuelta del orden de 40 mg/l según IRAM 1650 y contenidos de vidrio y arcilla superiores al 5%. La menor reactividad se observó en los agregados de la cantera A en donde se alcanzaron expansiones del orden del 0,2% en el ensayo IRAM 1674, valores de sílice disuelta del orden de 20 mg/l según IRAM 1650 y contenidos de vidrio y arcilla del orden de 3,5%.
2. En relación al punto precedente es interesante mencionar que los valores de expansión alcanzados en el ensayo acelerado según norma IRAM 1674 presentaron una fuerte correlación lineal con el contenido total de vidrio y arcilla presente en la muestra. Este resultado permite inferir la existencia de un grado de acción colaborativa de la arcilla en el mecanismo de expansión bajo altas concentraciones de álcalis y de activación térmica.
3. Ensayos acelerados realizados con diferentes contenidos de álcalis mostraron un comportamiento bien diferenciado delimitando dos grupos de canteras de acuerdo con los valores de expansión medidos, presentado mayores valores aquellas con mayor contenido de sílice disuelta (y mayores contenidos de vidrio + arcilla) para todas las concentraciones de NaOH evaluadas.
4. A pesar que según las técnicas experimentales de corta edad las rocas basálticas de las cuatro canteras fueron calificadas como potencialmente reactivas, solamente el agregado de la cantera C (calificado como el de mayor reactividad alcalina potencial) presentó en el ensayo de expansión a larga edad según IRAM 1700 valores de expansión que permiten calificar definitivamente a dicho agregado como reactivo frente a los álcalis del cemento.
5. De acuerdo con las evaluaciones realizadas, dicho agregado presentó los valores más elevados de sílice disuelta y de contenidos de arcilla y vidrio. ♦

REFERENCIAS

- (1) Maiza, P., Marfil, S., Rocco, C., Fava, C. y Tobes, J. "Pavimentos de hormigón elaborados con agregados basálticos y afectados por la reacción álcali sílice (RAS). Casos de estudio". I Cong. Hormigón Premezclado de las Américas 2010", XII Cong. Iberoamericano del Hormigón Premezclado, IV Cong. Intern. de Tecnología del Hormigón y 18 Reunión Técnica de la AATH. Mar del Plata. Publicado en CD. (2010), 12 pag.
- (2) Iriondo M., KROHLING, D. "Cambios climáticos en la cuenca del río Uruguay". UNLitoral. Eds UNL, (2008).
- (3) Fili, M., Da Rosa Filho, E., Auge, M; Montañó X., Tujchneider, O. "El Acuífero Guaraní. Un recurso compartido por Argentina, Brasil, Paraguay y Uruguay (América del Sur)". Instituto Tecnológico Geominero de España. Boletín Geológico y Minero 109 (4) (1998), 389-394.
- (4) Pezzi, E.; Mozetic M., "Cuencas sedimentarias de la región chacabaranense". En: Chebli, G. y Spalletti, L. (Eds). Cuencas Sedimentarias Argentinas. UNTucumán, Correlación Geológica Serie 6 (1989), 65-78.
- (5) Marfil, S., Batic, O, Maiza, P., Grecco, L. y Falcone, D. Comportamiento de Rocas Basálticas de las Prov. de Corrientes y Entre Ríos Frente a la Reacción Álcali – Sílice. VI Congreso Uruguayo de Geología. Parque UTE Lavalleja (Uruguay). Publicado en CD. (2010). 6 pag.
- (6) Turner, S., Regelous, M., Kelley, S. Hawkesworth, C. Mantovani, M. Magmatism and continental break-up in the South Atlantic: high precision 40 Ar-39 Ar geochronology. Herat and Planetary Science Letters 121: (1994), 333-348.
- (7) IRAM 1674. Agregados. Determinación de la reactividad alcalina potencial. Método acelerado de la barra del mortero.
- (8) IRAM 1650. Reactividad alcalina potencial en agregados. Método de ensayo químico.
- (9) IRAM 1700. Agregados. Determinación del cambio de longitud debido a la reacción álcali-agregado, en prismas de hormigón.



PRESTIGIO, LIDERAZGO Y CONFIANZA

Ser la cementera número uno del país es un verdadero orgullo para todos los que formamos parte de su historia.

Conocé más sobre Loma Negra visitando nuestro sitio web:
www.lomanegra.com.ar



FISURACIÓN TEMPRANA DE LOSAS DE PAVIMENTO

Autores:

María Angélica Clariá, Raul López y Marcelo González

RESUMEN

Las fisuras tempranas constituyen uno de los problemas más frecuentes en los pavimentos de hormigón, al cual contribuye su gran superficie expuesta a los efectos del medio ambiente y del suelo de apoyo. El fenómeno involucra el período más cercano a la transición del hormigón de suspensión líquida a sólido rígido, y es afectado tanto por sus propiedades y las de sus materiales componentes como por los procesos constructivos y las condiciones de obra.

En este trabajo se presentan resultados que evidencian condiciones necesarias para la ocurrencia de elevadas deformaciones y fisuras en el hormigón expuesto a ambiente caluroso de laboratorio. Seguidamente se relacionan contracción y resistencia de distintos cementos a la edad de 12 hs con su respuesta temprana en hormigones de pavimentos de obras reales, identificándose las propiedades deseables para esta aplicación. Seguidamente se presenta un modelo de control de propiedades tempranas de interés en el cemento destinado a losas de pavimento y finalmente se informan algunas variables operativas propias de la obra, que pueden condicionar el logro de un buen resultado.

Los resultados evidencian que una protección adecuada contra la pérdida de agua en todas las superficies de las losas de pavimento, incluida la inferior, es clave para controlar la fisuración temprana. Los resultados muestran también que el uso de cementos con propiedades adecuadamente ajustadas puede contribuir a minimizar el impacto de la fisuración temprana en hormigones deficientemente protegidos.

INTRODUCCIÓN

Como en la gran mayoría de las estructuras civiles, las propiedades de interés de los pavimentos son sus capacidades de resistir solicitaciones mecánicas y el paso del tiempo. Dada la gran superficie de interacción de estos con el medio ambiente y con sus bases de apoyo, sumada a la fuerte restricción a la deformación que estas últimas le imponen, el control de la fisuración resulta crítico para evitar que estas discontinuidades no programadas originen el deterioro progresivo del conjunto. Consecuentemente, los pavimentos de hormigón asumen un determinado grado tolerable de fisuración para su vida útil dependiendo de si han sido diseñados como hormigón simple ó armado con juntas ú hormigón armado sin juntas[1]. A pesar de esto, a edades tempranas se presentan casos frecuentes de fisuración fuera de control en losas de pavimento, para las cuales la reserva durable ha sido afectada antes de su puesta en servicio.

Existen varias definiciones de períodos y mecanismos que gobiernan el comportamiento a edad temprana. Para los autores que centran su atención en los cambios de volumen del hormigón independientemente de su aplicación, edad temprana significa un período que finaliza entre 12 y 24 horas después de producido y colocado el hormigón, involucrando fundamentalmente sus etapas “líquida” (1) y de “formación de esqueleto” (2). La etapa “endurecida” (3), donde se desarrolla lentamente la contracción estándar, queda prácticamente fuera del ámbito de esta definición de edad temprana. El fenómeno de depresión capilar responsable de las más grandes y rápidas contracciones en períodos de tiempo típicos de 6 a 8 horas opera intensamente durante la etapa (2) y a este mecanismo de deformación se suman los efectos autógenos, sensibles para hormigones con relaciones $a/c < 0,4$.

En la etapa (2), el hormigón tiene baja capacidad de deformación, y baja resistencia, por lo cual es particularmente sensible a los esfuerzos internos y puede fisurarse como en edades más avanzadas. Se sugiere ^[2,3] que existe alto riesgo de fisuración si la contracción unitaria temprana excede 1000.10^{-6} . A pesar de las grandes magnitudes de deformación, el control de fisuración en esta etapa es sencillo y consiste fundamentalmente en reducir los cambios volumétricos evitando la pérdida de agua del hormigón. También se sugiere ^[4,5] evitar condiciones que disminuyan la velocidad de reacción del hormigón y extiendan la duración de las etapas (1) y (2) a fines de minimizar estas fuentes de riesgo.

El impacto de este período de la edad temprana es muy significativo. Los autores del presente trabajo han encontrado que hormigones con 180 l/m^3 de agua y relación a/c 0.55, aún sometidos a condiciones de baja evaporación ($0,1 \text{ kg/m}^2\text{h}$) acumulan en las primeras ocho horas contracciones de 250.10^{-6} mientras que en el año subsiguiente sólo la incrementan en 550.10^{-6} .

Otro concepto de edad temprana es el de los autores que enfocan su atención en el control de fisuración de los pavimentos. Para ellos la edad temprana responde a la experiencia constructiva y se extiende hasta las 72 horas, involucrando los primeros estadios de la etapa (3). En este caso a los efectos autógenos y de transferencia de humedad se suman efectos térmicos. Estos efectos térmicos incluyen los relacionados a la temperatura y la radiación ambiental, los relacionados al hormigón y sus materiales componentes, como la temperatura de colocación, el calor de hidratación aportado por el cemento y el coeficiente de expansión térmica aportado principalmente por los agregados, la resistencia mecánica, el módulo elástico y la extensibilidad del hormigón, las características geométricas del pavimento, las interacciones térmicas e hídricas con las sub-bases, las restricciones impuestas a las deformaciones, efectos de creep y relajación y efectos inducidos por los procesos constructivos.^[4,5]

Este último concepto de comportamiento temprano es tan complejo como los modelos disponibles para prevenir la fisuración en el mismo. Reduciendo el análisis a los aspectos térmicos que pueden moderarse desde la tecnología del hormigón, su temperatura de colocación es el parámetro crítico, sumado al control de la velocidad de reacción y liberación de calor en las primeras 12 hs. Como medida indirecta de la velocidad de liberación de calor aportada por el cemento, se ha encontrado que la resistencia cilíndrica medida en probetas de hormigón con relación a/c 0.48 aisladas térmicamente, no debería superar los 7 MPa a 12 horas si se quieren evitar situaciones de riesgo de fisuración térmica. Complementariamente se ha informado que los hormigones con coeficiente de expansión térmica superior a $10.10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ pueden amplificar peligrosamente determinadas deformaciones de origen térmico.^[6,7]

A continuación se presentan resultados de laboratorio relacionados a las etapas (1), (2) y (3), los cuales concluyeron en límites empíricos aplicados por los autores al control de cemento para pavimentos. Estos se basan tanto en resultados de laboratorio presentados a continuación como en su correlato con la respuesta verificada en obra. Finalmente se presentan aspectos operacionales típicos a vigilar en obra a fin de no alterar el comportamiento temprano previsto para el hormigón.

HORMIGÓN - VARIABLES SIGNIFICATIVAS EN LABORATORIO

A continuación se presenta una serie de evaluaciones efectuadas en laboratorio para identificar el impacto de algunas propiedades del hormigón, del cemento y de las condiciones de curado sobre la contracción y fisuración del hormigón en la etapa (2).

Tabla 1: Características y propiedades de los cementos utilizados

	CPC ₁	CPC ₂	CAH	CPF
Composición [%]:				
Escoria [E]	20	8	60	---
Puzolana [P]	8	7	---	---
Filler Calcáreo [F]	---	---	---	15
Superficie específica Blaine [m ² /kg]	408	409	470	345
Inicio de Fraguado	02:05	02:00	02:45	01:30
Final de Fraguado	05:15	06:00	05:40	04:05
Resistencia a Compresión				
2 ds [MPa]	21	22	18	32
28 ds [MPa]	47	49	51	54

Tabla 2: Propiedades de los hormigones elaborados con los distintos cementos

	HPC ₁	HPC ₂	HAH	HPF
Exudación, capacidad 23 °C (cm ³ /cm ³)	3.10 ⁻³	6.10 ⁻³	3.10 ⁻³	7.10 ⁻³
Exudación, velocidad 23 °C (cm/sec)	21.10 ⁻⁶	30.10 ⁻⁶	18.10 ⁻⁶	41.10 ⁻⁶
Exudación, duración 23 °C (min)	105	165	120	100
fraguado inicial a 23 °C (min)	330	390	330	290
fraguado final a 23 °C (min)	435	510	495	360
fraguado inicial a 30 °C (min)	260	245	235	180
fraguado final a 30 °C (min)	355	325	315	235
Pulso ultrasónico a 6hs (m/s)	1005	1380	1130	1830
Resistencia a compresión, 12 hs (MPa)	1	1	1	2
Resistencia a compresión, 24 hs (MPa)	7	8	6	11
Resistencia a compresión 28 días (MPa)	30	29	33	31

Materiales

En los hormigones se utilizaron cementos de igual clase resistente, producidos a escala industrial con distintos clínkeres, pertenecientes a los tipos CAH, CPC y CPF de la norma IRAM 50.000 (Tabla 1). El agregado grueso fue un gneis triturado de 26,5 mm de tamaño máximo y el agregado fino una arena natural de módulo de finura 2,9. El hormigón, sin aditivos químicos, contenía 345 kg/m³ de cemento, 780 kg/m³ de arena, 1170 kg/m³ de agregado grueso y relación agua cemento 0.53 para 10±2 cm de asentamiento (Tabla 2).

Procedimientos

Se evaluaron la contracción, el agua evaporada y la extensión de la fisuración en las mezclas frescas sometidas a un ambiente con humedad relativa de 70 ± 5 %, temperatura ambiente de 32 ± 2 °C y velocidad del aire de 10 a 11 m/s para una tasa teórica de evaporación de aproximadamente 1 kg/m²h [8]. La temperatura del hormigón en todos los casos fue de 30 ± 2 °C. Una serie de hormigones fue sometida a estas condiciones sin protección de ningún tipo, mientras que una segunda serie fue protegida con una membrana de curado polimérica en solvente orgánico, aplicada a razón de 200 g/m². Todas las determinaciones informadas se efectuaron dentro de las primeras 6 horas desde colocado el hormigón en los moldes.

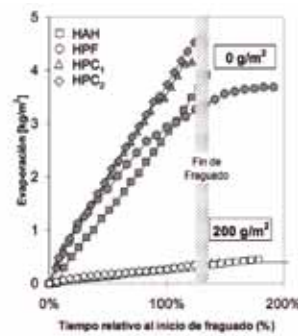


Figura 1: Pérdida de agua en hormigones (0 y 200 g/m² de membrana de curado).

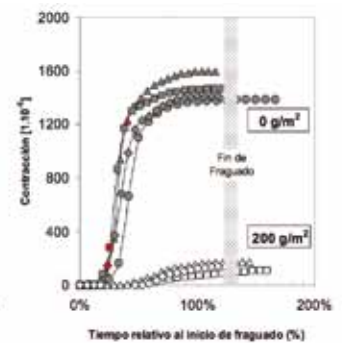


Figura 2: Contracción en hormigones (0 y 200 g/m² de membrana de curado).

Medición de la Contracción: se efectuó sobre moldes de acero de 500 x 100 x 100 mm provistos de anclajes deslizables en cada extremo, con desplazamiento libre según el eje longitudinal que transmitían la deformación del hormigón a micrómetros para su medición. [9]

Medición de fisuración y pérdida de agua: la fisuración fue inducida en un molde metálico rígido de 500 x 500 x 60 mm en el cual la deformación del hormigón fue restringida por 20 pernos roscados provistos de tuercas y arandelas en sus extremos libres. Los pernos se distribuyeron en el perímetro interno del molde a la mitad de su altura. [10] Se registró el tiempo de aparición de primera fisura, el ancho promedio de fisuras y se calculó el área de fisuras. La pérdida de agua del hormigón de estos moldes se midió pesando los mismos a intervalos de 15 minutos.

Resultados

Pérdida de Agua: La figura 1 presenta el agua evaporada en el transcurso del tiempo en hormigones con y sin membrana de protección. Los hormigones sin membrana, tuvieron una pérdida total de agua de entre 3,6 y 4,6 kg/m² y su velocidad promedio de pérdida de agua fluctuó entre 0,72 y 0,82 kg/h.m². En el caso de los hormigones protegidos con membrana, tanto la pérdida total de agua como la velocidad promedio de pérdida fueron diez veces menores.

Contracción: La figura 2 presenta la contracción experimentada por los hormigones con y sin membrana de curado. Las deformaciones máximas ocurridas en las primeras 6 horas superaron el valor crítico de 1000.10⁻⁶ alcanzando entre 1400 y 1600.10⁻⁶ en los hormigones sin membrana de curado. Por el contrario, los hormigones con membrana de curado experimentaron contracciones diez veces menores.

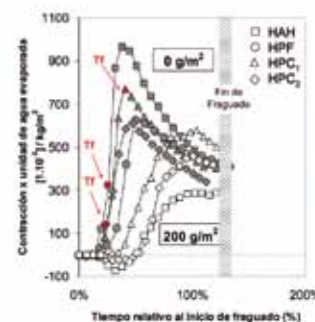


Figura 3: Contracción por unidad de agua evaporada (0 y 200 g/m² de membrana de curado).

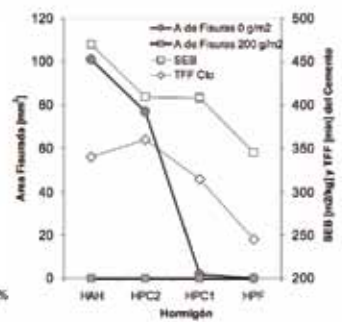


Figura 4: Tiempo de fin de fraguado (TFF), finura del cemento (SEB) y área de fisuras.

La figura 3 presenta la evolución de la contracción con el transcurso del tiempo por cada kg/m² de agua evaporada en los hormigones con y sin curado. Se observa que para los hormigones sin curado la contracción producida por unidad de agua evaporada aumentó sostenidamente hasta

alcanzar un valor máximo para cada hormigón a partir del cual comenzó a decrecer. Dichos máximos ocurrieron en el ámbito del 40% a 50% del tiempo de inicio de fraguado a 30°C de los correspondientes hormigones. En este punto la contracción producida por cada kg/m² de agua evaporado fue significativamente diferente para los distintos hormigones aumentando en general con el aumento de finura del cemento usado.

Análogamente se comportaron los hormigones con membrana de curado en los cuales las máximas contracciones por unidad de agua evaporada fueron de inferior magnitud que en los hormigones sin curado y más cercanos al inicio de fraguado. En concordancia con la mayor proximidad a la etapa endurecida (3), no se evidenció efecto de la finura en los valores máximos de contracción por unidad de agua evaporada.

Area de fisuras: La figura 4 presenta el área de fisuras de los distintos hormigones. Se observa que ninguno de los hormigones con membrana de curado presentó fisuras. Por el contrario hubo una clara ocurrencia de fisuras en los hormigones HAH y HPC₂ sin membrana de curado, mientras que los hormigones HPC₁ y HPF en la misma condición estuvieron libres de fisuras ó bien mostraron fisuración incipiente.

La figura 4 muestra que el área de fisuras de los hormigones sin curado fue más extensa en aquellos que jugaron cementos con superficie específica más alta y tiempos de final de fraguado más largos, mientras que fue nula ó prácticamente nula en el extremo opuesto de finura y tiempo final de fraguado. El tiempo de aparición de primera fisura (Tf) de los hormigones HAH y HPC₂ fue 24 y 26% del tiempo de inicio de fraguado respectivamente (figura 3), es decir prácticamente al inicio de la etapa (2), mientras que la fisura incipiente del hormigón HPC₁ fue detectada a 40% del tiempo de inicio de fraguado, es decir más avanzada la etapa (2) y coincidiendo con el instante de mayor deformación por unidad de agua evaporada.

Consideraciones

Importancia del curado adecuado: el curado con 200 g/m² de membrana redujo la pérdida de agua y la contracción, desplazándola hacia la etapa endurecida (3) y evitando la fisuración de todos los hormigones independientemente del cemento utilizado.

Consecuencias del curado deficiente: la velocidad de evaporación, la cantidad total de agua evaporada y la magnitud de la contracción de los hormigones sin membrana fue un orden de magnitud superior respecto a los hormigones bien curados. Más rápidas y mayores contracciones por unidad de agua evaporada ocurrieron más lejos del estado rígido, provocando fisuras en la mayoría de los hormigones.

Contribución del Cemento: los hormigones sin curar que presentaron mayor área de fisuras fueron los que jugaron cementos con elevadas finuras y/o tiempos de fraguado. Por el contrario los que presentaron fisuración incipiente ó nula reunieron cementos con finuras y/o tiempos de fraguado más reducidos. Basados en estos resultados y en la experiencia verificada en obra, los autores sugieren que independientemente del tipo y composición del cemento, puede contribuirse favorablemente a minimizar la extensión de la fisuración de hormigones mal curados, ajustando apropiadamente su finura y velocidad de hidratación, controlando así la exudación y las fuerzas capilares que originan la contracción y la duración de la etapa crítica de formación de esqueleto (2).

CEMENTO – CUANTIFICACION DE PROPIEDADES DESEABLES

A comienzos de la década pasada se presentaron en Argentina numerosos eventos de fisuración en pavimentos, ocurridos principalmente durante la

etapa (2). Hasta ese momento los problemas habían sido solucionados corrigiendo deficiencias en la colocación y el curado, pero en estos casos, la utilización de buenas prácticas de protección y curado superficial parecían insuficientes para el control del problema.

En general, los casos involucraban hormigones de relación a/c < 0.45, de consistencia rígida colocados con pavimentadoras de alto rendimiento. Al mismo tiempo las fisuras desaparecían cuando en las mismas obras se utilizaban hormigones de relaciones a/c mayores para construir losas de pavimento semejantes pero empleando encofrados fijos, reglas vibradoras y fratasas manuales. En todos los casos los materiales componentes del hormigón se mantenían invariables para ambas tecnologías constructivas. En todos los casos, las bases eran suelos muy finos tratados con cemento con elevada absorción capilar y que se adherían fuertemente a las losas, imponiendo una severa restricción a sus deformaciones.

Para eliminar el problema en el caso de las losas construidas con pavimentadoras de alto rendimiento, fue necesario interponer una membrana plástica entre la subbase y el pavimento.

La fisuración ocurrió con cementos de diferentes tipos, composiciones, características físicas y origen y se observó que aquellos con desarrollo más rápido de resistencia presentaban menos inconvenientes. Así, el Instituto del Cemento Portland Argentino [11] inició evaluaciones de contracción química, autógena y resistencia a 12 horas sobre estos cementos, encontrando indicios de que las mismas podían ser una herramienta útil para seleccionar los cementos más adecuados para este tipo de uso. A partir de allí los autores del presente trabajo iniciaron el seguimiento de dichas variables en diferentes obras correlacionando diversas situaciones operativas para establecer un criterio que permitiera cuantificar la tendencia a la fisuración con diferentes cementos. A continuación se presentan los resultados obtenidos.

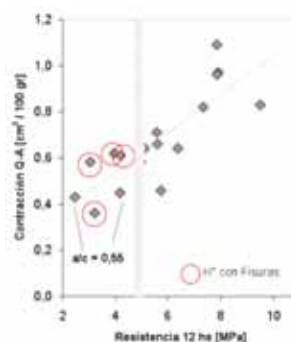


Figura 6: Cemento; contracción (Q-A) vs resistencia a 12 hs y eventos de fisuras temprana en obra.

Materiales y Procedimientos

Con la finalidad de correlacionar propiedades medidas en laboratorio con el desempeño relativo a la fisuración en obra, se evaluaron distintos cementos (CPN, CPF, CPC y CPP) de clase resistente CP40, en uso en varias obras de pavimentación. Se registraron características de las obras tales como tipo de bases utilizadas, relación a/c de sus hormigones, y condiciones de colocación y curado, entre otras.

Para todos los cementos se determinó la contracción Química (Q) y la contracción Autógena (A) en pastas de relación a/c 0.28 y la resistencia a compresión de morteros con relación a/c de 0.35 dentro de las primeras 12 hs. Esta edad en la frontera entre las etapas (2) y (3), representa con bastante proximidad el momento de mayor desarrollo de calor del hormigón. Bajas relaciones a/c empleadas fueron seleccionadas con la intención de magnificar los efectos autógenos, que se vuelven más significativos

a medida que baja la relación a/c y representan una condición frecuente en las tecnologías constructivas de alto rendimiento actualmente disponibles. Información relacionada a la medición e interpretación de estas propiedades se encuentra en las referencias [6,12,13].

Resultados Obtenidos

Se observó una clara correlación entre la resistencia a 12 horas y la contracción Q y también con la diferencia entre contracciones Química y Autógena (Q-A) (figuras 5 y 6). Esta última magnitud ha sido informada como medida de los esfuerzos internos que generan fisuras en pastas de bajas relaciones a/c. [13] La correlación observada entre la resistencia a 12 horas y la contracción Q obedece a que para una determinada relación a/c, ambas propiedades dependen directamente del grado de hidratación alcanzado por la pasta, es decir, de la cantidad de silicato de calcio hidratado que se ha producido [2]. No se hallaron evidencias que vincularan el estado de fisuración observado en obra con estas propiedades ni con los distintos tipos de subbases y cementos empleados. En el caso del tipo de cemento se encontraron hormigones elaborados con cementos de igual tipo que experimentaron fisuras ó no, dependiendo fundamentalmente de la resistencia a 12 horas del mismo. Este aspecto se grafica en las figuras 5 y 6 donde todos los hormigones que experimentaron fisuras en obra fueron elaborados con cementos de resistencias a 12 horas inferiores a 4.2 MPa, e incluso con contracciones Q medias a muy bajas.

Finalmente, a fines estimativos se encontró que el nivel de resistencia de 4,2 MPa a 12 hs corresponde a una resistencia de 10 MPa a 24 hs ($R^2=0,73$) en el ensayo normalizado de control de resistencia de la norma IRAM 1622.

Consideraciones

Contracción química y autógena, interrogantes: los resultados disponibles permitirían definir valores deseables para estas propiedades, sin embargo los cementos con mayor contracción (Q-A) son los que menos fisuras experimentaron en obra, contradiciendo antecedentes que señalan que el incremento de esta magnitud indicaría una mayor capacidad de generación de fisuras internas en la pasta de cemento. La interpretación del significado práctico de estos resultados aún requiere de estudios complementarios.

Resistencia a 12 horas, significado e importancia: el logro de un adecuado nivel de resistencia a 12 horas es, hasta el momento, la más confiable de las propiedades de control utilizada por los autores para controlar cementos para pavimentos. Constituye una medida indirecta de su velocidad de reacción a edades tempranas y ha definido, junto con el tiempo de fraguado, un criterio de conformidad suficientemente confiable. Esta propiedad ha sido utilizada satisfactoriamente por los autores como criterio de control y conformidad del cemento utilizado en más de 1.000.000 m³ de hormigón de pavimentos.

CEMENTO - CONTROL DE PROPIEDADES

Los resultados y antecedentes previamente expuestos confirman que, limitando el análisis al ámbito del hormigón, la baja velocidad de hidratación y desarrollo de resistencia a edades tempranas constituye un potencial contribuyente a su fisuración, particularmente en la etapa (2). Por el contrario, se ha mencionado que una elevada velocidad de hidratación también puede contribuir con los mecanismos térmicos de fisuración temprana en la etapa (3).

Factores externos al cemento como la temperatura del medio am-

biente y del hormigón, presencia, tipo y dosis de aditivos químicos, y también las características del cemento utilizado, afectan la velocidad de hidratación del hormigón. En lo que refiere al aporte del cemento al comportamiento temprano de los pavimentos, se ha implementado un plan de seguimiento de propiedades que permiten mantener su velocidad de reacción acotada según parámetros predeterminados. El modelo físico asumido en dicho plan de controles se muestra en la figura 7.

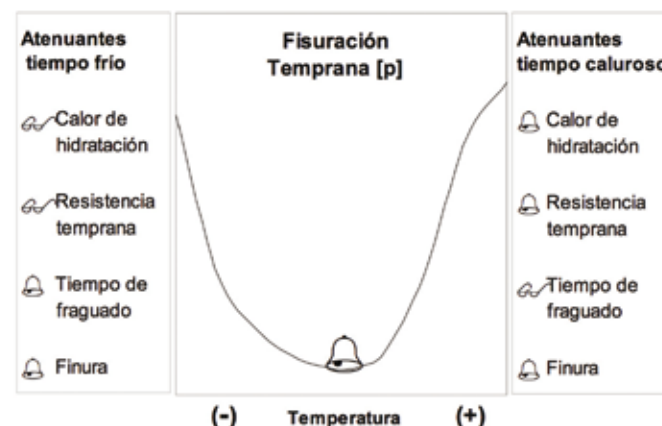


Figura 7: Probabilidad de fisuración temprana, temperatura ambiente y propiedades deseables en el cemento (modelo conceptual)

A continuación se presenta el plan de controles que involucra tanto propiedades físicas del cemento, como evaluaciones de comportamiento temprano en pasta, mortero y hormigón. Los mismos forman parte de controles periódicos efectuados a cada molienda de cemento destinada a pavimento con el fin de mantenerla dentro de parámetros preestablecidos. Los mismos proporcionan información rápida que permite tomar decisiones en lapsos de tiempo del orden de 12 horas. Los gráficos típicos de control se presentan en la figura 8, donde se resaltan puntos singulares que indicaron alarmas ó anomalías.

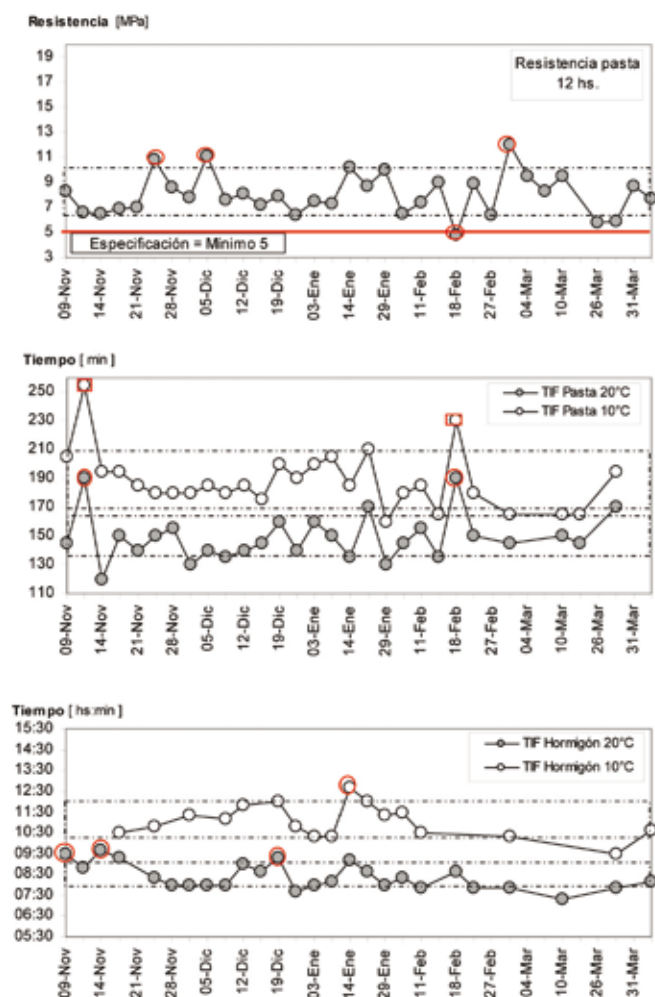
Control de propiedades físicas - cemento

Involucra ensayos de rápida ejecución que dan una primera noción de cambio potencial en el comportamiento del cemento. En este sentido, el grado de partición del cemento afecta la velocidad de desarrollo de hidratación incidiendo sobre el mecanismo de depresión capilar que gobierna la contracción en la etapa (2) [4]. Al mismo tiempo, el contenido de partículas grandes mide la cantidad de cemento que no se hidratará totalmente y ambos son indicadores indirectos del potencial de hidratación [6]. Por ello se controlan dos indicadores de finura: la superficie específica Blaine (SEB) y el contenido de partículas > 32 µm.

Control de comportamiento temprano – pasta y mortero

Estos controles ratifican ó rectifican las estimaciones rápidas que pudieron efectuarse con los controles físicos previos. Informan el comportamiento del cemento en relación a su velocidad de hidratación en las primeras doce horas. Estos controles se efectúan a temperaturas normales y bajas para detectar eventuales efectos anormales. Estas verificaciones de comportamiento a 12 horas incluyen la resistencia a compresión en mortero y el tiempo de fraguado a 10 y 20 °C en pasta.

Los gráficos de control de la figura 8 muestran un mínimo requerido para la resistencia a 12 hs. de 5 MPa, valor que depende tanto de la experiencia particular del fabricante de cemento como de las condiciones imperantes en la obra.



Control de comportamiento temprano – hormigón

Estos controles se efectúan sobre un hormigón con aditivo plastificante (lignosulfonato) de características y composición estandarizadas representativo de hormigones típicamente utilizados en pavimentos. Las evaluaciones incluyen dos temperaturas (20 y 10 °C) a fin de detectar efectos no deseados derivados del cemento ó de su interacción con los aditivos y las bajas temperaturas que pudieran extender el período vulnerable del hormigón. Las propiedades evaluadas bajo estas condiciones son el tiempo de fraguado y la resistencia a compresión a la edad de 1 día.

Consideraciones

Importancia del control enfocado a pavimentos: Los controles presentados complementan el control regular de producción de cemento y, a diferencia de aquel, estiman rápidamente el comportamiento del hormigón del pavimento.

Importancia del control enfocado a edad temprana: Las evaluaciones informadas están orientadas a pronosticar el comportamiento a edad temprana, contemplando una variedad de determinaciones que permita diferenciar entre inconvenientes reales y falsas alarmas. Este enfoque proporciona una alta probabilidad de que un desvío en la velocidad de reacción del cemento pueda ser detectado antes de su uso en obra.

HORMIGÓN EN OBRA – CONTROL DE ASPECTOS OPERATIVOS

A continuación se muestran situaciones observadas en obras de pavimento. La información se presenta en términos de impacto directo ó como contribución indirecta al potencial de fisuración del pavimento en las etapas (1) a (3) y proviene de situaciones reales verificadas en distintas obras.

Protección y curado

En los pavimentos ejecutados con terminadoras de alto rendimiento, estas tareas se realizan con equipos autopropulsados que distribuyen uniformemente compuestos formadores de membrana sobre la superficie del pavimento fresco disminuyendo su evaporación y protegiéndolo contra la radiación solar. El efecto de los polímeros disueltos en solventes orgánicos comúnmente utilizados en nuestro país ya se ha mostrado en las Figura 1 a 4. Las dosis de aplicación típicas son de entre 150 y 250 g/m². El propósito de retener el agua en el hormigón es protegerlo contra la evaporación, particularmente dentro de la etapa (2), previendo la fisuración y promoviendo la normal hidratación del cemento y el desarrollo de resistencia mecánica. El uso de este tipo de membranas no es tan generalizado en los pavimentos urbanos de Argentina, y en aquellos en que se aplican se lo hace manualmente con mochilas aspersoras. En estos casos la dosis aplicada y su uniformidad es mucho más variable.



Figura 9: Membrana mal formada, frágil y quebradiza (control cualitativo)



Figura 10: Membrana bien formada, flexible y resistente (control cualitativo)

Además de la dosis de membrana de curado aplicada, la inmediata colocación de la misma resulta definitiva del comportamiento del hormigón, esta debería ocurrir dentro de la etapa (1) y claramente antes del inicio de contracción mostrado en la figura 2, es decir mucho antes de los 30 minutos. En la práctica de obra resultan particularmente vulnerables a la fisuración temprana los principios y finales de jornada en los cuales el proceso constructivo es más lento y retrasa la aplicación del curado. En estas condiciones el hormigón puede permanecer sin protección por períodos relativamente prolongados.

En obra se han verificado eventos de fisuración relacionados con aspectos menos evidentes del curado. En tal sentido, las figura 9 y 10 muestran la formación deficiente de una membrana de curado y la formación eficiente de otra, ambas membranas fueron bien colocadas en obra en lo que hace a dosis y oportunidad. Una de ellas fue la causa de fisuras detectadas en la etapa (2) y la otra la solución del problema respectivamente.

Subbases

Estos componentes del pavimento interactúan con el hormigón a edad temprana intercambiando calor, fluidos y restringiendo deformaciones debido a fricción y adherencia en sus interfases. La intensidad de interacción depende del tipo de base involucrada y en sentido creciente abarcan desde bases granulares densas hasta estabilizados con cemento y hormigones pobres. Según el estado del arte, las mayores restricciones deberían ser contrarrestadas con menor longitud de losas, mayor profundidad de aserrado de juntas y/o uso de antiadherentes [4].

En la experiencia local existen varios ejemplos de fisuración en la etapa (2) generados por la interacción con subbases, agravados por cementos de desarrollo lento de resistencia que originaron situaciones como la de la figura 11. Efectos semejantes se han registrado debido a retrasos de hidratación ocasionados por sobredosis involuntarias de aditivos. En estos casos, subbases muy absorbentes (suelos A4 estabilizados con cemento, absorción capilar: 10-12 %) llevaron a interponer films impermeables antiadherentes entre éstas y el hormigón para evitar la fisuración temprana (figura 12). En las mismas obras el film era innecesario con subbases de asfalto reciclado estabilizado con suelo y cemento (absorción capilar 3-4 %).

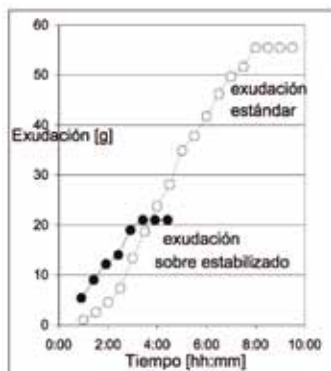


Figura 11: exudación de hormigón de calzada. Condición estándar y sobre suelo-cemento (A4).



Figura 12: film de polietileno entre hormigón y subbase A4 estabilizada con cemento.

En algunas zonas de la Argentina se comercializan mezclas de agregados triturados y fracciones finas con distribuciones granulométricas típicas de 0 a 19 mm para preparar subbases de pavimentos urbanos. El tipo y contenido de fracción fina en estas mezclas es muy variable, típicamente pueden contener entre 20 y 80 % de materiales muy plásticos que pasan el tamiz N°10 y califican como A-6 según el HRB. Las subbases construidas con

estos materiales pueden absorber grandes cantidades de agua del hormigón fresco y dada la falta de uniformidad en sus características, generan fenómenos frecuentes y aleatorios de fisuración en la etapa (2). Las fisuras han aparecido incluso bajo condiciones óptimas de curado en la superficie superior del pavimento y utilizando cemento de propiedades adecuadas. Las figuras 13 y 14 muestran imágenes tomadas en ocasión de estos fenómenos de fisuración.

Eficiencia de Juntas - Alineación de barras

El objetivo básico de las barras pasadores es lograr una adecuada transferencia a nivel de juntas generando, junto con el aserrado, la zona de fisuración programada de los pavimentos con juntas.

La falta de alineación en los pasadores ocurre frecuentemente en los pavimentos ejecutados con métodos manuales y es menos frecuente en pavimentos construidos usando pavimentadoras con inserción automática de barras. El indicio visible del defecto son fisuras originadas por la generación de un vínculo muy rígido y no deseado entre losas contiguas (figuras 15 y 16), las cuales pueden llegar a ser confundidas con fisuras características del aserrado tardío ó con efectos térmicos severos. Estas fisuras aparecen frecuentemente dentro de las 72 hs pero, dependiendo de las condiciones imperantes, pueden llegar a retrasarse. La ocurrencia más o menos rápida de las mismas puede ser estimulada por condiciones térmicas internas y/o externas al hormigón.



Figura 13: Aspecto de material granular 0 a 19 mm para subbase (estado seco)



Figura 14: Plasticidad "visible", fracción fina de material granular 0 a 19 mm para subbase (estado húmedo)



Figura 15: pasadores desplazados, losa demolida por fisuras transversales.



Figura 16: Vista lateral de los pasadores de la figura 15.

Tiempo caluroso y contenido de cemento.

El tiempo caluroso implica mayores temperaturas de colocación, mayor pérdida de agua y necesidad de mayor contenido de cemento para mantener la resistencia del hormigón. La figura 17 muestra el resultado de un modelo matemático que estima la resistencia a compresión del hormigón de pavimento en función de variables que incluyen a la consistencia y temperatura de colocación. El mismo fué obtenido efectuando regresiones múltiples sobre los resultados de obra obtenidos con un determinado grupo de materiales y tecnología de alto rendimiento. La figura 18 utiliza dicho modelo para estimar el contenido de cemento necesario para mantener una determinada resistencia a compresión en el hormigón bajo distintas condiciones de consistencia y temperatura en estado fresco.

Se observa que entre invierno y verano la diferencia en el contenido de cemento requerido para mantener la misma resistencia mecánica puede alcanzar los 47 kg/m³. La figura muestra que un eventual cambio en las condiciones operativas que requiriera modificaciones de la consistencia de colocación en obra podría reducir ó aumentar sensiblemente esa brecha.

Dado que el contenido de cemento afecta la concentración de partículas finas y, con ello, el fenómeno de depresión capilar que origina la contracción, también modifica el riesgo de fisuración en la etapa (2).

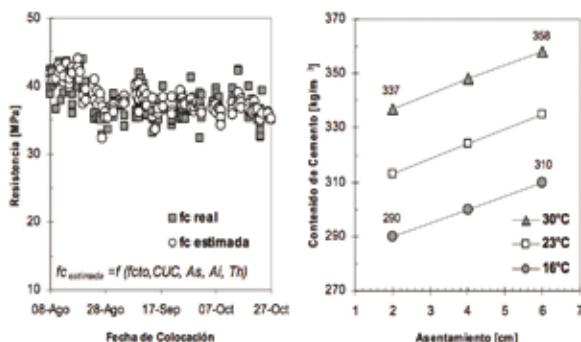


Figura 17: Modelo de predicción de la resistencia en obra (regresión múltiple de datos de una determinada obra)

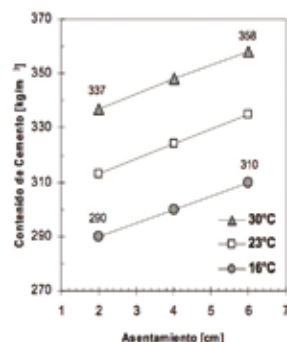


Figura 18: Contenido de cemento vs asentamiento y temperatura. (calculados con el modelo de figura 17)

También el pico máximo de temperatura del hormigón originado en la hidratación del cemento podría aumentar en aproximadamente 1°C por cada 10 kg/m³ de cemento [14], con lo cual el mayor contenido de cemento necesario en verano podría incrementar sensiblemente el pico máximo de temperatura del hormigón respecto del invierno. Este incremento debe sumarse a la mayor temperatura de colocación del hormigón producido en verano y ambos contribuyen a una mayor deformación de origen térmico al enfriarse las losas del pavimento. Consecuentemente las altas temperaturas en obra conjugan más de una condición desfavorable para la fisuración en las etapas (2) y (3). Si bien es imposible controlar los aspectos meteorológicos y climáticos, todos sus efectos pueden ser atenuados e incluso eliminados aplicando medidas operativas y recursos tecnológicos apropiados en obra.

CONCLUSIONES

Evitar la pérdida de agua en el hormigón del pavimento empleando métodos de curado eficientes es una condición necesaria para evitar la aparición de fisuras en la etapa (2). Por el contrario el curado deficiente facilita la pérdida de agua, proveyendo las condiciones para la aparición de fisuras. El curado eficiente debe involucrar necesariamente a las superficies superior e inferior del pavimento.

Ajustando apropiadamente la reactividad y la finura del cemento se puede contribuir a minimizar la aparición de fisuras en pavimentos de hormigón con eventuales deficiencias de curado.

La resistencia a compresión a la edad de 12 horas, evaluada en mortero de baja relación a/c, es un buen indicador de la reactividad a edad temprana del cemento y es particularmente útil para diseñar y controlar el cemento a emplear en pavimentos.

Los aspectos operativos y las condiciones de obra deben ser cuidadosamente tratados. Los mismos afectan el comportamiento del pavimento a edades tempranas y sus efectos pueden superar ampliamente todas las precauciones tecnológicas que pudieran tomarse en el diseño del cemento y del hormigón. ♦

REFERENCIAS

- [1] Delatte N. "Concrete Pavement Design, Construction, and Performance", Taylor and Francis Ed, (2008), pp 372.
- [2] Holt E. "Early Age Autogenous Shrinkage of Conc.", VTT Publications (2001), pp 1-47.
- [3] Holt E. "Self Dessication and its Importance in Concrete Technology", Proceedings of the Third International Research Seminar, Lund (2002), pp 1-25.
- [4] Ruiz, Rasmussen, Chang, Nelson, Computer-Based Guidelines For Concrete Pavements Volume II—Design and Construction Guidelines and HIPERPAV II User's Manual, FHWA publication (2005), pp 173.
- [5] Taylor, Kosmatka, Voigt, Integrated Materials and Construction Practices for Concrete Pavement: A State-of-the-Practice Manual, FHWA Publication (2007), pp 350.
- [6] Burrows R, Kepler W, Hurcomb D, Schaffer J, Sellers J, Three simple tests for selecting low-crack cement. Cem. And Conc. Composites 26 (2004), pp 509-519.
- [7] Won M, Kim D, Cho Y, Medina Chavez C. Long Term Performance of Continuously Reinforced Concrete Pavement in Texas, International Conference on Long-life Concrete Pavements, Illinois (2006).
- [8] Uno, P.J. "Plastic Shrinkage Cracking and Evaporation Formulas", ACI Materials Journal, Vol 95, No 4, July-August 1998, pp 365-375.
- [9] Baalbaki, M. (2000) "Escocem LS – Low Shrink Cement", 5th International Product Development Focus Meeting (Holcim), Aug-Sept, Montreal, Canadá.
- [10] Della Croce G, Fornasier G., "Fisuración por Contracción Plástica: Propuesta de un Método de Ensayo para Evaluar y Cuantificar el fenómeno", Memorias 15a Reunión Técnica Asociación Argentina de Tecnología del Hormigón, (2003) T-21.
- [11] Souza E, "Procedimiento para Cuantificar la Contracción en Pasta de Cemento" – Instituto del Cemento Portland Argentino – División Pavimentos – ICPA – (2004)
- [12] Faletty, González, López, "Evaluación de la tendencia a la fisuración de cementos" – 16ª Reunión Técnica AATH (2006). pp 397-404.
- [13] Kosmatka, Kerkhoff, Panarese, Tanesi, "Diseño y Control de Mezclas de Concreto" – Boletín de Ingeniería EB201, Portland Cement Association (2004), pp 305-320.
- [14] ACI 211.1-91 - Standard Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete – ACI Manual of Concrete Practice (2005)

Shell Bitumen



SHELL CARIPHALTE AM3

La fórmula ganadora
para exigencias extremas.



2A



Construimos el camino del progreso

2A DOS ARROYOS

www.dosarroyos.com.ar