

Construimos **Desarrollo**



VIADUCTO DEL PORTEZUELO | Prov. de San Luis



www.rovellacarranza.com.ar



JUNTA EJECUTIVA

Presidente: **Ing. GUILLERMO CABANA**

Vicepresidente 1º: **Ing. NICOLÁS M. BERRETTA**

Vicepresidente 2º: **Sr. HUGO BADARIOTTI**

Vicepresidente 3º: **Ing. JORGE W. ORDOÑEZ**

Secretario: **Sr. M. ENRIQUE ROMERO**

Prosecretario: **Ing. MIGUEL MARCONI**

Tesorero: **Sr. NÉSTOR FITTIPALDI**

Protesorero: **Ing. ROBERTO LOREDO**

Director de Actividades Técnicas: **Ing. MARIO LEIDERMAN**

Director de Difusión: **Ing. JORGE SANTOS**

Director de Capacitación: **Ing. NORBERTO CERUTTI**

Director Ejecutivo: **Ing. JORGE LAFAGE**

Director de RRH y Comunicaciones: **Lic. FEDERICO ANDREON**

STAFF



CARRETERAS

Año LIX - Número 219

Octubre de 2015

Director Editor Responsable:

ING. GUILLERMO CABANA

Diseño y Diagramación:

ILITIA GRUPO CREATIVO

ilitia.com.ar

Impresión:

IDG COMUNICACIÓN

de Diseño Valereyes S.R.L.
J. I. Rucci 707 - Ciudadela
Pcia. de Buenos Aires (B1702CWF)
www.idgonline.com.ar

info@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

Dirección, redacción y administración:

Paseo Colón 823, 6º y 7º Piso (1063)

Buenos Aires, Argentina.

Tel./fax: 4362-0898 / 1957



PÁG. 10

INSTITUCIONAL
63º ANIVERSARIO DE LA AAC



PÁG. 25

SEMINARIO
SEGURIDAD VIAL EN LA PAMPA

ÍNDICE



Nota Editorial	04
Próximos Eventos	08
63° Aniversario de la AAC	10
XVII Congreso Argentino de Vialidad y Tránsito	14
El Camino hacia Visión Cero	16
Visión Cero y la Psicología del Usuario de la Vía Pública	20
Seminario de Seguridad Vial Aplicada en La Pampa	25
Entrevista al Ing. Nelson Periotti	26
Obras de Infraestructura: Túnel Internacional Cristo Redentor	32
Entrevista al Ing. Marcelo Ramírez	40
Viaducto del Ferrocarril Belgrano Sur: Llegada a Constitución	44
Tecnología ITS y Cambio Tecnológico en Av. General Paz	50
El Transporte de Cargas por la Av. General Paz	55
Breves	60

TRABAJOS TÉCNICOS

01. Influencia económica de mejoras del diseño geométrico en un tramo de autopista	68
02. La gestión de activos viales en los países latinoamericanos: implementando nuevas ideas y procedimientos	92

DIVULGACIÓN

03. Una alternativa a las mezclas mac de alto módulo para capas de base, de larga duración, económicamente eficientes y eco-amigables.	98
04. Cartilla de asfaltos para uso vial #3	106
05. Bases y subbases en pavimentos de hormigón	109



PÁG. 26

ENTREVISTA
ING. NELSON PERIOTTI



PÁG. 32

OBRAS DE INFRAESTRUCTURA
TÚNEL INTERNACIONAL CRISTO REDENTOR



Ing. Guillermo Cabana

Presidente de la Asociación
Argentina de Carreteras

Editorial

COMPROMISOS PARA EL FUTURO

Ésta será la última vez que nos comuniquemos por este medio antes de un cambio de gestión, después de muchos años bajo una misma conducción.

No sabemos qué ocurrirá en el futuro, pero nos parece buen momento para reflexionar sobre nuestro pasado inmediato y sobre qué es lo que deseamos para el bien de nuestra patria.

Antes que nada debemos dejar en claro, una vez más, que **estamos convencidos de que mucho se ha hecho en nuestro país en esta última década en materia caminera**. Sin duda, en esta década la inversión en caminos ha ido en permanente crecimiento y hemos conseguido logros notables que siempre hemos destacado en estas páginas. Se ha incrementado notablemente la cantidad de caminos pavimentados y duplicado la cantidad de rutas con más de dos trochas de circulación, resolviendo problemas de capacidad y seguridad que a todos nos preocupaban.

Así, vimos cómo las tres principales ciudades del país se conectaban con una importante autopista, largamente esperada por todos. O también cómo la otrora “ruta de la muerte” daba paso a una ruta multicarril que resolvió los problemas de siniestralidad vial en forma satisfactoria.

Debemos, además, poner el acento en la forma en que, en determinados momentos, se utilizó la inversión vial a modo de política contracíclica, como muchas veces reclamamos en nuestra historia, dejando de ser considerada como un mero gasto para pensarla como una inversión fundamental para el desarrollo de nuestro país.

Compartimos lo expresado por quien tuvo la máxima responsabilidad en la vialidad de nuestro país durante todo este largo período, cuya opinión encontrarán en estas páginas.

Por todo esto debemos felicitarnos.

Pero también tenemos la obligación de preguntarnos si esto ha sido suficiente.

La respuesta la encontramos inmediatamente.

Muchos estudios llevados a cabo en todo el mundo nos indican que existe en los países de medios y bajos ingresos un importante déficit en materia de infraestructura, fundamentalmente en transporte y energía. Y nuestro país no es una excepción.



Ese déficit, en términos generales, es del orden del 60%. Esto implica que para revertir la situación debería realizarse una inversión sostenida en el tiempo, no solo para cubrir el bache existente, sino también para responder a la demanda creciente en un mundo donde la economía se desarrolla, la población crece y las necesidades aumentan.

Hoy en día los organismos internacionales afirman que la inversión en infraestructura del transporte debe ser del orden del 3% del PBI del país. Eso implica, en nuestro caso, alrededor de 15 mil millones de dólares al año.

Está claro que estamos muy lejos de esa cifra de inversión y también está claro que nos debemos más inversiones en nuestras rutas, tanto en su construcción como en su readecuación, en el aumento de sus capacidades y en su mantenimiento.

Está claro también que el sistema carretero es el mayor activo de cualquier país.

¿Cuál es entonces nuestro desafío? MÁS Y MEJORES CAMINOS.

Creemos que éste debe ser el lema de un Estado comprometido. Una red carretera bien diseñada, construida y

mantenida es el motor de la riqueza de un país, pero también es el medio para el acceso igualitario a la salud, la educación, el trabajo y la diversión.

El enfoque estatal debe ser integrador, ya que las autoridades viales deben actuar en sintonía con las que hacen al uso y disfrute de los caminos; las agencias de seguridad vial, las autoridades de transporte, las autoridades de contralor, las fuerzas del orden, etc., todas deben trabajar en pos del mismo objetivo final.

Las rutas deben ser bien construidas, pero también deben ser bien usadas. Y esto es responsabilidad de todos, como hemos dicho en innumerables ocasiones.

Cuando hablamos de **Visión Cero** entendemos que el Estado en su conjunto debe afrontar la responsabilidad de brindar un sistema seguro de transporte.

Cuando hablamos de una política vial estamos hablando de lo mismo. No es la acción exclusiva de las agencias viales la que nos dará una red eficiente. Es la acción mancomunada de las autoridades concurrentes en el uso del camino:

- De la Dirección Nacional de Vialidad, como órgano técnico capaz de planificar, construir y mantener una red carretera.

- De las autoridades del transporte, para reglamentar su uso según lo disponga Vialidad, regulando el transporte, los vehículos habilitados para el tránsito, el control de las cargas, etc.

- De las autoridades de las agencias de seguridad, en todo lo que sea de su competencia.

- De las autoridades de contralor, sean policías federales, provinciales, municipales o gendarmes, todos en una acción única y mancomunada con las autoridades viales.

Todos juntos, todos en acción mancomunada. No unos junto a los otros, sino uno con todos los otros, en una misma acción coordinada.

Ése el único camino.

No es posible seguir admitiendo que cada organismo actúe según su propio impulso y necesidad sin coordinar su accionar con el de los otros.

Finalmente, en esta nueva etapa que nuestro país iniciará pronto, queremos volver a insistir en el tema del mantenimiento vial.

Hemos dicho que el mayor patrimonio de un Estado es su red vial. En nuestro caso ese patrimonio supera los 800 mil millones de pesos y no hemos sabido conservarlo adecuadamente con el consiguiente perjuicio para el erario público, obligado a ejecutar onerosas obras de reconstrucción.

Pero además de este pasivo, esa omisión también es responsable del mayor costo de transporte que deben afrontar nuestros productores y transportistas, sin hablar de las vidas que se pierden en accidentes de tránsito evitables, donde el mal estado de la infraestructura es a veces determinante.

El sistema C.Re.Ma. había dado a buena parte de la red nacional una solu-

ción razonable a un costo realmente conveniente y había logrado alcanzar un estado satisfactorio de la red, como reflejamos en alguna de nuestras notas.

Sin embargo, fue inexplicablemente discontinuado, generando un sínfin de ruinas prematuras de muchos tramos de rutas que hoy no cuentan con este servicio de mantenimiento y conservación.

Es menester tomar conciencia de la vital importancia de este tema y buscar los medios para lograr un estándar adecuado en cada tramo de la red, de acuerdo a sus características y necesidades. Ésta debe ser una tarea continua, tanto en la red nacional como en las redes provinciales.

Una vez más los convocamos a trabajar todos juntos por nuestras rutas, a partir de este nuevo Día del Cami-

no, para compartir alegrías y premios para nuestras mejores obras, como es práctica usual desde hace muchos años, pero también para asumir compromisos para un futuro mejor. •



Construyendo Argentina



JCR S.A.

Sede central
Córdoba 300 cp 3400-Corrientes-Argentina
Te +54 3794-478100

Oficinas en Buenos Aires
Florida 547 p 16 Cp1005 Bs.As-Argentina
Te +54 11 4393-1814/1819

www.jcrelats.com.ar



**PETROQUÍMICA
PANAMERICANA S.A.**

PLANTA FABRICACIÓN ZÁRATE:
FABRICACIÓN DE EMULSIONES ASFÁLTICAS Y DILUIDOS
MEZCLAS ASFÁLTICAS EN FRÍO PARA
PAVIMENTOS URBANOS Y SUBURBANOS
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

EVENTOS

Nacionales e Internacionales

Próximos Eventos 2015



XXII CONGRESO MUNDIAL ITS

Del 5 al 9 de octubre
Bordeaux, Francia

» www.itsworldcongress.com

El XXII Congreso Mundial ITS es el evento más importante de Sistemas de Transporte Inteligente y Servicios del año. Después de 21 años de su creación y primera edición organizada en París, el Congreso Mundial ITS vuelve a Francia, en esta oportunidad a la prestigiosa ciudad de Bordeaux.

Bajo su lema "Hacia la Movilidad Inteligente y la Mejor Utilización del Espacio", este congreso de Bordeaux se enfocará principalmente en cómo una movilidad inteligente cambiará nuestras vidas y en los beneficios que traerá la aplicación de sistemas de ITS.

Se espera la participación de más de 3500 congresistas y 300 expositores, además de cerca de 10 mil visitantes de unos 100 países, lo que generará un inmejorable ámbito de intercambio de experiencias, debate y creación de oportunidades de negocios y cooperación.

Dirigido a:

Técnicos, ingenieros y expertos de los ámbitos público y privado relacionados con la vialidad y la aplicación de sistemas ITS. Funcionarios públicos, consultores, contratistas, proveedores y académicos e investigadores relacionados con los sistemas de transporte inteligente.



10º CONGRESO DE LA VIALIDAD URUGUAYA

14, 15 y 16 de octubre
Montevideo, Uruguay

» www.auc.com.uy

La Asociación Uruguaya de Caminos invita a todas aquellas personas vinculadas al sector vial y del transporte a participar del 10º Congreso de la Vialidad Uruguaya, con el objetivo de intercambiar información y experiencias acerca de nuevas tecnologías y técnicas de trabajo a nivel nacional y regional, promover el desarrollo de nuevos procedimientos y divulgar los trabajos técnicos presentados en el congreso.

El programa técnico incluirá conferencias especiales y la presentación de los trabajos e investigaciones aceptadas por el Comité de Asuntos Técnicos que tendrán cinco ejes temáticos: Tecnologías de Pavimentación, Gestión de Redes Viales, Tránsito y Transporte, Seguridad Vial, y Tecnologías de Obras de Arte.

Dirigido a:

Autoridades, profesionales, técnicos, académicos y expertos de los ámbitos público y privado relacionados con el quehacer vial desde el diseño, la construcción y explotación, la conservación, la operación y la seguridad. Funcionarios públicos, consultores, contratistas, supervisores de obras, proveedores de materiales, equipos y maquinarias, académicos e investigadores.



XXV CONGRESO MUNDIAL DE LA CARRETERA

Del 2 al 6 de noviembre
Seúl, República de Corea

» www.piarc.org

El Congreso Mundial de la Carretera es un foro internacional de gran prestigio en el sector de carretera y el transporte vial. El Congreso evoluciona permanentemente con el fin de convertirse en un foco de conexión entre diversas culturas y contribuir al desarrollo sostenible del sector del transporte por carretera. En el XXV Congreso Mundial de la Carretera Seúl 2015 se establecerá un concepto y una estrategia para crear nuevos valores en materia de carreteras y transporte, basados en los cuatro temas estratégicos de la Asociación Mundial de la Carretera (AIPCR-PIARC): Gestión y Rendimiento, Acceso y Movilidad, Seguridad, e Infraestructura. Este evento se convertirá en un escenario de oportunidades para crear nuevos valores para el futuro del sector del transporte a través de la reunión de sus diferentes actores, la presentación de los resultados de numerosas investigaciones realizadas y de buenas prácticas, el debate entre expertos y profesionales con diversos antecedentes en nuevas tecnologías, casos de diferentes países, y el establecimiento de un sistema de cooperación e intercambio de informaciones.

Dirigido a:

Expertos de carreteras y transporte, autoridades, funcionarios, profesionales, técnicos, consultores, contratistas y académicos relacionados con todos los ámbitos relativos al quehacer vial.



XVIII CONGRESO IBERO LATINOAMERICANO DEL ASFALTO 2015

Del 16 al 20 de noviembre
Bariloche, Argentina
 » www.cila2015.com.ar

Cada dos años se realiza una nueva edición del Congreso Iberoamericano del Asfalto y en 2015 se desarrollará del 16 al 20 de noviembre en la ciudad de San Carlos de Bariloche, en la provincia de Río Negro, en la Patagonia Argentina.

La organización del Congreso está a cargo de la Comisión Permanente del Asfalto de Argentina, entidad pionera en la difusión del buen uso de los materiales asfálticos en Iberoamericano, que en coincidencia con este evento festejará sus 70 años de vida.

Gracias a sus más de 30 años de historia, el CILA se ha convertido en uno de los congresos internacionales más importantes del mundo en la materia, y sin duda alguna el más relevante en Iberoamericano. Durante este evento, la industria del asfalto y todos los actores relacionados con el sector debatirán cuestiones técnicas y científicas referidas al buen uso del asfalto en el marco de amistad y colaboración que siempre ha caracterizado a la "familia CILA".

Dirigido a:

Técnicos y profesionales de la industria del asfalto, empresas constructoras, reparticiones viales, proveedores de equipos, investigadores y laboratoristas de la comunidad académica y de grupos de investigación.

2016



XVII CONGRESO ARGENTINO DE VIALIDAD Y TRÁNSITO

Del 24 al 28 de octubre de 2016
Rosario, Argentina
 » www.congresodevialidad.org.ar

El XVII Congreso Argentino de Vialidad y Tránsito será un foro de ideas acorde a los desafíos que la vialidad y el transporte de Argentina y la región tienen para los próximos años. Esta nueva edición permitirá el intercambio de conocimientos y la transferencia tecnológica, en un ámbito ideal para el debate de ideas entre expertos nacionales e internacionales.

Cómo ya es habitual, se abarcará un amplio espectro de temas dentro de una visión amplia y multidisciplinaria de la problemática vial, que comprenderá desde innovaciones en la construcción de caminos, puentes y túneles; la planificación de la logística en las ciudades y las soluciones para la movilidad urbana; el diseño geométrico y el desarrollo de sistemas inteligentes de transporte, entre otros.

Los Congresos Argentinos de Vialidad y Tránsito han superado las fronteras del país y ya son un evento regional e internacional. Por eso este XVII Congreso será uno de los foros técnicos más trascendentes del año.

Dirigido a:

Profesionales, técnicos, docentes, estudiantes, investigadores y funcionarios de todos los niveles (nacional, provincial y municipal) de nuestro país y del exterior. Consultores, constructores, proyectistas, proveedores, auditores y todos aquellos involucrados en el quehacer vial.

63° ANIVERSARIO de la Asociación Argentina de Carreteras



La Asociación Argentina de Carreteras celebró el pasado martes 21 de julio el 63° Aniversario de su constitución con un cóctel en el Salón Auditorio de la entidad.



La celebración contó con la participación del **Ing. José Francisco López**, Secretario de Obras Públicas de la Nación; el **Ing. Nelson Periotti**, Administrador General de la Dirección Nacional de Vialidad; el **Ing. Jorge Rodríguez**, Presidente del Consejo Vial Federal; el **Lic. Guillermo Dietrich**,

Subsecretario de Transporte de la Ciudad de Buenos Aires; el **Agrim. Jorge Pinto**, Presidente de la Cámara Argentina de Consultoras de Ingeniería (CADECI), y otras autoridades vinculadas al sector.

También asistieron socios y representantes de empresas asociadas, directivos de entidades colegas y profesionales relacionados con la actividad vial y del transporte por carretera.

El **Ing. José Francisco López** fue invitado a dirigir unas palabras a los presentes y aseguró: *“Estamos muy orgullosos del desarrollo de la inversión que generamos juntos en estos 12 años. En este período, la inversión vial creció de una manera muy importante. Vamos a terminar 2015 con una inversión de 3750 millones de dólares, que si la comparamos con los 100 millones de dólares que se invirtieron en 2002 y los 160 millones en 2003, es casi 38 veces mayor”*.

Del mismo modo destacó que *“si bien el volumen de obras que hoy tenemos en ejecución es importante, obviamente se necesitan más, muchas obras más”* y agregó que *“lo que viene es trabajar en la intermodalidad, fortalecer el proceso de integración regional a través de mayor infraestructura. El salto cualitativo se dará con una planificación real, consensuada e intermodal que incluya a los trenes, los puertos y las carreteras”*.

CATEGORÍA "A" - SOCIOS INDIVIDUALES

50 AÑOS

- Ing. JUAN DELLAVEDOVA *(no pudo asistir por un compromiso familiar)*

30 AÑOS

- Ing. PEDRO MARTIN *(no pudo asistir por cuestiones laborales)*
- Ing. RAÚL MARTINUZZI *(no pudo asistir por cuestiones laborales)*



• Ing. ENRIQUE FERREA



• Ing. MIGUEL B. REGO



• Dr. JOSÉ MARÍA ÁVILA



• Ing. GIULIANO ASTOLFONI
(no pudo asistir y recibió en su lugar el Ing. Miguel Marconi)

CATEGORÍA "C" - ENTIDADES COMERCIALES

30 AÑOS

- NOROESTE CONSTRUCCIONES S.A. *(su representante no pudo asistir por cuestiones laborales)*



• SHELL C.A.P.S.A.
(Recibió el Sr. Carlos Rol, Gerente de Bitumen y Lubricantes)



Asociación Argentina de Carreteras

Luego, y como ya es habitual, se realizó la entrega de distinciones a los socios que cumplieron 30 años y 50 años acompañando a la Asociación Argentina de Carreteras y participando en las diversas actividades organizadas durante estos años.

Al cierre del encuentro, el presidente de la asociación, Ing. Guillermo Cabana, invitó a los presentes a realizar un brindis para destacar las principales acciones organizadas por la AAC en este año y los proyectos más trascendentes para el que viene. Convocó especialmente a todos a seguir trabajando y a unir los esfuerzos en la búsqueda de **Más y Mejores Caminos para nuestro país.** •



IMÁGENES DEL EVENTO



COMPROMETIDOS CON LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN



Ofrecemos una solución integral de productos que cubre todas las necesidades de las obras de infraestructura y construcción. Con la mayor variedad de insumos energéticos, asesoramiento técnico y un desarrollo logístico para dar abastecimiento en cualquier lugar de país.

En YPF, construimos el mejor servicio para tu empresa.



**XVII CONGRESO ARGENTINO
DE VIALIDAD Y TRÁNSITO**

9º EXPOVIAL ARGENTINA

24 AL 28 DE OCTUBRE 2016 - ROSARIO



UNA VISIÓN PARA EL FUTURO DE LAS CARRETERAS Y EL TRANSPORTE

XI CONGRESO INTERNACIONAL ITS

XXXVIII REUNIÓN DEL ASFALTO

III SEMINARIO INTERNACIONAL DE PAVIMENTOS DE HORMIGÓN

**XXXVIII
REUNIÓN DEL
ASFALTO**



24 al 28 de octubre de 2016

Centro de Eventos y Convenciones Metropolitano

Rosario, Santa Fe.

ORGANIZAN



Asociación Argentina
de Carreteras



Consejo Vial Federal



Vialidad
Nacional



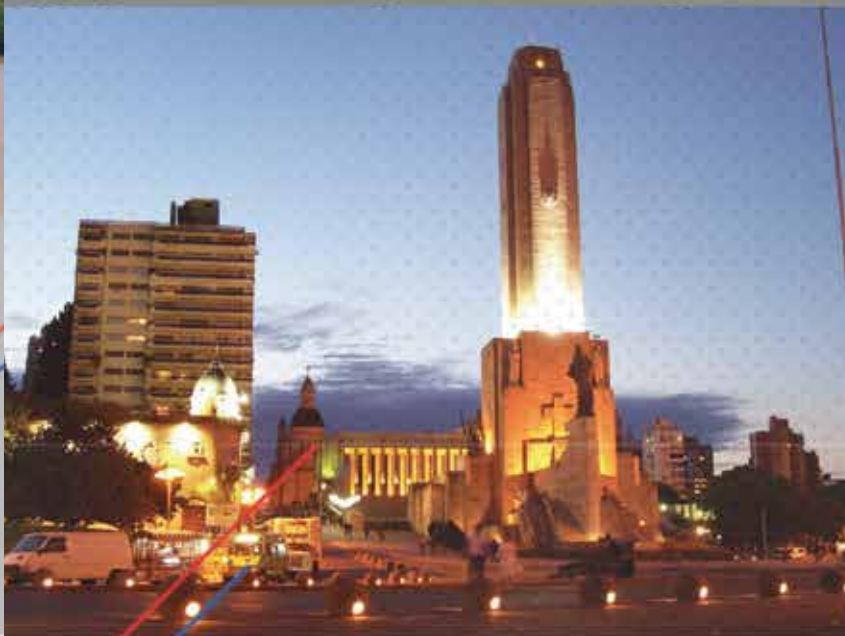
COORDINAN



COMISIÓN PERMANENTE
DEL ASFALTO



Centro de Eventos y Convenciones Rosario



La **Asociación Argentina de Carreteras**, el **Consejo Vial Federal** y la **Dirección Nacional de Vialidad** convocan a todos los profesionales y empresas del sector vial argentino y latinoamericano al **XVII Congreso Argentino de Vialidad y Tránsito**, que se realizará del **24 al 28 de octubre de 2016** en el **Centro de Eventos y Convenciones Metropolitano** de la ciudad de **Rosario**, provincia de Santa Fe. Bajo el lema **Una Visión para el Futuro de las Carreteras y el Transporte**, esta nueva edición contará con un programa técnico de excelencia y permitirá incrementar el intercambio de conocimientos y la transferencia tecnológica, en un ámbito ideal para el debate de ideas entre expertos nacionales e internacionales.

Una vez más el **Instituto del Cemento Portland Argentino**, **ITS Argentina** y la **Comisión Permanente del Asfalto** acompañarán la organización realizando en conjunto el **III Seminario Internacional de Pavimentos de Hormigón**, el **XI Congreso Internacional ITS** y la **XXXVIII Reunión del Asfalto** respectivamente, para potenciar el desarrollo del evento y transformarlo en el gran encuentro de la vialidad argentina y regional del año.

Trabajos Técnicos

Como en cada **congreso**, invitamos a todos los involucrados en los distintos aspectos que hacen a la vialidad y el transporte a presentar sus investigaciones y trabajos en las distintas **áreas temáticas** previstas para el **XVII Congreso Argentino de Vialidad y Tránsito**:

1. Gerenciamiento en redes viales
2. Transporte y logística
3. Movilidad urbana
4. Seguridad vial
5. Pavimentos
6. Proyecto de carreteras
7. Transporte inteligente
8. Ambiente

PLAZOS DE PRESENTACIÓN

Presentación de Resúmenes: hasta el 1 de abril de 2016

Presentación de Trabajos: hasta el 1 de julio de 2016

Nuevamente, se suma a la propuesta académica la **9ª Expovial Argentina 2016**, el mejor espacio para tomar contacto con las últimas novedades a nivel nacional e internacional en cuanto a productos, tecnología, servicios y equipamientos para la vialidad.

Los **Congresos Argentinos de Vialidad y Tránsito** han superado las fronteras del país y ya son un evento regional e internacional y por eso este **XVII Congreso Argentino de Vialidad y Tránsito** será un foro de ideas acorde a los desafíos que la vialidad y el transporte de Argentina y la región tienen para los próximos años.

Más información: www.congresodevialidad.org.ar

EL CAMINO HACIA VISIÓN CERO: EL ROL DE LAS VIALIDADES EN LA TRANSFORMACIÓN

Ing. Adriana Garrido

Comisión de Seguridad Vial de la Asociación Argentina de Carreteras

Visión Cero, una postura ética

El tránsito y el transporte han acompañado la evolución del desarrollo económico y de la vida social de las comunidades desde el inicio de la Historia. Y el tránsito automotor además ha sido y continúa siendo un símbolo de libertad, de estatus y de glamour.

Pero en el último siglo también ha traído consigo muchos daños y muertes en el mundo. Una cantidad de conflictos que afectan nuestra calidad de vida más que cualquier otro tema cotidiano, al punto de convertirse en una amenaza mortal.

En el año 1997 Suecia decidió que ya no estaba dispuesta a pagar ese precio por la libertad y la movilidad.

Así surge **VISIÓN CERO**, como una estrategia que afirma que no puede haber ninguna justificación moral por la muerte de ni una sola persona en el sistema de tránsito y transporte. Su enunciado es una simple frase con un profundo sentido ético: **El único número aceptable de muertos o heridos de gravedad en el sistema de tránsito es CERO.**

Pero para que este enunciado no sea una simple expresión de deseos es necesaria una estrategia muy completa y compleja que permita generar un **SISTEMA SEGURO**. El hito más importante de esta decisión fue la Resolución Parlamentaria de 1997 del Gobierno Sueco, que dispuso que Visión Cero constituyera el fundamento de todo el trabajo relacionado con la seguridad vial. Visión Cero representa el nivel de ambición más elevado que puede tener una sociedad, ya que significa que la concepción de la seguridad en el sistema de carreteras y transportes está de acuerdo con los valores que se aplican en el resto de las actividades de una comunidad.

Se trata nada menos que del respeto y consideración por cada uno de sus habitantes.

Visión Cero implica una **REVOLUCIÓN** en la forma de resolver los conflictos, y como toda revolución involucra nuevos paradigmas.

PARADIGMAS	
Visión Tradicional	Visión CERO
El hombre se adapta al sistema	El sistema se adapta a la capacidad humana y a sus limitaciones
Diseño para la máxima capacidad y movilidad	La seguridad no compromete la movilidad
Focalizarse en los accidentes	Focalizarse en muertos y heridos graves
Conducta humana perfecta	Integrar la falla humana en el diseño
La responsabilidad recae en el usuario	La responsabilidad se comparte entre los que diseñan el sistema y los que lo administran
La industria debe ser forzada	La industria puede ser estimulada

Todos estos conceptos suponen un cambio de mentalidad que puede definirse a través de las siguientes premisas:

- La seguridad es una precondition de la movilidad.
- Se debe poner especial énfasis en la innovación.
- Todas las partes del sistema se correlacionan y ejercen influencia unas sobre otras.

HACIA UN SISTEMA SEGURO

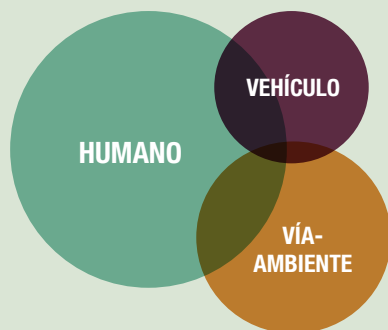
Un **SISTEMA SEGURO** es aquel en el cual los usuarios de las carreteras que se comportan de manera lícita ya no están expuestos a muertes o lesiones graves.

Por eso todas sus partes están diseñadas de acuerdo a la capacidad humana y a sus limitaciones.

- Somos humanos y cometemos errores.
- El cuerpo humano está sujeto a límites de tolerancia bio mecánicos: no está concebido para soportar fuertes impactos o bruscas desaceleraciones.
- Carecemos de capacidad para juzgar la velocidad.

En la visión tradicional, dentro del sistema de tránsito siempre se le adjudicó al factor humano la mayor incidencia en los accidentes; esto es así porque se analizaban las causas de inicio de estos eventos.

VISIÓN TRADICIONAL CAUSAS DEL INICIO DEL ACCIDENTE

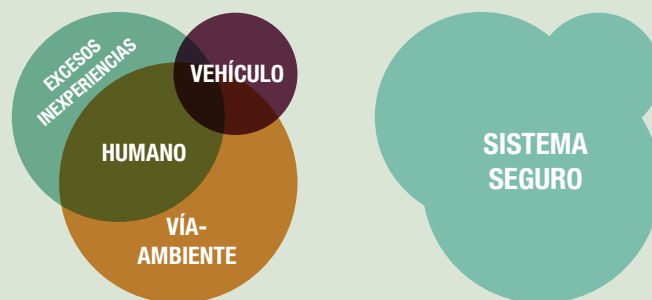


Esta incidencia cambia considerablemente cuando lo que analizamos son las consecuencias de los accidentes. En efecto, ante un mismo error por parte de un conductor que sale de la vía, por ejemplo, el resultado será muy diferente según el diseño de esa vía: si posee banquetas adecuadas y márgenes indulgentes los daños serán mucho menores.



De esta forma la **VISIÓN CERO** pone la mirada en el resultado del accidente más que en las causas, al entender que el ser humano es por esencia falible y siempre cometerá errores.

VISIÓN CERO DAÑOS: MUERTOS Y HERIDOS DE GRAVEDAD



Un **SISTEMA SEGURO** es, entonces, aquel que considera los posibles errores humanos y está diseñado para que los daños provocados no impliquen muertos o heridos de gravedad.

Tengamos en cuenta lo que afirma el especialista noruego Rune Elvik: **“Aun si todos los usuarios de las carreteras cumplieran con todas las normas viales, las víctimas fatales solo se reducirían en aproximadamente un 60% y las lesiones en un 40%.”**

El Rol de las Vialidades en la Transformación

Teniendo como premisa lo señalado en el **Informe de las Naciones Unidas - Caminos Seguros para el Desarrollo - United Nations Road Safety Collaboration – 2010**, necesitamos una transformación en el modo de gestionar nuestra red vial:

“Los incidentes de tránsito son mayoritariamente causados por fallas humanas, pero el mayor potencial sin explotar para evitar muertes y lesiones es a través de los propios caminos.”

En ese marco es fundamental aplicar los objetivos de **VISIÓN CERO** a todo el proceso vinculado al proyecto vial:

- **PLANIFICACIÓN:** uso del suelo y clasificación funcional, control de accesos, categoría de las intersecciones, restricciones para el uso del suelo.
- **DISEÑO:** distancia de visibilidad, alineamiento horizontal y vertical, segregación de vehículos de diferente sentido, masa y velocidad, costados de la calzada y zona despejada, sección transversal de los puentes, consistencia de diseño.
- **CONSTRUCCIÓN:** respeto por los criterios del proyectista, desvíos y señalamiento transitorio de obra, normas de seguridad laboral, control de calidad.
- **OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO:** estado de la calzada, estado del señalamiento y los sistemas de defensa, estado de las banquetas.

Los países que han adoptado la **VISIÓN CERO** tienen como premisa que **LA SEGURIDAD VIAL NO SE NEGOCIA**. Esta consideración es fundamental, ya que puede generar rechazo impulsar medidas de seguridad (límites de velocidad, planificación del uso del suelo, restricción de accesos o medidas de apaciguamiento del tránsito) si la sociedad percibe un compromiso para la movilidad. Por ello el trabajo en la **comunicación de los objetivos y difusión del alcance de los programas de acción asociados a VISIÓN CERO en la comunidad resulta imprescindible**.

RESPONSABILIDADES COMPARTIDAS

Si consideramos el pensamiento tradicional, las responsabilidades recaían principalmente en el usuario. En la **VISIÓN CERO** las responsabilidades se comparten entre los que diseñan el sistema y quienes lo administran. La responsabilidad del ciudadano es cumplir con las normas de tránsito.

Si el ciudadano cumple con las normas de tránsito, el sistema debe garantizar su seguridad. Si los usuarios fallan en obedecer esas reglas, los administradores del sistema son los que deben tomar las medidas necesarias para impedir que se produzcan lesiones.

En nuestro país, con un sistema de gobierno federal con autonomías municipales garantizadas por la constitución nacional, y con tres poderes independientes, la responsabilidad es compartida por una gran cantidad de instituciones que abarcan todos los niveles (nacional, provincial y municipal) y los tres poderes del Estado (Ejecutivo, Legislativo y Judicial). Una compleja matriz que rige toda la actividad vinculada a nuestra vida social y colectiva y, por supuesto, al tránsito.

TODOS LOS NIVELES DE GOBIERNO	TODOS LOS PODERES DEL ESTADO			
	NACIONAL	EJECUTIVO	LEGISLATIVO	JUDICIAL
	PROVINCIAL	EJECUTIVO	LEGISLATIVO	JUDICIAL
	MUNICIPAL	EJECUTIVO	LEGISLATIVO	JUDICIAL

Pero para evaluar si estamos convencidos de iniciar un proceso como éste, quienes pertenecemos a las instituciones responsables de ponerlo en práctica tenemos que preguntarnos: ¿cuál es nuestro número **ACEPTABLE** de muertos o heridos de gravedad en el sistema de tránsito y transporte? ¿Cinco mil? ¿Mil? ¿Quinientos? ¿Cincuenta? Cincuenta parece un número muy bajo. Seguramente lo es, siempre y cuando dicha cifra no incluya a alguno de nuestros seres queridos.

Partiendo del principio que reza que LA SEGURIDAD VIAL NO SE NEGOCIA, y que la vida humana está por encima de cualquier otro bien, el único número aceptable debe ser CERO. •



17 años financiando el Desarrollo Regional y la Generación de Empleo

Ensanche y rehabilitación - Ruta Provincial 11
Provincia de Entre Ríos

 Fondo Fiduciario Federal de Infraestructura Regional
Ley 24.855

Nuestro Organismo, en sus 17 años de gestión, contribuye a la infraestructura Nacional con más de \$4.424.030.962 en créditos otorgados para más de 430 obras, generando más de 6.240.000 jornales directos de empleo genuino.

Para mayor información visite nuestra web en <http://www.ffiir.gov.ar>

Señalar

señalización vial



FABRICANTE
Certificado
de Señalización Vial



LÁMINAS
REFLECTIVAS
con sello
IRAM



SEÑALIZACIÓN VIAL

Carteles
Señales
Ménsulas - Pórticos
Columnas de Alumbrado
Estructuras Metálicas



Fabricante Certificado
Señalar SRL

Tel. 0341 457 457 7 - 456 43 43
carteles@senalar.com.ar
Brasil 151 - Rosario

senalar.com.ar

Visión Cero y la Psicología del Usuario de la Vía Pública

Lic. María Cristina Isoba, Psicóloga

Directora de Investigación y Educación Vial de Luchemos por la Vida, Asociación Civil *



La Visión Cero, surgida en los años noventa en los países del norte de Europa e instalado como política de Estado para la seguridad vial, representa un nuevo paradigma y un enfoque filosófico de la seguridad en el tránsito.

A diferencia de los modelos anteriores de la seguridad vial, que privilegiaban optimizar la movilidad en el tránsito, éste considera que **no es ético aceptar que la gente muera o resulte gravemente herida** como precio a pagar para gozar de movilidad. Al igual que en otros modelos de seguridad, como el de la aviación, la idea es trabajar para que no existan víctimas fatales en el tránsito.

La seguridad y la vida de las personas deben privilegiarse por sobre la movilidad

Este cambio trae aparejado abordajes nuevos en torno a las responsabilidades de cada actor de la seguridad vial y moviliza importantes cambios en la planificación urbana de las vías de circulación, en el diseño automotriz, y en el tratamiento de los usuarios de la vía pública. Sobre esta última cuestión se destaca que **si bien el usuario de la vía es responsable de conocer y obedecer códigos y reglas, en el caso de que falle en su comportamiento** por falta de conocimiento, no aceptación de las reglas o carencia de habilidades, **las autoridades responsables deben trabajar para que ello no vuelva a ocurrir**. En otras palabras, el Estado, a cargo sistema del tránsito, es el principal responsable de lo que en él suceda. Debe generar,

condiciones educativas, de fiscalización y ambientes seguros para prevenir lesiones, aun de los inhábiles o más vulnerables.

Una concepción humanística de la seguridad vial

La **Visión Cero** revoluciona la mirada sobre la seguridad vial y la movilidad ya que pone el eje conceptual en la persona humana, en sus límites físicos y psicológicos y promueve un sistema de tránsito sustentable que contemple:

- **La fragilidad del cuerpo humano**, ya que éste tiene límites, por ejemplo, en sus capacidades perceptivas y motoras y en su tolerancia a los impactos, aun a bajas velocidades.
- **Los límites psicológicos de las personas**, al reconocer que cometen errores. El sistema del tránsito debe tener siempre en cuenta la falibilidad humana, que si bien puede reducirse, nunca podrá eliminarse por completo.

Por lo tanto, **deben adecuarse las vías, los vehículos y las normas de tránsito para evitar accidentes y, en el caso de que estos sucedan, para que los daños sean mínimos**.

Aspectos psicológicos que motivan la conducta humana en el tránsito

Los seres humanos se comportan en el tránsito del mismo modo que en la vida: de acuerdo a sus motivaciones, creencias y estados de ánimo.

En la calle, así como en la casa o en el trabajo, **las personas viven exponiéndose a riesgos evitables. Saben que se están arriesgando pero lo hacen igual porque creen que el riesgo es ínfimo, y sienten que tomar ese “pequeño riesgo” los beneficia.**

El resultado de esta combinación entre una percepción que minimiza el riesgo objetivo y la percepción del beneficio personal por la toma de este riesgo genera un comportamiento aventurado.

El riesgo percibido, tal como lo expresa el psicólogo español **Tomás Martínez Jiménez**, *“es un constructo psicológico complejo en el cual variables como la edad, el sexo, la zona de residencia, la experiencia del sujeto, la educación recibida, las actitudes de los padres, y otros son factores moduladores del mismo”*. Y según Gerald Wilde, creador de “La teoría de la homeostasis del riesgo”, se deriva de tres fuentes:

- a) las experiencias pasadas de la persona y su entorno, incluyendo las experiencias de “cuasi” accidentes, la exposición a reportes de accidentes y estadísticas en los medios de comunicación, etc.
- b) el cálculo del potencial de accidente de la situación inmediata, relacionado con las condiciones del camino, señalización, clima, etc.
- c) el grado de confianza respecto de las habilidades para la toma de decisiones y control del vehículo (estimación de la propia capacidad).

La percepción subjetiva del riesgo, basada en la propia experiencia, puede generar creencias de seguridad que inciten al riesgo. Por ejemplo, en el **caso de un peatón** que circula siempre por un mismo recorrido, cruzando las mismas calles, o un **chofer de camión** de larga distancia que circula diariamente por las mismas rutas, puede existir una sensación de confianza y seguridad que los lleve a arriesgarse aun más, ya que piensan que saben lo que va a pasar (aprendizaje de probabilidades). El peatón puede acostumbrarse a cruzar por mitad de la cuadra y estar menos atento; y el chofer puede habituarse a sobrepasar ajustado o a no respetar las líneas de sobrepaso, a circular distraído, etc. Ambos pueden no respetar los semáforos porque hay poco tránsito, etc.



Estas cuestiones son tenidas en cuenta en la **planificación urbana de la Visión Cero**, promoviendo, por ejemplo:

- la peatonalización de las áreas urbanas con más circulación peatonal, u obligando a reducir la velocidad de los vehículos que circulan por estas zonas, para disminuir la fuerza del impacto en caso de atropellamiento y así bajar la mortalidad de los peatones. Está comprobado que un atropellamiento por un vehículo a menos de 30 KM/H reduce las chances de muerte en más de un 80%.
- en el caso de algunas vías semaforizadas, el reemplazo por rotondas, que disminuirán los riesgos de impactos frontales laterales a alta velocidad, reduciendo las chances de mortalidad.
- el reemplazo de las rutas de un carril por sentido de circulación por vías 2+1, que no permiten el desarrollo de velocidades muy altas, regulan el sobrepaso y presentan un escenario cambiante que incita a mantenerse atento.

Los vehículos deben brindar mayor seguridad a todos sus ocupantes, así como a los posibles atropellados, proveyendo protección al mejorar el control y la estabilidad en la circulación, cambios ergonómicos y adición de elementos de seguridad pasiva para disminuir los riesgos de mortalidad en caso de choque. También se deben reducir las posibilidades de comportamientos riesgosos por parte de los conductores, con alertas de uso de cinturones, sistemas *alcolock*, etc.

Por otro lado, es importante que las autoridades de aplicación fiscalicen **el cumplimiento de la ley para desalentar los comportamientos riesgosos**, realizando controles sistemáticos y sancionando severamente a los transgresores, sin excepciones. El Estado, de este modo, sostiene y jerarquiza la existencia de la ley como factor valioso para el bienestar de la comunidad y como marco de una convivencia armónica y segura entre los integrantes de la sociedad.

Conclusión

La inclusión -revolucionaria- de las capacidades y límites biopsicosociales humanos como ejes conceptuales centrales en el diseño y organización del sistema del tránsito contribuye a una movilidad segura y sustentable, tal como lo demuestra el éxito en la reducción de víctimas fatales lograda por aquellos países de Europa y Oceanía que han adoptado este enfoque.

Un modelo a seguir por la vida y la movilidad en el tránsito. •

Bibliografía de referencia:

- 1) Campbell, B. J. "Behavioral factors in crashes. North Carolina", University Press.
- 2) Evans, L. "Traffic Safety and the Driver". Van Nostrand Reinhold, New York.
- 3) Isoba, María Cristina. "El riesgo elegido". Revista Luchemos por la Vida, No. 15 y 16. Año 2000. Buenos Aires, Argentina.
- 4) Isoba, María Cristina. "La Visión Cero". Revista Luchemos por la Vida, No. 8. Año 1997. Buenos Aires, Argentina.
- 5) Martínez Jiménez, T. "Evaluación de la percepción del riesgo en la infancia y adolescencia. Jornadas sobre educación vial en la infancia". Salamanca, España.
- 6) Wilde, G. J. S. "Risk analysis. The theory of risk-homeostasis: implications for safety and health". Canadá.



* Luchemos por la Vida, Asociación Civil

¿QUÉ ES LUCHEMOS?

Luchemos por la Vida es una organización no gubernamental sin fines de lucro, de bien público, cuyo propósito es prevenir los accidentes de tránsito en nuestro país. Estos accidentes son la causa de 22 muertos por día (cerca de 8.000 al año), más de 120.000 heridos por año y grandes pérdidas materiales (estimadas en U\$S 10.000 millones por año).

OBJETIVOS

Nuestro principal interés es ayudar a modificar las actitudes, comportamientos y hábitos de los que hacen el tránsito en las calles y rutas todos los días (conductores, peatones, ciclistas, etc.), para reducir significativamente el número de muertos y heridos.

Más información en: www.luchemos.org.ar

75 años de Innovación y Transferencia Tecnológica



Puente premoldeado de hormigón en arco, Ruta Nacional N° 150, San Juan.



Los Sistemas de Gestión de la Calidad y Ambiental del ICPA han sido
certificados según las normas IRAM ISO 9001:2015 y 14001:2015.



75° Aniversario
1940 - 2015

NUEVA AUTOVÍA 6

ruta de la producción



SEMINARIO DE SEGURIDAD VIAL APLICADA EN LA PAMPA



Organizadas por la **Asociación Argentina de Carreteras** y la **Dirección Provincial de Vialidad de La Pampa**, se llevaron a cabo en la sede del Distrito 21 de la Dirección Nacional de Vialidad durante los días 10, 11 y 12 de agosto, las **Jornadas de Seguridad Vial Aplicada**. En ellas se abordó la capacitación sobre desarrollo de auditorías de seguridad vial urbanas y en carreteras y actualización sobre el **Programa “Hacia Visión Cero”**, que ya se está aplicando en nuestro país a partir de una inquietud de nuestra institución.

Participaron de la apertura el **Ministro de Gobierno, Justicia y Seguridad, Leonardo Villalva**; el **Secretario del Consejo Provincial de Tránsito, Ariel Antón**; el **Jefe del 21º Distrito de la DNV, Ing. Walter Bonetto**, y el **coordinador local de las Jornadas, Ing. Sergio Melián (DPV)**, entre otras autoridades.

Durante la inauguración, el **Ing. Horacio Gaii, Presidente de la DPV** y nuevo **Ministro de Obras Públicas de la provincia de La Pampa**, destacó la importancia del encuentro para todos aquellos profesionales y técnicos dedicados a la estructura de las rutas.

El objetivo del seminario es promover la movilidad segura desde la perspectiva de la prevención mediante el desarrollo y conservación adecuada de las carreteras.

Participaron durante las tres jornadas más de 55 profesionales y técnicos de los distritos de Vialidad Nacional y de las vialidades provinciales de La Pampa, San Luis, Bahía Blanca y Neuquén. También estuvieron presentes efectivos de la Policía de la provincia de La Pampa y miembros del Consejo de Profesionales de Arquitectura e Ingeniería de La Pampa, de la Asociación Estrellas Amarillas y trabajadores de la Municipalidad de Santa Rosa.

Los expositores dependientes de la Comisión de Seguridad Vial de la Asociación Argentina de Carreteras, y que forman parte del Consejo Nacional de Seguridad Vial, fueron el **Arq. Eduardo Lavecchia**, la **Ing. Adriana Garrido** y el **Ing. Juan Emilio Rodríguez Perrotat**.

En nombre de la AAC, los disertantes agradecieron a la Dirección Provincial de Vialidad por la excelente organización, así como a las autoridades del Distrito 21º de la DNV por facilitar las instalaciones. Como cierre de la actividad académica se realizó una evaluación participativa grupal con excelentes resultados.

Para finalizar, se efectuó la entrega de los certificados de asistencia, con la presencia del Ing. Jefe de la DPV, **Raúl Urra**, quien en nombre del presidente hizo entrega a los expositores de un presente aportado por la Dirección Provincial de Turismo.

El **Ing. Urra** comentó que *“en estos tres días se ha realizado un trabajo referido a lo que significan las evaluaciones de las rutas, es decir, las condiciones de seguridad que tienen nuestras rutas, principalmente de la provincia y también de todo el país, lo cual se realiza a través de auditorías en seguridad vial”*.

Se encontraban presentes e hicieron entrega de los certificados junto con los expositores de la AAC, el coordinador por parte de la DPV, **Ing. Sergio Melián**, y el jefe del 21º Distrito de la DNV, **Ing. Walter Bonetto**.

Todos los participantes recibieron junto al certificado un presente de la Dirección Provincial de Turismo, un apunte sobre auditorías y un DVD con tres manuales de la DNV sobre Diseño Vial Seguro, Normas Destinadas a Auditorías y Prácticas Inadecuadas de Seguridad Vial, elaborados en conjunto con la Asociación Argentina de Carreteras. •



Entrevista con el Administrador General de la Dirección Nacional de Vialidad Ing. Nelson Periotti

En vísperas de una nueva celebración del Día del Camino, el Ing. Nelson Periotti, Administrador General de la Dirección Nacional de Vialidad (DNV), hace un balance de su gestión al frente de la entidad.

¿Cómo fue la evolución de la red vial durante estos años?

La red nacional cuenta hoy con 40.039 kilómetros y ha incorporado 1228 kilómetros a su extensión a partir de la recategorización de rutas provinciales y la modificación de algunas trazas.

En estos 12 años se realizaron 2.027 obras, de las que alrededor de 500 aún están en ejecución, con lo que se totalizará una intervención en 39.000 kilómetros, es decir, prácticamente el total de la red nacional, con una inversión total de \$157.775.359.696, de los que se lleva ejecutado un 64%.

Debemos destacar que la red nacional pavimentada creció en 5.165 kilómetros y logró así superar el 90% de red pavimentada. Aún quedan 3.804 kilómetros no pavimentados y en ellos se está ejecutando una importante cantidad de obras para lograr completar la pavimentación total la red nacional.

Además, alrededor de 2.890 kilómetros fueron o están siendo transformados en autopistas, autovías o multitruchas, de modo que hoy contamos con más de 3.900 kilómetros de vías de más de una calzada. Y continuamos trabajando en diversas obras en marcha.

También se realizaron 540 nuevos puentes y se ejecutaron obras de mejora en más de 14.149 kilómetros de la red.

Es de destacar que la ejecución territorial de la inversión abarcó todo el país. Como consecuencia de ello se produjo no sólo la mejora de la red por obras nuevas, sino también una mejora en el índice de servicialidad, que implicó un crecimiento de más del 50% en cantidad de rutas en buen estado.

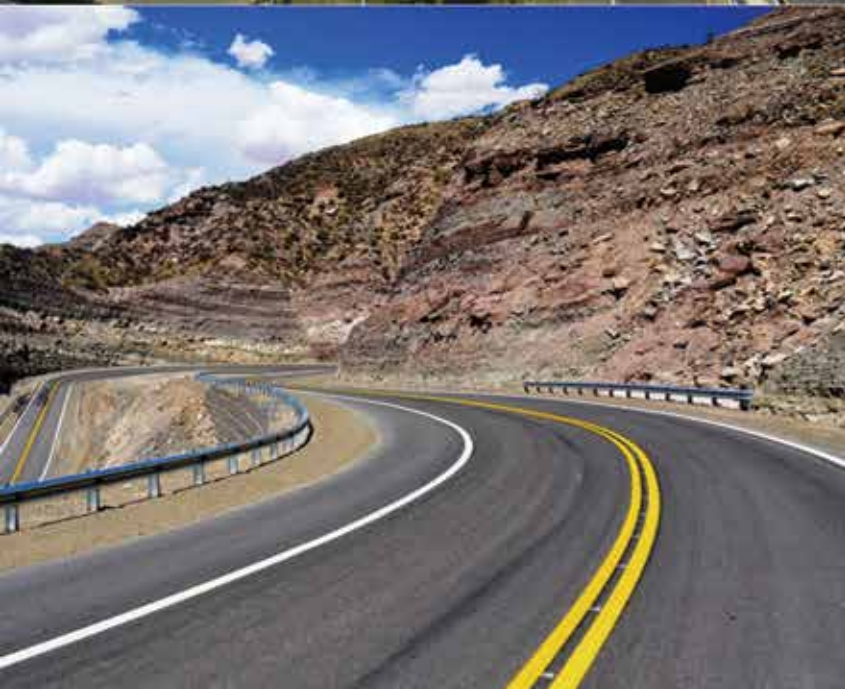
Teniendo estos números en cuenta ¿De qué modo se planifica la inversión vial en el país?

La infraestructura vial de la Argentina es sin dudas el centro de gravedad del sistema de transporte, dado que más del 90% de las cargas transitan por la red caminera de nuestro país. La DNV cuenta con 24 distritos, 3 delegaciones y más de 150 campamentos y subcampamentos con personal destacado a través de quienes obtiene información vital para determinar las necesidades de cada tramo de la red.

Con toda esa información se proyecta un esquema director de la red vial, con la recategorización de las rutas por su funcionalidad, junto con una nueva matriz de origen y destino de los tránsitos, dada la importante variación cuantitativa y cualitativa de los mismos.

Este esquema director permite definir Planes Plurianuales de Obras e Inversiones Viales, considerando el estado de la red, las exigencias de la sociedad y las políticas de desarrollo e integración territorial.





Estos planes de inversión permiten planificar importantes obras de ampliación de capacidad en zonas estratégicas de gran demanda por la significación y características de su tránsito y, a la vez, avanzar en la pavimentación de rutas nacionales aún de ripio. Ello, sin perjuicio de cumplir con la responsabilidad de la conservación y mejoramiento de la red federal.

El crecimiento de la actividad en estos años produjo un uso mayor de las vías. ¿Qué medidas ha tomado Vialidad Nacional al respecto?

El crecimiento económico de la Argentina y su inocultable evolución productiva en todos los aspectos ha exigido una fuerte inversión. Hemos concretado obras en casi toda la red, materializando la integración regional y territorial, contribuyendo así al desarrollo de la estructura productiva del país.

El crecimiento del tránsito entre 2003 y 2015 refleja una variación acumulada del 94,2%, y del 90,4% respecto del tránsito pesado en particular, lo que implica un mayor tránsito en todos los niveles de la red y especialmente en las zonas de alta productividad y accesos a puertos.

El contexto de incremento de la demanda de todo el sector productivo del país hacia los caminos implica plantear una política de respuesta a los desafíos que el sistema tendrá a futuro dado que a pesar del importante esfuerzo de inversión efectuado, aún quedan muchos pasivos a remediar para el mejor funcionamiento de la red vial.

Del mismo modo, se ha generado la necesidad de mejorar aspectos relativos a la seguridad de circulación, tales como anchos de calzada, curvas peligrosas, obstáculos cercanos a la ruta, cruces por ciudades, etc.

Asimismo, encarar los diferentes desafíos simultáneos que se presentan en el sistema vial implica desarrollar un conjunto de políticas e inversiones paralelas. Cada nueva obra de pavimento que se habilita requiere imprescindiblemente su posterior conservación y ello implica una mayor asignación de recursos.

Para lograr esto, ¿cómo evolucionó el presupuesto de la Dirección Nacional de Vialidad?

En 2003 el presupuesto asignado a la DNV era de unos 556 millones de pesos y para este año 2015 llegamos a un presupuesto superior a los 22.000 millones, lo que demuestra el compromiso con el crecimiento del sector vial argentino.



¿Cuáles fueron las principales obras realizadas en estos años?

Se han realizado una gran cantidad de obras de diversa envergadura, pero algunas de las principales obras ejecutadas y ya finalizadas son:

- Autovía de la Ruta Nacional N°14: 506 kilómetros en las provincias de Entre Ríos y Corrientes.
- Autopista de la Ruta Nacional N°9: Rosario-Córdoba, 312 kilómetros.
- Ruta Nacional 150: Ischigualasto-Empalme Ruta Nacional N°40, 85 kilómetros en San Juan.
- Autovía de la Ruta Nacional N°3: 70 kilómetros de Buenos Aires a Cañuelas, en Buenos Aires.
- Autovía de la Ruta Nacional N°19: 133 kilómetros entre la ciudad de Santa Fe y San Francisco, en Córdoba.
- La tercera trocha de la Ruta Nacional N°12: 224 kilómetros en Misiones (del km 1370 al km 1594).
- Ampliación de capacidad de la Av. General Paz en Buenos Aires.
- Autovía de la Ruta Nacional N°16: paso por Resistencia, 13 kilómetros.

Además, cabe destacar el trabajo que se ha realizado -y se sigue realizando- en la Ruta Nacional N°40, que es la columna vertebral del país. En esta ruta hemos invertido 6.817.754.114 de pesos para intervenir 2.237 kilómetros.

Son más de 120 obras que se desarrollan sobre 11 provincias argentinas y concluirán con la pavimentación en toda su extensión, contribuyendo a sostener el crecimiento económico, el equilibrio territorial y el progreso en la calidad de vida en toda la Argentina.

¿Cómo se ha trabajado en la conservación de la red vial ya construida?

La política nacional de mantenimiento y rehabilitación de la red contempló el desarrollo de distintos sistemas de gestión entre los que se cuentan las concesiones viales con peaje (para las que se dictó un nuevo marco normativo), las rutas nacionales con peaje, los corredores con financiamiento privado sin peaje (C.O.T.), los contratos C.Re.Ma. y los mecanismos de mantenimiento de rutina, ya sea por convenio, por sistema modular o por administración.

Los ocho contratos de concesión vial por peaje cubren 9.110 kilómetros y se vienen desarrollando normalmente desde 2010, a los fines de la administración del corredor correspondiente y la ejecución de obras de rehabilitación de infraestructura (ORI), obras nuevas (ONU) y obras de mantenimiento y servicios de apoyo (OMSA).



Los Contratos de Rehabilitación y Mantenimiento (C.Re.Ma.), -sin duda el mejor sistema de gestión que aplica la DNV-, también se han desarrollado normalmente, algunos de ellos con vigencia de cinco años, otros con prórrogas, porque han cumplido su plazo de contrato, pero continúan administrando la malla o tramo de red de su jurisdicción, en un total de casi 12.000 kilómetros.

Vialidad también aplica mantenimiento de la red a partir de contratos de dos años de vigencia, con empresas privadas, para la intervención por Sistema Modular en muchas provincias.

Con algunas de las vialidades provinciales celebramos anualmente convenios para la atención de la red total o parcial de rutas nacionales en cada jurisdicción provincial, a través de los cuales se realiza el mantenimiento y la atención general de los tramos convenidos. Son los Convenios de Transferencia de Funciones Operativas (TFO), que también se ejecutan normalmente.

Por último, hemos equipado suficientemente a los 24 distritos del país para permitir la conservación de determinados tramos de la red nacional por administración propia.

Uno de los problemas que más afecta a la conservación de la red es el exceso de cargas

permitidas. ¿Cómo ha trabajado la DNV para enfrentar esta dificultad?

En los últimos 12 años Vialidad estimuló la construcción de puestos de control de cargas, pesos y dimensiones en todo el territorio, priorizando aquellas zonas de gran tránsito pesado, para intensificar y mejorar el Sistema de Control de Cargas especialmente en los corredores viales y los accesos a la Ciudad de Buenos Aires.

En estos años se han remodelado estaciones de pesaje, incorporando tecnología en el control de pesos y dimensiones; se han reubicado algunas estaciones de pesaje de acuerdo a la evolución reciente y se ha cooperado para contar con mayor participación de Gendarmería Nacional en el control.

Actualmente, Vialidad Nacional posee 64 puestos de control en todas las provincias.

Un aspecto importante del Esquema Director es el desarrollo de todas las normas que tienen que ver con el cuidado del capital invertido con una acción efectiva e inteligente de control de pesos y dimensiones, no sólo en la red nacional sino también en las redes provinciales. Estas sobrecargas no sólo generan destrucción y acortamiento de la vida útil de las rutas, sino también sendos accidentes viales.

ATSA

CERRADO
AL
TRANSITO

↑ E CERRITO 1200 62
↑ E CERRITO 900 22
← E Av. CORDOBA 650 —
↑ E CERRITO 500 46

LA INFORMACIÓN SOLO ES ÚTIL
SI LLEGA A TIEMPO.

TECNOLOGÍA ITS
INFORMACIÓN EN TIEMPO REAL.

ATSA
www.americantraffic.com.ar
informes@americantrafficsa.com.ar



americantraffic



ATSA_Argentina

Av. Belgrano 485, Piso 9 Of. 19
C.A.B.A. - Argentina
+54 11 4342 6147
+54 11 4343 5935

¿Cuál es el plan de acción para los próximos años?

Se debe realizar un planeamiento que resuelva los desafíos de manera integral, que tenga en cuenta las necesidades, los recursos financieros y todos los insumos de la cadena de ejecución de obras para realizar las obras de la mayor calidad.

En términos generales, uno de los desafíos será completar la pavimentación de la red nacional y desarrollar las ampliaciones estratégicas de capacidad que resuelvan por 25 años el tránsito en la red federal.

La infraestructura vial se halla en un momento clave y debe encontrar las formas para responder con eficiencia a los desafíos planteados, priorizando eficazmente las inversiones y generando un sistema de transporte que ayude a las actividades productivas y permita una verdadera integración territorial.

Tras 12 años de gestión al frente de la DNV, ¿qué balance puede hacer?

Hace 12 años llegué a esta querida institución con la expectativa natural de quien inicia una nueva actividad, una nueva etapa en la vida. Venía del sur integrando un conjunto de hombres y mujeres consustanciados con un proyecto de país. Me encomendaron cumplir la importante misión de recuperar, poner en valor y transformar la vialidad nacional y gracias al apoyo total, político, institucional y consecuentemente económico y financiero, creo que logramos la evolución y el crecimiento permanente de nuestra institución, recuperando su condición de rectora del camino argentino.

Durante estos años hemos tenido momentos de crisis, pero el balance me hace sentir que hemos cumplido.

Vialidad Nacional debe seguir su desarrollo y crecimiento institucional porque el país lo necesita. La República Argentina necesita cristalizar y consolidar la infraestructura vial afín con el crecimiento sostenido de la economía, para tener un país más competitivo, distribuir la inversión con criterio federal y fundamentalmente mejorar la calidad de vida de los argentinos en todas las latitudes.

Aún queda mucho por hacer para la optimización de las actividades viales que permitan contar con una red de caminos en buen estado, de sustentable conservación y que asegure a los sectores productivos el transporte eficiente de sus productos. Se ha invertido mucho, pero se requiere mucho más.

Hoy todos los sectores del país están de acuerdo en la imperiosa necesidad de invertir en infraestructura, y los caminos en particular ocupan una parte importante de las demandas de la población y de los sectores productivos. Se produjo un cambio en la concepción de la inversión. Se modificaron los criterios predominantes del pasado. La obra pública dejó de ser un gasto en el presupuesto nacional para convertirse en una verdadera inversión al servicio de la gente.

Esta definición implica superar el trabajo realizado hasta hoy por nosotros. Por eso mi especial gratitud a todos los que han sido protagonistas durante estos 12 años; a los que estaban y han interpretado nuestra vocación de trabajo; y a los que se han ido incorporando durante este tiempo. Porque la DNV es cada uno de sus trabajadores, que son su recurso más importante.

Hoy podemos decir con orgullo que somos más de 6.100 agentes viales y quiero agradecerles especialmente a todos ellos por haber aportado su inteligencia, energía, voluntad, entrega y vocación de trabajo para seguir construyendo la vialidad argentina. •



NACIONALES

Grandes Obras de Infraestructura



MENDOZA, RUTA NACIONAL N° 7

TÚNEL INTERNACIONAL CRISTO REDENTOR, un paso que abre fronteras

El Túnel Internacional Cristo Redentor constituye el corredor bioceánico más importante del país. Vincula a la República Argentina con Chile, a través de la Ruta Nacional N° 7, en la provincia de Mendoza, en el sector Argentino, y de la Ruta CH60, en la región de Valparaíso, del lado chileno.

La Ruta Nacional N° 7 atraviesa el territorio argentino de este a oeste. Nace en la Autopista del Oeste, en la provincia de Buenos Aires, y termina en Mendoza, límite con Chile. **En su trayecto recorre las provincias de Santa Fe, Córdoba y San Luis.**

El **Cristo Redentor** está a una altura de **3.185 m.s.n.m.**, tiene una longitud total de 3.080 metros, de los cuales 1560 corresponden al territorio chileno y 1520 al sector argentino. Constituye un eslabón fundamental en la comunicación terrestre entre Argentina y Chile, con una decisiva influencia en las actividades socioeconómicas. Por el corredor andino circulan a diario, 700 vehículos entre ambos países. El 60% corresponde al transporte de cargas y el 40% restante a vehículos livianos.



Vieja Ruta Nacional N°7 Tramo: Horcones – Las Cuevas



Este corredor, además de ser la principal conexión internacional entre Argentina y Chile, también es utilizado para transportar por vía terrestre diferentes tipos de cargas con origen o destino en Brasil, Paraguay y Uruguay.

Durante la época invernal, entre el 1º de junio y el 30 de septiembre, el Cristo Redentor permanece habilitado para todo tipo de vehículos en el horario de 9 a 21 hs. Mientras que durante el resto del año la circulación se desarrolla durante las 24 horas entre ambos países.

Fue diseñado, proyectado y construido en la segunda parte de la década del setenta y puesto en servicio el 23 de mayo de 1980, con la metodología y tecnología existente en la época. Al momento de su inauguración constituía la obra vial más importante de América del Sur y su longitud solo era superada por el Túnel "Las Raíces", en Chile, construido en 1938.

Es la única obra que ha tenido desde sus inicios una administración binacional. Sendos acuerdos permitieron llevar adelante la construcción del Paso Internacional con mayor tránsito entre Chile y Argentina a lo largo de su extensa frontera común.

En la actualidad existen regulaciones acordadas por ambos países para la operación propiamente dicha de este túnel. Se distinguen la operación normal, la operación de emergencias, la operación en época de invierno y la operación ante transportes de cargas peligrosas.

Historia del túnel

En 1974 los gobiernos de Argentina y Chile tomaron la decisión de generar una real vinculación entre ambas naciones, lo que constituyó una de las más importantes definiciones políticas en materia de transporte internacional para la integración física y económica. Así quedó establecido con el intercambio de Notas Reversales realizado en la Reunión de Cancilleres llevada a cabo el 17 de mayo de 1974, por medio de las cuales se acordó la construcción de un túnel carretero entre las localidades de Las Cuevas (Argentina) y Caracoles (Chile).

Poco después, en la 5ta Reunión de las Comisiones de Integración Física Argentino-Chilena, celebrada en Salta el 26 de junio de 1974, se acordó la modalidad para la ejecución de las obras entre la Dirección Nacional de Vialidad de Argentina y la Dirección de Vialidad de Chile, que incluían una sustancial mejora en las rutas de acceso al futuro túnel tanto del lado argentino como del chileno.

Del lado argentino se construyó realizando un trazado nuevo, el tramo de la Ruta Nacional N° 7 que va de Picheuta a la Boca del Túnel, en una longitud más de 70 km. Este trabajo se realizó con muy buenos parámetros de diseño geométrico que contemplaban el futuro tránsito de camiones (terceras trochas de sobrepaso, amplios radios de curvas, bajas pendientes, etc.), ejecutándose con pavimento flexible el tramo entre las localidades de Polvaredas y Punta de Vacas y de hormigón entre las localidades de Punta de Vacas y la boca del Túnel Cristo Redentor.

De igual modo, Chile hizo sustanciales mejoras en la Ruta Nacional CH 60, especialmente en la zona de caracoles. Esta gran obra permitiría dejar atrás las dos posibilidades del cruce de la cordillera de Los Andes por el único paso que por esa fecha había en Mendoza:

- a. Por Cristo Redentor, a 4.200 m.s.n.m., que incluía un complicado trazado con peligrosos caracoles tanto del lado argentino como chileno.
- b. Por el viejo túnel ferroviario "Caracoles", adaptado para uso vial y que tenía un solo sentido de marcha.

A partir de allí, las Vialidades Nacionales de ambos países formaron una Comisión Binacional para efectuar los estudios preliminares y generaron un anteproyecto del túnel. Llamaron a Licitación Pública Internacional, estableciendo que el proyecto ejecutivo lo elaboraría la empresa que resultara adjudicataria de la obra.

La licitación de la obra se efectuó el 2 de septiembre de 1975 y fue ganada por la Empresa Techint S.A. La ejecución del proyecto ejecutivo estuvo bajo la responsabilidad de los ingenieros Pou y Caracchiola, en representación de la empresa contratista.

Breve reseña del método constructivo

La construcción del túnel Cristo Redentor tuvo dos sectores bien diferenciados. El primero es el sector donde se construyó el denominado “Falso Túnel” y el segundo, el sector del túnel propiamente dicho.

Sector del Falso Túnel

Se inicia en la Progresiva 0,00 y llega hasta la Progresiva 0,350 aproximadamente, en donde comienza la roca en la montaña. En este sector no había roca firme sino material de derrubio que se removió para dar lugar a la construcción del Falso Túnel. Para su ejecución se utilizó un molde que se deslizaba sobre rieles y que permitía hormigonar la totalidad del gálibo de proyecto. Durante su construcción no se presentaron problemas. Una vez finalizado, se restituyó el material excavado, de manera de reponer la conformación natural de la montaña.

Sector del Túnel propiamente dicho

Se inicia en la finalización del Falso Túnel, en la Progresiva 0,350, donde comienza la roca y finaliza en el límite con Chile en la Progresiva 1,520.

El método de excavación en roca consistió en efectuar las perforaciones mediante el uso de un jumbo, en la totalidad de la superficie de avance. Luego se procedía a cargar los explosivos con los detonadores, habiéndose previsto el uso del pre-corte para marcar el gálibo del túnel.

Se efectuaba la detonación y luego de esperar un tiempo prudencial se procedía a retirar el producto de la voladura mediante cargadoras y camiones.

Finalizada la limpieza del túnel se armaban andamios para efectuar el trabajo consistente en remover, mediante el uso de barretas, las rocas que no habían sido arrancadas por las voladuras pero que podrían desprenderse del macizo rocoso en forma imprevista. Fue un trabajo muy peligroso que causó varios accidentes.

Luego se posicionaba el molde que corría sobre rieles, se colocaban las cerchas metálicas formadas por perfil doble “T” y se producía el hormigonado de la estructura del túnel, que tenía forma de herradura, abierto en la parte inferior, donde luego se construía el paquete estructural del pavimento.

Dicho paquete estructural estaba formado por una subbase granular de 25 cm, una base granular de 20 cm y una calzada de hormigón de 20 cm. Esta calzada de hormigón se fijó a la herradura estructural del túnel con un hierro del 24 mm cada 80 cm.



Servicios del túnel

Sistema de iluminación: Red de alta tensión (transformadores, tableros distribución y grupo generador). La iluminación de proyecto consistió en un sistema de vapor de sodio de baja presión, distribuido en dos líneas apoyadas en los laterales del túnel.

La misma se remodeló en el año 2007 para reemplazar la original por vapor de sodio de alta presión; manteniendo las potencias instaladas y cambiando la disposición de las luminarias (de laterales a centrales), a fin de evitar los daños por choques.

Se reemplazaron las luminarias, cables, tableros secundarios, soportes porta cables. Se reacondicionaron las subestaciones transformadoras y los tableros principales.

Al momento de la construcción, la localidad de Las Cuevas no poseía la energía necesaria para el funcionamiento del Túnel, por lo que en el contrato de ejecución se incluyó la construcción de la usina eléctrica que se cedió a EMSE para su operación. El costo lo afrontó Vialidad Nacional y EMSE lo devolvió con la entrega de energía al túnel sin cargo hasta cubrir la inversión realizada.

Sistema de vigilancia y alarma: Video control y teléfonos de auxilio dentro del túnel.

El proyecto original tenía un sistema de video en blanco y negro que permitía hacer un seguimiento del tránsito dentro del túnel del lado argentino, con una muy baja capacidad de almacenamiento de datos. Fue de alta tecnología al momento de la inauguración del túnel, pero a lo largo del tiempo se comprobó que lo afectaba el monóxido de carbono de los escapes de los vehículos, a la vez que tecnológicamente fue quedando desactualizado.

Por ello, en 2006 se instaló el nuevo sistema de video con cámaras digitales con dirección IP, operadas con procesador de datos e imágenes y con almacenamiento de información de hasta 60 días, los que pueden ser extraídos y guardados de ser necesario. Este sistema ha sido preparado para acceso remoto vía Internet y se encuentra integrado al sistema de conexión por fibra óptica de la DNV A lo largo del túnel existen teléfonos de emergencias conectados a las dos salas de control de cada país. Los usuarios pueden comunicarse con los operadores de la sala de video e informar cualquier novedad. A partir de que se efectúa el pedido de auxilio, el operador comienza a grabar todo lo que acontezca hasta solucionar el problema.

Sistema de detección de monóxido de carbono (CO):

En el sector argentino no hay control de nivel de monóxido de carbono. El control lo realiza Chile desde su sector de acuerdo al Reglamento de Operación del Túnel.

En la boca del lado chileno, hace pocos años se colocaron siete turboventiladores tipo Jet Fan, para extracción de humo y renovación del aire dentro del túnel.

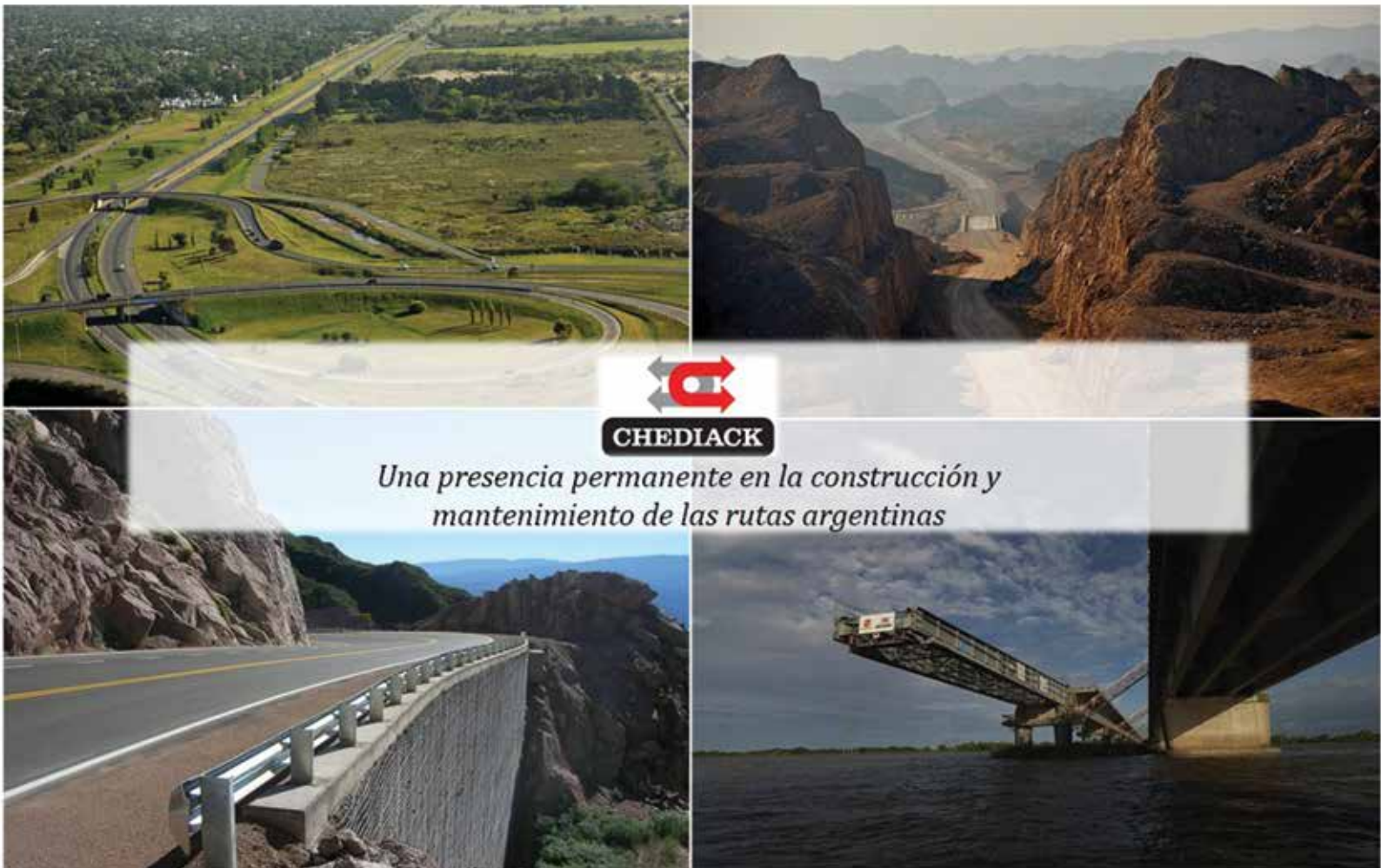
Sistema de señalización: Semáforos, letreros luminosos que indican ubicación de los teléfonos y sistemas contra incendio.

Sistema contra incendio: Se encuentran instalados los extinguidores de incendio previstos en la obra original. Están ubicados en nichos a lo largo del túnel.

Señalamiento horizontal, vertical y semáforos: Desde su inauguración el túnel tuvo señalamiento horizontal con pintura termoplástica y tachas reflectivas en el eje de la calzada y posteriormente también en las paredes. Además, cuenta con señalamiento vertical para indicar la ubicación de los matafuegos y los teléfonos de seguridad.

Por último, tenía semáforos en la boca del túnel para indicar si el tránsito estaba habilitado (verde) o cerrado (rojo).

Portones en ambas bocas para cierre por temporales de nieve: Los portones del túnel se comandan desde la sala de video, son automáticos y cuentan con un sistema anticongelante.



Inconvenientes que se presentaron durante la construcción

El problema más serio se presentó durante la construcción del falso túnel. Debido a una sobreestimación de la colaboración del empuje pasivo sobre los laterales del túnel -que no pasó a ser empuje activo pues éste es un proceso que lleva muchos años-, cuando se cargó el falso túnel con suelo, la parte de arriba de la calota se fisuró.

Luego de analizar distintas soluciones alternativas, se decidió la construcción de un “sobre túnel” de hormigón armado. Este inconveniente produjo una importante demora en el plazo de obra.

Otro importante inconveniente en la ejecución de la obra fue la presencia de una falla importante, aproximadamente en la Progresiva 650, donde se detectó gran cantidad de agua, lutita y yeso que estaba en estado anhidro, es decir, no tenía capacidad de absorber agua.

La solución adoptada se basó en el estudio de un problema similar en un túnel de Alemania. Allí se colocó una estructura metálica de “quita y pon” con el objeto de contener las paredes del túnel y en ese sector además se incrementó la cantidad de cerchas para sostener el macizo previo al hormigonado del túnel. El proyecto del túnel preveía la colocación en diversas progresivas de sensores para medir distintos aspectos de su comportamiento, como por ejemplo en el falso túnel, en la zona de excavación en roca, etc. En esta falla también se colocaron sensores para hacer un seguimiento de comportamiento.

Inconvenientes presentados después de la habilitación

A fines de 1985 y principios de 1986 se comenzó a notar una elevación de la calzada, en la Progresiva 0,600, que evolucionaba muy rápidamente al punto tal que al pasar por el lugar los camiones primero rozaban los artefactos de iluminación, hasta arrancarlos.

Al estudiar el problema lo primero que se detectó fue que el lugar de la deformación de la calzada era coincidente con la falla detectada durante la construcción del túnel. La solución adoptada fue demoler el pavimento de hormigón, restituir la base y subbase granular y reemplazar el pavimento de hormigón por pavimento de bloques intertrabados de 10 cm de espesor.

El pavimento intertrabado se adoptó considerando que el mismo se puede construir en pequeños espacios y longitudes, no tiene inconveniente con las bajas temperaturas imperantes dentro del túnel, es de rápida y fácil ejecución.

Durante la demolición del pavimento se detectó que el mismo estaba vinculado a la herradura estructural de hormigón del túnel mediante barras de hierro de 24 mm cada 80 cm. Se pudo establecer que la deformación se debió a los movimientos que sufría la estructura del túnel, especialmente en esa zona de falla y con presencia de agua. Al rotar la estructura del túnel y debido a la vinculación entre el túnel y la calzada de hormigón, la arrastraba y producía su levantamiento, especialmente en el eje central de la calzada y en coincidencia con la junta longitudinal.

Ésta fue la falla más importante que sufrió el túnel desde su inauguración, porque afecta directamente la seguridad del tránsito. A través del tiempo esta falla se reiteró en distintas partes del túnel, adoptándose la misma solución para su reparación.



Operativo nieve

Durante la época invernal las condiciones climáticas adversas dificultan la transitabilidad en la zona cordillerana debido a las intensas precipitaciones de nieve, hielo, vientos blancos y ocasionales derrumbes. Es por ello que entre los meses de abril a septiembre se pone en marcha el “Operativo Nieve” con el fin de garantizar la circulación vehicular en las rutas nacionales y pasos fronterizos afectados por las bajas temperaturas. Este operativo es realizado por técnicos y operarios de Vialidad Nacional que trabajan intensamente con maquinaria vial como barrenieves, cargadoras frontales, camiones volcadores, camionetas, topadoras y motoniveladoras a los efectos de despejar la calzada. Para llevar a cabo el operativo en el Corredor Vial Andino, R. N. N° 7, tramo Potrerillos-Las Cuevas, y en el Túnel Internacional Cristo Redentor, la inversión anual aproximada es de \$1.500.000.



Campamentos Viales en el Corredor Andino

Vialidad Nacional cuenta con cuatro campamentos viales: Uspallata, Punta de Vacas, Puente del Inca y Las Cuevas, ubicados en sectores estratégicos a lo largo del Corredor Andino, para resguardo del personal y del equipamiento destinado al despeje y mantenimiento de la calzada. Se detallan a continuación:

- **Campamento Uspallata:** provisto de una planta de elaboración de solución anticongelante, estación meteorológica, camión Iveco con carretón, excavadora sobre orugas Kabelco SK295, retro excavadora New Holland, motoniveladora Siam 130H, camión volcador Ford cargo 1722, camioneta Ford Ranger DC 3.0 4x4, mini Bus Mercedes Benz Sprinter con capacidad para 13 personas.
- **Punta de Vacas:** dispone de una planta de elaboración de solución anticongelante, estación meteorológica, cargador frontal 4m2 John Deere 744J, camión guinche con pala frontal Ford LT9000, motoniveladora New Holland G200 y minicargadora Bobcat 175.
- **Campamento de Puente del Inca:** cuenta con una planta de elaboración de solución anticongelante, estación meteorológica, equipo Kodiak Northwest con distribuidor de sal, motoniveladoras con aditamentos Volvo G720 (VHP), minicargadora New Holland L190, barrenieves Rolba, camión Volvo con equipo distribuidor de solución anticongelante, camión Ford con equipo distribuidor de solución anticongelante.
- **Campamento Las Cuevas:** equipado con una estación meteorológica, topadora sobre orugas Caterpillar D8-T, topadora neumática con pala angulable John Deere 844J, cargadora frontal 6 m3 John Deere 844J, motoniveladora con pala frontal y lateral, Caterpillar 14H, barrenieves Rolba,

equipo Kodiak Northwest con distribuidor de sal, camioneta Ford Ranger 4x4 DC.

Avances en la operatividad del Túnel Internacional Cristo Redentor

En los últimos años, la Dirección Nacional de Vialidad ha realizado importantes inversiones e innovaciones destinadas a la resolución de las problemáticas de los pasos fronterizos y rutas nacionales en época invernal, efectuando un cambio radical respecto de la metodología de trabajo, sobre todo en el Corredor Andino, a fin de mitigar las consecuencias de los fenómenos climatológicos adversos.

Previamente, durante el período invernal, cuando los efectos de las fuertes nevadas y el viento blanco azotan a la zona cordillerana, el paso permanecía cerrado por lapsos de hasta 40 días, provocando la paralización de la actividad comercial y severas pérdidas económicas para la región.

En ese sentido, se realizaron avances significativos respecto de las técnicas implementadas para el despeje de la nieve de la calzada. Entre ellas, tareas preventivas con solución salina y productos orgánicos, a fin de evitar la adherencia del hielo en la traza y bajar el punto de congelamiento. Además, una vez finalizados los temporales, comenzó a utilizarse el mantenimiento activo, que consiste en el despeje de la traza con aplicación fundente.

A partir de estos nuevos procedimientos que contemplan trabajos de prevención, de ejecución durante el temporal y luego de las inclemencias climáticas, se logró acotar los días de inhabilitación del corredor internacional hasta un máximo de 72 horas.

También se puso en marcha la Unidad Central de Operación (U.C.O.), dentro del campamento de Uspallata, cuyo fin consiste en realizar trabajos de logística que permitan difundir el estado de transitabilidad del paso fronterizo a los efectos de facilitar el desplazamiento de autos y camiones.

De esta forma se contribuye a que los conductores de transporte de cargas y vehículos particulares planifiquen sus viajes entre Argentina y Chile sin contratiempos.

En este marco, Vialidad Nacional implementó un plan integral de obras en el Corredor Andino de Mendoza con importantes inversiones que incluyeron la construcción y modernización de los campamentos viales en Uspallata, Punta de Vacas, Puente del Inca y Las Cuevas; y la renovación del plantel de equipos y maquinarias.

Además, se incorporó el estudio de alertas tempranas sobre pronósticos de lluvias, nieve y avalanchas, se mejoró el sistema de comunicación y se implementó un sistema de cámaras y estaciones meteorológicas.

INVERSIONES EN EL CORREDOR ANDINO

CONSTRUCCIÓN DE CAMPAMENTOS		INVERSIÓN EN COMUNICACIONES		
Uspallata	\$ 6.400.000	Periodo	Concepto	Monto
Punta de Vacas	\$ 7.600.000	2012/2013	Instalación de fibra óptica	\$ 600.000
Puente del Inca	\$ 9.000.000	2013/2014	Sistema de cámaras	\$ 250.000
Las Cuevas	\$ 6.300.000	2013/2014	Estaciones meteorológicas	\$ 170.000
Automatización de planta	\$ 240.000	2014/2015	Instalación de fibra óptica	\$ 800.000
INVERSIÓN TOTAL	\$ 29.540.000	INVERSIÓN TOTAL \$ 1.820.000		
TOTAL INVERSIÓN EN PESOS \$31.360.000				

RENOVACIÓN DE EQUIPOS		INVERSIÓN EN ESTUDIOS	
Periodo	Monto de inversión	Concepto	Monto
2006/2007	USD 5.200.000	Alertas tempranas	USD 250.000
2009	USD 230.000	INVERSIÓN TOTAL	USD 250.000
2010	USD 320.000		
2012	USD 80.000		
INVERSIÓN TOTAL	USD 5.830.000		
TOTAL INVERSIÓN EN DÓLARES USD 6.080.000			

Futuro del Túnel Cristo Redentor

La temática del Corredor Internacional con el Sistema Cristo Redentor, respecto del “Paso” mediante túneles en la zona de Las Cuevas con cotas superiores a los 3.200 m.s.n.m. para los sistemas de transporte, ha precisado el desarrollo de distintos proyectos y obras a lo largo del tiempo, a fin de hacer compatible la infraestructura de los mismos con las exigencias de la modernización en equipos y su eficiencia.

Las adaptaciones a la topografía han generado una vía de comunicación que necesita una refuncionalización para no verse sobrepasada por los volúmenes de transporte actuales, que se reflejan en las mejoras en la Ruta Nacional Nº 7, inclusive en el desarrollo de un proyecto para dotarla de dos vías desde la Estación Las Leñas hasta los túneles propiamente dichos, basándose fundamentalmente en la demanda que se genera por el crecimiento del Mercosur hacia los mercados asiáticos.

Problemática Actual

Actualmente se está trabajando en el desarrollo de un esquema de tareas que debe comenzar con relevamientos expeditivos. Con esos datos se debe analizar la problemática actual y en definitiva plantear inversiones y acciones conducentes para desarrollar una obra en la modalidad “llave en mano”, la cual incluya Proyecto Ejecutivo y Ejecución de Obra.

Dicha problemática posee tanto componentes estructurales como no estructurales. Entre los primeros se destacan:

- Túnel único de dos sentidos de circulación
- Incremento anual de la contaminación producida por escapes de vehículos
- Inexistencia de galerías de servicio y evacuación hacia el túnel paralelo (ex Ferrocarril Trasandino)
- Infraestructura ociosa: el túnel ferroviario no se utiliza

- Falta de uniformidad en el equipamiento de cámaras del sistema de monitoreo de ambos sectores (argentino-chileno)
- Escasa integración de infraestructura de servicios generales (iluminación, comunicaciones, señalización)

Entre los componentes no estructurales encontramos:

- Inexistencia de una centralización de datos e información crítica de seguridad de operación
- Inexistencia de un plan de contingencia conjunto entre ambos países

Alcances del Proyecto

La idea de efectuar mejoras en el sistema, integrando infraestructura ociosa modificada y adecuada a los nuevos requerimientos, implica desarrollar un proyecto que involucre tres componentes básicos:

- Construir galerías de intercomunicación entre los túneles
- Adquirir sistemas modernos de seguridad con funcionamiento integrado y planes de contingencia conjuntos
- Ampliación del gálibo del Túnel Caracoles

Por análisis jerárquico de prioridades, que incluye a la seguridad como variable fundamental en los proyectos de inversión pública, se define el orden de los componentes básicos como el detallado.

Toda mejora que implique ampliación de dimensiones e intercomunicación deberá prever estudios topográficos de precisión y estudios geológicos, hidrogeología de superficie y geológicos geotécnicos subsuperficiales (sondeos), sísmica, fallas del terreno, tipología de rocas, análisis de calidad de aire, ventilación, transiciones en iluminación, estudios de potencial económico, estudios ambientales, etc.

Los datos fundamentales para desarrollar un análisis del sistema integrado con obras de intercomunicación son los topográficos en detalle y de alta precisión. Para el caso de los términos referenciales se efectuó un relevamiento que implicó relacionar planialtimetrías de ambos túneles, verificación de secciones y vinculaciones a puntos fijos con georreferenciación y detalles de edificios de equipamiento y servicio.

Ampliación de gálibo del Túnel Caracoles para su uso complementario y alternativo al Túnel Cristo Redentor

El Túnel Caracoles fue construido en las primeras décadas del siglo XX y su uso se extendió hasta el año 1986. Cuando se dejó de utilizar por problemas en el sector chileno. Hasta 1980 se lo utilizó como alternativa de cruce para vehículos automotores, año en que se habilitó el Túnel Cristo Redentor.

Ha tenido diversas intervenciones, la última de ellas fue una adaptación para paso de cargas peligrosas. Sin embargo, su uso es difícil, dado que existen problemas en sectores de curvas. Su ampliación a una sección similar a la del Túnel Cristo Redentor requiere de estudios especiales y obras específicas con un programa de tareas que contemple especialmente la seguridad e integridad de aquel, toda vez que sea necesaria la voladura en rocas.

Las tareas implicarán un proyecto que probablemente integre una solución de doble vía, es decir, un túnel de salida (Cristo Redentor) y el de Caracoles, ampliado, de ingreso a Argentina, con intercomunicación y sistemas de seguridad. Esto demandará estudios como los ya citados, los cuales deberán estar específicamente definidos en los términos de referencia.

La adecuación del equipamiento a la salida y entrada de cada túnel será un punto a observar, ya que se deberá evitar la formación de filas en el interior. Se deberán plantear, dentro de los términos de referencia, las correcciones a los drenajes del Túnel Cristo Redentor, estudios de flujos de ventilación, infiltraciones en muros y en juntas, iluminación y señalización. •



ENTREVISTA

Ing. Marcelo Ramírez



Entrevista al Ing. Marcelo Ramírez

Presidente de la Comisión Permanente del Asfalto

Se acerca el XVIII Congreso Ibero-latinoamericano del Asfalto

Del 16 al 20 de noviembre de 2015 se realizará la XVIII edición del Congreso Ibero-latinoamericano del Asfalto (CILA 2015), en el Hotel Llao Llao de la ciudad de Bariloche, en la Patagonia Argentina, organizado por la Comisión Permanente del Asfalto, con la participación de la Asociación Argentina de Carreteras como convocante.

Para conocer más detalles acerca de este congreso y su importancia, entrevistamos al Ing. Marcelo Ramírez, presidente de la Comisión Permanente del Asfalto y del XVIII Congreso CILA.

¿Qué expectativas tienen para este XVIII CILA?

Ya son más de 30 años de historia, lo que ubica al **CILA como uno de los congresos internacionales más importantes del mundo en la materia y el más importante en Ibero-latinoamérica**. Los CILA generan mucha expectativa y sobre todo una gran convocatoria dentro de la industria del asfalto en Iberoamérica. Será la segunda vez que se realiza en Argentina, ya que en 1983, en la ciudad del Mar del Plata, se realizó la segunda edición del CILA. Es la oportunidad para reencontrarnos con amigos y colegas, con los cuales compartimos las mismas preocupaciones y vivencias profesionales.

Esperamos una convocatoria muy importante y seguramente superaremos holgadamente la media de inscriptos de los CILA anteriores. **Esperamos recibir alrededor de 800 inscriptos**. Así nos lo confirman los más de 300 trabajos presentados. Hemos podido constatar la calidad técnica de estos trabajos y los mismos mejoran tras cada edición de los CILA, lo que muestra el avance de la industria del asfalto en la región.

El ambiente donde se llevará a cabo, el **Hotel Llao Llao**, en la ciudad de Bariloche, ciertamente dará un marco imponente. Sin dudas, será un éxito.

¿Cómo está organizado el programa del congreso? ¿Cuáles serán las principales temáticas que se abordarán?

El congreso se desarrolla a lo largo de la semana completa. Comienza con las sesiones técnicas el lunes temprano por la mañana. Por ello es importante aprovechar la plataforma *online* para la inscripción previa, ya que serán días de intensa actividad.

Las áreas temáticas a abordar son:

1. Materiales asfálticos
2. Agregados
3. Proyecto estructural de pavimentos
4. Construcción de pavimentos flexibles
5. Conservación de pavimentos flexibles
6. Técnicas de pavimentación teniendo en cuenta la economía de energía y el impacto ambiental
7. Gerenciamiento de pavimentos
8. Misceláneos sobre materiales o aplicaciones bituminosas
9. Formación de recursos humanos

Las sesiones técnicas se dividen en sesiones tradicionales, como habitualmente estamos acostumbrados, y hemos incorporado por primera vez en los CILA las presentaciones mediante *e-poster*.

Estamos jerarquizando esta metodología para las presentaciones, dotándolas de la última tecnología. Permite un intercambio con el expositor en un ámbito más reducido y promueve la vinculación directa, uno de los objetivos que buscamos.

Está prevista la presencia de seis conferencistas extranjeros de primer nivel, quienes disertarán sobre los últimos avances a nivel mundial. La inauguración será el día lunes en horas de la tarde, seguida del cóctel de gala.

El día miércoles llevaremos a cabo el tradicional **Día de la Confraternidad**, donde compartiremos una jornada distendida entre amigos, con el marco de un ambiente único. Finalmente, el jueves en la noche se llevará a cabo la cena de clausura.

¿Qué especialistas nacionales e internacionales han comprometido su participación?

Están confirmados como conferencistas el **Dr. Husain Bahia** (Univ. Wisconsin); el **Ing. Jorge Prozzi** (Univ. Texas); el **Ing. Michael Cote** (NAPA); el **Ing. Mike Anderson** (Asphalt Institute); el **Ing. Alberto Bardesi** (Univ. Politécnica Madrid); el **Dr. Félix Pérez** (Univ. Politécnica de Cataluña) y el **Ing. Luis Picado Santos** (Univ. Lisboa). Abordarán temas de actualidad y los últimos avances a nivel mundial.

¿Qué novedades tendrá este XVIII CILA con respecto a los anteriores?

Es el primer CILA donde se premiará al mejor trabajo del congreso. Constituye un gran honor para nosotros galardonarlo con la primera edición del **Premio Dr. Jorge Agnusdei**, en homenaje al fundador de los CILA.

Las presentaciones mediante *e-poster* serán una novedad, que cambiará la dinámica de los CILA hacia el futuro. Por último, y si bien aún no está definido por la complejidad técnica que involucra, estamos trabajando para poder transmitir el CILA vía *streaming*, lo que es sin duda un gran desafío.

¿Qué importancia tiene para Argentina que el CILA se realice este año en el país, ya por segunda vez?

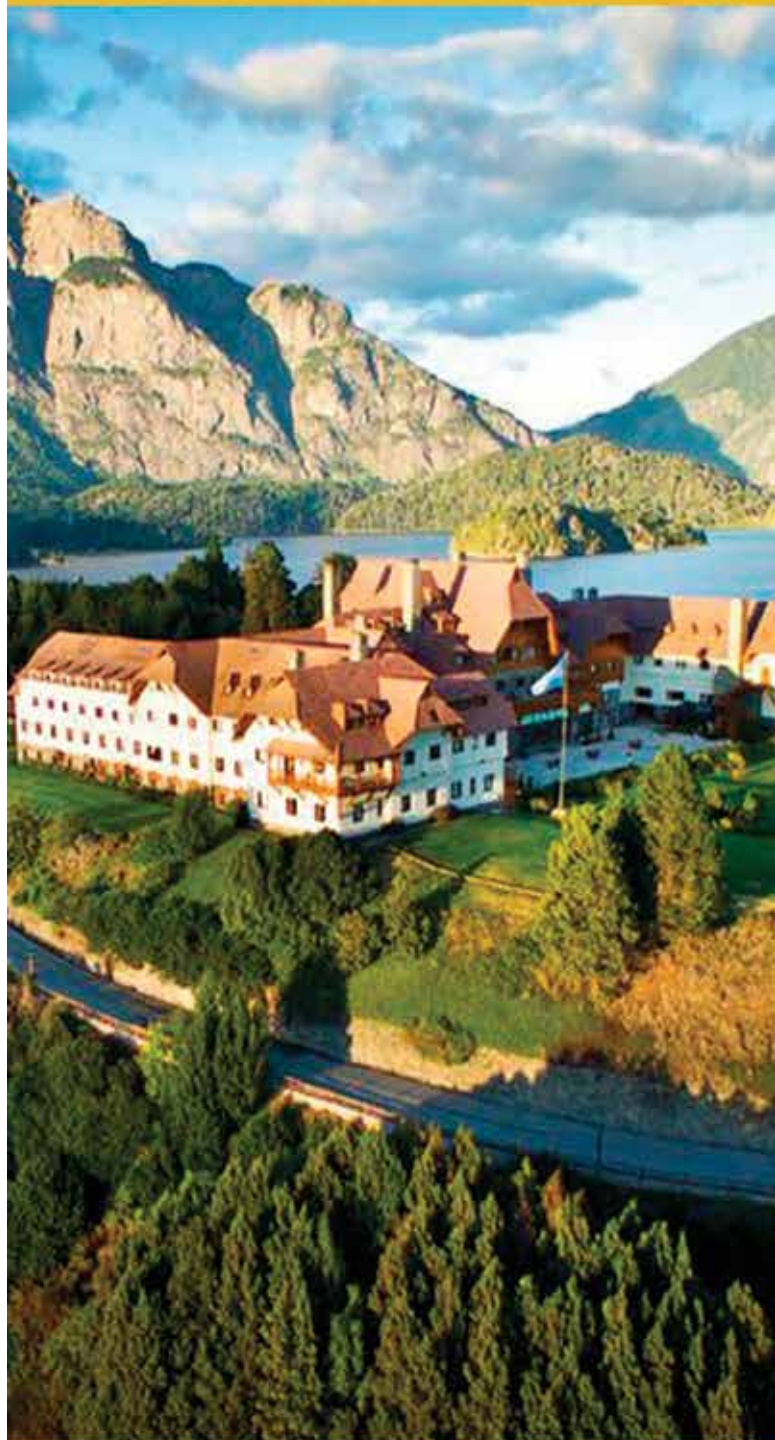
En primer lugar, es un gran reconocimiento para la Argentina y en particular para la **Comisión Permanente del Asfalto**. El **XVIII CILA** es el congreso de asfalto más importante de la región. Por tal razón, es un gran honor para nosotros ser los anfitriones y recibir a colegas de todos los países.



XVIII CONGRESO IBERO LATINOAMERICANO DEL ASFALTO

16 · 20 · NOVIEMBRE · HOTEL LLAO LLAO

BARILOCHE · PATAGONIA · ARGENTINA



Adicionalmente, mostrar nuestro país siempre es un placer y una gran responsabilidad. Desde lo profesional, es una gran vidriera. Estamos trabajando y contamos con el apoyo de distintos organismos viales y entidades amigas como Vialidad Nacional, el Consejo Vial Federal, la Asociación Argentina de Carreteras, la Cámara de la Construcción y otros, para poder compartir con orgullo los muchos avances que la Argentina ha tenido en todos los aspectos vinculados al asfalto.

Estamos convencidos de que el intercambio de experiencias sobre nuevas tecnologías promueve e incentiva la investigación en universidades, empresas, centros de estudios y otras entidades relacionadas. De esta manera se fortalecerán los conocimientos y se fomentará el desarrollo del sector.

¿Es especial para la Comisión Permanente del Asfalto que se desarrolle el CILA en la Argentina en el 70° aniversario de su fundación?

Como ya adelanté, es un gran reconocimiento y orgullo para la Comisión Permanente del Asfalto que nos hayan confiado la organización de tan importante evento. Pero no es casual. Es consecuencia de su extensa trayectoria como institución

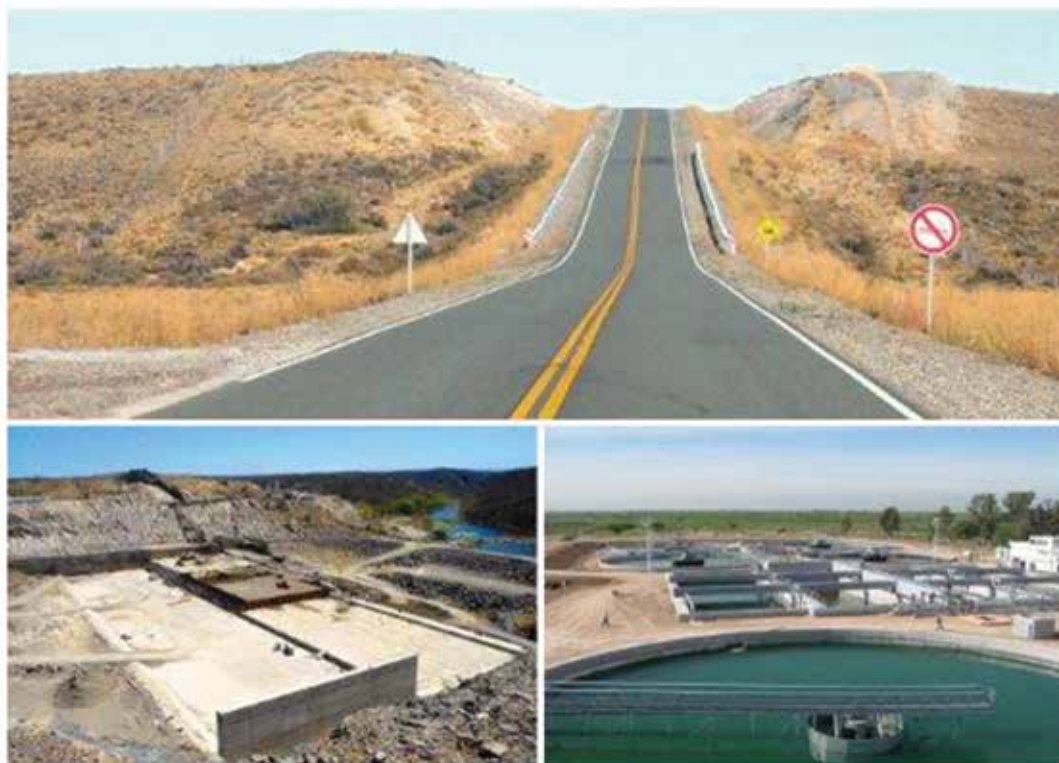
pionera y referente en la región. La **CPA** es una de las más antiguas instituciones vinculadas al asfalto a nivel mundial. No podríamos haber festejado de mejor manera este aniversario, con la presencia de muchos amigos.

¿Qué actividades desarrollan desde la CPA y cuáles destacarían dentro de sus 70 años de historia?

Desde un principio la Comisión Permanente del Asfalto se destacó por la "permanente" vocación de participar, enseñar y difundir. Reafirmamos el compromiso con el conocimiento e intercambio tecnológico en el país, para ayudar a alcanzar un mayor nivel de excelencia en la industria de los pavimentos asfálticos.

La formación, divulgación, aplicación de nuevas tecnologías y especificaciones técnicas tienen un papel preponderante.

Para hacer un breve repaso de las actividades en estos 70 años, uno de los primeros temas de los cuales la **CPA** se ocupó fue de los asfaltos diluidos y las emulsiones bituminosas, ambos de importante presencia en las décadas de 1930 y 1940. Luego siguió con las mezclas asfálticas frías y calientes. En noviembre de 1946 se celebra la Primera Reunión Anual del Asfalto, ya tradicional en nuestro medio, y publicamos el Boletín N° 1 en marzo de 1947.



EXPERIENCIA CONSTRUYENDO FUTURO PARA LOS ARGENTINOS

DECAVIAL SAICAC

A. Alsina 1450 2ºPiso - (C1088AAL) Buenos Aires, Argentina

Tel/Fax 54-11-4383-0015 al 19 - info@decavial.com.ar | www.decavial.com.ar



En la década de 1970/80 aparecen nuevas fórmulas: drenantes, friccionales, de alto módulo, microaglomerados, mezclas con asfalto espumado, etc. El reciclado y las lechadas asfálticas son soluciones valiosas para el mantenimiento y la renovación de pavimentos. También ocupó la atención de la **CPA** el desarrollo de los equipos del sector, el uso de nuevos aditivos y el instrumental y métodos de ensayo y control de calidad. Ya en la década de 1990, la **CPA** puso su foco en la difusión de los asfaltos modificados y posteriormente realizó un fuerte trabajo para el reemplazo total del uso de asfaltos diluidos por emulsiones, vigentes ambos hasta estos días. En la última década, la **CPA** sigue realizando un gran aporte al medio vial argentino, con la redacción del Proyecto de Especificaciones Técnicas de Mezclas Asfálticas y Reciclados, incorporando los últimos avances a nivel mundial no sin antes adecuarlos a la realidad de nuestro país.

Con los propósitos enunciados en sus principios, la Comisión realizó una ininterrumpida actividad de difusión que por razones de espacio nos impone referir sucintamente:

- Realizó un amplio intercambio con profesionales de otros países: Hveen, McLeod, Nevit, Winterkorn, Sauterey, Autret, Dormon, Edwards, Fernández del Campo, Bergeret, Elvira Muñoz, Gordillo, Ives Brosseaud, H. Bahia, etc.
- Desarrolló 37 Reuniones del Asfalto, 10 simposios y varias jornadas técnicas sobre temas específicos, y participó de 17 Con-

gresos Iberoamericano del Asfalto, sumando así la publicación de más de 1000 trabajos de profesionales argentinos.

- Tuvo presencia en los Congresos Argentinos de Vialidad y Tránsito, como así también en muchas comisiones de la Asociación Argentina de Carreteras.
- Auspició la formación de entidades similares a la CPA en otros países americanos.
- Actúa como "Centro de Transferencia de Tecnología" del Instituto Panamericano de Carreteras.
- Fue designada "Sede Administrativa Permanente" de la Asociación Latinoamericana del Asfalto (ALA), de cuya creación participó.
- Actualmente es socio fundador del AILA, Asociación Iberoamericana del Asfalto, con sede en México.
- Publicó más de 100 boletines "El Asfalto", que cubren aspectos técnicos del diseño, construcción e industria de los productos bituminosos. Actualmente hay planes de reeditarlos adecuándolos a las nuevas tecnologías.

Los profesionales que la integraron a lo largo de su historia han sido referentes indiscutidos en sus ámbitos de actuación y fue de la mano del **Dr. Jorge Agnusdei** que se constituyó en partícipe de la creación de los CILA. Como puede verse, es mucho lo realizado desde la CPA para la Argentina y la región, motorizando la creación de instituciones similares en distintos países, lo cual nos llena de orgullo y satisfacción. •

INGENIERIA VIAL Y DE TRANSPORTE



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

- Estudios y Proyectos de Obras.
- Dirección Técnica, Supervisión, Inspección y Auditorías de Obras.
- Gestión de la Conservación en Redes Terciarias de Caminos de Tierra.

PROYECTO

Viaducto Ferrocarril Belgrano Sur



VIADUCTO DEL FERROCARRIL BELGRANO SUR: LLEGADA A CONSTITUCIÓN

por el Ing. Germán Bussi

Director General de Planificación de la Movilidad del Gobierno de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Con la colaboración de las arquitectas Rocío Castelo y Melina I. Gioia.

El Ferrocarril Belgrano Sur tiene una extensión de más de 80 km. Cuenta con dos ramales de pasajeros que partiendo de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (C.A.B.A.) tienen como destino las Estaciones Marinos del Crucero Gral. Belgrano (Partido de Merlo) y González Catán (Partido de La Matanza); y un tercer ramal de pasajeros, de baja frecuencia, que hace el recorrido desde la Estación Puente Alsina (Partido de Lanús) hasta la Estación Aldo Bonzi (Partido de La Matanza). Cuenta con cuatro estaciones terminales (una en la C.A.B.A., Estación Buenos Aires), tres estaciones de combinación y 22 estaciones intermedias (cuatro ubicadas en la C.A.B.A., una de las cuales tiene combinación con el premetro, Presidente Illia).

Este ferrocarril tiene una demanda potencial del orden de medio millón de habitantes residentes a menos de mil metros de las estaciones de la línea.

Es similar al Ferrocarril Sarmiento, siendo ésta última la segunda línea que mayor cantidad de pasajeros transporta de toda la red (la primera es la línea Roca, que cuenta con seis ramales).



» **DEMANDA POTENCIAL:** 500.000 habitantes a menos de 1.000 mt de las estaciones.

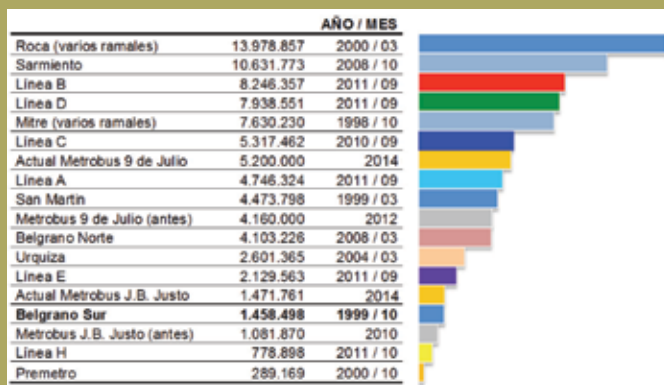
Su traza conecta las zonas más densas de los partidos de La Matanza y Merlo con la zona sur de la C.A.B.A., brindando cobertura a las zonas de más bajo nivel socioeconómico del área metropolitana de Buenos Aires.



» **NIVEL SOCIOECONÓMICO:** La población más pobre del conurbano y la C.A.B.A.

Actualidad

Hoy en día el FC Belgrano Sur presta un servicio inadecuado, con baja frecuencia de servicios, flota no acorde al servicio que presta (ya que en su origen fue diseñado para servicios interurbanos) y con una cabecera principal que no se ubica en el área central. Esto explica que sea la línea con menor cantidad de pasajeros en toda la red (menos de 50.000 pasajeros/día) y, en consecuencia, la más subutilizada.



» Cantidad mensual de pasajeros transportados por MODO. Picos Históricos 1993 – Actual. CNRT.

Este ferrocarril es el único desvinculado del subte. Si bien está prevista la ejecución del tramo de la extensión de la Línea H hasta la Av. Sáenz, esta conexión tendrá un impacto importante en la utilización del ferrocarril pero obligará a realizar dos trasbordos para poder llegar al área central de la ciudad.

La estación Buenos Aires, actual cabecera en la C.A.B.A., se localiza en un lugar geográficamente apartado, cuenta con escasos medios de transporte que dificultan a los pasajeros la continuidad del viaje hacia otros puntos densos de la ciudad. Los pasajeros dependen de la línea 59 para acceder al área central de la ciudad, o deben caminar más de 300

metros para poder acceder a otras dos líneas (37 y 46).

El paso a nivel de Av. Sáenz, en el barrio de Pompeya, es el segundo más congestionado de la ciudad. Registra alrededor de 22 minutos de barrera baja por hora, afectando diariamente a unas 390.000 personas, de las cuales 360.000 son pasajeros de autotransporte público. Cabe destacar que la Av. Sáenz y su continuidad en la Av. Remedios de Escalada, en la provincia, conforman el principal acceso a la ciudad desde el partido de Lanús.

Así, un planeamiento estratégico con proyección a futuro debe contemplar necesariamente la adecuación del FC Belgrano Sur al tejido urbano para evitar interferencias con la red vial, trasbordos, accidentes y congestión en el modo automotor, reduciendo el tiempo de los viajes y haciéndolos más confortables y eficientes. Por ello se considera conveniente extender el FC Belgrano Sur hasta la Estación Constitución mediante un viaducto ferroviario elevado.



» **TRAZA DEL PROYECTO.**

Marco Jurídico

Jurídicamente este proyecto se apoya en el Convenio Marco en Materia de Transporte Ferroviario suscripto entre la Secretaría de Transporte de la Nación y el Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires en el año 2008. Allí quedó plasmada la voluntad de las partes de promover acciones conjuntas para el desarrollo del modo ferroviario dado que la regulación del transporte ferroviario -en superficie y subterráneo- corresponde a un quehacer de políticas concurrentes del gobierno nacional y de la C.A.B.A. Se establece la necesidad de contar con políticas adecuadas para la eliminación de pasos ferroviarios a nivel y se toma el compromiso de encarar distintas acciones y de realizar los mayores esfuerzos para garantizar un desarrollo eficiente y eficaz del sistema de transporte ferroviario en el ámbito de la C.A.B.A.

Asimismo, dicho acuerdo fue marco para celebrar un Convenio Complementario suscrito por las mismas jurisdicciones el 23 de junio de 2014, en el cual se declara de interés estratégico la materialización de la extensión de la traza del FC Belgrano Sur. Durante el transcurso de dicho año se mantuvieron reuniones técnicas entre los equipos conformados por ambas jurisdicciones y se estudió el proyecto de potenciación del FC Belgrano Sur. Resultado de esto, el pasado 26 de diciembre ambas jurisdicciones se reunieron para dar anuncio a la realización del proyecto en forma conjunta.

Con relación a la próxima potenciación del FC Belgrano Sur, cabe recordar que la Secretaría de Transporte del gobierno nacional ha orientado sus políticas en materia ferroviaria con el objeto de mejorar los servicios ferroviarios metropolitanos. A tal fin ha adquirido nuevo material rodante (27 triplas autopropulsadas diesel eléctricas) en reemplazo de las antiguas formaciones con material traccionado por locomotoras diesel, lo cual permitirá incrementar la capacidad de transporte de esta línea ferroviaria al minimizar los tiempos de maniobra, reducir los tiempos de viaje, mejorar la frecuencia (para reducir tiempos de espera, y ofrecer unidades con mayor confort. Sin embargo, esta mejora ferroviaria aumentará los tiempos de barrera baja en los pasos a nivel mencionados anteriormente.

El proyecto ha sido considerado y consensuado, en cuanto a su necesidad estratégica, por los equipos técnicos de las jurisdicciones concurrentes en la Agencia de Transporte Metropolitano (ATM).

Cabe mencionar que en el marco del Proyecto de Transporte Urbano para Áreas Metropolitanas (PTUMA) se acordó el financiamiento para la ejecución de la primera etapa del proyecto que corresponde a la extensión del viaducto, des-

de la calle Tilcara hasta Diógenes Taborda, incluyendo una nueva estación elevada (Sáenz).

La obra del viaducto del FC Belgrano Sur se localiza en la zona Sur de la C.A.B.A., más precisamente en el ámbito de la Comuna 4, en el barrio de Barracas, y aproximadamente a 1 km, del Riachuelo. La traza recorre un área notoriamente degradada de la ciudad, en zonas calificadas por el Código de Planeamiento Urbano como distritos residenciales, comerciales y de equipamiento.

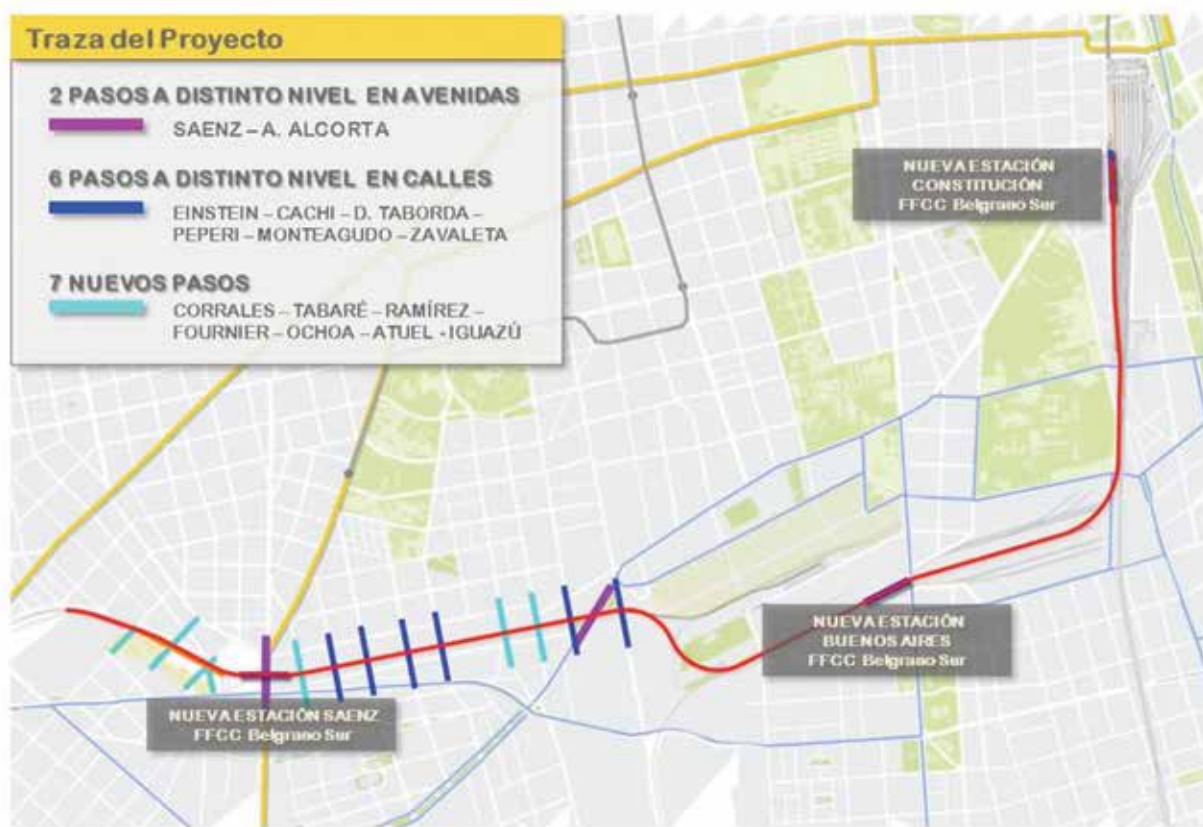
La visión estratégica del Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires ha sido desde hace años renovar la zona sur, a través de diversos instrumentos como la Corporación del Sur, modificaciones al código y radicación de nuevos usos del suelo.

En este sentido, la construcción del viaducto del FC Belgrano Sur se orienta a revitalizar su área de influencia y el ámbito de su propia traza a través de tres lineamientos proyectuales clave: que su materialización no constituya una barrera urbana, que su entorno se valore con un diseño calificado del espacio público y que la superficie bajo viaducto permita usos del suelo idóneos a tal fin.

Los espacios bajo viaducto se caracterizarán según su localización en: bajo entorno estaciones, bajo entorno urbano y bajo entorno ferroviario. Los primeros podrán contener las áreas de servicio y sus accesos, así como usos del suelo comerciales compatibles; los segundos podrán incluir usos del suelo de equipamiento comunitario (bibliotecas públicas, deportes, reuniones y otros); y los terceros deberán mantener el uso ferroviario de cargas u operaciones logísticas en las playas y áreas que hoy ya son de uso ferroviario y deberían continuar su operación.



» LAS AUTORIDADES DE AMBAS JURISDICCIONES ANUNCIANDO LA REALIZACIÓN DEL PROYECTO EN CONJUNTO



» TRAZA DEL PROYECTO

El Proyecto

el viaducto se inicia en un punto ubicado entre las Estaciones Villa Soldati y Sáenz (aproximadamente a la altura de la calle Tilcara), donde la traza de la línea se encuentra actualmente construida en alto nivel, de manera tal de continuar el proyecto de las nuevas vías, que irán hasta Plaza Constitución, de la misma forma.

La nueva traza se circunscribe, en su mayoría, dentro de terreno ferroviario. Un primer tramo, entre las calles Tilcara y Amancio Alcorta, se posiciona sobre el espacio de las vías del FC Belgrano Sur. Luego deja el trazado actual desviándose hacia el lado de la calle Lavardén, donde se encuentra ubicado el club Barracas Central, y continuando sobre las vías del ramal ferroviario de cargas (explotado actualmente por la empresa FERROSUR ROCA S.A.), que vincula Km. 5 con Playa Sola. El viaducto se desarrolla sobre los terrenos ocupados por este ramal adecuando su trazado sin interferir con los servicios.

Para posibilitar la vinculación del FC Belgrano Sur con la Estación Plaza Constitución se ubicarán, a la altura de la calle Brandsen, las vías de trocha angosta en forma paralela a las vías de trocha ancha del FC Roca. A partir de aquí, y hasta su arribo a la estación, el viaducto mantendrá esa posición.

En ningún momento las vías que se prolongan del FC Belgrano Sur se interceptarán con las vías generales de la Línea Roca, dada su diferencia de trocha, su distinto sistema de tracción y las dificultades que traería aparejada una circulación conjunta al sistema de señalización instalado en la cabecera de Plaza Constitución.

El proyecto tiene una extensión total de 5,6 km e implica la construcción de dos estaciones elevadas, que se ubicarán en las proximidades de las actuales Estaciones Sáenz y Buenos Aires, y una nueva estación ubicada en un sector de la Playa de Constitución.

El desarrollo en vía elevada permite transformar los cruces ferroviarios en cruces a diferente nivel. También permite la apertura de nuevos cruces en calles que hoy carecen de paso.

Beneficios Esperables

- La **llegada a Estación Constitución** evitará el trasbordo a líneas de colectivo en la Estación Sáenz o dos etapas en subterráneo (con sus respectivos trasbordos) para todos los pasajeros del Belgrano Sur con destino al área central, optimizándose el uso de la Línea C potenciada y el Metrobús de 9 de Julio.
- Se **eliminarán** dos cruces a nivel críticos (avenidas Sáenz y Amancio Alcorta) y seis en calles (Einstein, Cachi, D. Tabor, Pepirí, Monteagudo y Zavaleta). Además existirá la posibilidad de dar continuidad a siete calles adicionales (Corrales, Tabaré, Ramírez, Fournier, Ochoa, Atuel, e Iguazú).
- **Reducción de importantes demoras vehiculares** (buses, autos y camiones) especialmente en la **Av Sáenz** (22 minutos de barrera baja por hora), segundo paso a nivel más congestionado de la ciudad, ya que es la entrada principal desde Lanús, y **Amancio Alcorta** (red de tránsito pesado). Estas interrupciones en la barrera afectan a unas 420.000 personas, de las cuales 370.000 son pasajeros de auto-transporte público.
- **Aumento de la seguridad vial** ya que se eliminarán los ocho pasos a nivel actuales que, según consta en las estadísticas de la CNRT, presentan un promedio de cuatro arrollamientos de personas y cinco colisiones de vehículos por año.

- **Integración barrial** a través de la vinculación a ambos márgenes de la vía ferroviaria, gracias a la continuidad de la red vial que permite el viaducto. La existencia de más de una decena de pasos seguros permitirá la fluidez del tránsito, beneficiando no sólo a la movilidad del barrio, sino también a la seguridad del espacio público al eliminarse calles sin salida.

El proyecto hasta aquí expuesto retoma un viejo anhelo, plasmado en diversas propuestas técnicas, de extender el FC Belgrano Sur hasta la Estación Constitución.

Este proyecto salda una importante deuda en materia de movilidad para los habitantes del suroeste del conurbano, brindando un ingreso a la ciudad directo, veloz y de bajo costo, para recuperar el transporte ferroviario como opción de movilidad y así mejorar las condiciones de seguridad vial y de conectividad barrial.

Con la mirada puesta en las ventajas para los habitantes de la ciudad y del Gran Buenos Aires, los gobiernos de la ciudad y de la Nación unen esfuerzos para el desarrollo de un proyecto estratégico a través del trabajo en conjunto de sus equipos técnicos para el beneficio diario de cientos de miles de personas. •

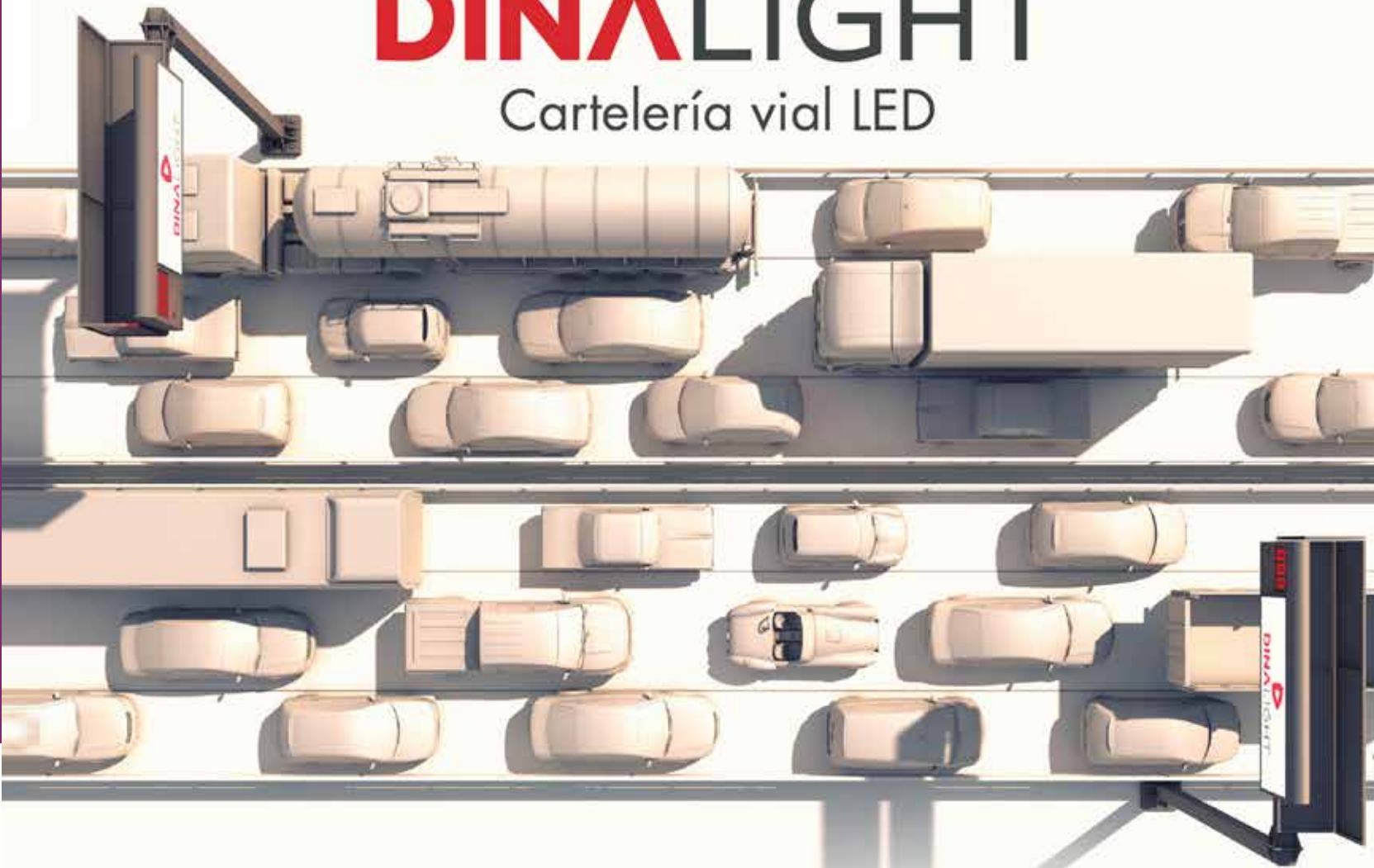


» NUEVA ESTACIÓN SÁENZ ELEVADA.



DINALIGHT

Cartelería vial LED



Desarrollo de carteles electrónicos con tecnología LED.

- Sistematización de señalética vial.
- Control y gestión vehicular en tiempo real.

Trailer Solar Led



Cartel Bandera



Cartel Boulevard



Totem



ASESORAMIENTO SIN CARGO.

TECNOLOGÍA ITS Y CAMBIO TECNOLÓGICO EN AV. GENERAL PAZ Y ACCESO NORTE

EVOLUCIÓN Y TRANSFORMACIÓN DE LA AVENIDA PARQUE

Autores: Ing. Horacio Blot, Lic. Solange Regnier, Sr. Héctor Chinni. - American Traffic S.A.

HISTORIA DE LA AV. GENERAL PAZ

Por ley nacional 1029, de 1880, se resuelve que la Capital Federal de la República Argentina y asiento de las autoridades nacionales sea la Ciudad de Buenos Aires, y se la llama Distrito Federal.

En esa época, la Ciudad de Buenos Aires contaba con una superficie muy reducida por lo que se decidió incorporar a los partidos de San José de Flores y Belgrano, designándose a los ingenieros Pablo Blot y Luis Silveyra, en representación de los gobiernos y nacional y provincial, para fijar los nuevos límites de la misma.

Los citados profesionales elevan su informe con los límites actuales de la ciudad, el que es aprobado por decreto del Presidente de la República y luego ratificado por ley del Congreso de la Nación en 1887. En su artículo 6º, esta ley establece que “debe hacerse a costa de la Nación una calle de cien metros de ancho cuando menos, en el mismo límite del terreno cedido”.

En 1904 se sanciona la ley 4.506, que autoriza a la Municipalidad de Buenos Aires a expropiar los terrenos necesarios para realizar la apertura de la traza. En 1934, la ley 12.134 establece los fondos para la ejecución de la obra, la que se materializa entre los años 1938 y 1940.

La obra fue diseñada por profesionales de la Dirección Nacional de Vialidad, bajo la dirección del Ingeniero Pascual Palazzo y un prestigioso equipo. Sus características eran las de una Avenida Parque, de dos calzadas de hormigón, de dos carriles por sentido, con numerosas rotondas en sus principales intersecciones.

El proyecto contempló una detallada forestación, definiendo los espacios vegetales a implantar tanto en el cantero central como en los laterales, y tenía la particularidad de que se circulaba por la izquierda, conforme a las normas de esa época.

Transformaciones sufridas:

Desde ese entonces, la Avenida General Paz sufrió numerosas transformaciones. La primera fue a los pocos años de haber sido construida, cuando nuestro país estableció que se debía circular por la derecha. Ello obligó a adaptar sus ingresos para convertirlos en salida, y a las salidas en entradas.



“Histórica Avenida Parque”.



“Adecuación del Acceso Norte - Nudo Balbín”. Fuente: AUSOL.

Con posterioridad, y en base al crecimiento del parque automotor, fue variando su fisonomía. Primero se reemplazaron rotondas por distribuidores de tránsito en sus principales intersecciones; luego se remodeló íntegramente el tramo entre el Acceso Norte y la Av. del Libertador para convertirlo en autopista; y finalmente se amplió el resto de la avenida a tres carriles por sentido.

Las obras anteriores no modificaron integralmente las características de la Av. Gral. Paz, mientras que las que se están desarrollando actualmente para llevar las calzadas de tres a cuatro carriles, reemplazar puentes, etc., adecuan esta emblemática avenida a una autopista con los estándares de seguridad y confort que exige un diseño moderno.

CAMBIO TECNOLÓGICO

Son muchos los autores que se han dedicado a estudiar los efectos sociales que producen las tecnologías y sus constantes avances. Un cambio tecnológico es experimentado en todos los dominios de la actividad humana, ya que penetra en todos los ámbitos de acción cotidiana, al modificar los hábitos de las personas indefectiblemente.

La revolución tecnológica ha dado paso a lo que el sociólogo catalán Manuel Castells llamó “La Era de la Información” (M. Castells, 1990). Esta revolución encuentra su eje central en las Tecnologías de la Información (TIC). El desarrollo de tecnologías que actúan sobre la información -controlándola- ha ido ganando terreno en diversos (por no decir en todos) los espacios de la existencia individual y colectiva.

Hoy, hablar de Sistemas Inteligentes de Transporte (tecnología ITS) es hablar de inteligencia artificial aplicada al bienestar de las personas. Gran protagonismo ha tomado la innovación tecnológica en la ingeniería del tránsito y transporte, brindando al mercado de la planificación y seguridad vial los mejores y más eficaces productos, acordes a las nuevas necesidades que traen consigo el crecimiento y la modernización de las ciudades.

Las ciudades modernas requieren y necesitan nuevos conceptos de movilidad que garanticen un orden y una convivencia lo más pacífica posible entre todos los actores que confluyen y comparten los mismos espacios. Es por ello que **las Tecnologías ITS han venido a contribuir al nuevo concepto de movilidad, la movilidad sustentable**, ya que se trata de sistemas que proporcionan información proveniente de diferentes técnicas brindando asistencia y control dinámico a usuarios de autos particulares y del transporte público, operadores de flota y administradores del sistema público, entre otros.

Una de las principales funciones de la tecnología ITS es brindar un servicio de comunicación en tiempo real a fin de mantener informados permanentemente a los usuarios sobre diversas condiciones que influirán o verán modificado el normal curso del tránsito.

Entre los sistemas de información más destacados que cuentan con tecnología ITS se encuentran las Señales **de Mensaje Variable (SMV)** y la Semaforización Inteligente.

TECNOLOGÍA AL SERVICIO DE LOS CONDUCTORES: SEÑALES DE MENSAJE VARIABLE

El gran crecimiento registrado en el parque automotor requiere que los usuarios cuenten con tecnología asociada a la infraestructura adecuada.

Con la premisa de que “un conductor informado es un conductor seguro” se ha trabajado en los últimos años en la implementación de nuevas tecnologías. Así se han instalado carteles de mensaje variable de alta definición en las autopistas de AUSA, AUBASA, Corredores Viales, Ciudad de Buenos Aires, etc., similares a los utilizados en Europa, Brasil, Chile y distintos países del mundo y los que se contemplan instalar en la Av. Gral Paz.



Cartelería Inteligente en carreteras del mundo

Actualmente, se está llevando a cabo la primera etapa de suministro de Señales de Mensaje Variable en el Concesionario Vial del Acceso Norte y Av. General Paz, AUSOL, como resultado de la Licitación Nro. 09/2013, y en el marco de las obras de ampliación de la Av. General Paz.

En esta fase de obras de ampliación de la Av. General Paz y de acuerdo a lo licitado, se instalarán **27 carteles de diversas configuraciones**.

Los carteles de mensaje variable permiten informar en diversos tramos acerca de desvíos, cortes, accidentes, estado de circulación, limitaciones de velocidad por niebla o lluvia, ya sea por tramos o incluso por carril, obras, etc. Dicha información en tiempo real le permite al conductor buscar caminos alternativos para evitar demoras. Es decir, **brindan información y comunicación en tiempo real para la toma de decisiones**.

Además de situaciones puntuales de circulación, las SMV resultan cada vez más útiles en campañas cuyo objetivo es concientizar a los usuarios para que conduzcan de forma segura: los mensajes y pictogramas que recuerdan usar el cinturón

de seguridad o que aconsejan reducir la velocidad son elementos claves para mejorar la seguridad vial.



Señales de Mensaje Variable similares a los que serán instalados en la Av. General Paz.

Todos los carteles a instalar son fabricados por la firma Aesys (Italia) y cumplen con la **normativa EN12966**. Dicha normativa es un **estándar requerido** por los principales operadores de autopistas y organismos viales del mundo y ha sido tomada como base para la redacción de la versión argentina, que es la **IRAM62966** y directiva OCCOVI.

El sistema a instalar contempla equipos para ramas de acceso y para troncales. En los ramales se ubicarán equipos alfanuméricos de tres líneas de 10 caracteres por línea, con altura de carácter de 320 mm. Cada carácter está compuesto por una matriz de siete filas por cinco columnas de píxeles, los cuales a su vez son de nueve LEDs de color ámbar cada uno. Estos equipos o dispositivos ITS, cumpliendo las normas indicadas, permiten una lectura clara de mensajes por conductores que se encuentran en el rango de los 190 metros.

Por otra parte, los equipos que se colocarán sobre troncales están configurados con un sector alfanumérico ámbar, también de tres líneas, pero en este caso de 16 caracteres por línea. Dado que estarán ubicados sobre troncales, la altura del carácter es de 400 mm, lo cual asegura una lectura del rango de 250 metros siempre de acuerdo a las normas indicadas. En este caso, cada píxel es de 12 LEDs.

Estos carteles se combinan con módulos gráficos color de 1600 x 1600 mm que permiten representar todo tipo de señales viales según el Manual de la Dirección Nacional de Vialidad (DNV), tales como máximas de velocidad, estrechamiento de carril, hombres trabajando, etc. Estos módulos se colocan por carril debajo del o junto al módulo alfanumérico.

Con respecto a densidad superficial de intensidad luminosa en una dirección dada, es decir la luminancia activa, ésta cumple con las especificaciones de la clase L3 de las normativas antes mencionadas. Partiendo de conceptos y altos estándares de sostenibilidad, **cada LED tiene una vida útil de un millón de horas**.



Señal Mensaje Variable Aesys similar a los que serán colocados en los troncales de la Av. General Paz y Acceso Norte. Fuente: Aesys.

Por último, y para dar cuenta de una completa y eficaz arquitectura ITS, todo el sistema será comandado desde el Centro de Control de AUSOL con un potente software que permite configurar de manera remota mensajes predeterminados o a demanda según sea la necesidad.

Luego de recorrer brevemente la historia de la emblemática **Av. General Paz**, podemos ver cómo los cambios tecnológicos que se están produciendo en nuestro país, y particularmente

en esta importante vía, están produciendo significativas transformaciones en la movilidad para beneficio de sus usuarios.

De esta manera, con equipamiento probado y de calidad, las tecnologías ITS colaboran con la premisa de que **“Un conductor informado es un conductor más seguro”** y con los nuevos paradigmas de movilidad sostenible de las ciudades posmodernas. •



Cartelería inteligente en autopistas argentinas. Fuente: Aubasa.



Únicas con doble CERTIFICACIÓN *

* Únicas del mercado que poseen Sello IRAM de conformidad con la Norma ASTM D4956 para Tipo IX y Tipo XI



Láminas Reflectivas OmniCube™

Poseen Sello IRAM de Conformidad con la Norma
ASTM D4956 **Tipo IX y Tipo XI**

Garantía 12 años

Poseen Marca de Agua - OmniDireccionalidad - Procedencia USA



www.paolini.com.ar

PROYECTO

Transporte de Cargas



El transporte de cargas por la AVENIDA GENERAL PAZ

por el Sr. Néstor Fittipaldi

Empresario transportista desde los 18 años. En la actualidad es presidente de la Cámara Argentina de Transportistas de Asfalto (CADETA), tesorero de la Asociación Argentina de Carreteras y vocal de la Federación Argentina de Entidades Empresarias del Autotransporte de Cargas (FADEEAC), donde además está a cargo del departamento de Asuntos Técnicos e Infraestructura.

Desde hace mucho tiempo vengo observando los problemas de tránsito que se presentan cotidianamente en la Avenida General Paz y en la zona portuaria de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, concentrados principalmente en el eje de las avenidas Huergo y Madero.

Esa observación me ha llevado a pensar y trabajar en alternativas que puedan solucionar esta problemática, replicando experiencias exitosas aplicadas en otros países.

Por eso he desarrollado esta idea, que se presentó por intermedio de la Cámara Argentina de Transportistas de Asfalto (C.A.D.E.T.A.) a todos los empresarios transportistas nucleados en las restantes 48 cámaras del país asociadas a la Federación Argentina de Entidades Empresarias de Autotransporte de Cargas (F.A.D.E.E.A.C.). De ese modo, miles de colegas podrán conocer esta propuesta y evaluarán sus posibles beneficios y sus potenciales debilidades.

Con el mismo ánimo he solicitado su publicación en esta Revista Carreteras para que todos los protagonistas del sector vial puedan conocerla y evaluarla. Agradezco por esto a la Asociación Argentina de Carreteras.



PROPUESTA GENERAL

La propuesta se basa en la generación de una conexión, a través de la Avenida General Paz, entre el Acceso Norte, el Acceso Oeste, la Autopista Richieri y la Avenida 27 de Febrero para la red de circulación de vehículos pesados. El plan incluye también la continuación de la Avenida 27 de Febrero hasta su conexión con el Camino de Cintura.

Para lograr esto, sería necesaria la construcción de un túnel bidireccional por debajo de la traza de la Avenida General Paz desde el Acceso Norte hasta el Riachuelo/Puente La Noria dedicado al tránsito liviano exclusivamente. De ese modo, se aliviaría sustancialmente el tránsito de vehículos en la traza actual (superficie), generando espacio para habilitar la circulación de camiones y transportes de carga en dos carriles por mano, dejando otros dos carriles para los vehículos que no quieran o no puedan hacerlo por el túnel.

El túnel contaría con dos niveles de dos carriles con un único sentido de circulación por nivel, y sería exclusivamente para el tránsito liviano, con sólo cuatro puntos de ingreso/egreso ubicados en las intersecciones de la Av. General Paz con los Accesos Norte (Panamericana) y Oeste (Au Perito Moreno), con la Autopista Dellepiane/Richieri y en la cabecera del Riachuelo/Puente La Noria. De ese modo, se generaría una vía rápida y segura para el tránsito pasante.

El plan de obras debería incluir también la actualización de los gálibos de los puentes en la traza actual de la avenida y la generación, en una zona a designar, de un área de servicios y espera para los vehículos de carga.



BENEFICIOS BUSCADOS

- Reordenamiento estratégico de la circulación de vehículos pesados dentro del primer anillo de la ciudad.
- Sustancial mejora del tránsito liviano en toda la extensión de la Av. General Paz por la inclusión del túnel.
- Refuncionalizaciones de espacios públicos y áreas afectadas por circulación y presencia de camiones.
- Mejora ecológica de toda el área involucrada.



PROPUESTA

CONTINUIDAD DE PESADOS POR
AV. GENERAL PAZ

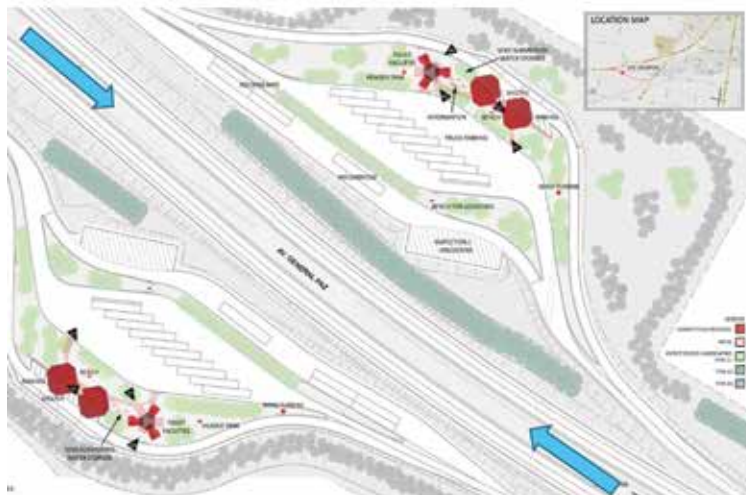


CABECERA NORTE TUNEL DE VEHÍCULOS LIVIANOS INGRESO
Y EGRESO ALTURA AV. BALBÍN



ÁREAS DE
SERVICIOS

CABECERA SUR DE TÚNEL DE VEHÍCULOS LIVIANOS
INGRESO Y EGRESO PUENTE LA NORIA



ÁREAS DE SERVICIOS Y ESPERA
CIRCULACIÓN ASISTIDA DE CAMIONES EN HORARIOS NO PICO

ALCANCE DEL PROYECTO

- Construcción del túnel
- Secciones en trinchera para ingresos y egresos
- Áreas de servicios y estacionamiento para pesados
- Área de control de Canal de Operaciones
- Mejoramiento integral en Av. General Paz
- Mejoramiento de conectividad en el primer anillo de circunvalación de la Ciudad de Buenos Aires

En las inmediaciones de la avenida General Paz se está construyendo actualmente el Centro de Transferencia de Cargas, lo que modificará notablemente el tránsito vehicular de la zona. En su primera etapa, se calcula que ingresarán a diario en este predio entre 4 y 5 mil camiones, y la gran mayoría lo va a hacer desde la zona este (del eje Huergo-Madero) que hoy ya está saturada.

En la edición N° 217 de la Revista Carreteras (de abril del 2015) se publicó un proyecto de Alternativa de Circunvalación de la Ciudad de Buenos Aires a través de la creación de la Autovía Matanza-Riachuelo.

Como se subrayó en el párrafo introductorio de ese artículo, la función de la circunvalación es la de evitar que los vehículos que no tienen origen o destino en el área urbana, o en este caso un barrio o parte local del área urbana, interfieran con el tránsito y las actividades que ahí se desarrollen.

Ese proyecto, presentado en el Pre-XVII Congreso Argentino de Vialidad y Tránsito, es una solución innovadora que, de concretarse, tiene el potencial de aliviar el problema que desde hace muchos años tiene el tránsito pasante en el corredor Huergo-Madero, vinculando la Autopista Buenos Aires - La Plata con la Avenida General Paz y con el Camino de Cintura por los márgenes del Riachuelo y el Río Matanza.

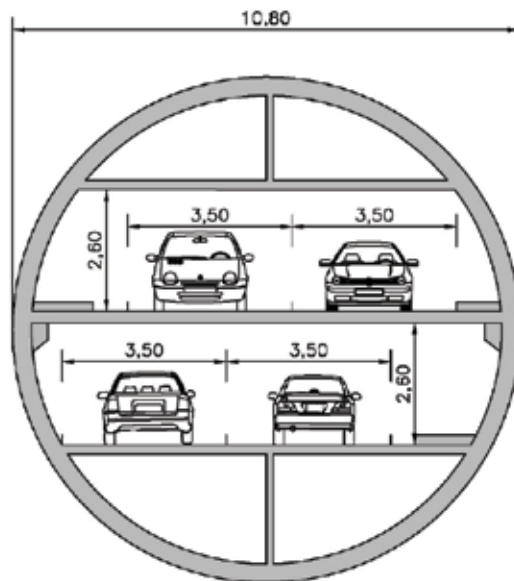
La modificación que propongo de la Avenida General Paz mejoraría sustancialmente la calidad de vida de los automovilistas, ya que permitirá recorrerla en 20 minutos cuando hoy se tarda mucho más de 1 hora, con la consiguiente molestia que ello ocasiona.

Como estos proyectos son obras que se realizan recién después de muchos años de discusión y debate, debemos cuantificar el crecimiento automotor tomando como referencia lo acontecido en estos últimos años, pensando seriamente que de no tomarse medidas, en el corto y mediano plazo, la situación del tránsito continuará empeorando.

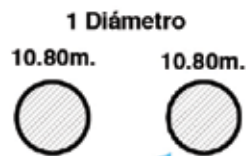
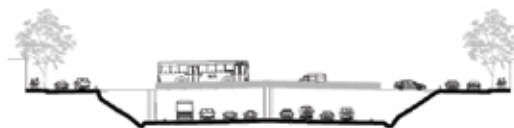
Presentado el proyecto queda abierto el debate. Espero el aporte de ideas y propuestas para mejorar la situación actual en beneficio de todos.

Para más información o aportes relativos a este proyecto, contactarse a secretaria@aacarreteras.org.ar

PROPUESTA



SECCIÓN TÍPICA DEL TÚNEL



POSIBLES UBICACIONES DEL TÚNEL
O CONTEMPLACIÓN DE UBICACIÓN DE UN SEGUNDO TÚNEL

- **Longitud total de túneles:** 21Km.

- Ingresos 5
- Egresos: 5

- **Carriles**

- 2 por sentido de circulación

- **Diámetro**

- 10.80m.

- **Gálibo**

- 2.60m.

- **Tipo de tránsito**

- Liviano

- **Conexión vial**

- Acceso Norte - Puente La Noria
- Vinculando el Acceso Oeste y la Au. Dellepiane



FÁBRICA DE MATERIALES PARA SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL

LÍNEA DE PRODUCTOS CRISTACOL S.A.



Lumicot®



Termovial®



LumiFlex®



Sintecol®



Primex®

Callao 1430 (B1768AGL) Ciudad Madero
Provincia de Buenos Aires | República Argentina

Te.: +54 11 4442-1423 / 1424 Fax: +54 11 4442-1158
Email: sales@cristacol.com.ar | www.cristacol.com.ar



**CAMARA ARGENTINA
DE CONSULTORAS
DE INGENIERIA**

50 AÑOS

BREVES

Nacionales e Internacionales



TRES PROYECTOS DE INTEGRACIÓN FÍSICA ENTRE ARGENTINA Y CHILE

El Senado chileno aprobó que se concrete la licitación para la obra de tres nuevos pasos fronterizos con Argentina.

Se trata de la aprobación del protocolo firmado por ambos países para avanzar en la construcción de tres pasos fronterizos, dos de los cuales son en Mendoza y el restante en San Juan. Dicho protocolo surgió del acuerdo firmado hace 6 años por las presidentas de la Argentina, Cristina Fernández de Kirchner, y su par chilena, Michelle Bachelet, durante su primer mandato al frente del Ejecutivo chileno, en la localidad de Maipú, en el vecino país.

Esos Protocolos Complementarios al Tratado de Maipú, aprobados el martes pasado por la sala del Senado, se refieren al "Túnel Internacional Paso Las Leñas", que unirá a la Región del Libertador Bernardo O'Higgins con la provincia trasandina de Mendoza; el "Túnel de Baja Altura-Ferrocarril Trasandino Central", que conectará a la Región de Valparaíso con la provincia de Mendoza y "Túnel Internacional Paso de Agua Negra", que posibilitará el tránsito entre la Región de Coquimbo y San Juan.

El gobernador de San Juan, José Luis Gioja, manifestó su "inmensa alegría" por la aprobación del Segundo Protocolo de Agua Negra (que ya había sido aprobado por el parlamento argentino a fines del año pasado), lo cual permitirá que la obra del túnel internacional entre San Juan y la Cuarta Región de Chile pueda ser licitada en septiembre próximo. Gioja analizó con sus funcionarios y representantes chilenos, a través de una videoconferencia, los pasos a seguir.

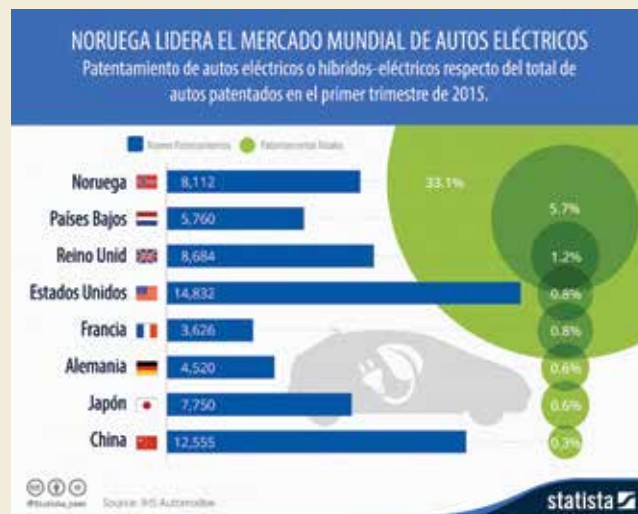
De los tres proyectos de integración física aprobados, el de San Juan es el que está más avanzado, porque ya tiene todas las facilidades establecidas y hasta el proyecto ejecutivo y los pliegos licitatorios confeccionados, e incluso ya se hizo una prelicitación, en la que 18 empresas internacionales se manifestaron interesadas en hacer la obra y proveer financiamiento.

En razón de ello, Gioja sostuvo que "esta mega obra podrá ser licitada en cuestión de semanas y nuestro sueño podrá por fin comenzar a hacerse realidad" y destacó que "tras una incansable lucha, esta noticia nos hizo reventar el pecho de alegría, porque la pieza del rompecabezas que faltaba se cumplió cuando el Senado chileno aprobó el Segundo Protocolo de Agua Negra". •



EL AUGE DE LOS AUTOS ELÉCTRICOS

Con 50.000 vehículos ya patentados, Noruega es el líder mundial en el mercado de los autos eléctricos. Durante el primer trimestre de 2015 se vendieron 8.112 autos eléctricos o híbridos-eléctricos, lo que en Noruega representa un tercio del parque automotor, de acuerdo a la consultora IHS Automotive.



En el caso de Noruega, lo positivo de estas ventas está resultando, en parte, algo contraproducente. El gobierno ofrece una serie de beneficios impositivos como incentivo para aquellos que compran autos eléctricos, incluyendo exenciones de peaje y estacionamiento en algunos casos. Pero el auge en las ventas, producto de este tipo de subsidios, ha provocado un déficit impositivo de aproximadamente dos mil millones de coronas noruegas, según Reuters. Por ello, actualmente se está analizando la continuidad de estas políticas a favor de quienes adquieran autos eléctricos, aunque fuentes del gobierno aseguran que los beneficios seguirán vigentes para asegurar la continuidad del fenómeno de ventas. •



11° Concurso de Diseño Gráfico, *edición 2015*

Consigna: Sistemas de Retención Infantil (SRI)

En concordancia con la iniciativa propuesta por la Organización de las Naciones Unidas para salvaguardar la vida de los niños ante la agresividad del tránsito, el Automóvil Club Argentino ha formulado para el año en curso una serie de actividades que enfatizan su contenido en favor de los más pequeños.

Una de ellas significó la continuidad de Programa Itinerante de Educación para la Seguridad Vial, que ya visitó a la fecha más de 18 ciudades, dictando en cada una de éstas cursos sobre la utilización de vehículos de dos ruedas. La otra, de reciente finalización, consistió en la realización de un concurso de diseño gráfico relativo a la utilización de los sistemas de retención infantil (SRI), que arrojó los siguientes ganadores:

1er Premio: Leonela Ludueño - Instituto Católico de Enseñanza Superior (Venado Tuerto, Santa Fe)

2do. Premio: María Cruz Corominas - Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño de la UNC (Córdoba)

3er. Premio: Nadia Magalí Barreyro - Universidad Abierta Interamericana (CABA)

1ra. Mención: Camila Santos Bonin - Universidad Abierta Interamericana (CABA)

De este modo, el Automóvil Club Argentino ratifica su vocación de sumarse a toda actividad que haga a la mejora de la seguridad de los usuarios de la vía pública, y, en este caso particular, de los niños, verdaderos integrantes de un grupo de alta vulnerabilidad, que merece el mayor de los esfuerzos. •



1er Premio



2do Premio



3er Premio



1ra Mención

Informe de la Asociación Española de la Carretera **URGE UN PLAN ESPECÍFICO DE SEGURIDAD VIAL EN CARRETERAS DE UN CARRIL POR SENTIDO**

En la hipótesis de mínimos, podrían evitarse un 23% de los accidentes con víctimas



Características de la vía y su entorno, coexistencia de tránsito heterogéneos y control del cumplimiento de las normas son los tres factores sobre los que es preciso actuar.

Según los datos que la Dirección General de Tráfico ha hecho públicos recientemente, los accidentes de tránsito que se registraron en carreteras convencionales en 2014 se cobraron el 76% del total de fallecidos por esta causa en zonas interurbanas, y el 79% de los heridos hospitalizados.

En comparación con 2013, los siniestros de circulación acaecidos en la red convencional en 2014 se saldaron con 16 muertos más, un hecho que ha significado la ruptura de la tendencia positiva que venía siguiendo la accidentalidad viaria en España durante la última década.

Frente a esta realidad, urge poner en marcha un Plan Específico de Seguridad Vial en este tipo de vías, cuya extensión representa el 90% del total de la red de carreteras española (150.000 kilómetros de los 165.000 que suma la red viaria interurbana) y por la que, sin embargo, transita el 40% del tránsito.

Un informe realizado por el Departamento Técnico de la Asociación Española de la Carretera (AEC) apunta las líneas prioritarias que debería recoger dicho plan, instando a su consideración por parte de las administraciones competentes a fin de generar “un entorno más seguro y homogéneo”

en unas carreteras cuya principal característica es que tienen un único carril por cada sentido de circulación.

De acuerdo a las estimaciones recogidas en este análisis, la implantación del plan podría “salvar la vida” a 235 personas (el 25% del total de fallecidos registrados en 2014), puesto que se evitarían el 23% de los accidentes con víctimas. Y esto en un escenario de mínimos, ya que la hipótesis optimista se sitúa en 585 muertos menos (62% del total) y una reducción del 53% de los siniestros graves.

Tres líneas estratégicas

Reducir el riesgo de accidente asociado a las características de la vía y su entorno, generar un escenario más seguro para la coexistencia de tránsito heterogéneos y reforzar las estrategias de control del cumplimiento de las normas son los tres ejes sobre los que el **Plan Específico de Seguridad Vial en Carreteras Convencionales** debería incidir, según se desprende del estudio de la AEC.

Dentro de cada uno de estos ejes se contemplan acciones como:

- Programa de “carreteras que perdonan” los errores de los usuarios: refuerzo de la señalización, adecuación de trazados, implantación de sistemas de alerta de peligro, eliminación de obstáculos en los márgenes, reducción de pendientes laterales y, en su caso, instalación de sistemas de contención apropiados para todos los usuarios.

- Inspección de seguridad vial de todas las intersecciones de la red viaria convencional, a fin de mejorar accesos, señalización y visibilidad, y optimizar pendientes.

- Construcción de “carreteras 2+1”, en las que cada sentido de circulación alterna la existencia de un carril adicional durante un número determinado de kilómetros, eliminándose el choque frontal como consecuencia de adelantamientos y reduciéndose el riesgo de impacto frontolateral.

- Reducción de los desplazamientos nocturnos de peatones, proporcionando alternativas de transporte y realizando una fuerte labor de difusión y concienciación, sobre todo en los municipios más pequeños.

- Diseño de itinerarios seguros para ciclistas, a fin de que puedan circular en carreteras con un arcén de anchura suficiente.

- Restricciones a la circulación de vehículos pesados en determinados tramos de carreteras convencionales con problemas de accidentalidad, siempre que exista una alternativa de alta capacidad.

- Aumento de la presencia policial en las vías convencionales de forma aleatoria, con el propósito de evitar conductas recurrentes de incumplimiento de las normas al tiempo que se consigue el máximo aprovechamiento de la tecnología móvil de control de velocidad.

La Asociación Española de la Carretera revela en su informe la alta efectividad de cada una de estas medidas, a las que habrían de sumarse la asociada a las políticas globales de fomento de conductas seguras y la de acciones concretas como la modificación de los límites máximos de velocidad que contempla el nuevo Reglamento de Circulación –aún pendiente de aprobación- o el desvío del tránsito de vehículos pesados hacia las autopistas de peaje. Respecto de esta última y ante el escaso éxito del programa piloto de carácter voluntario puesto en marcha el pasado 6 de julio por el Ministerio de Fomento en seis tramos de autopistas (320 kilómetros en total), desde la Asociación Española de la Carretera consideramos necesario establecer la obligatoriedad de dicha medida, cuyo impacto en la mejora de la seguridad vial en las carreteras convencionales sería contundente, como así ha sido en el caso de la prohibición del paso de vehículos pesados por la N-II en Girona.

Plan Específico de Seguridad Vial en Carreteras Convencionales

	Impacto sobre los accidentes con víctimas		Impacto sobre las víctimas mortales	
	Accidentes con víctimas que se podrían evitar	% respecto al número actual	Víctimas mortales que se podrían evitar	% respecto al número actual
Hipótesis pesimista	6129	23%	235	25%
Hipótesis conservadora	10037	38%	399	42%
Hipótesis optimista	13946	53%	585	62%

Accidentes y víctimas en función del tipo de vía

(p) Datos de 2014 provisionales.

FALLECIDOS	Tipo de vía	2014	2013	Var 2014/2013
Vías interurbanas	Autopistas (p)	65	63	2%
	Autovías (p)	226	227	0%
	Resto vías (p)	956	940	2%
	TOTAL	1.247	1.230	1%
Vías urbanas	TOTAL	441	450	-2%
TOTAL	TOTAL	1.688	1.680	0%
HERIDOS HOSPITALIZADOS	Tipo de vía	2014	2013	Var 2014/2013
Vías interurbanas	Autopistas (p)	250	268	-7%
	Autovías (p)	762	815	-7%
	Resto vías (p)	3.822	4.099	-7%
	TOTAL	4.834	5.182	-7%
Vías urbanas	TOTAL	4.740	4.904	-3%
TOTAL	TOTAL	9.574	10.086	-5%
HERIDOS NO HOSPITALIZADOS	Tipo de vía	2014	2013	Var 2014/2013
Vías interurbanas	Autopistas (p)	3.310	3.612	-8%
	Autovías (p)	12.786	12.842	0%
	Resto vías (p)	32.597	34.866	-7%
	TOTAL	48.693	51.320	-5%
Vías urbanas	TOTAL	68.365	63.314	8%
TOTAL	TOTAL	117.058	114.634	2%
ACCIDENTES CON VÍCTIMAS	Tipo de vía	2014	2013	Var 2014/2013
Vías interurbanas	Autopistas (p)	2.278	2.456	-7%
	Autovías (p)	8.475	8.712	-3%
	Resto vías (p)	24.394	26.129	-7%
	TOTAL	35.147	37.297	-6%
Vías urbanas	TOTAL	56.423	52.222	8%
TOTAL	TOTAL	91.570	89.519	2%

La Agencia Nacional de Seguridad Vial lanzó en todo el país el “Operativo Ciudades”

Con un acto en la capital de la provincia de San Luis, el Ministerio del Interior y Transporte puso en marcha en todo el país el “Operativo Ciudades”.

Desde el 1º de septiembre y hasta el 12 de diciembre de 2015, la Agencia Nacional de Seguridad Vial (ANSV) reforzará los operativos de control vehicular en puntos específicos de cada distrito e intensificará las acciones de prevención y promoción de un cambio cultural en las escuelas primarias, en el marco del Programa de Fortalecimiento de la Educación Vial.

El Operativo Ciudades se trata de una actividad federal, organizada en torno a tres ejes. En primer lugar, se realizarán jornadas intensivas de trabajo, con personal y funcionarios pertenecientes a las áreas de tránsito y control urbano de cada jurisdicción municipal.

Asimismo, se desplegarán operativos conjuntos de alcoholemia, documentación y control de motos. Por último, se visitarán establecimientos de educación primaria, con el objetivo de brindar charlas orientadas a generar entre los niños una conducta responsable y fomentar agentes propulsores de un cambio cultural.

La Dirección Nacional de Coordinación Interjurisdiccional de la ANSV delineó un cronograma estratégico, para el cual se dispusieron agentes de seguridad vial y móviles del organismo, dotados con elementos de seguridad y alcoholímetros, que se complementarán con el trabajo de los promotores, quienes se encargarán de distribuir material de difusión entre los ciudadanos de cada municipio.

El lanzamiento de esta iniciativa abarca todo el territorio nacional, aunque la provincia de San Juan recibió la semana pasada equipamiento de seguridad y alcoholímetros para reforzar los controles en todo el territorio, además de actividades de concientización para todos los ciudadanos. Estas acciones beneficiarán a partir de hoy, a las principales ciudades de la Argentina. •



Asociación Argentina
de Carreteras

¡SUMATE A NUESTRA COMUNIDAD Y SEGUINOS EN TODAS LAS REDES!



www.aacarreteras.org.ar



**ENERGÍA
PARA HACER.
CAPACIDAD
PARA
RESPONDER.**

Estamos diariamente junto a cada cliente vial, garantizando calidad de respuesta tanto en entrega de producto, como en asesoramiento técnico.

Renovando el compromiso y ayudando a construir nuevos caminos que permitan conectar más comunidades.

Servicio de Atención al Cliente:
0810-810-8888
www.petrobras.com.ar

PETROBRAS

ASFALTOS

Trabajos Técnicos

01. INFLUENCIA ECONÓMICA DE MEJORAS DEL DISEÑO GEOMÉTRICO EN UN TRAMO DE AUTOPISTA

Autores: Ing. Gustavo J. MILIONE, Ing. Daniel Martos

02. LA GESTIÓN DE ACTIVOS VIALES EN LOS PAÍSES LATINOAMERICANOS: IMPLEMENTANDO NUEVAS IDEAS Y PROCEDIMIENTOS

Autores: Grupo de Trabajo Iberoamericano (GTI) Asociado al Comité Técnico 4.1 "Gestión De Activos Viales" de la Asociación Mundial de la Carretera.

Divulgación

Trabajo publicado en la Revista Carreteras N°199 de la Asociación Española de la Carretera

03. UNA ALTERNATIVA A LAS MEZCLAS MAM DE ALTO MÓDULO PARA CAPAS DE BASE, DE LARGA DURACIÓN, ECONÓMICAMENTE EFICIENTES Y ECO-AMIGABLES.

Autores: François Olard, Jérôme Dherbecourt, Hervé Dumont, M. Elena Hidalgo Pérez

04. CARTILLA DE ASFALTOS PARA USO VIAL #3

05. BASES Y SUBBASES EN PAVIMENTOS DE HORMIGÓN

Extracto del Manual de Diseño y Construcción de Pavimentos de Hormigón del Instituto del Cemento Portland Argentino. Capítulo 2 "Diseño", pp 2-14 a 2-25.

La dirección de la revista no se hace responsable de las opiniones, datos y artículos publicados. Las responsabilidades que de los mismos pudieran derivar recaen sobre sus autores.

INFLUENCIA ECONÓMICA DE MEJORAS DEL DISEÑO GEOMÉTRICO EN UN TRAMO DE AUTOPISTA

AUTORES: Ing. Gustavo J. MILIONE - Ing. Daniel Martos

RESUMEN

El diseño geométrico de una carretera afecta las características visibles de la infraestructura vial e influye directamente la eficiencia de su funcionamiento y las condiciones de seguridad vial.

En el proyecto del tramo de la Ruta Nacional N°158 entre las intersecciones con la Autopista Rosario-Córdoba y Ruta Provincial N°2, denominado “By Pass a Villa María”, se aplicaron criterios de diseño basados en la “Propuesta de Actualización de las Normas de Diseño Geométrico” entregada a la DNV en el año 2010. Estos criterios marcan algunos cambios con respecto a la práctica habitual aplicada por la repartición nacional vinculados esencialmente al diseño de la sección transversal del camino, en este caso una autopista.

Las innovaciones que se analizarán en el presente trabajo se centran en el diseño de: (1) canchales centrales con taludes suaves y desagüe mediante sumideros en alcantarillas pasantes; (2) diseño de taludes laterales externos tendidos sin baranda y (3) prolongación de las alcantarillas para mantener el talud externo tendido y ofrecer suficiente ancho de recuperación lateral sin barandas.

Estos cambios implican mejoras en las condiciones de seguridad de la infraestructura vial, pero también involucra modificaciones en los cálculos y costos de construcción (variación en los volúmenes de terraplén, de hormigón y acero para la construcción de alcantarillas, de longitudes de defensas).

El objetivo de la presente Monografía es analizar la influencia desde el punto de vista económico de cada uno de estos tópicos respecto a las prácticas de diseño convencional, por un lado, y contrastar los presuntos incrementos en la inversión inicial con los beneficios económicos implicados por la mejora de las condiciones de seguridad.

Para ello se empleó una herramienta informática desarrollada en Estados Unidos por el National Cooperative Highway Research Program denominada “Roadside Analysis Program” (RSAP).

INTRODUCCIÓN

El diseño geométrico es el proceso mediante el cual se relacionan las características visibles de la carretera con las leyes del movimiento, las características de operación de los vehículos, la

capacidad para alojarlos y las cualidades de los conductores (aptitudes, defectos y psicología). En consecuencia, el diseño geométrico influye directamente la eficiencia del funcionamiento de la carretera y en las condiciones de seguridad vial.

En el presente trabajo nos centraremos específicamente en la influencia económica del diseño geométrico de los costados en la seguridad vial. Para analizar la vinculación entre los costos de mejoras en el diseño de los costados y los costos de mantenimiento y accidentes resultantes, se plantea estudiar el proyecto de un tramo de autopista. Para ello se ha adoptado el tramo de la Variante de la Ruta Nacional N°158 a su cruce urbano por la ciudad de Villa María.

El estudio involucra los siguientes tópicos:

- Análisis de la influencia del diseño geométrico en la seguridad de los costados del camino.
- Estudio de la accidentología regional y descripción de la metodología para evaluar los costos de accidentes por salidas del costado del camino.
- Descripción de las características relevantes del proyecto de referencia
- Planteo de las alternativas de diseño de los costados del camino al proyecto de referencia.
- Ponderación económica de las distintas alternativas.
- Las conclusiones.

2. EL DISEÑO GEOMÉTRICO DE LOS COSTADOS DEL CAMINO

2.1 Seguridad vial

De acuerdo a las estadísticas internacionales y de la Dirección Nacional de Vialidad (DNV), cerca del 90% de los accidentes viales y de los muertos registrados son debido a choques frontales y a vehículos salidos de la calzada.

Durante la conducción, es natural que los vehículos circulen siguiendo una trayectoria oscilatoria dentro del carril de viaje, ya que difícilmente un conductor puede describir con su vehículo elementos geométricos perfectos que reflejen el trazado teórico diseñado por el proyectista del camino. En el caso particular que, durante estas oscilaciones, el vehículo trasponga los límites del carril de circulación ocurre una invasión. Estas invasiones pueden ser voluntarias, por ejemplo durante una maniobra de sobrepaso, o involuntarias, cuando un conductor se distrae o duerme.

Como consecuencia de las invasiones, pueden ocurrir los dos tipos de accidentes citados en el párrafo inicial:

- Choques frontales: ocurren cuando un vehículo cruza el eje central e invade el carril opuesto de un camino de dos carriles con dos sentidos, o cuando invade el cantero central e ingresa en la calzada opuesta de una carretera de calzadas divididas (autovía o autopista).
- Salidas del camino: ocurren cuando un vehículo invade la zona de camino y vuelcan o chocan contra un objeto fijo, ya sea natural o artificial.

A los fines de la reducción de los accidentes viales y su severidad, el objetivo primario del diseño geométrico **“es procurar contener a los vehículos dentro de la calzada”**, es decir, evitar las invasiones de los costados de camino.

Para mantener a los vehículos dentro de la calzada, el diseño geométrico debe ofrecer al conductor adecuadas distancias de visibilidad de detención y de sobrepaso, un alineamiento previsible con elementos debidamente seleccionados y dimensionados (radios de curvas, longitudes de espirales y de tramos rectos, peraltes, etc.), valores razonables de pendientes longitudinales, adecuados anchos de carriles y banquetas y buena coordinación planialtimétrica, etc. Además, existen otros factores fuera del alcance del diseño geométrico que favorecen a evitar las invasiones que tienen que ver con las condiciones del camino o ambientales, como por ejemplo: la fricción superficial de la calzada, la señalización vial, la iluminación y el mantenimiento de la infraestructura vial.

2.2 Los costados del camino

Dado que la acción individual o combinada de los factores humanos en la conducción, de la condición el camino, del ambiente y/o del vehículo determinarán que, a pesar de un buen diseño geométrico, los vehículos, sin embargo, sigan abandonando la calzada. En consecuencia, se establece un segundo objetivo del diseño geométrico: **“los costados del camino deben ser tan despejados o indulgentes como sea posible”**, para dar a los vehículos que abandonaron la calzada la oportunidad de recuperarse, detenerse con seguridad o, en caso de accidente, reducir la gravedad de los perjuicios.

Se define como costados del camino a las áreas laterales a la calzada, medidas desde el borde de las mismas y que abarcan hasta el límite de la zona de camino y, en caso de carreteras de calzadas divididas, hasta el borde de la otra calzada, implicando toda la mediana.

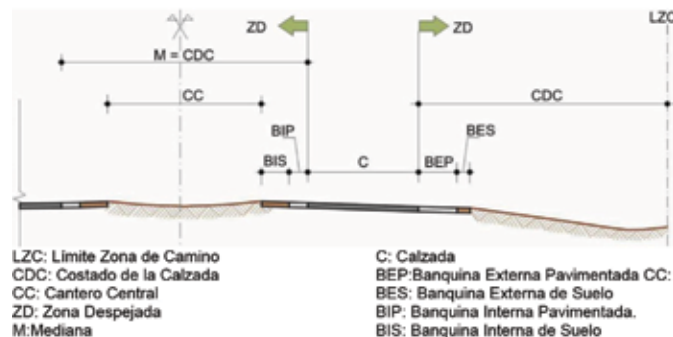


Figura 1 - Costados del camino

Los peligros en los costados del camino que pueden generar el vuelco de los vehículos o constituirse en obstáculos fijos son:

- La forestación natural o artificial.
- Los postes de servicios, de iluminación, de señalización, etc.
- Las barreras laterales de defensa deficientes y sus extremos.
- Los taludes de terraplén con pendientes empinadas.
- Las alcantarillas y los sumideros.
- Las cunetas y sus contrataludes.
- Los pasos superiores o altoniveles.
- Las obras de arte mayores, como estribos, pilas y columnas de puentes.
- Las masas rocosas.

En consecuencia, es importante diseñar áreas adyacentes al camino de taludes suaves sin quiebres importantes que eviten el vuelco de los vehículos errantes y, por otra parte, libres de obstáculos que puedan generar choques. Estas franjas laterales son denominadas zonas despejadas.

El ancho de la zona despejada se establece en función de la pendiente del terraplén, del volumen de tránsito, y del elemento geométrico que compone el alineamiento (recta o curva). En la Tabla 1, extraído del proyecto de Actualización de las Normas de Diseño Geométrico de la DNV del año 2010 (AND2010), se recomienda que, para tramos de autopistas en recta y para taludes de terraplén con pendiente 1:4, el valor de la zona despejada debería ser de 10 metros.

En el presente trabajo analizaremos los siguientes elementos que afectan el despeje de los costados del camino:

- La pendiente de los taludes externos del terraplén.
- La pendiente de los taludes internos que definen al cantero central.
- Las cabeceras de las alcantarillas transversales necesarias según el proyecto de desagües.
- Los sumideros para el desagüe del cantero central según el proyecto de desagües.
- Las obras de arte mayores para intercambiadores y altoniveles.
- Las barandas de defensa laterales.

Analizaremos a continuación los criterios adoptados para el diseño de dichos costados.

2.3 Pendiente de los taludes externos del terraplén

Por lo común, nuestras normas establecen la inclinación de los taludes de terraplén en función de su altura, admitiendo mayores valores de pendiente a medida que crecen en elevación. Este criterio refleja el hecho práctico y económico que a medida que crece la altura del coronamiento ocurre un fuerte aumento del volumen de suelos necesario para construirlos y del área de zona de camino requerido para alojarlos, disparando de este modo los costos, lo cual se compensa admitiendo taludes más empinados cuando las obras de terraplén crecen en altura.

La DNV ha normalizado dicho criterio en el Plano Tipo OB-1, en donde se establecen las pendientes de taludes según los rangos de altura de terraplén:

- Para terraplenes $h \geq 3$ m (c/defensa) 1:2 (V:H)
- Para terraplenes $1,5\text{ m} < h < 3$ m 1:4 (V:H)
- Para terraplenes $h < 1,5$ m 1:6 (V:H)

En topografías movidas, por ejemplo en montaña, donde los suelos naturales suelen ser de buena calidad, es posible aplicar pendientes 1:1,5 (V:H) para terraplenes superiores a los 5 metros de altura.

Tipo	Categoría	V km/h	TMDA	Talud	ZD m
Autopista	Especial	120	>5000	Plano - 1:4	10 - 10
		110	>5000	Plano - 1:4	10 - 10
Autovía	I	120	15000	Plano - 1:4	10 - 10
			5000	Plano - 1:4	10 - 10
		110	15000	Plano - 1:4	10 - 10
			5000	Plano - 1:4	10 - 10
		80	15000	Plano - 1:4	6 - 10
			5000	Plano - 1:4	6 - 10
Carretera	II	120	5000	Plano - 1:4	10 - 10
			1500	Plano - 1:4	10 - 10
		100	5000	Plano - 1:4	9 - 10
			1500	Plano - 1:4	6 - 10
		70	5000	Plano - 1:4	5 - 7
			1500	Plano - 1:4	4 - 5
Común	III	110	1500	Plano - 1:4	7 - 8
			500	Plano - 1:4	5 - 6
		90	1500	Plano - 1:4	5 - 8
			500	Plano - 1:4	2 - 6
		60	1500	Plano - 1:4	3 - 4
			500	Plano - 1:4	2 - 3
Bajo volumen	IV	100	500	Plano - 1:4	5 - 8
			150	Plano - 1:4	2 - 2
		70	500	Plano - 1:4	3 - 4
			150	Plano - 1:4	1 - 1
	V	90	<150	Plano - 1:4	2 - 2

Tabla 1 - Ejemplos de zona despejada en recta.

Los taludes de terraplén, supuestos regulares y libres de obstáculos, pueden clasificarse en función de las posibilidades de maniobrabilidad que ofrecen a los vehículos errantes fuera del camino como:

- No recuperables ni traspasable pendiente $> 1:3$
- Traspasable pero no recuperable $1:4 < \text{pendiente} \leq 1:3$
- Recuperable pendiente $\leq 1:4$

Con taludes iguales o menores a 1:4 nos aseguramos que los vehículos que hayan salido del camino puedan detenerse y/o reincorporarse al camino en forma segura.

2.4 Banquinas

La probabilidad de invasión del costado de camino decrece fuertemente a medida que nos alejamos del borde de la calzada, tal como lo determinaron los estudios de campo de la General Motors en la década de 1960 (Stonex). En consecuencia, el diseño de las banquetas influye de modo importante en la seguridad vial al ofrecer una zona despejada de buenas condiciones de regularidad superficial, ancho constante y pendiente transversal muy baja (por ejemplo 4% o 1:25) en el costado del camino inmediatamente adyacente a los carriles de viaje. En función de la experiencia, es deseable que las banquetas posean un ancho de 3 metros a cada lado del camino.

Las Normas de Diseño Geométrico de Carreteras del año 1980 de la DNV (NDG1980), para las Categorías I a III en topografía de llanura y ondulada deben diseñarse banquetas externas de 3 metros de ancho, y en el caso de carreteras de calzadas divididas, banquetas internas pavimentadas mínimas de 1,20 m para zona llana.

La AND2010 establece que las banquetas internas de las autopistas posean un ancho mínimo de 3 metros, con un metro pavimentado. Con respecto a las pendientes, se adopta aquella que permita un rápido drenaje transversal del agua de lluvia, usualmente 1,5 a 2% para banquetas pavimentadas, y 4% para superficies encespadas y de suelo.

2.5 Cuneta central

En el caso de carreteras calzadas divididas, para la inclinación de los taludes internos del terraplén vale el criterio indicado en el apartado anterior. Sin embargo, si la mediana no es demasiado ancha los taludes internos de cada calzada se encontrarán conformando la cuneta central. Entonces, el talud del terraplén de la calzada de sentido contrario constituye, en realidad, el contratalud de esa cuneta central, que tendrá un impacto en la seguridad al vuelco de los vehículos que abandonen la calzada hacia la mediana.

En el caso de una cuneta central de perfil transversal triangular, la combinación de pendientes de sus taludes debe seleccionarse para que los vehículos que la crucen no vuelquen. En

la Roadside Design Guide de AASHTO (RDG) se presenta un cuadro de secciones transversales recomendadas seguras (ver la Figura 2), que ha sido incluido en la AND2010. Adoptando taludes en los terraplenes internos de los canteros de 1:6 (V:H) se logra un diseño indulgente.

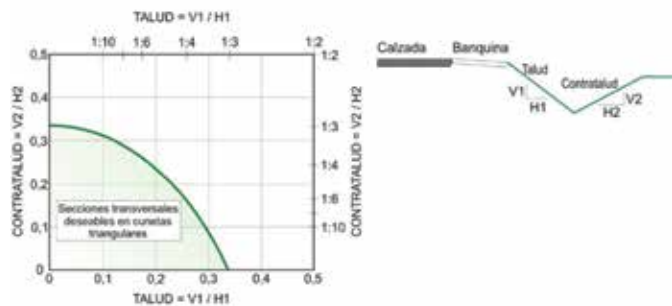


Figura 2 - Secciones transversales recomendadas para cunetas centrales triangulares (extraído de la AND2010).

De hecho, el Plano Tipo OB-1 de la DNV ha normalizado dicho criterio estableciendo que los taludes de la mediana en 1:6 cuando la rasante posea pendientes superiores a 0,3 por mil, admitiendo pendientes hasta 1:4 cuando las pendientes longitudinales de la calzada sean inferiores o en zonas de desarrollo del peralte.

2.6 Alcantarillas transversales

Son estructuras hidráulicas constituidas por conductos cortos y obras en sus extremos (cabeceras) que permiten el paso de las aguas superficiales a través del terraplén del camino a fin de garantizar la permeabilidad transversal requerida según los estudios hidrológicos de proyecto vial.

Sin embargo, desde el punto de vista de la seguridad vial, estas obras interrumpen el desarrollo regular del terraplén introduciendo un orificio de desagüe, y su obra de cabecera, convirtiéndose en obstáculo fijo.

En el diseño de los desagües de las rutas nacionales se ha generalizado el uso de alcantarillas rectangulares de hormigón según el plano tipo O-41211, considerada por muchos proyectistas y constructores viales como una estructura hidráulica versátil, eficiente y económica, avalada por más de 50 años de existencia. Está claro que pueden aplicarse otros diseños bajo condiciones particulares, como “pórtico” rectangulares en hormigón armado (s/PT Z-2915, Z-2916 o X-372) o caños circulares u ovales de acero corrugado (s/PT H-10235 o H-10237), pero sin embargo, en el presente trabajo solo analizaremos el diseño más generalizado: la alcantarilla s/PT O-41211 mod. Esta alcantarilla consiste en una losa simple o continua de hormigón armado apoyada en muros de hormigón simple, con luces entre 0,80 m a 2,00 m (5,00m para el plano modificado), alturas de 0,50 m a 2,00 m. Según este plano, la dimensión

de la longitud de la alcantarilla (el famoso “J”) se establece en función de la siguiente ecuación:

$$J = \text{ancho de coronamiento} + 0,50 + 3 \times [\text{tapada} - (0,40 + \text{flecha})]$$

, donde se considera una pendiente de taludes laterales de 1:1,5 (V:H). Como se puede apreciar, los taludes especificados por el plano tipo en las proximidades de la alcantarilla y la propia obra de cabecera implican un diseño del costado de camino no indulgente, por lo que se requiere una defensa de protección del costado, habitualmente metálica.

Una solución a esta alternativa consiste en la prolongación de la longitud del conducto (J) tal que la cabecera se aleje lo máximo posible y sin modificar las pendientes de diseño de los taludes del terraplén a los fines de lograr superficies recuperables, y con ello, aumentar el ancho de zona despejada al costado de camino.

En el caso de caminos de calzadas divididas, una opción para ampliar la zona despejada en la mediana es construir una única alcantarilla que involucre los terraplenes de ambas calzadas, siempre que la cota de la cuneta central y la losa de la alcantarilla lo permitan. Este criterio presenta la ventaja de eliminar las cabeceras (obstáculos fijos) en el cantero central y permite mantener la regularidad de la inclinación de los taludes internos. El desagüe del cantero central se resuelve mediante sumideros.

2.7 Defensas metálicas

Las defensas laterales se colocan al costado del camino cuando el diseño del mismo no es indulgente y, por tanto, el conductor que pierde el control del vehículo y sale al costado del mismo corre riesgos de vuelco o colisión con un obstáculo fijo que pudiese presentarse.

Evidentemente, una defensa lateral debe ubicarse cuando el riesgo a la seguridad vial sea mayor que la situación sin ella. Desde el punto de vista del diseño geométrico, requeriremos colocar defensas cuando los taludes posean pendientes no recuperables ni traspasables, es decir, para taludes más empinados que 1:2, o cuando se presente un obstáculo rígido, como las cabeceras de alcantarillas transversales.

Para determinar la longitud total de baranda a los efectos de proteger adecuadamente el obstáculo, se puede aplicar la metodología descrita en las RDG. Por ejemplo, la longitud necesaria de defensa para una alcantarilla de 2 m de luz, con un guardarruedas a 5,5 m del borde de calzada y un muro de ala de 45° extendido hasta 7 m del mismo, para una velocidad de operación de 110 km/h es del orden de los 100m, valores que habitualmente no utilizamos en nuestro medio.

3. ESTUDIO DE ACCIDENTES

3.1 Datos de accidentes regionales

La Variante a Villa María, el proyecto de referencia, es una autopista de circunvalación que se desarrolla en un ambiente eminentemente rural en el centro de la provincia de Córdoba. Por tanto, se consideró adecuado tomar como referencia la información de accidentes viales ocurridos en la Red de Acceso a la Ciudad de Córdoba (RAC) recabada en forma sistemática por la empresa concesionaria, Caminos de la Sierras.

Esta red está compuesta por una serie de rutas nacionales y provinciales que confluyen a la ciudad de Córdoba, empalmando la mayor parte de ellas en la Avenida de Circunvalación. La configuración de los distintos corredores que conforman la red y el ambiente donde se emplazan es de tipo variable, con rutas de calzada indivisa, autovías y autopistas, atravesando áreas rurales, que se vuelven suburbanas y urbanas a medida que se acercan a Córdoba. En la Tabla 2 se indican las distintas rutas que componen la RAC, donde se indican las longitudes y las características de los distintos corredores componentes.

Ruta	Longitud (km)	Características	Ambiente
Ruta Nacional N°20/38	29,5	Autopista	Rural
Ruta Provincial N°5	27,9	Autovía / Calzada Única	Rural
Ruta Nacional N°36	23,5	Autovía / Calzada Única	Rural
Ruta Nacional N°9 (S)	36,7	Calzada Única	Rural
Autopista Pilar - Córdoba	37,3	Autopista	Rural
Ruta Nacional N°19	51,5	Autovía / Calzada Única	Rural
Ruta Nacional N°9 (N)	41,5	Calzada Única	Suburbano
Ruta Provincial N° E-53	23,0	Autovía / Calzada Única	Rural / suburbano
Ruta Provincial N° E-55	16,9	Calzada Única	Rural / suburbano
Avenida de Circunvalación	32,5	Autopista	Suburbano
Otras rutas y avenidas		Varias	Varios
TOTAL	320,3		

Tabla 2 - Red de Acceso a Córdoba.

Se consideraron “comparables” con el proyecto de referencia aquellos corredores de la RAC que poseen una configuración de autopista en todo su desarrollo. Los mismos son la RNN°20, el tramo Pilar-Córdoba de la Autopista Rosario-Córdoba y la Avenida de Circunvalación.

El listado de los accidentes totales registrados en dichos tramos de la RAC durante el año 2011, último período anual completo, se muestra en la Tabla 3. En dicho cuadro también se informa el tránsito medio diario anual (TMDA) según los datos registrados en las cabinas de peaje, a excepción de la Avenida de Circunvalación, donde se lo estimó como promedio para el tramo entre la RP E-53 y la RNN°20. Es importante indicar que en la Avenida de Circunvalación y la RNN°20 solo se han citado los accidentes ocurridos en la calzada principal, despreciándose los ocurridos en las calles colectoras, dado que el análisis del presente trabajo se centra en el tronco de la autopista.

Ruta	Longitud (km)	TMDA 2011	N° de Accidentes	Personas involucradas				
				total	sin lesiones	heridos leves	heridos graves	muertos
Ruta Nacional N°20/38	29,5	37.330	302	782	571	192	14	5
Autopista Pilar - Córdoba	37,3	13.702	76	171	124	40	3	4
Av. de Circunvalación *	32,5	39.500	433	953	666	259	26	2
TOTALES	99,3	29.165	811	1906	1361	491	43	11

Observaciones

* No se consideran los accidentes en calles colectoras

Tabla 3 - Resumen de accidentes totales y personas afectadas en los distintos corredores.

En la Tabla 4 se indican las tasas de cantidad de accidentes, de heridos y muertos totales por cada 1.000.000 de km*vehículos. Podemos notar que la Autopista Rosario-Córdoba en el tramo Pilar-Córdoba, con menor TMDA, corresponden las tasas más bajas de cantidad de accidentes y de heridos pero, sin embargo, las tasas más elevadas de muertos. Esto implica que los accidentes, menores en número, son más severos.

Ruta	Longitud (km)	TMDA 2011	Total de Accidentes	Personas involucradas				
				total	sin lesiones	heridos leves	heridos graves	muertos
Ruta Nacional N°20/38	29,5	37.330	302	782	571	192	14	5
Autopista Pilar - Córdoba	37,3	13.702	76	171	124	40	3	4
Av. de Circunvalación *	32,5	39.500	433	953	666	259	26	2
TOTALES	99,3	29.165	811	1906	1361	491	43	11

Observaciones

* No se consideran los accidentes en calles colectoras

Tabla 4. Resumen de tasas de accidentes totales y personas afectadas en los distintos corredores.

En la Tabla 5 se indican los accidentes debido a la salida de vehículos de la calzada, o despistes según las planillas de la concesionaria, en cada una de las rutas.

En la Tabla 6 se indican las tasas de frecuencia de invasiones y personas afectadas con o sin lesiones en estos eventos. En esta última planilla se incluye, en la cuarta columna, los valores de la tasa de frecuencia de invasiones o despistes por kilómetro de autopista y por año, según el mismo formato aplicado en la curva de correlación de Cooper (ver Apartado 4.3.1). Es interesante notar que nuevamente el tramo de autopista Pilar-Córdoba es la ruta con mayor severidad en los accidentes de salida del camino que, por otro parte, constituyen el 56,6% de todos los accidentes viales ocurridos en dicho tramo.

Ruta	Longitud (km)	TMDA 2011	Total de Acci- dentes	Invasiones		Personas involucradas en invasiones				
				Nº	% del total acc.	total	sin lesiones	heridos leves	heridos graves	muertos
Ruta Nacional N°28 *	29,5	37.330	302	32	10,6	51	32	14	5	0
Autopista Pilar - Córdoba	37,3	13.700	76	43	56,6	80	47	28	3	2
Av. de Circunvalación *	32,5	39.500	433	165	38,1	245	164	71	9	1
globales	99,3	29.165	811	240	29,6	376	243	113	17	3

Observaciones

* No se consideran los accidentes en calles colectoras

Tabla 5 - Resumen de invasiones y personas afectadas en los distintos corredores

Considerando el diseño geométrico, el entorno de implantación de la autopista, la topografía, el nivel de tránsito, se adopta como tramo más representativo del proyecto de referencia al de la Autopista Pilar-Córdoba. En esta facilidad, la frecuencia de invasiones es de 1,15 por kilómetro y por año.

Ruta	Longitud (km)	TMDA 2011	Invasiones por km/año	Invasiones por millón de km²/veh	Heridos leves por millón de km²/veh	Heridos graves por millón de km²/veh	Muertos por millón de km²/veh
Ruta Nacional N°28 *	29,5	37.330	1,08	29,1	12,7	4,5	0,00
Autopista Pilar - Córdoba	37,3	13.700	1,15	84,1	54,8	5,9	3,91
Av. de Circunvalación *	32,5	39.500	5,08	128,5	55,3	7,0	0,78
globales	99,3	29.165	2,42	82,9	39,0	5,9	1,04

Observaciones

* No se consideran los accidentes en calles colectoras

Tabla 6 - Resumen de tasas de despistes y personas afectadas en los distintos corredores

3.2 Costos de accidentes. Roadside Safety Analysis Program

Para evaluar el costo de los accidentes por salida del camino se adoptó un procedimiento programado para PCs que compara la rentabilidad de alternativas las mejoras de seguridad vial de los costados del camino.

El software es el "Roadside Safety Analysis Program" (RSAP), que ha sido desarrollado por King Mak (consultor privado) y Dean Sicking (Universidad de Nebraska) para el "National Cooperative Highway Research Program" (NCHRP) bajo los proyectos NCHRP 22-9 y 22-9(2) en el año 2002. El mismo surgió como un perfeccionamiento del programa "Roadside" incorporado como Anexo A en la RDG del año 2002.

El procedimiento incorporado en el RSAP se basa en un modelo de probabilidad de accidentes por salida del camino construido sobre una serie de probabilidades condicionales. La formulación general del modelo de probabilidad de accidentes salida del camino es la siguiente:

$$E(C) = V \times P(E) \times P(C/E) \times P(I/C) \times C(I)$$

, donde:

E(C)= costo estimado por accidente por salida del camino.

V = volumen de tránsito.

P(E)= probabilidad de ocurrencia de una invasión (tasa de invasión).

P(C/E)= probabilidad de un accidente ocurrida una salida del camino.

P(I/C)= probabilidad de un daño determinado ocurrido un accidente.

C(I)= costo de un daño determinado.

El programa posee, en consecuencia, cuatro módulos básicos asociados con el procedimiento de rentabilidad:

- Módulo de salida del camino o invasión.
- Módulo de predicción de accidentes.
- Módulo de predicción de severidad.
- Módulo de análisis beneficio/costo.

Una característica distintiva de este programa es que aplica un método de solución estocástica usando la técnica de simulación de Monte Carlo. En base a un generador de números aleatorios se simula, o se crea una muestra de, una invasión del costado del camino de determinadas condiciones. Las condiciones asociadas con cada invasión son creadas en forma azarosa e incluyen:

- Localización de la invasión, carril de viaje, dirección de viaje, carril de partida y dirección de la invasión (izquierda o derecha).
- Velocidad de la invasión y combinación de ángulos.
- Tipo de vehículo
- Orientación del vehículo.

El proceso es iterativo, generando una suficiente cantidad de muestras de salidas al costado del camino tal que el cambio del costo de accidentes entre la salida previa y posterior indique la convergencia del proceso.

Analizaremos a continuación el funcionamiento general de cada módulo.

3.2.1 Módulo de salida del camino o invasión

El primer módulo analiza la probabilidad de la ocurrencia de una invasión en función de las características del costado del camino a lo largo del tramo de carretera mediante el producto del volumen de tránsito por la probabilidad de ocurrencia de una invasión $V \times P(E)$.

Esta probabilidad se determina en dos pasos, el primero involucra la estimación de las salidas del camino en función de una tasa de invasión promedio, función del volumen de tránsito y del tipo de infraestructura (dos sentidos de circulación con calzadas divididas, dos sentidos de circulación con calzada indivisa, un sentido de circulación, etc.). En el RSAP se adoptó la base de datos del estudio realizado por Cooper a finales de los 1970 en Canadá, donde se observaron las huellas de las

ruedas en los costados del camino en carreteras con calzada única y calzada dividida (ver la Figura 5). Es interesante notar que entre los 3.000 y 6.000 vehículos/día, la curva muestra un descenso de invasiones, que se explica considerando el comportamiento del conductor. Para volúmenes menores a 3.000 vehículos/día, el tránsito opera a elevadas velocidades (alto nivel de servicio) con menor atención en la tarea de manejo y una consecuente tasa creciente de invasiones. Cuando se incrementa el volumen de tránsito, la mayor interacción con el tránsito incrementa la atención del conductor y elimina la monotonía de la tarea de manejo, reduciéndose la tasa de invasión. Sin embargo, a partir de los 6.000 vehículos/día, la mayor fricción vehicular genera un aumento de la tasa de salidas del costado del camino.

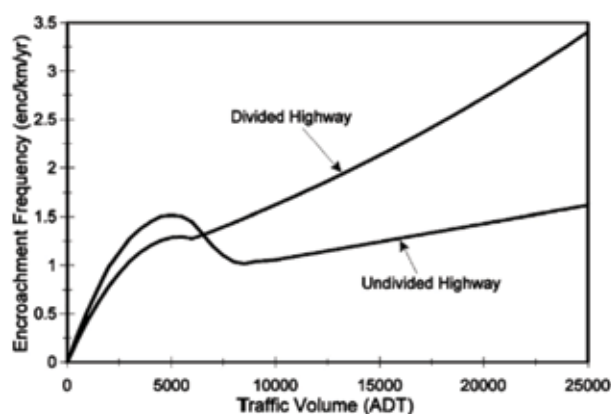


Figura 5 - Tasa de invasiones utilizado por el RSAP

Debido a las limitaciones del estudio, el RSAP realiza dos ajustes sobre dicha base de datos:

- Dado que los estudios de Cooper se realizaron analizando las huellas de los neumáticos dejadas en los costados del camino, las salidas que se desarrollaron dentro de las banquetas pavimentadas pudieron no haber sido detectadas. En consecuencia, se consideró que los datos de despistes con extensiones laterales menores a 4 metros fueron infra-reportados. Entonces, la base de datos del estudio de Cooper fue re-analizada excluyendo todas las invasiones ocurridas a 4 metros o menos del borde del camino.
- La metodología del estudio de Cooper no permite determinar las invasiones descontroladas de las controladas (por equipos agrícolas circulando por el costado del camino, de vehículos de mantenimiento de la carretera, etc.). En base a un estudio de defensas en California, se adoptó que el 60% de las salidas reportadas en el estudio de Cooper son salidas descontroladas.

En el segundo paso se ajusta esta tasa promedio en función de las características específicas del camino mediante factores de ajustes que tienen en cuenta la curvatura horizontal, las pendientes longitudinales de la rasante y la tasa de crecimiento

del tránsito. Para ello es necesario subdividir el tramo de carretera en análisis en segmentos con condiciones de curvatura horizontal y pendientes de rasante similares.

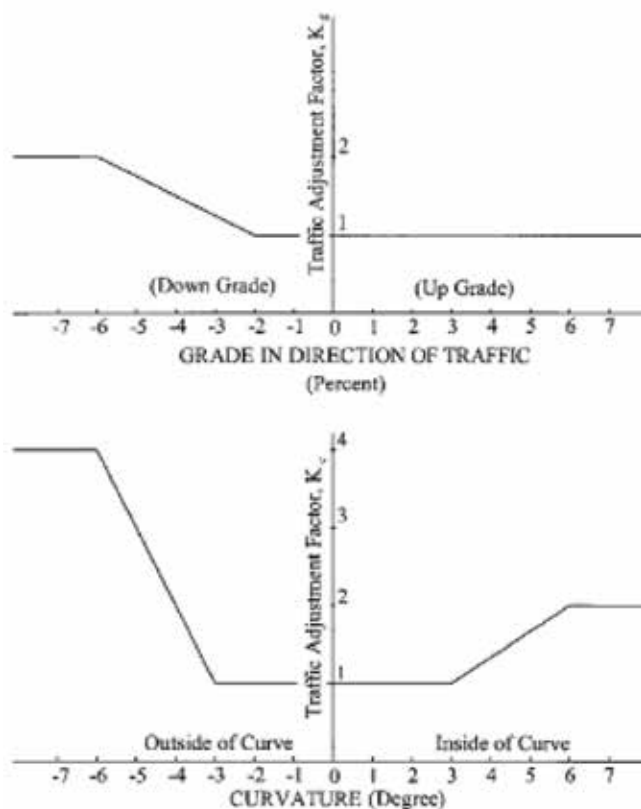


Figura 6 - Factores de ajuste de invasión por las características geométricas de la carretera

Los factores se basaron en las investigaciones conducidas por Wright y Robertson y son los mismos aplicados en el programa Roadside del RDG. En estos estudios se determinó que las tasas de salidas del camino crecen en las curvas horizontales, en mayor grado en la parte externa del costado del camino que en la interna. Cuando el grado de curvatura es superior a 3 (o el radio inferior a 582 metros) deben afectarse por un factor de ajuste que crece linealmente desde 1 a un máximo de 2 cuando el grado de curvatura alcanza a 6 (o el radio es menor a 291 metros) (ver la parte inferior de la Figura 6).

En cuanto a la altimetría, se encontró que cuando las rampas son descendentes aumentan las salidas al costado del camino. El factor de ajuste varía linealmente desde 1 para pendientes de -2% hasta un máximo de 2 cuando la rampa supera el -6% (ver la parte superior de la Figura 6).

3.2.2 Módulo de predicción de accidentes

El módulo de predicción de accidentes permite definir la probabilidad de, una vez ocurrida una invasión del costado del

camino, que la misma se transforme en un accidente, al chocar un obstáculo en el costado o volcar por las condiciones de los taludes, cunetas, etc. Este análisis requiere que se ingresen los objetos y características del camino que influirán en la seguridad del costado del camino, como pendientes de terraplenes, cabeceras de alcantarillas, defensas laterales y amortiguadores de impacto, cunetas y demás objetos fijos.

camino cargadas primero en función de su distancia al origen de la sección de análisis, luego según su posición a la derecha, en la mediana o a la izquierda de la dirección principal, y finalmente en función de su distancia lateral al borde de calzada más cercana.

Luego, se determinará la franja de invasión ocupada por el vehículo al salir al costado del camino, que será función del ángulo de salida del camino, el tamaño del vehículo y la orientación. En el proceso de invasión se asume que el vehículo mantendrá constante todos estos parámetros. La trayectoria se ajusta en las curvas horizontales aumentando o disminuyendo el ángulo de salida proporcionalmente al radio de curvatura para salidas externas o internas respectivamente.

Si dentro de la franja barrida por el vehículo en la salida se encuentra un obstáculo, el vehículo lo impactará. En caso de existir dos o más obstáculos en la trayectoria de la invasión, el RSAP asume que se impactará primero el más cercano lateralmente al borde del camino. Luego analiza la posibilidad de penetración de dicho obstáculo, en caso positivo, se determina el impacto con el obstáculo siguiente. En cada impacto, el RSAP calcula la energía ganada o perdida en el impacto y el resultado en su energía cinética, es decir, el cambio de velocidad provocado. El RSAP considera el vuelco de vehículos, por ejemplo camiones, cuando golpean una defensa lateral. Sin embargo, no se consideran los fenómenos de quiebre de pendientes o suelo suelto como fuentes de vuelco.

Al definir la franja de invasión es necesario determinar la extensión lateral, que indirectamente implica definir hasta donde se extiende la invasión. En base a los datos del estudio de salidas del camino de Cooper, excluyendo las invasiones menores a 4 m, se obtuvo una curva de regresión que vincula la probabilidad de invasión a una extensión lateral dada de la siguiente forma:

$$\ln(Y) = a + b \cdot X$$

, donde:

Y = porcentaje de vehículos que exceden la extensión lateral X.

X = distancia de extensión lateral.

a, b = coeficientes de regresión.

Impact Speed and Angle Distributions	Applicable Functional Classes
Freeways	Urban Freeways Rural Freeways
Urban Arterials	Urban Principal Arterial Urban Minor Arterial
Urban Collectors and Local Roads	Urban Collectors Urban Local Roads
Rural Arterials	Rural Principal Arterial Rural Minor Arterial
Rural Collectors and Local Roads	Rural Collectors Rural Local Roads

FREEWAYS								
Speed (km/h)	Angle (Degrees)							
	2.5	7.5	12.5	17.5	22.5	27.5	32.5	
8	0.0002	0.0005	0.0005	0.0003	0.0002	0.0001	0.0002	
24	0.0049	0.0119	0.0118	0.0088	0.0057	0.0034	0.0042	
40	0.0151	0.0364	0.0359	0.0268	0.0174	0.0104	0.0127	
56	0.0215	0.0519	0.0513	0.0382	0.0248	0.0149	0.0181	
72	0.0205	0.0494	0.0488	0.0364	0.0236	0.0142	0.0173	
88	0.0152	0.0367	0.0362	0.0270	0.0176	0.0105	0.0128	
115	0.0200	0.0484	0.0478	0.0356	0.0231	0.0139	0.0169	

URBAN ARTERIALS								
Speed (km/h)	Angle (Degrees)							
	2.5	7.5	12.5	17.5	22.5	27.5	32.5	
8	0.0119	0.0238	0.0223	0.0167	0.0112	0.0071	0.0099	
24	0.0356	0.0714	0.0669	0.0501	0.0336	0.0211	0.0298	
40	0.0323	0.0647	0.0606	0.0454	0.0304	0.0192	0.0270	
56	0.0194	0.0388	0.0364	0.0272	0.0183	0.0115	0.0162	
72	0.0095	0.0190	0.0179	0.0134	0.0090	0.0056	0.0079	
88	0.0041	0.0083	0.0078	0.0058	0.0039	0.0025	0.0035	
115	0.0026	0.0053	0.0050	0.0037	0.0025	0.0016	0.0022	

Figura 7 - Distribución de probabilidades de velocidades y ángulos de impacto por tipo de carretera (continua en Figura 8).

Speed (km/h)	Angle (Degrees)							
	2.5	7.5	12.5	17.5	22.5	27.5	32.5	
8	0.0095	0.0370	0.0450	0.0363	0.0240	0.0141	0.0151	
24	0.0196	0.0761	0.0924	0.0746	0.0493	0.0289	0.0310	
40	0.0133	0.0517	0.0628	0.0508	0.0335	0.0197	0.0211	
56	0.0063	0.0246	0.0299	0.0241	0.0160	0.0093	0.0100	
72	0.0025	0.0098	0.0119	0.0097	0.0064	0.0037	0.0040	
88	0.0009	0.0036	0.0043	0.0035	0.0023	0.0014	0.0014	
115	0.0005	0.0018	0.0021	0.0017	0.0011	0.0007	0.0006	

Figura 8 - Distribución de probabilidades de velocidades y ángulos de impacto por tipo de carretera (continuación de Figura 7).

RURAL ARTERIALS								
Speed (km/h)	Angle (Degrees)							
	2.5	7.5	12.5	17.5	22.5	27.5	32.5	
8	0.0131	0.0180	0.0148	0.0107	0.0072	0.0047	0.0078	
24	0.0315	0.0431	0.0354	0.0256	0.0173	0.0113	0.0188	
40	0.0342	0.0467	0.0384	0.0277	0.0188	0.0123	0.0203	
56	0.0290	0.0396	0.0325	0.0235	0.0159	0.0104	0.0172	
72	0.0218	0.0298	0.0245	0.0177	0.0120	0.0078	0.0130	
88	0.0153	0.0209	0.0172	0.0124	0.0084	0.0055	0.0091	
115	0.0275	0.0375	0.0309	0.0223	0.0151	0.0099	0.0164	

RURAL COLLECTORS AND LOCAL ROADS								
Speed (km/h)	Angle (Degrees)							
	2.5	7.5	12.5	17.5	22.5	27.5	32.5	
8	0.0070	0.0109	0.0094	0.0069	0.0047	0.0030	0.0049	
24	0.0364	0.0568	0.0490	0.0360	0.0245	0.0159	0.0253	
40	0.0446	0.0696	0.0601	0.0441	0.0300	0.0195	0.0310	
56	0.0315	0.0493	0.0425	0.0312	0.0212	0.0138	0.0219	
72	0.0169	0.0265	0.0228	0.0168	0.0114	0.0074	0.0118	
88	0.0077	0.0121	0.0104	0.0077	0.0052	0.0034	0.0054	
115	0.0050	0.0078	0.0067	0.0049	0.0034	0.0022	0.0035	

Figura 8 - Distribución de probabilidades de velocidades y ángulos de impacto por tipo de carretera (continuación de Figura 7).

Esta distancia de extensión lateral de la invasión es corregida por la pendiente lateral de los taludes mediante el siguiente factor:

$$E = 1 + s / 0,4$$

, donde

E = factor de ajuste por extensión lateral

S = pendiente expresada como fracción

Las condiciones de impacto, definidas por la velocidad y ángulo de impacto, se determinan en base a datos reales provenientes de la reconstrucción de accidentes. El RSAP determinó para 5 categorías de carreteras matrices de distribución de probabilidad entre velocidades y ángulos de impactos de 7x7. También en base a datos de accidentes se definió la distribución de la orientación en el impacto, a fin de definir mejor la trayectoria o franja de invasión.

Finalmente, el RSAP define 12 categorías de tipos de vehículo. La proporción de cada una de estas categorías en el volumen de tránsito está en función del porcentaje de camiones (%T) previstos. El programa, además permite cargar las propias clasificaciones de tipo de vehículos si el usuario lo desea.

Vehicle Type	Category	Length (ft)	Width (ft)	Weight (lb)	C.G. Ht. (ft)	A. Distance (ft)	Asal Ht. (ft)
Passenger Car	320-kg (Small)	2.0	1.8	820	0.5	1.0	3.4
	1410-kg (Intermediate)	3.7	1.9	1425	0.5	1.2	3.4
	2000-kg (Large)	4.5	2.1	2000	0.5	1.6	3.4
Pickup and Van	Small Pickup Truck	4.8	1.7	1425	0.6	1.2	3.4
	Mini-Van	4.7	1.8	1720	0.7	1.2	3.4
	Full-Size Pickup Truck	5.5	1.9	1600	0.7	1.3	3.4
Single-Unit Truck	Specialty Vehicle	4.4	1.8	1700	0.7	1.2	3.4
	8000-kg (Empty)	7.6	2.4	8000	1.3	2.0	1.0
	11500-kg (Loaded)	10.7	2.6	11600	1.7	2.8	1.0
Tractor-Trailer	11500-kg (Empty)	8.3	2.6	11800	1.3	4.0	1.2
	36000-kg Van-Trailer (Loaded)	8.3	2.8	36000	2.0	4.8	1.2
	36000-kg Tank-Trailer (Loaded)	8.3	2.6	36000	2.8	4.8	1.2

Figura 9 - Características del tipo de vehículo considerado en el RSAP.

3.2.3 Módulo de predicción de severidad

El módulo de predicción de severidad permite estimar la gravedad del daño de un accidente dado. La severidad de los accidentes es el parámetro más importante a los fines de establecer una relación de costo de una determinada característica al costado del camino, por lo que la predicción de gravedad de los daños la debe ajustarse lo más posible. Históricamente, la severidad se estimó según tres criterios básicos:

Vehicle Type	Category	% in Vehicle Mix	
		% Truck = T%	% Truck = 10%
Passenger Car	320-kg (Small)	[0.090*(100-T)]	8.1
	1410-kg (Intermediate)	[0.375*(100-T)]	33.8
	2000-kg (Large)	[0.135*(100-T)]	12.1
	Subtotal	[0.6*(100-T)]	54.0
Pickup and Van	Small Pickup Truck	[0.104*(100-T)]	9.4
	Mini-Van	[0.140*(100-T)]	12.6
	Full-Size Pickup Truck	[0.116*(100-T)]	10.4
	Specialty Vehicle	[0.040*(100-T)]	3.6
Single-Unit Truck	Subtotal	[0.4*(100-T)]	36.0
	8000-kg (Empty)	0.7*T, if T<4% 2.8, if T=4%	2.8
	11500-kg (Loaded)	0.3*T, if T<4% 1.2, if T=4%	1.2
	Subtotal	T, if T<4% 4.0, if T=4%	4.0
Tractor-Trailer	11500-kg (Empty)	0.0, if T<4% 0.2*(T-4), if T=4%	1.2
	36000-kg Van-Trailer (Loaded)	0.0, if T<4% 0.6*(T-4), if T=4%	3.6
	36000-kg Tank-Trailer (Loaded)	0.0, if T<4% 0.2*(T-4), if T=4%	1.2
	Subtotal	0%, if T<4% (T-4)%, if T=4%	6.0
Total			100.0

Note: T is the nominal percent of truck traffic. The default value for T is 10%

Figura 10 - Determinación del porcentaje de vehículos en función del porcentaje de camiones (%T).

- Juicio ingenieril: es de amplia difusión un índice de severidad (SI, severity index) elaborado en base a la opinión de profesionales de seguridad vial (ingenieros, policía y investigadores) sobre una serie dada de accidentes. En general, estos índices de severidad sobredimensionan los daños dado que la experiencia de los investigadores y profesionales se forma con las situaciones más extremas de ensayos y accidentes más graves, que muy habitualmente involucran muertos. El RDG de 1996 posee un Índice de Severidad elaborado en una rango de 0 a 10.

- Datos de accidentes: basados en los reportes policiales de accidentes. Sin embargo, este tipo de reportes tienden a sobredimensionar la severidad de los accidentes dado que normalmente son reportado los accidentes con heridos graves o muertos, resultando los accidentes menos severos normalmente no reportados. Los daños en los reportes son clasificados en:

- o K: daños fatales
- o A: daños graves o incapacitante.
- o B: daños moderados o no incapacitante.
- o C: daños menores o posibles.
- o PDO: solo daños a la propiedad (PDO, Property damages Only).

- Análisis cinemático. Surgen al modelar mediante computadoras accidentes a los fines de establecer relaciones entre las desaceleraciones durante colisiones con la severidad de los daños a las personas. Sin embargo, las correlaciones no son buenas y los modelos, debido a la complejidad del problema, suelen ser muy simplificados.

Si bien la intención fue seguir un enfoque de “probabilidad de daño” basado en los reportes policiales de accidentes en combinación con análisis cinemáticos, en el RSAP se aplicó el índice de severidad desarrollado en el RDG 1996. En el mismo se establecieron los índices de severidad para varios obstáculos al costado del camino en función de las velocidades de diseño de distintos tipos de carretera (50, 70, 90 y 115 km/h para colectores urbanos, colectores rurales, arteriales rurales y autopistas respectivamente). Sin embargo, en el RSAP se vinculó el índice de daño no a la velocidad de diseño de la carretera sino a la velocidad de impacto. Analizando los valores de AASHTO, se obtuvo curvas de regresión que vinculan el índice de severidad para cada obstáculo en función de la velocidad, adoptando como hipótesis que a velocidad 0 corresponde índice de severidad 0.

Severity Index (SI)	Injury Level (%)						
	None	PDO1	PDO2	C	B	A	K
0	100.0	-	-	-	-	-	-
0.5	-	100.0	-	-	-	-	-
1	-	66.7	23.7	7.3	2.3	-	-
2	-	-	71.0	22.0	7.0	-	-
3	-	-	43.0	34.0	21.0	1.0	1.0
4	-	-	30.0	30.0	32.0	5.0	3.0
5	-	-	15.0	22.0	45.0	10.0	8.0
6	-	-	7.0	16.0	39.0	20.0	18.0
7	-	-	2.0	10.0	28.0	30.0	30.0
8	-	-	-	4.0	19.0	27.0	50.0
9	-	-	-	-	7.0	18.0	75.0
10	-	-	-	-	-	-	100.0

Figura 11- Correlación del Índice de Severidad (SI) con el nivel de daños.

3.2.4 Módulo de beneficio/costo

Por una parte se determinan los costos sociales o de accidentes simplemente sumando el producto de la probabilidad de cada nivel de daño por su costo asociado:

$$CA = \sum P(I_i) \cdot C(I_i)$$

, donde:

CA= Costo social o de accidente.

P(ii)= probabilidad del daño del nivel i.

C(ii)= costo de accidente asociado con el daño del nivel i.

Con respecto a los costos de los accidentes para cada nivel de daño, el programa RSAP permite asignar las siguientes cifras de costos:

- Costos según la RDG de AASHTO (ver segunda columna de la Tabla 7).
- Costos globales según la FHWA (ver tercer columna de la Tabla 7).
- Costos definidos por el usuario según 5 categorías (fatales, heridos graves, heridos moderados, heridos leves y solo daños a la propiedad).
- Costos definidos por el usuario según 3 categorías (fatales, heridos y solo daños a la propiedad).

Crash Severity	Roadside Design Guide	FHWA Comprehensive Cost
Fatal	\$1,000,000	\$2,600,000
Severe Injury	200,000	180,000
Moderate Injury	12,500	36,000
Slight Injury	3,750	19,000
PDO Level 2	3,125	2,000
PDO Level 1	625	2,000

Tabla 7 - Costos de accidentes según la severidad de los daños

También se determinan los costos de reparación de los dispositivos de seguridad (barreras, terminales, amortiguadores de impactos, objetos frangibles). Cuando el programa localiza un impacto en una defensa metálica, define la longitud dañada que, multiplicada por el precio unitario de reparación de la misma, nos da el costo de la reparación.

Finalmente, la relación beneficio/costo resulta de la siguiente ecuación:

$$B/C = \frac{(CA_1 - CA_2)}{(CD_2 - CD_1)}$$

, donde:

B/C= relación beneficio/costo de la alternativa 2 respecto a la alternativa 1.

CA₁= costo social o de accidente de la alternativa 1 o de referencia.

CA₂= costo social o de accidente de la alternativa 2 o mejora.

CD₁= costo directo de la alternativa 1 o de referencia.

CD₂= costo directo de la alternativa 2 o mejora.

El RSAP requiere que la primera alternativa ingresada en la base de datos sea la de menor costo directo, ya que por defecto la considera alternativa de referencia. Por lo común, la alternativa de referencia se asocia con la situación de “no intervención”, en la cual los costos de accidentes son superiores a la o las alternativa subsiguientes, donde se aplica una obra de mejora cuyo objetivo es incrementar las condiciones de seguridad vial. Bajo estos supuestos, numerador y denominador de la relación beneficio/costo resultan positivos.

4. PROYECTO DE REFERENCIA

A fin de analizar la influencia en la seguridad vial de las mejoras en el diseño geométrico de los costados del camino se eligió el tramo de la Variante de la Ruta Nacional N°158 al cruce urbano en la ciudad de Villa María (VVM).

Dicho tramo se ubica en el centro de la provincia de Córdoba, en un área de confluencia de rede troncales de comunicación viales y ferroviarias. La VVM se desarrolla en la región pampeana, caracterizada por una economía agropecuaria, con topografía llana, clima templado húmedo, abundantes cursos de aguas, constituyendo un ambiente representativo de la zona productiva más trascendentes del país.

4.1 Descripción general del proyecto

La Ruta Nacional N°158 une las ciudades de San Francisco y Río Cuarto y forma parte del Corredor Central de la Red Vial Interoceánica que une Brasil con Chile. Un sector sumamente conflictivo del “Proyecto de Transformación en Autopista de la R.N.N°158” en vista del importante consumo de tiempo de viaje lo constituye el cruce urbano de la ciudad de Villa María.

4.2 Diseño geométrico

La obra consiste en una autopista con dos carriles por sentido de circulación, con una longitud de 13,8 kilómetros. Se inicia en el empalme con la actual Ruta Nacional N°158 actual, próximo a la intersección con la Autopista “Rosario – Córdoba” y finaliza en el Distribuidor proyectado en la intersección con la Ruta Provincial N°2 (Pr 13+817,155). A partir de la Pr. 1+000 y hasta el final la Variante a Villa María se desarrolla en traza nueva.



Figura 12 - Trazado general

El trazado realiza una circunvalación por los cuadrantes norte y oeste a la ciudad de Villa María. Está definido mediante los puntos de inicio y fin de proyecto y seis vértices intermedios resueltos con curvas circulares con transiciones espirales. El primer vértice corresponde al empalme del actual trazado de la RNN°158 con la variante, y constituye la transición entre la configuración de carretera de calzada indivisa a la de autopista. En el mismo se diseñó una curva circular de radio 700m. El segundo vértice posee una curva circular de radio 1.200 metros y espirales de 120 metros de longitud, en tanto que en los restantes se proyectaron curvas circulares de radio 1.000 y espirales de 120 metros.

Con relación al diseño altimétrico, dada la presencia de muchos pasos en altonivel, cinco incluyendo al cruce del río Tercero, se requirió diseñar una serie de tramos de baja pendiente longitudinal con rampas de acceso a puentes y cajones de paso inferior. Sin embargo, estas rampas poseen pendientes menores al 2,5%, con desarrollos muy cortos con los valores máximos, dado la proximidad entre la secuencia de curva cóncava-convexa-cóncava. Las curvas verticales convexas poseen parámetros superiores a 15.000 metros, en tanto que las cóncavas, superiores a 7.000 m.

Las características básicas de diseño del perfil transversal del tramo de autopista adoptado en el proyecto son las siguientes:

- Categoría del camino: I - llanura
- Velocidad de proyecto: 130 km/h
- Número de trochas: 2 + 2
- Ancho de la zona de camino: 120 m

- Ancho de cantero central : 16 m (entre líneas de bordes de calzadas).

- Peralte máximo: 6%

- Calzadas: 2 de 7,30 m (2 carriles de 3,65 m)

- Banquinas externas: 3 m (2,50 m pavimentada)

- Banquina interna: 3 m (0,50 m pavimentada)

- Taludes cantero central: 1:6

- Taludes de terraplén: $h \leq 3,00$ m 1:4 $h > 3,00$ m 1:2

- Baranda de seguridad: con terraplenes de $h > 3,00$ m.

4.3 Intersecciones y distribuidores

Dada la posición estratégica de Villa María, a esta ciudad convergen varias rutas troncales y líneas ferroviarias, por lo que, en su relativo corto recorrido (14 km), se presentan una alta densidad de intersecciones y cruces (7). Las intersecciones proyectadas son las siguientes:

- Pr 0+860 Distribuidor de tres niveles con la Autopista Rosario-Córdoba.
- Pr 3+630 estructura cajón sobre camino vecinal.
- Pr 5+450 Distribuidor “medio trébol” con la Ex-RNN°9 y las vías del FFCC.
- Pr 7+650 estructura cajón sobre camino vecinal.
- Pr 11+665 Puente sobre el Río Tercero de 8 vanos y 2248,80 m de longitud.
- Pr 12+493 Altonivel sobre la RNN°158 actual y vías del FFCC.
- Pr 13+300 Distribuidor “trébol completo” con la RPN°2.

Dado que en la primera intersección la VVM presenta un perfil en trinchera con muros de sostenimiento laterales, atípico para las autopistas rurales en zona llana, se iniciará el análisis a partir de la progresiva 1+200, donde comienza la carretera con perfil en terraplén.

4.4 Hidráulica

El emplazamiento la Variante a Villa María es eminentemente llano y resulta cruzada por cuencas amplias y alargadas con sentido de desagüe oeste-este.

Los caudales se calcularon aplicando el Método Racional Generalizado del Ing. Rühle. Se adoptó una precipitación caracterizada por una lluvia horaria de 60 mm con recurrencia $R=25$ años obtenida de dicha publicación, y luego verificada según los datos locales recabados en la Región Este de Córdoba por el Grupo de Investigación de “Estudios Hidrológicos en Cuencas Pobrememente Aforadas (EHCPA)” de la Universidad Católica de Córdoba.

En base a los caudales calculados se determinaron las secciones necesarias de alcantarillas transversales de hormigón según el plano tipo O-41211. En la Tabla 8 se resumen las características dimensionales y su posicionamiento.

N°	Prog.	Descripción	Plano Tipo	Tipo	Oblid ad	L/D		H	T	J
						[°]	[m]			
1	1+400	Alcantarilla transversal a construir en AU-RNN°158 (ambas calzadas)	O-41211	A	90	1	2,00	1,50	1,50	50,00
2	2+400	Alcantarilla transversal a construir en AU-RNN°158 (ambas calzadas)	O-41211	A	90	3	2,00	1,00	1,30	45,00
3	4+150	Alcantarilla transversal a construir en AU-RNN°158 (ambas calzadas)	O-41211	A	90	2	2,00	1,00	1,10	43,00
4	6+350	Alcantarilla transversal a construir en AU-RNN°158 (ambas calzadas)	O-41211	A	90	2	2,00	1,00	1,20	41,00
5	8+400	Alcantarilla transversal a construir en AU-RNN°158 (ambas calzadas)	O-41211	A	90	3	2,00	1,00	1,10	43,00
6	9+200	Alcantarilla transversal a construir en AU-RNN°158 (ambas calzadas)	O-41211	A	90	1	2,00	1,00	1,70	46,00
7	10+507	Alcantarilla transversal a construir en AU-RNN°158 (ambas calzadas)	O-41211	A	90	1	2,00	1,00	1,30	43,00
8	13+136	Alcantarilla transversal a construir en AU-RNN°158 (ambas calzadas)	O-41211	A	90	1	1,50	1,00	1,30	45,00
9	13+456	Alcantarilla transversal a construir en AU-RNN°158 (ambas calzadas)	O-41211	A	90	1	1,50	1,00	1,00	41,00
10	13+817	Alcantarilla transversal a construir en AU-RNN°158 (ambas calzadas)	O-41211	C	90	1	1,50	1,00	0,60	50,00

Tabla 8 - Listado de alcantarillas transversales.

N°	Prog.	Descripción	Plano Tipo	Reja sumidero	Altura chimenea	Tipo	L/D		H
							[m]	[m]	
1	1+400	Sumidero a construir en alcantarilla transversal s/PT O-41211	Sumidero	1	0,75	-	-	-	-
2	1+713	Sumidero a construir con conducto de desagüe	Sumidero / O-41211	1	1,34	A	1	1,00	0,75
3	2+400	Sumidero a construir en alcantarilla transversal s/PT O-41211	Sumidero	1	0,58	-	-	-	-
4	3+060	Sumidero a construir con conducto de desagüe	Sumidero / O-41211	1	0,43	A	1	1,00	0,75
5	4+150	Sumidero a construir en alcantarilla transversal s/PT O-41211	Sumidero	1	0,20	-	-	-	-
6	4+875	Sumidero a construir con conducto de desagüe	Sumidero / O-41211	1	1,23	A	1	1,00	0,75
7	6+115	Sumidero a construir con conducto de desagüe	Sumidero / O-41211	1	0,00	A	1	1,00	0,75
8	6+350	Sumidero a construir en alcantarilla transversal s/PT O-41211	Sumidero	1	0,00	-	-	-	-
9	7+080	Sumidero a construir con conducto de desagüe	Sumidero / O-41211	1	0,00	A	1	1,00	0,75
10	8+105	Sumidero a construir con conducto de desagüe	Sumidero / O-41211	1	0,00	A	1	1,00	0,75
11	8+400	Sumidero a construir en alcantarilla transversal s/PT O-41211	Sumidero	1	0,15	-	-	-	-
12	9+200	Sumidero a construir en alcantarilla transversal s/PT O-41211	Sumidero	1	0,74	-	-	-	-
13	10+507	Sumidero a construir en alcantarilla transversal s/PT O-41211	Sumidero	1	0,35	-	-	-	-
14	11+175	Sumidero a construir con conducto de desagüe	Sumidero / O-41211	1	0,35	A	1	1,00	0,75
15	13+136	Sumidero a construir en alcantarilla transversal s/PT O-41211	Sumidero	1	0,13	-	-	-	-
16	13+456	Sumidero a construir en alcantarilla transversal s/PT O-41211	Sumidero	1	0,00	-	-	-	-
17	13+817	Sumidero a construir en alcantarilla transversal s/PT O-41211	Sumidero	1	0,00	-	-	-	-

Tabla 9 - Listado de sumideros

N°	Prog.	Descripción	Plano Tipo	Tipo	LD		H	T	J
					N°	[m]			
1	0+400	Alc. transv. a prolongar en AL-RNN°158 (D)	O-41211	C	2	2,00	1,00	0,80	10,00
2	0+400	Alc. transv. a construir en colector derecha (D)	H-2993	O	2	1,00	0,00	0,80	11,00
3	0+807	Alc. transv. a construir en colector pavimentada (calzada)	O-41211	C	3	2,00	1,00	0,80	14,00
4	0+960	Alc. transv. a construir en Enlace a Villa Maria (calzada)	O-41211	A	3	2,00	1,00	1,60	18,00
5	1+113	Alc. long. a construir en acceso lateral (I)	H-2993		1	0,80	0,00	0,80	9,00
6	3+630	Alc. long. a construir en camino vecinal (I)	O-41211	C	2	2,00	1,00	0,80	14,00
7	3+630	Alc. long. a construir en camino vecinal (D)	O-41211	C	2	2,00	1,00	0,80	14,00
8	4+492	Alc. long. a construir en acceso lateral (D)	H-2993		1	0,80	0,00	0,80	9,00
9	4+814	Alc. long. a construir en acceso lateral (D)	H-2993		1	0,80	0,00	0,80	9,00
10	4+814	Alc. long. a construir en camino vecinal (I)	H-2993		1	0,80	0,00	0,80	12,00
11	5+122	Alc. transv. a construir en Rama N (D)	O-41211	A	1	1,00	1,50	1,20	19,00
12	5+153	Alc. transv. a construir en Rama S (I)	O-41211	A	1	1,00	1,50	1,20	20,00
13	5+297	Alc. transv. a construir en Rulo N (D)	O-41211	A	1	2,00	1,00	3,40	23,00
14	4+775	Alc. transv. a construir en Rulo S (I)	O-41211	A	1	2,00	1,00	3,80	24,00
15	5+410	Alc. long. a construir en acceso lateral (D)	H-2993		1	0,80	0,00	0,80	9,00
16	5+440	Alc. transv. a construir en colector (D)	H-2993		2	1,00	0,00	0,80	12,00
17	5+442	Alc. transv. a construir en colector (I)	H-2993		2	1,00	0,00	0,80	12,00
18	5+498	Alc. transv. a construir en camino vecinal (D)	H-2993		2	1,00	0,00	0,80	12,00
19	5+440	Alc. transv. a prolongar en ExRNN°9 (VD)	H-2993		1	0,80	0,00	0,80	18,00
20	5+524	Alc. long. a construir en camino vecinal (D)	O-41211	C	2	2,00	1,00	0,80	20,00
21	5+524	Alc. long. a construir en camino vecinal (I)	O-41211	C	2	2,00	1,00	0,80	20,00
22	6+708	Alc. long. a construir en acceso lateral (D)	H-2993		1	0,80	0,00	0,80	9,00
23	7+260	Alc. long. a construir en acceso lateral (D)	H-2993		1	0,80	0,00	0,80	9,00
24	8+118	Alc. long. a construir en rama de salida (D)	H-2993		2	1,00	0,00	0,80	17,00
25	8+665	Alc. long. a construir en acceso lateral (D)	H-2993		1	1,00	0,00	0,80	15,00
26	11+555	Alc. transv. a construir en camino vecinal (I)	O-41211	A	1	2,00	1,00	1,00	53,00
27	11+559	Alc. transv. a construir en camino vecinal (D)	O-41211	A	1	2,00	1,00	1,00	62,00
28	11+900	Alc. transv. a construir en camino vecinal (D)	H-2993	O	1	1,00	0,00	0,80	12,00
29	11+900	Alc. transv. a construir en camino vecinal (I)	H-2993	O	1	1,00	0,00	0,80	12,00
30	12+560	Alc. transv. a construir en colector (I)	O-41211	C	1	1,00	1,00	0,80	13,00
31	12+601	Alc. transv. a construir en colector (D)	O-41211	C	1	1,00	1,00	0,80	13,00
32	13+125	Alc. transv. a construir en Rama NO (D)	O-41211	A	1	1,50	1,00	1,00	19,00
33	13+136	Alc. transv. a construir en Rama NE (I)	O-41211	A	1	1,50	1,00	1,00	19,00
34	13+200	Alc. transv. a construir en Rulo NE (I)	O-41211	A	1	1,50	1,00	1,00	19,00
35	13+200	Alc. transv. a construir en Rama NO (D)	O-41211	A	1	1,50	1,00	1,00	19,00
36	13+205	Alc. transv. a construir en Rulo NO (D)	O-41211	A	1	1,50	1,00	1,00	24,00
37	13+290	Alc. transv. a construir en Rama NE (I)	O-41211	A	1	1,50	1,00	1,00	19,00
38	13+325	Alc. transv. a construir en Rama SO (D)	O-41211	A	1	1,50	1,00	1,00	19,00
39	13+375	Alc. transv. a construir en Rulo SE (I)	O-41211	A	1	1,50	1,00	1,00	24,00
40	13+385	Alc. transv. a construir en Rulo SO (D)	O-41211	A	1	1,50	1,00	1,00	19,00
41	13+390	Alc. transv. a construir en Rama SE (I)	O-41211	A	1	1,50	1,00	1,00	19,00
42	13+455	Alc. transv. a construir en Rama SE (I)	O-41211	A	1	1,50	1,00	1,00	19,00
43	13+458	Alc. transv. a construir en Rama SO (D)	O-41211	A	1	1,50	1,00	1,00	19,00

Tabla 10 - Listado de alc. longitudinales y transversales en ramas, rulos y calles transversales

Adicionalmente, se proyectaron sumideros de reja horizontal para desaguar la mediana hacia la cuneta izquierda (aguas abajo). Se aplicaron dos esquemas de desagüe: (1) si el sumidero se ubicaba sobre una alcantarilla transversal, mediante chimeneas de H°A° conectadas a la losa superior y, en caso contrario, (2) mediante la construcción de una alcantarilla nueva s/PT O-41211 de una única cabecera en el terraplén de la calzada descendente. En la Tabla 9 se listan ambas configuraciones de sumideros.

Es importante destacar que proporción importante de las obras de arte previstas en el proyecto son alcantarillas laterales para accesos y transversales ubicadas fuera de las calzadas principales (ramas, rulos y caminos transversales), que no se consideraron en el análisis de la seguridad de los costados del camino.

4.5 Tránsito

El tránsito se obtuvo en base a los datos recolectados por la División de Tránsito de la DNV en los puestos de censos de co-

bertura de la Ruta Nacional N°158. El tránsito medio diario anual del último registro disponible al momento de la presentación del Estudio de Ingeniería, año 2010, que incluye un volumen inducido es:

TMDA Diseño 2010 = 5.500 veh / día

La clasificación de flujo vehicular en las categorías de livianos (automóviles y camionetas), buses, camiones simples, con acoplado y con semi-remolques se indica en la Tabla 11.

Tramo			TMDA	Clasificación [%]						Clasificación [veh/d]					
Descripción	Km		2010	Autos y Camionetas	Buses	Camiones				Autos y Camionetas	Buses	Camiones			
	Inicio	Fin				Sin Acoplado	Con Acoplado	Semi-remolques	Sin Acoplado			Con Acoplado	Semi-remolques		
Salida de V. Maria Inter. R.P.N°6	158,58	195,95	4.580	62,3	2,1	6,5	12,8	16,4	2.853	96	295	586	749		

Tabla 11 - Composición del tránsito según censos de la DNV.

Las tasas de crecimiento se obtuvieron en base a un estudio econométrico que relacionó la variación de la actividad económica del país con la evolución del volumen de tránsito, es decir, a través de la elasticidad PBI-tránsito.

La tasa media para el período de la etapa constructiva (años 2011 a 2013) se adoptó una tasa:

$$t_{EC} = 4,54\%$$

En consecuencia, el tránsito una vez habilitada la obra en el año 2013 será:

$$TMDA\ 2013 = 5.500\ v/d \times (1 + 4.54\%)^3$$

$$TMDA\ 2013 = 6.284\ v/d$$

Del mismo estudio econométrico se obtuvo la tasa media equivalente para el período de vida útil (años 2013 a 2038), que es igual a:

$$t_{vu} = 3,46\%$$

4.6 Cómputo métrico y presupuesto

El cómputo métrico y el presupuesto de la obra de referencia está compuesto por un total de 47 ítems, algunos de ellos con importante grado de apertura (totalizando 94 ítems y sub-ítems).

Dado el objetivo del presente trabajo, el análisis del diseño geométrico de los costados del camino solo influenciará el cómputo de algunas tareas, manteniéndose constantes los valores de las restantes constantes. Por tanto, a continuación se presenta una versión resumida y editada del presupuesto, resaltándose en gris las filas de los ítems que se constituirán en variables de análisis en los siguientes apartados. Las demás tareas se agruparon según una clasificación por rubros generales (ver la Tabla 12).

ITEM	DESIGNACIÓN	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	CANTIDAD	PRECIO TOTAL	
					\$	%
1, 2B y 12 a 14	DESBOSQUE, DESTRONQUE, LIMPIEZA DE TERRENO, CONSTRUCCIÓN DE TRANQUERAS Y CONSTRUCCIÓN Y RETIRO DE ALAMBRADOS	GI	1.752.923,38	1,00	1.752.923,38	0,52
2A	TERRAPLENES CON COMPACTACIÓN ESPECIAL	m³	65,39	1.613.827,20	105.528.160,78	31,11
4	EXCAVACIÓN PARA FUNDACIONES DE OBRAS DE ARTE ALCANTARILLAS	m³	138,21	1.645,99	227.492,28	0,07
5	HORMIGÓN DE PIEDRA CLASE H21, EXCLUIDA LA ARMADURA	m³	2.006,65	697,03	1.398.695,25	0,41
6	HORMIGÓN DE PIEDRA CLASE H13	m³	1.745,70	1.685,35	2.942.115,50	0,87
7	HORMIGÓN DE PIEDRA CLASE H8	m³	1.233,65	264,95	326.855,57	0,10
8	ACERO ESPECIAL EN BARRAS TIPO ADN420	t	10.947,67	52,36	573.220,00	0,17
9, 10, 11, 30 y 31	MURO DE SOSTENIMIENTO, DESAGÜE SUPERFICIAL, DRENAJE PROFUNDO Y ESTACIÓN DE BOMBEO EN TRINCHERA EN INTERCAMBIADOR CON AU-RNNº9	GI	25.279.338,55	1,00	25.279.338,55	7,45
16	BARANDA METÁLICA CINCADA PARA DEFENSA S/PLs N° H 10237 Clase "B", CON POSTES METÁLICOS PESADOS CONFORMADOS EN FRÍO	m	336,95	19.144,62	6.450.779,71	1,90
3, 15 y 17 a 29	PAVIMENTOS, CAMINO DE SERVICIO Y CORDONES	GI	92.879.719,90	1,00	92.879.719,90	27,38
32 a 35	SEÑALIZACIÓN	GI	3.576.113,88	1,00	3.576.113,88	1,05
36 y 37	ILUMINACIÓN	GI	5.073.304,63	1,00	5.073.304,63	1,50
38 y 46	INTERFERENCIAS, DEMOLICIONES Y PROTECCIÓN GASODUCTO Y ACUEDUCTO	GI	2.517.716,26	1,00	2.517.716,26	0,74
39 y 40	PUENTES Y CAJONES	GI	69.244.122,51	1,00	69.244.122,51	20,41
42 a 45	PROYECTO EJECUTIVO, MOVILIDAD, VIVIENDA, CAMPAÑA DE SEGURIDAD VIAL	GI	5.385.578,08	1,00	5.385.578,08	1,59
47	MOVILIZACIÓN DE OBRA	GI	16.070.467,77	1,00	16.070.467,77	4,74
					339.226.604,04	100,00

Tabla 12 - Computo y presupuesto

En la última columna de la derecha se representa la participación de la cada tarea en el precio total de la obra, observándose la fuerte influencia del terraplén, la estructura de pavimento y las obras de arte mayor. Con respecto a los ítems variables (terraplén con compactación especial, hormigones y armaduras para obras de arte menores y defensas metálicas), involucran el 34,6% del total de obra.

5. DISEÑOS A COMPARAR

A los efectos de analizar la influencia en la seguridad vial de las mejoras en el diseño geométrico de los costados del camino se van a plantear tres situaciones. La alternativa A corresponde al diseño adoptado para el costado de camino de la obra de referencia, en tanto que las situaciones B y C corresponden a prácticas de proyecto habituales, incluso encuadradas dentro de normas existentes, como el plano tipo de alcantarilla O-41211, pero que no son óptimas desde el punto de vista de la seguridad vial, aunque ofrezcan algunas economías de ejecución.

5.1 Alternativa A

La alternativa A corresponde al proyecto presentado a la DNV, donde se han incluido las mejoras en el diseño geométrico que se citan a continuación:

5.1.1 Taludes de terraplén externo

Se adoptó para el talud del terraplén externo las siguientes pendientes:

- Para terraplenes $h \geq 3$ m (c/defensa) 1:2 (V:H)
- Para terraplenes $1,5 \text{ m} < h < 3$ m 1:4 (V:H)

En los terraplenes superiores a los 3 m, donde se deben proteger los laterales del camino con defensas metálicas, se adiciona 0,50 metros para el empotramiento de los postes de sostenimiento.

5.1.2 Banquinas

Las banquetas externa e interna son de 3,00 metros de ancho, pavimentada en 2,50m para el primer caso y 0,50m en el segundo. La parte pavimentada se diseñó con una pendiente transversal del 2% y la parte no pavimentada, encespada, con pendiente normal del 4%.

5.1.3 Cuneta del cantero central

Se adoptó un diseño de cantero central indulgente con taludes (y contrataludes) con pendiente 1:6, que permiten ser franqueados por los vehículos que salen fuera de la calzada sin vuelcos o redireccionamiento violentos nuevamente hacia la calzada.

5.1.4 Desagüe del cantero central

El desagüe del cantero central se realiza mediante sumideros de reja horizontal. Se presentaron dos configuraciones, del tipo "chimenea", contruidos sobre la losa de una alcantarilla transversal, o sumidero completo, en los cuales, además de la cámara sumidero de debe construir un conducto de caños de hormigón y una cabecera de desagüe en la cuneta lateral. Este tipo de obra evita la protección de la zona del sumidero con baranda, eliminándose un objeto rígido en la mediana.

5.1.5 Alcantarillas transversales

Las alcantarillas transversales se extienden abarcando ambas calzadas de la autopista, sin discontinuidad en el cantero central, con lo cual se evita la construcción de dos cabeceras (es decir, dos obstáculos fijos). Por otra parte, su dimensión "J" se extiende sobre el talud externo del terraplén para acompañar el talud del mismo. En general, las alcantarillas transversales se posicionaron en sectores de terraplenes menores a los 3 metros de altura, para ahorrar longitud de conducto y evitar sobredimensionamientos por tapadas importantes, con lo cual los taludes laterales de las alcantarillas transversales pasaron de 1:1,5 a 1:4.

5.1.6 Baranda de defensa

Se incluyeron barandas de defensa flexibles de acero galvanizado según el plano tipo H-10237 solo en los terraplenes mayores a 3 metros, localizados en los distintos distribuidores y cruces en altonivel citados en el apartado 5.1.

No se protegieron las obras de arte menores dado que se alejaron de los bordes de las calzadas principales.

5.2 Alternativa B

La alternativa B corresponde a un proyecto donde se han aplicado prácticas de diseño que no cumplen con los criterios de un costado de camino indulgente. Como se verá a continuación, algunos de los parámetros adoptados en este esquema resultan peligrosos y se resuelven colocando protecciones a los costados del camino:

5.2.1 Taludes de terraplén externo

Ídem apartado 5.1.1.

5.2.2 Banquinas

Ídem apartado 5.1.2.

5.2.3 Cuneta del cantero central

Se consideró un cantero central con taludes (y contrataludes) con pendiente transversal 1:4. Este tipo de cuneta central puede generar peligros de vuelco cuando los vehículos que salen fuera de la calzada por el fuerte cambio de pendiente en la solera de la canal triangular, si bien el talud individualmente es recuperable.

5.2.4 Desagüe del cantero central

No se colocan sumideros en la mediana, sino que el desagüe de la cuneta central se realizará a través de las alcantarillas transversales que, como se describe en el próximo ítem, se discontinúan en el cantero central.

5.2.5 Alcantarillas transversales

Se consideran una alcantarilla transversal por cada calzada, de modo que para generar el cruce de una cuenca a través de la obra básica serán necesarias dos obras de arte alineadas. Si bien se proyectan dos obras de arte con un conducto de

longitud total menor a la requerida en la alternativa A, serán necesarias 4 embocaduras en lugar de dos.

La longitud de la obra de arte, según la práctica usual en nuestro medio, se definió respetando el plano tipo O-41211, es decir, con taludes de terraplén de pendiente 1:1,5 (V:H), que acortan la longitud del conducto de la obra de arte, pero acercan el objeto fijo al borde de la calzada.

Por otra parte, dado que la cuneta central descargará directamente en la cabecera interna de la alcantarilla, se ahorra la ejecución de la obra del sumidero de reja horizontal. Sin embargo, las nuevas cabeceras de alcantarillas a construir en la mediana, cuyo costo no es despreciable, requerirán protección mediante barandas de defensa lateral, con influencia directa en el costo de construcción y en los costos de mantenimiento.

Es importante notar que en el proyecto se incorporaron sumideros de reja horizontal cuya única función.

5.2.6 Baranda de defensa

Además de las barandas metálicas de defensa requeridas en los terraplenes mayores a 3 metros aplicados a la alternativa de diseño A, es necesario proteger los terraplenes externos y de la mediana en las aproximaciones a las alcantarillas transversales.

La longitud de las defensa colocadas para proteger las cabeceras de alcantarillas son de 38,10 m, no adoptándose las longitudes de necesidad propuestas por las normas, a los efectos de representar más fielmente las prácticas viales usuales en nuestro medio. En consecuencia, durante la modelación de los accidentes, la menor longitud de baranda de defensa lateral implicará una probabilidad de accidentes graves mayor.

5.3 Alternativa C

La alternativa C constituye un diseño con prácticas aún más restringidas que en la alternativa B desde el punto de vista de la seguridad vial, pero que determinan una mayor economía en la inversión inicial. Sus características salientes son:

5.3.1 Taludes de terraplén externo

Se adoptaron taludes que si bien son traspasables para un vehículo despistado de la calzada, no permiten la recuperación y entrañan mayores riesgos de vuelco que los de las situaciones de diseño A y B:

- Para terraplenes $h \geq 3$ m (c/defensa) 1:2 (V:H)
- Para terraplenes $1,5 \text{ m} < h < 3$ m 1:3 (V:H)

En los terraplenes superiores a los 3 m, donde se deben proteger los laterales del camino con defensas metálicas, se adiciona 0,50 metros para el empotramiento de los postes de sostenimiento.

5.3.2 Banquinas

Se mantiene el diseño de la banquina externa pero se reduce la banquina interna a 2 metros de ancho y 0,50m pavimentados. Se conserva el criterio de pendientes transversales.

5.3.3 Cuneta del cantero central

Se consideró un cantero central con taludes (y contrataludes) con pendiente transversal 1:3. Este tipo de cuneta central puede generar una alta probabilidad de peligros de vuelco cuando los vehículos que salen fuera de la calzada por el fuerte cambio de pendiente en la solera de la canal triangular, si bien el talud individualmente es traspasable.

5.3.4 Desagüe del cantero central

Ídem apartado 5.2.4.

5.3.5 Alcantarillas transversales

Ídem apartado 5.2.5, con un ahorro en la longitud de los conductos de las alcantarillas por la mayor inclinación de los taludes de terraplén y la reducción del ancho de la banquina interna.

5.3.6 Baranda de defensa

Al igual que en la alternativa B, se requerirán barandas de defensa lateral en los terraplenes mayores a 3 metros y en las aproximaciones a las alcantarillas transversales.

6. COMPARACIÓN ECONÓMICA

La comparación económicamente las distintas alternativas de diseño se planteará mediante la relación beneficio/costo, para lo cual Para requeriremos:

- Los costos directos, que son las erogaciones durante la etapa constructiva.
- Los costos sociales o de accidentes, que ocurrirán a lo largo de la vida útil del proyecto, en nuestro caso 25 años.

A continuación nos referiremos al cálculo de cada uno de ellos, indicando las metodologías y herramientas aplicadas.

6.1 Costo directo de las alternativas

El costo directo de las distintas alternativas se relaciona con la etapa constructiva de cada una de ellas.. Las alternativas de diseño A, B y C planteadas en el Apartado 5 involucran cambios en las características de los costados de camino que afectan los volúmenes de los ítems de terraplén con compactación especial (al cambiar las pendientes de sus taludes), en las obras de arte (al variar la longitud de los conductos de las alcantarillas y la cantidad de cabeceras y cámaras sumideros) y defensas metálicas laterales (según la necesidad de protección de cabeceras de alcantarillas cercanas al borde de calzada).

Analizaremos a continuación los criterios y metodologías para determinar los cálculos métricos de los ítems indicados en el párrafo anterior para cada alternativa de diseño.

6.1.1 Terraplenes

El volumen de terraplenes con compactación especial para el proyecto de referencia es de 1.613.827,20 metros cúbicos.

Para la determinación del volumen necesario de terraplén se construyó un modelo digital mediante el programa Civil 3D 2012 de Autodesk (C3D). A través de los distintos objetos de diseño del C3D se modeló en primer lugar la superficie del terreno relevado y la superficie del corredor de la autopista. La diferencia entre ambas superficies nos determina el volumen de terraplén, y de desmonte, necesarios para conformar la obra básica. En este cómputo solo se incluyen los volúmenes de terraplén, que son lo que reciben pago.

La determinación de los volúmenes necesarios de terraplén para cada alternativa surge de ajustar las pendientes de los elementos que representan los taludes del terraplén (daylights subassemblies) en el correspondiente perfil transversal tipo (assembly) y, posteriormente, recalcular el movimiento de suelos.

Los volúmenes resultantes de terraplén con compactación especial para cada una de las alternativas se resumen la planilla de la Tabla 13, donde se observa que la alternativa C, con los taludes más empinados de 1:3 (V:H), solo disminuye en el orden de 100.000 m3, es decir, poco más del 6 %.

6.1.2 Obras de desagüe

Las obras de arte menores, que incluyen alcantarillas y sumideros, fueron medidas para su presupuesto en función de los volúmenes necesarios de excavación, de las distintas calidades de hormigones y del acero para las armaduras.

Las dimensiones de la sección de las alcantarillas transversales se adoptaron de las determinadas por los estudios hidráulicos incluidos en la memoria de ingeniería del proyecto y comentados en el Apartado 5.4 (ver Tabla 8 y Tabla 9).

En base al modelo digital elaborado con el C3D se generaron una secuencia de cortes transversales (Sections) con los que se elaboraron los correspondientes perfiles transversales de desagüe. Ajustando los taludes de los terraplenes para cada alternativa de diseño se determinó los "J" requeridos para cada alcantarilla transversal y de desagüe de sumidero. Finalmente, se computó el volumen requerido de los distintos ítems que componen el costo de las obras de arte.

DESIGNACIÓN	UNIDAD	CANTIDAD		
		ALTERNATIVA A	ALTERNATIVA B	ALTERNATIVA C
TERRAPLENES CON COMPACTACIÓN ESPECIAL	m³	1.613.827,20	1.588.159,54	1.511.610,87
EXCAVACIÓN PARA FUNDACIONES DE OBRAS DE ARTE ALCANTARILLAS	m³	1.645,99	1.579,29	1.530,99
HORMIGÓN DE PIEDRA CLASE H21, EXCLUIDA LA ARMADURA	m³	697,03	634,70	610,26
HORMIGÓN DE PIEDRA CLASE H13	m³	1.685,35	1.587,17	1.531,17
HORMIGÓN DE PIEDRA CLASE H8	m³	264,95	256,34	251,39
ACERO ESPECIAL EN BARRAS TIPO ADN420	t	52,36	50,22	48,93
BARANDA METÁLICA CINCADA PARA DEFENSA S/PLs N° H 10237 Clase "B", CON POSTES METÁLICOS PESADOS CONFORMADOS EN FRIO	m	19.144,62	21.202,02	21.202,02

Tabla 13 – Resumen de comparativo de cómputos de las distintas alternativas.

En la Tabla 13 se observa una comparativa de los cómputos métricos resultantes.

Es importante tener en cuenta que un volumen importante de alcantarillas laterales y transversales ubicadas fuera de las calzadas principales se mantendrán sin modificaciones en las tres alternativas de diseño. Esto último determinará una menor influencia del cambio de las longitudes de los conductos de las alcantarillas motivadas por las variaciones de los taludes adoptados en los terraplenes.

Por ejemplo, a partir de los datos de la Tabla 13, la suma total de hormigones de las distintas clases para obras de arte es de 21.844, 23.730 y 23.644 metros cúbicos para las alternativas A, B y C respectivamente, con variaciones no mayores al 9 %.

6.1.3 Defensa metálica lateral

Las defensas laterales se utilizaron en los sectores de terraplenes altos, mayores a los 3 metros desde el fondo de cuneta, y para la proyección de obras de arte, si la alternativa de diseño lo considera.

En las alternativas B y C, debido a la proximidad de las cabeceras de alcantarillas al borde de calzada y los taludes empinado de 1:1,5 (V:H) en los terraplenes en sus proximidades, se consideró una protección lateral con defensa metálica tipo “flex-beam” de longitud tipificada de 38,10 metros. En la alternativa A, que constituye el proyecto de referencia, no se protegieron las cabeceras, excepto en las alcantarillas de Pr 13+456 y 13+817, debido a una rasante baja y cabeceras muy próximas.

El cómputo de la longitud adicional de defensa lateral surgió simplemente de multiplicar los 38,10 metros por el número de cabeceras a proteger.

Al igual que en las tareas anteriores, una proporción importante del ítem se mantiene constante en las tres alternativas de diseño: la que corresponde a la protección de los terraple-

nes altos en las calzadas principales, ramas, rulos y caminos y rutas transversales. Las variaciones debido a los criterios relacionados con el diseño de los costados del camino resultan solo del orden del 10% (ver la Tabla 13).

6.1.4 Costos

El costo de ejecución de los ítems de terraplén con compactación especial, obras de arte y defensa metálica lateral surge de multiplicar las cantidades según cada alternativa de la Tabla 13 por sus correspondientes costos unitarios. La Tabla 14 resume dichas operaciones aritméticas.

En dicha tabla se observa que, estrictamente desde el punto de vista constructivo, la Alternativa C es la más económica. Esto se debe a la fuerte influencia de la reducción del volumen de terraplén al aplicar pendientes laterales de 1:3 (V:H).

Por su menor costo, asumimos a la Alternativa C como base (o situación de no hacer nada), en tanto que las propuestas de diseño B y A como evoluciones donde se mejoran paulatinamente las condiciones de seguridad vial. Primero se aumentan las pendientes de los taludes del terraplén y se ensancha la banquina interna (Alternativa B), luego se aplanan aún más dichos taludes, se reemplazan las cabeceras de alcantarillas de la mediana por sumideros, se alejan las cabeceras externas de las alcantarillas y se retiran las defensas laterales. En la Tabla 15 se muestra una comparativa de precios de las distintas alternativas de diseño de mejoras referidos (o menos) el presupuesto de la Alternativa C, de modo que esta última implica una inversión constructiva nula.

DESIGNACIÓN	UD.	PRECIO UNIT.	ALTERNATIVA A		ALTERNATIVA B		ALTERNATIVA C	
			CANTIDAD	COSTO	CANTIDAD	COSTO	CANTIDAD	COSTO
TERRAPLENES CON COMPACTACIÓN ESPECIAL	m³	65,39	1.613.827,20	105.628.160,70	1.588.159,54	103.849.792,48	1.511.610,87	98.844.334,63
EXCAVACIÓN PARA FUNDACIONES DE OBRAS DE ARTE ALCANTARILLAS	m³	136,21	1.645,99	224.892,28	1.579,29	215.373,15	1.530,99	211.596,00
HORMIGÓN DE PIEDRA CLASE H21, EXCLUIDA LA ARMADURA	m³	2.006,05	697,03	1.398.695,25	634,70	1.273.618,25	610,26	1.224.581,99
HORMIGÓN DE PIEDRA CLASE H13	m³	1.745,70	1.685,35	2.942.116,60	1.587,17	2.770.718,64	1.531,17	2.672.958,60
HORMIGÓN DE PIEDRA CLASE H8	m³	1.233,05	264,95	326.856,57	256,34	316.227,99	251,39	310.129,86
ACERO ESPECIAL EN BARRAS TIPO ADN420	t	10.947,67	52,36	573.229,00	50,22	549.841,96	48,93	536.688,40
BARANDA METÁLICA CINCADA PARA DEFENSA S/PLs N° H 10237 Clase "B", CON POSTES METÁLICOS PESADOS CONFORMADOS EN FRIO	m	336,05	19.144,62	6.450.779,71	21.202,02	7.144.928,64	21.202,02	7.144.928,64
			117.447.319,06		116.122.453,06		110.943.212,13	

Tabla 14 – Resumen comparativo de costos absolutos de los ítems afectados.

DESIGNACIÓN	UD.	PRECIO UNIT.	ALTERNATIVA A	ALTERNATIVA B	ALTERNATIVA C
			COSTO DIFERENCIAL	COSTO DIFERENCIAL	COSTO DIFERENCIAL
TERRAPLENES CON COMPACTACIÓN ESPECIAL	m³	65,39	6.683.926,15	5.005.517,84	0,00
EXCAVACIÓN PARA FUNDACIONES DE OBRAS DE ARTE ALCANTARILLAS	m³	138,21	15.894,28	6.675,14	0,00
HORMIGÓN DE PIEDRA CLASE H21, EXCLUIDA LA ARMADURA	m³	2.006,65	174.113,26	49.036,26	0,00
HORMIGÓN DE PIEDRA CLASE H13	m³	1.745,70	269.156,89	97.760,04	0,00
HORMIGÓN DE PIEDRA CLASE H8	m³	1.233,65	16.725,70	6.098,13	0,00
ACERO ESPECIAL EN BARRAS TIPO ADN420	t	10.947,67	37.531,60	14.153,55	0,00
BARANDA METÁLICA CINCADA PARA DEFENSA S/PLs N° H 10237 Clase "B", CON POSTES METÁLICOS PESADOS CONFORMADOS EN FRÍO	m	336,95	-693.240,93	0,00	0,00
			6.504.106,95	5.179.240,96	0,00

Tabla 15 – Resumen comparativo de costos relativos a la Alternativa C de los ítems afectados.

6.2 Relación Beneficio/Costo

La relación beneficio/costo y de los costos anualizados de las distintas alternativas de determinaron con la corrida del programa RSAP (ver Apartado 4.3). Para ello fue necesario crear en el entorno del mismo un archivo que denominamos “Variante a Villa Maria.rpd” donde se cargaron los datos de ingreso de cada alternativa y luego se almacenó los resultados de la corrida del software.

El programa define por defecto a la primera de las alternativas ingresadas como alternativa de referencia o de base. Como condición impone que dicha alternativa de base posea el menor costo directo, dado que la asume resultante de la situación “sin intervención”, aceptando que las subsiguientes alternativas cargadas, al incluir mejoras a la seguridad vial, involucran mayores costos iniciales aunque, posiblemente, generen una reducción en los costos de accidentes.

Con relación al presente estudio, debimos asumir que la Alternativa C, que en realidad es un solo un modelo virtual creado para el presente estudio, es la alternativa de referencia debido a su menor costo. Las Alternativas A y B son consideradas como mejoras del diseño que requirieron un aumento en los costos de construcción.

A continuación se comentará los distintos datos ingresados a fin de modelar adecuadamente las características de cada alternativa y arribar a la comparación económica:

6.2.1 Datos de costo

Se ingresaron los siguientes datos vinculados al análisis económico:

- Vida útil: para el presente tramo se adoptó un valor de 25 años, en coincidencia con el correspondiente al diseño de los pavimentos de calzada principal de la autovía.
- Tasa de descuento: se aplicó una tasa de descuento del 12%, tal cual lo exigido por la DNV en los estudios económicos para

la relación beneficio/costo.

- Costo de instalación total: aquí se incorporó los valores de los costos constructivos relativos a la Alternativa C según la Tabla 15 durante la etapa constructiva para cada alternativas. Los costos se expresaron en \$.
- Costo de mantenimiento anual: no se consideraron diferencias apreciables en el mantenimiento de cada alternativa, por lo que se asignó un costo nulo a cada una de ellas.

Es importante destacar el que programa considera los costos de reparación de las instalaciones de seguridad afectadas por las colisiones debido a la salida de los vehículos del camino. Estas instalaciones incluyen defensas metálicas, terminales, amortiguadores de impacto, barreras de hormigón cuando resultan penetradas y elementos frangibles). Dado que el programa es de origen estadounidense, los costos de reparación están expresados en dólares, por lo que deberemos corregir su valor a pesos.

6.2.2 Datos de la carretera

Aquí se incorporaron los datos correspondientes al tramo de carretera a modelar, que son válidos para todas las alternativas. A continuación se comentan los datos de entrada requeridos por el RSAP, sus características y los valores finalmente adoptados:

- Tipo de área: rural o urbana. Se adoptó un tipo de entorno rural.
- Clase funcional: según la clasificación de AASHTO (autopista, arterial principal, arterial menor, colector o camino local). La VVM es claramente una autopista.
- Tipo de carretera: calzadas divididas en dos sentidos de circulación, calzada indivisa de dos sentidos de circulación o calzada de un sentido de circulación. Se adoptó la primera opción.
- Números de carriles: en nuestro análisis es 4.
- Ancho de carril: se ingreso el valor de 3,65 metros.
- Ancho de banquetas: se ingreso el valor de 3,00 metros.
- Velocidad límite: se adoptó el valor de 130 km/h, que es el señalado en el proyecto de señalización.
- TMDA: solicita el volumen medio diario anula. Se ingresó el valor de 5.500 v/d.
- Porcentaje de camiones: este valor se usa para determinar las proporciones de los 12 tipos de vehículos de AASTHO. Si bien ingresamos el dato de 35,7% (ver Apartado 5.5), se aplicará una configuración de tránsito mixto ajustada con los datos disponibles.
- Factor de crecimiento de tránsito: se adoptó el valor de 3,46% (ver Apartado 5.5).
- Factor de ajuste de tasa de invasiones: el programa permite aplicar un factor de ajuste de la frecuencia de las salidas del camino según estudios de Cooper para el volumen de tránsito adoptado (ver Apartado 4.3.1). Según los datos de tránsito correspondientes a la Autopista Pilar-Córdoba, con un TMDA

de 13.700 vehículos/día, la frecuencia de accidentes debido a invasiones en la zona de camino es de 1,15 eventos por km al año. De acuerdo a los estudios de Cooper, corresponderán para dicho tránsito medio diario y para carreteras de calzadas divididas, corresponderán en el orden de 2,00 invasiones anuales por km (ver la Figura 5), de las cuales 1,20 invasiones anuales por km son descontroladas (60%). En consecuencia se mantiene al factor de ajuste unitario, es decir, se aceptan los datos del estudio de Cooper.

6.2.3 Datos del segmento

El programa requiere luego la definición de los segmentos de carretera con similar sección transversal. Los datos que diferencian los distintos segmentos se vinculan con el diseño geométrico, como el tipo de cantero central si corresponde, la pendiente longitudinal del tramo y la curvatura horizontal. En la VVM el cantero central es el mismo en todo el tramo, y dado que no existen pendientes altimétricas mayores al 2% o curvaturas de radio menor a 582 metros, se adoptó un único segmento.

La información de entrada requerida por el RSAP para definir dicho segmento y los valores adoptados son los siguientes:

- Longitud del segmento: se adoptó la longitud del tramo analizado, es decir, desde Pr 1+200 hasta el final de proyecto, totalizando 12.650 metros.
- Tipo de la mediana: mediana en calzada dividida, sin mediana en calzada indivisa, mediana pintada en calzada indivisa, mediana con carriles de giro a la izquierda en carreteras de dos carriles de calzada indivisa y mediana no aplicable (en carreteras de un único sentido de circulación). Se adoptó la condición de mediana en carreteras de calzadas divididas.
- Pendiente longitudinal: se adoptó la pendiente media del proyecto de 0,10%.
- Dirección de curva: El programa admite colocar curvaturas a la derecha, a la izquierda y sin curvatura. Se adoptó la última opción.

6.2.4 Datos de las características al costado del camino

En este grupo de datos de ingreso se incorporan la información relacionada con las distintas características y obstáculos ubicados al costado del camino, según las siguientes categorías:

- Taludes externos de terraplén
- Contra taludes de desmonte
- Cunetas paralelas
- Taludes perpendiculares
- Objetos fijos
- Cabeceras de alcantarillas
- Defensas longitudinales
- Terminales de defensas y amortiguadores de impactos
- Objetos definidos por el usuario

Las características que se cargaron para cada alternativa de diseño en el presente estudio fueron solo las siguientes:

- Taludes externos de terraplén: esta es una de las características distintivas de cada alternativa de diseño. El programa solicita indicar:
 - o Tipo de talud: el software posee una tipificación de 54 taludes definidos por la pendiente y la altura del mismo.
 - o Localización: izquierda, derecha o en la mediana.
 - o Longitud: el desarrollo del talud de terraplén en metros.
 - o Desplazamiento lateral: la distancia en metros desde el borde de calzada donde comienza el talud.
 - o Ancho: en metros del talud del terraplén.
 - o Distancia desde el origen: es la distancia o progresiva en donde comienza el talud de terraplén.
- Defensas longitudinales: aquí se caracteriza a las defensas laterales. Se debe indicar los siguientes datos de ingreso:
 - o Tipo: tipo de defensa y nivel de protección según la normativa estadounidense. Se adoptó defensas metálicas con un nivel de contención tipo TL-2 (TL-2 Guardrail).
 - o Localización: derecha, izquierda o en cantero central.
 - o Longitud: es la longitud de desarrollo longitudinal de defensa.
 - o Desplazamiento lateral: distancia en metros desde el borde de calzada donde comienza el talud.
 - o Ancho: se adoptó aproximadamente igual a 0,50m.
 - o Abocinamiento: se adoptó la opción sin abocinamiento (N/A).
- Cabeceras de alcantarillas: los datos requeridos para las cabeceras de alcantarillas son los siguientes:
 - o Tipo: el programa posee tipificados 34 tipos de alcantarillas en función de las características de la embocadura y la altura de sus muros.
 - o Localización: derecha, izquierda o en cantero central.
 - o Longitud: es la longitud de la cabecera. Se adoptó la distancia en sentido longitudinal entre los bordes de los muros de ala a 45° (la dimensión "d" + 2 veces el ancho de los muros "b" del plano O-41211).
 - o Desplazamiento lateral: distancia desde el borde de calzada hasta el cordón guardarruedas. Esta medida se obtuvo de los transversales de desagües modelados con el Civil 3D.
 - o Ancho: el ancho de la cabecera o proyección en el sentido transversal de los muros de ala. Se obtuvo a partir del plano tipo O-41211 sumando las dimensiones "n" + "c" + 0,25 m correspondiente al muro guardarruedas.

6.2.5 Configuraciones adicionales

Adicionalmente a la información ingresada según los apartados anteriores, debe seleccionarse los datos de costos de accidentes para distintos grados de severidad y la configuración por tipo de vehículos del tránsito.

Con respecto a los costos de accidentes, se adoptó para el presente estudio las cifras de costos de la RDG, incluida como opción por defecto del RSAP. Los valores asignados para las distintas categorías de severidad de accidentes son los siguientes:

- Accidentes fatales	\$ 1.000.000
- Daños severos a las personas	\$ 200.000
- Daños moderados a las personas	\$ 12.500
- Daños menores a las personas	\$ 3.750
- Daños solo a la propiedad nivel 2	\$ 3.125
- Daños solo a la propiedad nivel 1	\$ 625

Si bien estos costos en el software están expresados en dólares, nosotros aceptaremos como costo de un accidente con una muerte igual a 1 millón de pesos, más coherente con la escala de nuestra economía. Sin embargo, dado que este es un parámetro con mucha influencia en el cálculo de la relación beneficio/costo, analizaremos que ocurre al adoptar dichos costos en dólares estadounidenses.

Para el tránsito, se adoptó la clasificación de vehículos incluida en el Apartado 5.5, según las mediciones de la División de Tránsito de la DNV Para cargar dicha configuración del flujo vehicular en el software, se adoptó la clasificación por categorías. En el presente estudio se cargó un total de 2,1% de camiones livianos (buses), 6,5% de camiones de unidad simples, 29,2% de camiones combinados (semirremolques y camiones con remolque) completando la clasificación con un 62,2% de vehículos livianos.

Benefit/Cost Ratio Report				
File Name:	Variante Villa María.rpd			
Project Description:	Variante Villa María			
Alternative	Description			
1	Situación C			
2	Situación A			
3	Situación B			
Alternative	Alternative			
Alternative	1	2	3	
1	0.00	3.60	3.52	
3	0.00	0.00	3.19	
2	0.00	0.00	0.00	

Tabla 16 - Reporte de las relaciones Beneficio/Costo entre las alternativas A, B y C.

6.2.6 Resultados

Una vez corrido el programa, el RSAP emite una serie de reportes, entre los cuales se encuentra el de las relaciones beneficio/costo resultante entre las alternativas (ver la Tabla 16).

Alternative Cost Report					
File Name:	Variante Villa María.rpd				
Project Description:	Variante Villa María				
Alternative	Description	Expected Crash Frequency (Acc/Yr)	Annual Crash Cost (\$)	Annual Installation Cost (\$)	Annual Maintenance Cost (\$)
1	Situación C	19,728194	5322906,00	0,00	9514,86
2	Situación A	33,908918	2413659,00	829273,38	6903,90
3	Situación B	33,716185	2943706,25	660353,06	9483,17

Tabla 17 - Reporte de los costos anualizados de las alternativas A, B y C.

7. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

7.1 Relación Beneficio/Costo

La relación beneficio/costo se calcula según la ecuación indicada en el Apartado 4.3.4, que aquí reiteramos:

$$B/C = \frac{(CA_1 - CA_2)}{(CD_2 - CD_1)}$$

, donde CA_i son los costos de accidentes y CD_i los costos directos debido a la materialización de la mejora.

En la Tabla 18 se resume la información de los reportes del RSAP mostrados en la Tabla 16 y la Tabla 17, donde se corrigieron los costos de reparación transformándolos de dólares a pesos.

El primer análisis que podemos realizar es que el diseño adoptado en el proyecto ejecutivo para la obra de la Variante de la R.N.N°158 a Villa María, denominado Alternativa A, es el más rentable desde el punto de vista de la seguridad vial entre todas las variantes presentadas:

$$B/C_{Alt. A \text{ respecto Alt. C}} = 3,56$$

$$B/C_{Alt. B \text{ respecto Alt. C}} = 3,60$$

$$B/C_{Alt. A \text{ respecto Alt. B}} = 3,37$$

Alternativa	Frecuencia de accidentes [Acc./año]	Costo directo anual equiv. [\$]	Costo de accidentes anual equiv. [\$]	Costo de reparación anual equiv. [\$]	Relación B/C
A	33,91	829.273,38	2.413.659,00	31.412,75	3,56
C	19,73	0,00	5.322.906,00	43.292,61	
B	33,72	660.353,06	2.943.706,25	43.148,42	3,60
C	19,73	0,00	5.322.906,00	43.292,61	
A	33,91	829.273,38	2.413.659,00	31.412,75	3,37
B	33,72	660.353,06	2.943.706,25	43.148,42	

Tabla 18 - Relaciones Beneficio/Costo entre las alternativas A, B y C.

Si bien las alternativas A y B poseen una rentabilidad similar frente a la Alternativa C de referencia, e incluso la B parece algo superior, cuando se las compara entre sí, la primera posee mejor índice. Esto se nota al comparar los costos anuales uniformes de accidentes, que en la alternativa A son menores en un 18% aproximadamente.

7.2 Costos totales actualizados

En la Tabla 18 se encuentran los costos anuales uniformes de accidentes, de instalación (o costos directos), de mantenimiento y de reparación. Para determinar el costo actualizado total en el inicio de la vida útil debemos despejar el costo total actualizado de la siguiente expresión:

$$CAU = CT \frac{(1-i)^n \cdot i}{(1+i)^n - 1}$$

, donde:

CAU= costo anual uniforme o equivalente

CT = costo total actualizado

i= tasa de retorno, igual al 12%

n= vida útil, igual a 25 años

En la Tabla 19 se resumen los costos totales actualizados para los distintos rubros en cada una de las alternativas. A primera vista surge que la columna de costos actualizados de accidentes es más importante que los costos directos o de instalación y que los de reparación de los dispositivos instalados.

Considerando los costos sociales, es decir, a los costos de accidentes, finalmente la alternativa A resulta más económica.

Alternativa	Costo Actualizado				Costo Total Actualizado
	Directo de la mejora	Directo del resto de la obra	Accidentes	Reparación	
	[\$]		[\$]	[\$]	[\$]
A	6.504.106,48	332.722.497,56	18.930.663,31	246.374,53	358.403.641,88
B	5.179.240,91	332.722.497,56	23.087.897,62	338.419,09	361.328.055,18
C	0,00	332.722.497,56	41.748.292,24	339.549,99	374.810.339,78

Tabla 19 - Costos actualizados en las distintas alternativas.

El costo directo total de ejecución de la alternativa A, según el presupuesto indicado en el Apartado 5.6, es de \$ 339.226.604,04. Refiriendo los costos actualizados de la Tabla 19 a dicho monto de presupuesto, podremos obtener una relación porcentual que nos muestre el impacto del costo de accidentes, reparación y los costos directos adicionales de las mejoras (extensión de taludes, alargamiento de conductos de alcantarillas, etc.) en los costos directos previstos por el Estado para la realización de la obra de la Variante de la R.N.N°158 a Villa María (ver la Tabla 20).

El costo directo total de ejecución de la alternativa A, según el presupuesto indicado en el Apartado 5.6, es de \$ 339.226.604,04. Refiriendo los costos actualizados de la Tabla 19 a dicho monto de presupuesto, podremos obtener una relación porcentual que nos muestre el impacto del costo de accidentes, reparación y los costos directos adicionales de las mejoras (extensión de taludes, alargamiento de conductos de alcantarillas, etc.) en los costos directos previstos por el Estado para la realización de la obra de la Variante de la R.N.N°158 a Villa María (ver la Tabla 20).

Alternativa	Costo % relativos al constructivo de la			Costo Total Actualizado
	Directo total	Accidentes	Reparación	
	[\$]	[\$]	[\$]	[\$]
A	100,00%	5,58%	0,07%	105,65%
B	99,61%	6,81%	0,10%	106,52%
C	98,08%	12,31%	0,10%	110,49%

Tabla 20 - Costos relativos al presupuesto de la construcción de la Alternativa A.

Podemos observar, que los costos de accidentes es fuertemente dependiente del diseño geométrico aplicado en cada alternativa. Por ejemplo, el costo de accidentes varía entre el 5,6 al 12,3% del presupuesto de obra de la alternativa A según apliquemos el diseño más o el menos indulgente. Sin embargo, en lo que respeta a los costos directos o constructivos, la materialización de una alternativa de diseño como la C, con importantes restricciones a la seguridad vial, implica solo un ahorro menor al 2%. Esta es la razón básica por la que la razón beneficio/costo de la Alternativa A respecto a la C sea superior a 1, es decir, sea rentable.

7.3 Cantidad de accidentes y severidad

El RSAP emite un reporte donde indica para cada característica colocada al costado del camino la probabilidad de accidente al año y le asigna, en base a su configuración, un índice de severidad.

En la Tabla 21 se resume la frecuencia de accidentes, la severidad promedio y los costos resultantes de cada alternativa de diseño. Puede observarse que las alternativas A y B presenta una mayor frecuencia de accidentes por año que la alternativa de referencia C. Sin embargo, la severidad promedio de la Alternativa A es notoriamente la más baja, de 2,83, en tanto que la Alternativa C, con una tasa de accidentes anuales del orden del 40% menor, posee un elevado índice de severidad de 4,81. Esto se refleja directamente en los costos de accidentes.

Alternativa	Frecuencia de accidentes [Acc./año]	Severidad promedio	Costo anual de accidentes [\$/año]
A	34,09	2,83	2.413.659,00
B	34,13	3,47	2.943.706,25
C	20,09	4,81	5.322.906,00

Tabla 21 - Frecuencia, severidad y costos de accidentes globales.

Recordemos que los costos crecen fuertemente a medida que aumenta la severidad. Por ejemplo, para un índice de severidad de 3 se asocia una probabilidad del 21% de accidentes con daños moderados a las personas y solo un 1% de probabilidad de muertes. Cuando el índice alcanza un valor de 5, la probabilidad de accidentes con daños moderados crece al 45% y existe una probabilidad del 8% de fatalidad.

En la Tabla 22 se discriminan los accidentes según el tipo de característica modelada del costado del camino para cada alternativa, indicando la probabilidad de accidentes al año, la severidad y los costos absolutos y relativos al monto total de accidentes. Se puede observar que:

- El costo total de accidentes en terraplenes altos, con taludes de 1:2 protegidos con defensa lateral es aproximadamente el mismo en cualquiera de las alternativas, lo cual permite validar el modelo armado por el programa.

- La mejora de las condiciones de los taludes en el cantero central tiene una fuerte influencia en el costo de accidentes. Se observa que el número de accidentes en la Alternativa C es baja pero, sin embargo, el índice de severidad el alto, lo cual eleva los costos de accidentes casi 4 veces los pronosticados en la Alternativa A. Recordemos que los taludes de la alternativa C son 1:3, con una cuneta central no traspasable, contra taludes 1:6 traspasables y recuperables en la Alternativa A.

- El aplanamiento de los taludes de 1:3 (Alternativa C) a 1:4 (Alternativas A y B) disminuye levemente la frecuencia (de 4,7 a 4,1 accidente al año) pero disminuye en mayor medida la severidad. Esto se refleja en la disminución de los costos de accidentes en el orden de 2,7 veces respecto a la situación de referencia.

- Si bien la severidad de los accidentes que involucran cabecezas de alcantarillas es similar en las tres alternativas (incluso algo superior en la Alternativa A), su alejamiento del borde de calzada y la supresión de las cabecezas en el cantero central disminuyen notoriamente la frecuencia de ocurrencia de tales eventos. En la Alternativa C de referencia se estima una probabilidad de 1,08 accidentes al año, situación que se limita por el diseño de la Alternativa A tan solo 0,05 eventos anuales. Por otra parte, los costos de accidentes en esta última alternativa no se reducen notoriamente dado que las mismas no se encuentran protegidas con defensas.

- Evidentemente, la disminución de la colocación de barandas de defensa en la Alternativa A ha reducido la frecuencia y los costos de accidentes vinculados a la colisión de las mismas en forma notoria.

- De estas dos últimas observaciones, se desprende que la severidad y los costos asociados con choques de cabeceras de alcantarillas alejadas y desprotegidas disminuye la frecuencia pero aumenta los costos por aumento de la severidad de los accidentes que eventualmente ocurran.

Característica al costado del camino	Alternativa A			
	Frecuencia	Índice severidad	Costo anual de accidente	
	[acc/año]		[\$/año]	%
Terraplenes altos	3,31	4,79	1.277.026,63	52,1%
Talud terraplén en mediana	26,25	2,43	149.144,84	6,1%
Talud externo de terraplén	4,41	3,68	826.370,04	33,7%
Cabeceras de alcantarilla	0,05	6,53	178.678,76	7,3%
Defensas laterales de cabeceras de alcantarillas	0,06	3,33	18.770,36	0,8%
			2.449.990,63	100,0%

Característica al costado del camino	Alternativa B			
	Frecuencia	Índice severidad	Costo anual de accidente	
	[acc/año]		[\$/año]	%
Terraplenes altos	3,27	4,81	1.268.530,17	42,4%
Talud terraplén en mediana	22,96	3,21	406.472,38	13,6%
Talud externo de terraplén	4,08	3,67	792.751,15	26,5%
Cabeceras de alcantarilla	0,51	6,33	258.198,69	8,6%
Defensas laterales de cabeceras de alcantarillas	3,31	3,22	266.445,76	8,9%
			2.992.398,15	100,0%

Característica al costado del camino	Alternativa C			
	Frecuencia	Índice severidad	Costo anual de accidente	
	[acc/año]		[\$/año]	%
Terraplenes altos	3,29	4,86	1.245.867,70	22,0%
Talud terraplén en mediana	8,80	4,90	1.617.165,25	28,6%
Talud externo de terraplén	4,73	5,00	2.348.064,64	41,5%
Cabeceras de alcantarilla	1,08	6,31	203.720,76	3,6%
Defensas laterales de cabeceras de alcantarillas	2,19	3,25	238.049,11	4,2%
			5.652.867,46	100,0%

Tabla 22 – Frecuencia, severidad y costos de accidentes según las características del costado del camino

7.4 Sensibilidad de los costos de accidentes

El costo asignado para los distintos tipos de daños generados en un accidente vial influye directamente en la relación beneficio/costo. Es de esperarse, que a medida que elevemos los costos de los daños la rentabilidad de una misma alternativa de diseño de carretera aumentará.

En el análisis anterior, adoptamos el valor absoluto de las cifras de costos asignados por las seis categorías de daños defiendas por la AASTHO, pero en moneda argentina en vez de en dólares, como un modo de adaptarnos a la escala de nuestra metodología. Sin embargo, según un estudio llevado a cabo por dos universidades españolas, financiado por la Dirección General de Tráfico de España, el Valor de una Vida Estadística (VVE) en España se encuentra entre 1 y 2,5 millones de euros, en función de la utilidad contemplada.

En consecuencia, reiteraremos el análisis, pero esta vez con las cifras indicadas en la Tabla 7 expresadas en dólares estadounidenses, y adoptando un cambio a la moneda argentina de 4,55 pesos por cada dólar. En la Tabla 23 se muestran las relaciones de beneficio/costo, que crecen fuertemente, siendo nuevamente la Alternativa A la más rentable frente a las restantes alternativas de diseño.

Alternativa	Frecuencia de accidentes	Costo directo anual equiv.	Costo de accidentes anual equiv.	Costo de reparación anual equiv.	Relación B/C
	[Acc./año]	[\$]	[\$]	[\$]	
A	33,91	829.273,40	10.982.148,45	31.412,75	16,19
C	19,73	0,00	24.219.222,30	43.292,39	
B	33,72	660.353,10	13.393.863,44	43.187,96	16,40
C	19,73	0,00	24.219.222,30	43.292,39	
A	33,91	829.273,40	10.982.148,45	31.412,75	15,35
B	33,72	660.353,10	13.393.863,44	43.187,96	

Tabla 23 - Relaciones Beneficio/Costo entre las alternativas A, B y C (costos de accidentes según RDG

Dado que ahora los accidentes tienen una incidencia mayor en los costos totales, se observa en la Tabla 24 que en términos monetarios absolutos la diferencia entre las alternativas crece. Como se observa en la Tabla 25, refiriendo los valores anteriores al costo constructivo de la alternativa A, el valor de los accidentes fluctúa entre el 25,39% del costo de obra (alternativa A) al 56,00% (alternativa B).

De dicha tabla se puede deducir que un ahorro en obra menor al 2% del costo de obra (por construir la alternativa C en vez de la A) nos aumenta el costo de accidente durante la vida útil en el orden del 30% de dicho monto.

Alternativa	Costo Actualizado				Costo Total Actualizado
	Directo de la mejora	Directo del resto de la obra	Accidentes	Reparación	
	[\$]		[\$]	[\$]	[\$]
A	6.504.106,63	332.722.497,41	86.134.518,04	246.374,53	425.607.496,61
B	5.179.241,25	332.722.497,41	105.049.934,19	338.729,20	443.290.402,04
C	0,00	332.722.497,41	189.954.729,68	339.548,20	523.016.775,29

Tabla 24- Costos actualizados en las distintas alternativas

Alternativa	Costo % relativos al constructivo de la			Costo Total Actualizado
	Directo total	Accidentes	Reparación	
	[\$]	[\$]	[\$]	[\$]
A	100,00%	25,39%	0,07%	125,46%
B	99,61%	30,97%	0,10%	130,68%
C	98,08%	56,00%	0,10%	154,18%

Tabla 25- Costos relativos al presupuesto de la construcción de la Alternativa A

Una conclusión importante en este tipo de análisis es que debe seleccionarse adecuadamente el conjunto de cifras que caracteriza los daños debido a los accidentes.

8. CONCLUSIONES

Las conclusiones del presente estudio son las siguientes:

- Se ha aplicado una metodología que permite comparar la rentabilidad de alternativas de diseño geométrico aplicados a un tramo de autopista desde la óptica de la seguridad vial.
- Mediante esta metodología se pudieron comparar los costos directos de inversión y de accidentes previstos para cada alternativa.
- Se verificó que la influencia más fuerte en la reducción de costos según el modelo del programa RSAP resulta de:

- o La mejora de la geometría del cantero central, tendiendo sus taludes a 1:6 y reemplazando las cabeceras de alcantarillas transversales por sumideros.
- o El tendido de los taludes externos del terraplén a 1:4, alejando las cabeceras de las alcantarillas lo máximo posible.

- La influencia económica para obtener los taludes mas tendidos sin cabeceras de alcantarillas en la mediana y alejándolas de la calzada en las caras externas del terraplén para el tramo de autopista analizado es menor, ya que solo implica un aumento en los costos constructivos del orden del 2% del monto total de construcción.
- En contraposición, la materialización de las mejoras indicadas del diseño geométrico permiten reducir los costos de accidentes durante la vida útil de 25 años a más de la mitad (de 12,31% el monto de construcción a 5,58%).
- El análisis económico es muy sensible a las cifras asignadas a los daños generados por los accidentes.

9. BIBLIOGRAFÍA

- “Normas de Diseño Geométrico de Carreteras”, Adaptación y Ampliación de las Normas de Diseño del Ing. F. G. O. Ruhle, por las Consultoras Cadia, Coara y Leiderman, Dirección Nacional de Vialidad, 1980.
- Proyecto de Actualización de “Normas y Recomendaciones de Diseño Geométrico y Seguridad Vial”, EICAM - Universidad de San Juan, Dirección Nacional de Vialidad, 2010.
- “Roadside Design Guide”, ediciones 1996, 2002 y 2011, American Association of State Highway and Transport Officials.
- “Roadside Safety Analysis Program (RSAP), Engineer’s Manual”, King K. Mak y Dean L. Sicking, NCHRP Report 492, National Cooperative Highway Research Program.
- “Roadside Safety Analysis Program (RSAP), User’s Manual”, King K. Mak y Dean L. Sicking, NCHRP Project 22-9, National Cooperative Highway Research Program.

Shell Bitumen



SHELL CARIPHALTE AM3 LT

El asfalto modificado de Shell para mezclas tibias.

Shell Cariphalte AM3 LT es un asfalto modificado con polímeros especialmente formulado para la fabricación, colocación y compactación de mezclas asfálticas "tibias" (Warm Asphalt Mixes). Permite la posibilidad de reducción de temperatura en las operaciones de extendido y compactación de las mezclas asfálticas que con él se diseñen, sin afectar las características y propiedades de las mismas y mejorando su trabajabilidad.



LA GESTIÓN DE ACTIVOS VIALES EN LOS PAÍSES LATINOAMERICANOS: IMPLEMENTANDO NUEVAS IDEAS Y PROCEDIMIENTOS

AUTORES: Grupo de Trabajo Iberoamericano (GTI) Asociado al Comité Técnico 4.1 “Gestión De Activos Viales” de la Asociación Mundial de la Carretera

RESUMEN

La gestión de los activos viales en los países de Latinoamérica ha experimentado en los últimos años un vertiginoso avance, tanto del incremento en el mantenimiento de carreteras como en el uso de nuevas técnicas y procedimientos, pasando hoy día de la utilización de técnicas manuales a procedimientos automatizados. Esto ha sido fundamental para una gestión creciente de los activos viales que se complementa con la aplicación de sistemas modernos para la gestión del Patrimonio Vial. Esta evolución ha requerido también de las agencias viales en buscar formas innovadoras para gestionar su mantenimiento con el fin de responder a las expectativas de los usuarios.

LA ESTRATEGIA DE ARGENTINA: SISTEMAS DE REHABILITACIÓN Y MANTENIMIENTO

En la última década Argentina viene desarrollando una fuerte inversión en el sector vial que ha permitido revertir el proceso de estancamiento y desinversión preexistente, concretando así las obras de infraestructura necesarias a fin de acompañar el crecimiento económico del País. Este hecho se ve reflejado en el aumento sostenido de la Inversión, la cual fue de US\$298 Millones de dólares en el año 2002 a US\$ 2.500 en el presente.

Cabe señalar que la Inversión total en obras viales para un periodo de 10 años totalizó US\$18.000, destinando US\$ 15.000 a la Red Vial Nacional y US\$ 3.000 a la transferencia a Provincias y Municipios para la ejecución de obras en el marco de los Convenios formalizados oportunamente entre la Nación y dichas Jurisdicciones.

Las inversiones en carreteras nacionales han permitido agregar a la red aproximadamente 1.750 kilómetros de autopistas construidas entre 2003 y 2013, mientras que otros 650 km están actualmente bajo construcción. Además, ha aumentado la longitud total de carreteras pavimentadas de calzada única en aproximadamente 3.350 kilómetros. De lo anterior, puede concluirse que se ha incrementado la longitud de la red vial pavimentada en 5.100 km durante los últimos 11 años.

También debe hacerse hincapié en la expansión de la red vial nacional en la última década. En el año 2003, tenía una longitud total de 38.290 km, que aumentó constantemente año

tras año para llegar a 40.040 km a finales del año 2013 con un incremento neto de 1.750 km. De la longitud total de la red, 36,235 km corresponden a carreteras pavimentadas (autopistas 2.750 km), 2.764 km de caminos de grava y 1.041 de caminos de tierra.

La Dirección Nacional de Vialidad ha identificado, en función del tránsito asociado a cada tramo de la Red Vial Nacional y su estado superficial y estructural, distintos sistemas de gestión que permiten atender tanto a la rehabilitación periódica y programada del camino, como al mantenimiento rutinario de rutas. De esta manera se cuentan en la actualidad con los siguientes sistemas de gestión de la Red Troncal Nacional (Figura N°1).

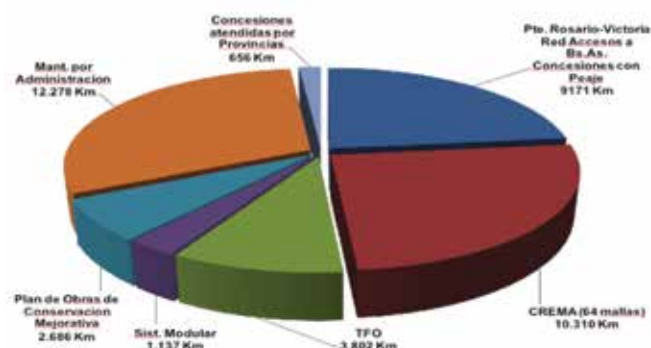


Figura N°1: ACTUALES SISTEMAS DE GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO EN ARGENTINA

Fuente: Dirección Nacional de Vialidad, Argentina.

En los sistemas de rehabilitación y mantenimiento un contratista es responsable de ejecutar los trabajos necesarios para restablecer la capacidad estructural de la carretera y proporcionar un nivel de servicio adecuado a los usuarios, también es responsable de llevar a cabo actividades de mantenimiento rutinario. Este sistema es utilizado en las concesiones viales en unos 9.171 km de la red troncal nacional, en el sistema C.RE.MA en unos 10.310 km de carreteras divididos en unas 64 subredes y en el Plan de Obras de Conservación Mejorativa en 2.686 km.

Otros sistemas en la Argentina es el de Mantenimiento por Administración, Mantenimiento por Convenio y el Mantenimiento por Contrato (Sistema Modular). En el primer caso el mantenimiento se lleva a cabo utilizando equipos y personal de la Dirección Nacional de Vialidad y puede complementarse con convenios de contraprestación con municipios y con la contratación a terceros de alguna tarea específica. Actualmente, cubre una sub-red de 12.278 kilómetros distribuidos en todas las provincias. En el segundo caso que está representado por el sistema de transferencia de funciones operativas (TFO), se refiere a la contratación de entes viales provinciales para realizar tareas de mantenimiento de rutina en 3.802 km de carreteras. Este sistema actualmente abarca 8 provincias y finalmente el último caso que está orientado a aquellas rutas en las que se requiere realizar obras mejorativas, que al menos permitirán garantizar la transitabilidad y seguridad de los usuarios como medida paliativa hasta tener las condiciones presupuestarias que permitan la ejecución de obras de mayor importancia. También cubre las secciones de grava y aquellos sectores en caminos pavimentados en que el estado de calzada permita ejecutar solamente conservación de rutina, esto se aplica a los caminos de no más de 300 km con valores de AADT inferiores a 500 vehículos por día.

LA ESTRATEGIA DE CHILE: INVENTARIO VIAL E INSPECCIÓN VISUAL AUTOMATIZADA

La Estrategia de Chile en los últimos años ha estado vinculada a mejorar los sistemas tradicionales de mantenimiento vial, innovando y diversificando los sistemas de gestión de las actividades de conservación vial, incorporando sistemas de redes viales, niveles de servicio, concesiones viales, ejecución y mantenimiento de caminos básicos (caminos de bajo costo) y mantenimiento por Administración Directa (usando personal propio de la Dirección Nacional de Vialidad). Junto con ello, ha habido un notable incremento en la magnitud de recursos financieros asignados a la red vial, especialmente en lo relativo al mantenimiento vial, lo que está permitiendo alcanzar niveles de atención muy cercanos al óptimo para el desarrollo del país.

Uno de los ejes principales para apoyar este sostenido crecimiento en la gestión vial es actualmente en Chile es la información que provee el Inventario vial y la Inspección Visual de Caminos Pavimentados, lo que se realiza por medio de equipos automatizados. Estos equipos con cámaras digitales, barras con láseres y barras con geófonos son montados en un automóvil el cual se desplaza por la vía a la misma velocidad del flujo y recolecta gran parte de la información que se necesita. Puede obtenerse datos de IRI, agrietamiento, geometría del camino, señalización, iluminación, seguridad vial, demarcación y datos de las bermas, entre otros parámetros. Los datos son almacenados en forma inmediata y pueden transferirse a cualquier formato de base de datos que requiera el administrador de la red (ver Figura N°2).



Figura N°2: EQUIPO PAVE INSPECT UNI SURVEY
Fuente: Dirección de Vialidad, Chile.

Las imágenes digitales capturadas y georeferenciadas son ingresadas a un programa para identificar los tipos de deterioros presentes en la calzada y se le asigna una severidad para luego computar las áreas deterioradas.

Otra tecnología que ha ido en franco avance es el georadar. El georadar es una técnica no destructiva que está basada en la emisión y propagación de ondas electromagnéticas en un medio, con la posterior recepción de las reflexiones que se producen en sus discontinuidades. Su uso masivo en el área vial es reciente en Latinoamérica.

La prospección, en rutas, se realiza a una velocidad, máxima media, de 70 km/h. Esta velocidad de prospección minimiza la interferencia con el tránsito. El equipo guarda la información, en forma digital, para su posterior procesamiento (Ver Figura N°3).



Figura N°3: ANTENA GEORADAR MONTADA EN UN VEHÍCULO
Fuente: Dirección de Vialidad, Chile.

Actualmente en Chile, y luego de varios periodos realizando las inspecciones visuales de pavimentos por medios manuales y con personal de la propia Dirección Nacional de Vialidad, se ha decidido ya por 3 periodos consecutivos realizar un porcentaje de esta tarea mediante contratos de consultoría y con medios automatizados. En el año 2014 se licitaron en la Dirección Nacional de Vialidad de Chile 9.628 kilómetros de auscultación automatizada de unos 14.216 kilómetros totales, lo que representa un 67,7%.

LA ESTRATEGIA DE ESPAÑA: PLANES DE CONSERVACIÓN Y EXPLOTACIÓN

La estrategia Española en la conservación de la red vial se ha basado en los últimos años en los Planes de Conservación y Explotación (COEX) elaborados para periodos de 8 años divididos a su vez en dos subperiodos de 4 años cada uno. En estos planes siempre han figurado los objetivos a cumplir tanto de las características de la red como de seguridad vial, así como los recursos necesarios ya sean monetarios o humanos. A su vez el Plan se divide en Programas de actuación.

La red Española, gestionada por el Estado, cuenta en la actualidad con una longitud total de 26,038 kilómetros, divididos como sigue:

- Autopistas de peaje : 2.538 Km
- Autopistas y autovías libres : 8.996 Km (*)
- Carreteras convencionales : 14.504 Km

(*) Estos 8.996 kilómetros incluyen 1.000 kilómetros de autovías de Primera Generación concesionados mediante “peaje en sombra”.

Además existen en la red 290 túneles con una longitud total de 139 kilómetros y están inventariadas 16.805 obras de fábrica; de las cuales 9.361 tienen luz superior a 10 m.

Los tráficos promedios de la red, a fecha noviembre de 2014, son 11.797 veh/día y los pesados 1.675 veh/día. En autovías y autopistas libres los tráficos son de 22.891 veh/día y 3.200 veh/día respectivamente. En autopistas de peaje los tráficos son de 15.222 veh/día y 2.390 veh/día respectivamente. Finalmente en carreteras de una sola calzada los tráficos son de 4.201 veh/día y 600 veh/día respectivamente.

Las autopistas de peaje son gestionadas totalmente por los concesionarios, siendo supervisadas por una inspección de la Dirección general de Carreteras del Ministerio de Fomento que se encuentra descentralizada en las Demarcaciones de Carreteras.

Las autopistas y autovías libres y las carreteras convencionales se gestionan mediante contratos de Conservación Integral. La red se encuentra dividida en 160 sectores, contando cada

uno de los sectores con un contrato de este tipo. Son contratos con un plazo de 4 años, prorrogables otros 2 y que contemplan las actuaciones de conservación ordinaria y vialidad. La dirección y supervisión de estos contratos se encuentra descentralizada en las Demarcaciones de Carreteras.

Las actuaciones en los firmes, las obras de paso, la señalización y la seguridad vial de esta parte de la red (que forman lo que podríamos denominar la conservación extraordinaria) cuentan con sus propios sistemas de gestión centralizada.

Todos los sistemas de gestión centralizada comparten una estructura similar:

1. Inventario de características de todos los elementos con sistema GIS asociado
2. Estado de los elementos derivado de las inspecciones o auscultaciones. En firmes se auscultan los siguientes parámetros:
 - CRT (Coeficiente de Rozamiento Transversal)
 - IRI (Índice de Rugosidad Internacional)
 - Deflexiones
 - Fisuración

Que se complementan a nivel local con otras auscultaciones como macrotextura, ensayos de permeabilidad en capas drenantes etc.

En obras de fábrica se efectúa una inspección ordinaria cada 18 meses. Además se realizan inspecciones principales (con mayor profundidad que la ordinaria) con una periodicidad de 5 años y inspecciones especiales cuando se detecta alguna patología importante en una estructura.

3. Curvas de evolución de las características de los elementos en el tiempo. Especialmente en firmes. En el caso de seguridad vial el sistema de gestión determina los índices de peligrosidad y mortalidad para cualquier tramo de la red.

Además de las formas básicas de gestión de la red indicadas, a cargo de la propia Administración en las vías libres o por concesionarias en las autopistas de peaje (convencional), merece la pena destacar un tercer sistema de gestión que se utiliza en las denominadas **“autovías de primera generación”**. Estas autovías forman parte de los 8.996 km de autovías y autopistas libres y gozan de un régimen de gestión especial basado en concesiones de “peaje sombra”, que hace compatible su libre uso con la participación público-privada. Esta forma de gestión abarca unos 1.000 km de los 2.131 km de autovías construidas en el Primer Plan de Carreteras que se diseñaron y construyeron como desdoblamientos de las carreteras nacionales existentes en los años 80.

Debe destacarse que por dichos itinerarios en el momento en que se estudió la implantación de este novedoso sistema circulaba el 17% del tráfico total de la Red de Carreteras

del Estado (RCE) y el 24% del tráfico que circulaba por todas las vías de gran capacidad, sus índices de peligrosidad (15,76) eran apreciablemente superiores a los valores medios de este tipo de vías (12,80) de aquel momento, acumulando el 30% de los accidentes (3.272 al año) que se producían en las vías de gran capacidad, por lo que la actuación en estos tramos era un tema prioritario.

El acondicionamiento y modernización de estas autovías, que como se ha dicho son de uso libre, por el sistema presupuestario convencional habría requerido un periodo no menor de quince años, por lo que se recurrió a un sistema de participación público-privada que permitiera la ejecución de las obras en un plazo inferior. El sistema elegido fue el contrato de concesión de obra pública por un periodo de 19 años con abono de un canon periódico en función del tráfico circulante (peaje en sombra). En total se concesionaron a finales de 2007 un total de 10 tramos con una longitud de 1.000 kilómetros, lo que ha permitido acondicionar aproximadamente el 50% de todas ellas, precisamente los kilómetros en los que las carencias eran mayores, en un periodo de aproximadamente cuatro años, dotándolas de todas las características de trazado, control de accesos y equipamiento que se requieren en las autopistas más modernas. Complementariamente a las mejoras funcionales y de equipamiento, que debían realizar los concesionarios en los dos primeros años de las concesiones, éstos también tenían la obligación de llevar a cabo en esos dos primeros años una completa rehabilitación del firme y demás elementos de la vía, y de conservar los tramos hasta el final del periodo concesional.

El control de la conservación y operación de los tramos se lleva a cabo por la Dirección General de Carreteras a través de un sistema de indicadores (de servicio y de estado) asociados a unas bonificaciones y penalizaciones, que aseguran el mantenimiento de unas adecuadas condiciones de servicio, así como del patrimonio viario en niveles óptimos. En total se consideran un total de 41 indicadores que cubren todos los elementos de la carretera y las actividades desarrolladas.

Después de cinco años desde la implantación de este novedoso sistema se puede concluir que sus resultados están siendo muy positivos ya que, a pesar de las dificultades generadas por la crisis económica sobrevenida en tantos países, entre ellos en España, ha permitido transformar en un tiempo récord la parte de la red de autovías que adolecía de más carencias, con una mejora sustancial de la accidentalidad, del confort y de la fiabilidad de su utilización.

LA ESTRATEGIA DE MÉXICO: PROGRAMA ANUAL DE MANTENIMIENTO DE CARRETERAS NACIONALES

Este inciso describe la estrategia adoptada por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) de México para la conservación de la red federal de carreteras libres de peaje. Con sus 40.771 km de carreteras pavimentadas, esta porción com-

prende 10.8 % de la longitud total de la red nacional de carreteras (377.509 km), 70 % de las carreteras troncales (de un total de 33 584 km) y 38.7 % de las carreteras pavimentadas. El enfoque seguido por la SCT para la gestión de esta parte crítica de la red nacional de carreteras se puede resumir como sigue. En primer lugar, con base en los objetivos enunciados en el Plan Nacional de Desarrollo y en el Programa Sectorial de Comunicaciones y Transportes, se prepara un programa sexenal de inversión en conservación de carreteras libres al inicio de cada administración federal de seis años. Este programa incluye estimaciones de presupuesto para la mejora y preservación de la red, el incremento de la seguridad vial y el financiamiento de los contratos de conservación plurianuales previamente otorgados a empresas privadas. Estos datos se contemplan en el Plan Nacional de Desarrollo.

A su vez, el programa sexenal se utiliza como base para la preparación del Programa Nacional Anual de Conservación de Carreteras, el cual define el conjunto específico de obras que se llevarán a cabo cada año en el periodo de seis años de la administración, dado el techo presupuestal efectivamente aprobado por el congreso mexicano. El proceso de formulación del programa anual utiliza como entrada las metas de desempeño definidas en el Plan Nacional de Desarrollo y el programa sectorial, así como el estado actual de las carreteras, los requerimientos de las oficinas estatales de la SCT y, en menor medida, las opiniones de los usuarios de la red y de otros grupos de interés. Las estimaciones de las necesidades de conservación y rehabilitación de los pavimentos se basan en análisis del ciclo de vida realizados por medio de HDM 4. Del mismo modo, las obras para puentes se determinan con el auxilio de un sistema de gestión de puentes (SIPUMEX).

Empleando este enfoque, la SCT ha conseguido aumentar el porcentaje de longitud de la red en estado bueno y aceptable de 43 % en 1994 (año en que se implementó por vez primera un enfoque estructurado de programación) a 82 % en 2013, como se muestra en la Figura N° 4.

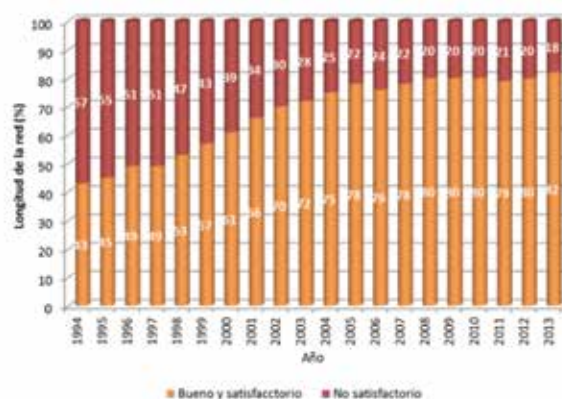


Figura N° 4: EVOLUCIÓN DEL ESTADO DE LA RED

Aunque el enfoque descrito contiene elementos que pueden considerarse como buenas prácticas de la gestión de activos, la adopción de un marco formal de gestión de activos queda como un reto fundamental para la SCT en lo que se refiere a la gestión de la red libre de peaje. Entre otros desafíos adicionales, pueden mencionarse la implementación de herramientas para determinar las necesidades de clases de activos adicionales a los pavimentos y los puentes, el desarrollo o adaptación de metodologías para la priorización cruzada de activos y la exploración de formas innovadoras para la contratación plurianual de trabajos de conservación.

LA ESTRATEGIA DE NICARAGUA: FONDO DE MANTENIMIENTO VIAL

Nicaragua se encuentra ubicada en el centro de Centroamérica, con una superficie continental de 130.668 km². Su población según el último censo realizado en el 2005 era de 5.400.000 habitantes, para una densidad de 41.32 habitantes por km². El 60% de la población habita en el Pacífico y el 40% en el Atlántico; el 46% vive bajo la línea de pobreza y 15% en pobreza extrema.

Es un país eminentemente agrícola y otros rubros; como Café, Azúcar, Camarón, Langosta, Carne de Res, que ocupan del 50 – 60% de las exportaciones, 20% PIB y 43% del total de empleos. Mediante remesas familiares ingresa al país aproximadamente 800 millones de dólares anuales equivalente al 10% del PIB. Nicaragua posee un clima tropical con dos estaciones muy marcadas, verano (Noviembre a Abril) e invierno (Mayo a Octubre); con temperaturas que oscilan entre los 27°C y 32°C. Con el propósito de satisfacer las necesidades de transporte de carga y pasajeros a lo largo y ancho del país, los nicaragüenses han implementado diversos modos (terrestre, acuático, aéreo) desde hace largo tiempo, en función del desarrollo y de la configuración del relieve. La infraestructura actual de transporte terrestre consiste de carreteras, con orientación principal norte – sur y este – oeste.

La Red Vial nacional está conformada por 23.645 Km, según consta en Anuario de la Red Vial Nacional publicado por el Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI), compuesta de la forma como se muestra en la Tabla N°1:

Tipo de Superficie	Longitud (Km)	%
Asfalto	2.299	9,72
Adoquín	798	3,37
Concreto Hidráulico	54	0,23
Grava	13.372	56,55
Tierra	7.124	30,13
Total	23.647	100

Tabla N° 1: RED VIAL NACIONAL DE DE NICARAGUA

La red vial básica, está conformada por 8.058 Km de carreteras principales y representan aproximadamente el 34% del total y por ella se moviliza aproximadamente el 80% del tránsito nacional e internacional. Para la conservación de la red vial básica, el MTI delega mediante convenio anual el mantenimiento de aproximadamente 3.400 Km de carreteras al Fondo de Mantenimiento Vial (FOMAV), el cual, según su Ley Creadora (Ley N° 355), está facultado para atender tramos de carreteras que se encuentren en Bueno y Regular estado.

Su financiamiento proviene de una tarifa especial (T-FOMAV) creada mediante Ley N° 574 y aplicada al consumo de combustibles a como se presenta en la siguiente Tabla N°2.

Año	2006	2007	2008	2009	2010
Tasa. Dólares por Galón (1 galón=3,8 lt)	0,06	0,08	0,12	0,15	0,16

Tabla N° 2: EVOLUCIÓN DEL IMPUESTO ESPECIAL DEL FOMAV

El tipo de contratación común por parte de las distintas instituciones administradoras de la Red Vial, es mediante contratos por costos unitarios con empresas privadas y estatales. Sin embargo, el FOMAV ha iniciado la implementación de contratos por estándares (Ver Figura N°5).



Figura N° 5: FORMA DE GESTIÓN DE LA RED VIAL

CONCLUSIONES

La evolución de las redes viales pavimentadas latinoamericanas han experimentado un notorio aumento en los últimos años, lo que ha exigido a las Agencias Viales buscar formas innovadoras de gestionar su conservación de manera de responder ante las expectativas de los usuarios. En los inicios, las agencias concentraron sus esfuerzos en atender la red pavimentada, que era administrativamente la de mayor jerarquía, pero actualmente una parte importante del presupuesto se destina a atender la red no pavimentada, como también puentes, túneles y otras obras menores. Los países de Latinoamérica se han esforzado en buscar maneras eficientes de administrar los activos viales dada la limitación de sus recursos financieros.

RECONOCIMIENTO A LOS AUTORES

Este Artículo fue preparado por el Grupo de Trabajo Iberoamericano asociado al Comité Técnico 4.1 Gestión del Patrimonio Vial de la Asociación Mundial de la Carretera, cuyos integrantes son los Sres.: **Fernando Novoa** y **Roberto Vilaltella** de Argentina, **Carlos Ruiz** y **Miguel Valdés** de Chile, **Francisco Criado** y **Vicente Vilanova** de España, **José Manuel Osio** y **Ricardo Solorio** de México y, finalmente, **Carlos Silva** de Nicaragua. El Grupo de Trabajo agradece a todos los países que han permitido recopilar la información para este Artículo, el que solo pretende efectuar una muestra somera de las actividades en la gestión vial que desarrollan estas naciones, que sin lugar a dudas pueden explicarse con mucho más detalle y en forma más amplia, al igual que la de aquellos países que no aparecen mencionados en este recuento.

Este artículo fue publicado en inglés y francés en la Revista Routes / Roads N° 366 y cedido con la autorización de la Asociación Mundial de la Carretera.



Caminos del Río Uruguay

CAMINOS DEL RÍO URUGUAY
S.A. DE CONSTRUCCIONES Y CONCESIONES VIALES

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)

UNA ALTERNATIVA A LAS MEZCLAS MAM DE ALTO MÓDULO PARA CAPAS DE BASE, DE LARGA DURACIÓN, ECONÓMICAMENTE EFICIENTES Y ECO-AMIGABLES.

AUTORES: François Olard, Jérôme Dherbecourt, Hervé Dumont, M. Elena Hidalgo Pérez

RESUMEN

El diseño innovador de la mezcla GB5[®], se basa en la adaptación a las mezclas bituminosas del proceso de optimización del empaquetamiento granular desarrollado inicialmente en el campo de los hormigones de altas prestaciones. Estas mezclas se caracterizan por ser mezclas discontinuas (con simple o doble discontinuidad) con un gran contacto entre áridos gruesos, lo que les confiere un excelente esqueleto mineral denso, con elevado rozamiento interno y gran resistencia mecánica, sin necesidad de recurrir al empleo de betunes duros para alcanzar los requerimientos de rigidez elevada (11.000 MPa a 20°C) ni a los contenidos de ligante propios de las mezclas de alto módulo.

Este menor requerimiento de contenido de ligante, posibilita el empleo de betunes modificados con polímeros en las capas de base, en un porcentaje del 4 al 4,5% sobre árido, dando lugar así a las mezclas GB5[®], caracterizadas por una gran compactabilidad, un elevado módulo de rigidez y una alta resistencia a la fatiga, todo ello de manera simultánea en una única mezcla, permitiendo la reducción del espesor del firme a la vez que una mayor durabilidad. Y todo ello asegurando la viabilidad económica de esta solución para las capas de base.

De esta forma, la propuesta GB5[®] puede ser considerada como solución muy interesante para los pavimentos sostenibles de larga duración que no se deterioran estructuralmente y que sólo precisen de un mantenimiento periódico de la capa de rodadura. El diseño de esta innovadora mezcla ha sido previamente presentado en la Revista ERR 18^[1].

El presente artículo es en parte una adaptación en español del publicado en la revista European Roads Review 20 (ERR20)^[2] y es reproducido aquí con el amable permiso de dicha revista (www.rgra.fr). Se centra principalmente en los logros obtenidos en el empleo de este material en diferentes obras ejecutadas en Francia durante el año 2011, así como en una campaña de instrumentación de medida de deformaciones llevada a cabo en el año 2012.

Palabras clave:

Mezclas Alto Módulo, Mezclas GB5, Eco-amigables, durabilidad, resistencia a la fatiga.

INTRODUCCIÓN

Los áridos representan en torno al 95% del peso de la mezcla, por lo que todo procedimiento de diseño tiene que perseguir, en primer lugar, el control de los parámetros volumétricos de las mezclas bituminosas.

El grado de empaquetamiento de los áridos depende fundamentalmente de cinco factores (v.g. Caquot^[3], Baron^[4], Larrard^[5-8], Corté y Di Benedetto^[9]):

- Granulometría (continua, discontinua, etc.)
- Forma de las partículas (planas y lamosas, cúbicas, redondeadas)
- Microtextura superficial (partículas pulidas o rugosas)
- Tipo y energía de compactación (presión estática, impacto o giratoria)
- Espesor de la capa (v.g. Cooper et al.^[10]).

Este artículo se centra en el primer factor, ya que es uno de los factores más influyentes en el empaquetamiento y lo que aborda es la optimización de la combinación de la fracción gruesa y fina, de manera que se obtenga una red de áridos gruesos con elevado rozamiento interno que proporcione de manera indirecta la máxima resistencia a la mezcla (Roque^[11], Kim et al.^[12]) y en particular el módulo de rigidez más elevado.

Por otra parte, es bien sabida la mejora que la modificación del betún con polímero SBS confiere a las mezclas en cuanto a resistencia a la fatiga y envejecimiento (Baaj^[13], Dressen^[14]), por lo que además de buscar la optimización del empaquetamiento granular, se opta por el empleo de betún modificado, con el fin de obtener unas mezclas para capas de base e intermedia que sean a la vez muy resistentes a la fatiga y de módulo elevado.



Extendido de mezcla GB5[®] 0/14 con betún modificado Biprène[®] 41. Capa de base en el enlace entre la autopista A-13 y la autovía RD613 (Operador: Sanef)

FUNDAMENTOS DEL EMPAQUETAMIENTO DE ÁRIDOS

Los conceptos generales acerca del empaquetamiento granular fueron desarrollados inicialmente por Caquot en 1937 [3] y especialmente en el campo del hormigón desde 1970 [5-8, 15]. Un estado del arte reciente de sus fundamentos se puede encontrar en los trabajos de Perraton y Olard [16-18] los cuales han trasladado estos conceptos al campo de las mezclas bituminosas. Los siguientes sub-apartados están parcialmente extraídos de esos artículos.

Interacción entre partículas en una mezcla granular

El primer paso antes de estudiar los sistemas multi-componentes, consiste en entender los factores involucrados en la relación entre las proporciones de áridos y la porosidad en un sistema de dos componentes. Cuando se analiza la porosidad de mezclas compuestas por dos áridos con diferentes tamaños, Caquot [3] señaló la importancia que en el índice de huecos ($e = (\text{volumen de huecos}) / (\text{volumen de partículas})$), tienen dos tipos de interacción entre partículas: los llamados “efecto pared” y “efecto de interferencia” —este último también conocido como “efecto relajación”. El efecto pared se refiere a la interacción entre las partículas y cualquier tipo de pared (tubería,...) en contacto con la masa granular.

Consideremos una mezcla uniforme de dos áridos que difieren únicamente en su dimensión media de partículas, es decir, una corresponde al árido grueso y la otra al árido fino. Cuando a un volumen infinito de partículas finas se le añade unas pocas partículas gruesas, el índice de huecos de la mezcla disminuye (Figura 1, izquierda). No obstante, en la interfaz, las partículas gruesas distorsionan localmente la disposición de las partículas finas, cuya porosidad aumenta en proporción al área superficial de las partículas gruesas añadidas (Caquot [3], Chanvillard [19]).

El concepto de interferencia (o relajación) puede ilustrarse fijándose en el efecto inducido al introducir unas pocas partículas finas en un volumen infinito de partículas gruesas. A medida que aumenta la cantidad de partículas finas, las partículas gruesas se ven desplazadas unas de otras perdiendo contacto entre ellas y modificando así su configuración espacial (Figura 1, derecha).

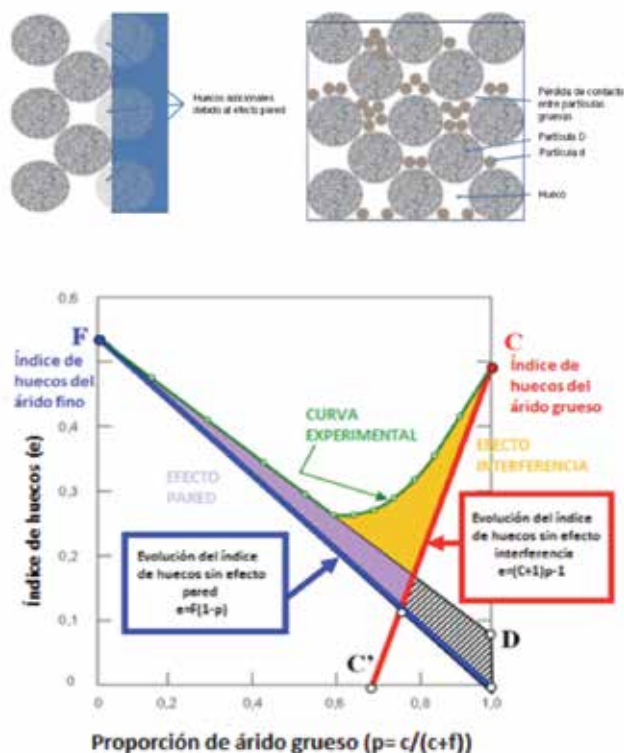


Figura 1: Efecto pared y efecto interferencia. f y c son los volúmenes de los áridos finos y gruesos respectivamente ($f + c = 1$). F y C son los índices de huecos de los áridos finos y gruesos respectivamente.

A la vista de esto se deduce que la proporción ideal de partículas finas es aquella que consigue la máxima densidad de la mezcla sin ningún efecto de interferencia (es decir, sin que se pierda el contacto entre los áridos gruesos).

Método experimental propuesto para la optimización del empaquetamiento de áridos

El empleo de una granulometría con una o incluso dos discontinuidades [20-21] puede ayudar a obtener mezclas bituminosas muy densas con gran contacto entre los áridos gruesos (menor interacción entre las partículas de tamaño intermedio y las gruesas). La Figura 2 ilustra un ejemplo de un proceso iterativo (paso a paso) para la optimización del empaquetamiento granular de una mezcla de 4 componentes sin betún: 10/14mm, 0/4mm, 0/2mm y filler, mediante compactación giratoria. Este procedimiento de optimización consiste en tres conjuntos de medidas de compactación a 20 giros.

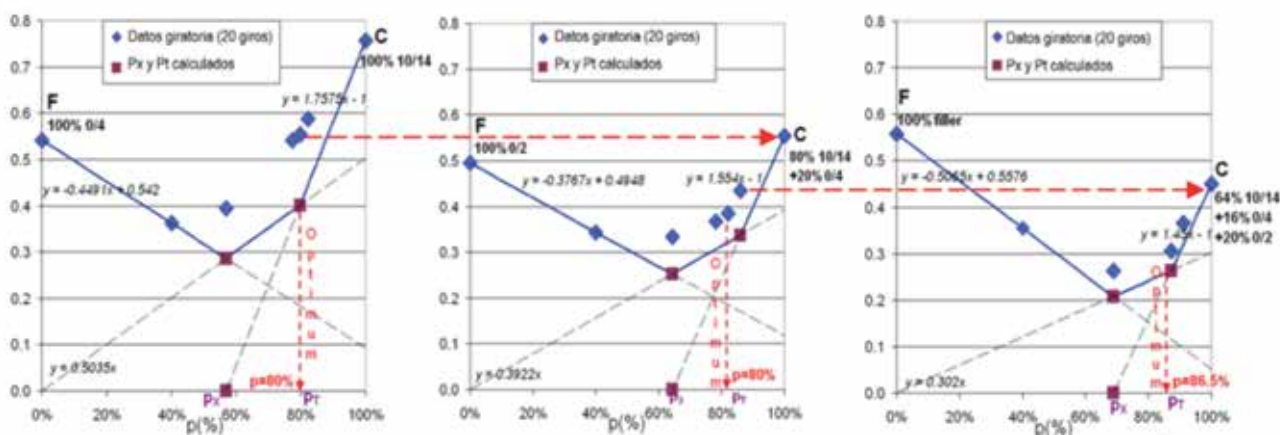


Figura 2: Proceso iterativo (3 pasos) para la optimización de una mezcla de áridos 10/14-0/4-0/2-filler

La Figura 3 muestra como ejemplo la curva granulométrica discontinua optimizada de la denominada GB5® 0/14 comparándola con la granulometría continua de la mezcla GB2 0/14 para capa de base (especificación francesa).

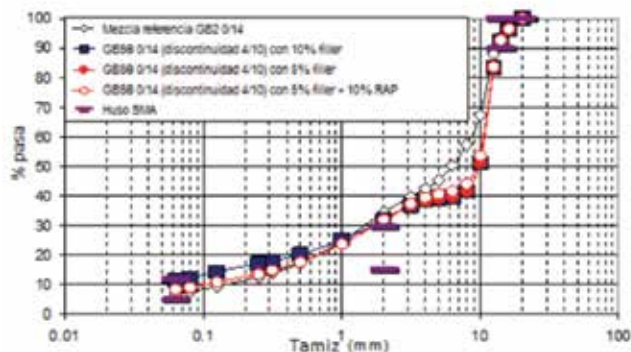


Figura 3: Ejemplo de curvas granulométricas discontinuas optimizadas (GB5) vs curva continua de referencia (GB2) [21-22]

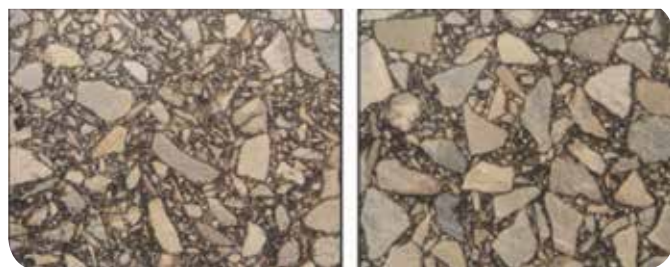


Figura 4: Comparativa de empaquetamiento granular de una mezcla continua GB3 (izquierda) y GB5 (derecha). Prestaciones obtenidas: GB3: $E_{15^{\circ}\text{C}, 10\text{ Hz}} = 9.000\text{ MPa}$; $\epsilon_6 = 90\text{ }\mu\text{def}$; GB5: $E_{15^{\circ}\text{C}, 10\text{ Hz}} = 14.000\text{ MPa}$; $\epsilon_6 = 130\text{ }\mu\text{def}$

ALTERNATIVA ECO-AMIGABLE A LAS MEZCLAS DE ALTO MÓDULO

La mezcla GB5® puede considerarse como una alternativa de gran durabilidad y económicamente eficiente a las mezclas de alto módulo tradicionales. De hecho, el elevado rozamiento interno entre los áridos gruesos y la alta densidad que puede obtenerse con el nuevo método de diseño de la curva granulométrica propuesto para la GB5® trae consigo un mejor comportamiento en cuanto a la resistencia a compresión y a las deformaciones permanentes, así como en el módulo de rigidez [22-23], sin necesidad de emplear betunes duros de bajo índice de penetración.

Además, la combinación del óptimo rozamiento interno de los áridos con el empleo de betunes modificados con polímeros, nos permite obtener a la vez, en una sola formulación, mezclas bituminosas para capas de base o intermedia de alto módulo y elevada resistencia a la fatiga sin contenidos de ligante elevados.

Se han realizado en laboratorio diferentes diseños de mezcla GB5® para áridos de muy diversas naturalezas (de Francia y España) usando curvas granulométricas con una o dos discontinuidades y con variedad de betunes modificados con polímeros.

Los resultados obtenidos cumplen o incluso mejoran las especificaciones requeridas para las mezclas de alto módulo en Francia (14.000 MPa a 15°C que pueden considerarse equivalente al requerimiento en España de 11.000 MPa a 20°C y resistencia a la fatiga superior a 130 microdeformaciones a 10°C, criterio más exigente que el español de 100 microdeformaciones a 20°C), con un contenido de ligante sensiblemente inferior (en el rango de 3,9% a 4,9% sobre árido). Este innovador diseño de mezcla GB5® ha sido patentado.

A continuación se presenta en la Tabla 1 una comparativa del diseño de firmes usando el Programa Alizé y considerando una categoría de tráfico “TC620”, una capa de rodadura de 4 cm de mezcla tipo BBM y una explanada clase 3 (“PF3”). Las mezclas consideradas fueron una mezcla de alto módulo EME2 (especificación francesa) y una mezcla GB5® fabricadas con árido tipo diorita.

	Solución tradicional	Solución innovadora GB5®
	Betún: 5,7%	Betún: 4,0%
	EME2	GB5 35/50 + 2,5% SBS
Capa de rodadura	4cm BBM	4cm BBM
Capa de base	16cm EME2	12cm GB5
Diferencia espesor capa de base	Referencia	-4cm (-20%)
Diferencia cantidad de áridos		-20%
Diferencia cantidad de betún		-36%
Diferencia coste de materiales / m²		-27%
Diferencia en kg CO2eq./m²		-17%

Tabla 1: Comparativa del diseño de un paquete de firme (EME2 y GB5). Costes e impactos ambientales (por m²)

De la Tabla 1 se deduce que la mezcla GB5® presenta impactos muy positivos tanto desde el punto de vista ambiental como económico, gracias a la disminución del espesor de la capa de base y a la reducción significativa del contenido de betún y de áridos por m². En relación a las emisiones de gases de efecto invernadero, las emisiones de CO2 asociadas a los áridos, betún convencional y betún modificado son de 10, 285 y 310 kgCO2/t respectivamente. Por tanto, las capas de base de altas prestaciones con mezcla GB5® pueden suponer una reducción en las emisiones de CO2 de casi el 20% en comparación con la capa de base con mezcla de alto módulo EME2 tradicional.

Además, el no emplear betunes duros en su formulación, confiere a la mezcla GB5® una mejor capacidad de ser reciclada en la fabricación de nuevas mezclas.

VALIDACIÓN IN SITU DEL NUEVO DISEÑO DE MEZCLA

En el año 2010 se llevaron a cabo 10 tramos de prueba a escala real en varias plantas, antes de proceder a la generalización de la técnica en cada una de las 160 plantas del grupo Eiffage en Francia.

Estas pruebas de campo preliminares permitieron validar las características técnicas. En particular se confirmó la alta compactibilidad de las mezclas GB5® (tanto con una como con dos discontinuidades en la curva granulométrica).

DESARROLLO A GRAN ESCALA

Durante el año 2011 se generalizó el diseño de la mezcla GB5® en la mayoría de las plantas de Eiffage en Francia. Se estu-

diaron varias naturalezas de áridos y se emplearon 5 tamaños máximos de áridos: 6mm, 10mm, 14mm, 16mm y 20mm. Se experimentaron con éxito curvas granulométricas de una y dos discontinuidades. Se probaron betunes semi-oxidados 20/30, 35/50, 50/70 y 70/100. También se emplearon betunes modificados con polímero SBS (Biprene® y Orthoprene®). El contenido de SBS osciló en el rango del 2,5% al 7% y el contenido de ligante entre el 4,0% y el 4,7%.

En todas las obras ejecutadas, la mezcla GB5® se puso en obra con extendedora y se compactó muy fácilmente con un rodillo doble vibratorio (Figuras 4 a 6). No fue necesario el empleo del compactador de neumáticos y el porcentaje final de huecos obtenido osciló entre el 2 y el 6%. El espesor de la capa ha estado entre 5 y 16 cm, gracias a la discontinuidad de la granulometría.



Figura 5: Compactación de mezcla GB5®0/14 con 35% de reciclado y betún 35/45 semioxidado cerca de Toulouse. Densidad in situ: 97%; módulo (15°C y 10 Hz): 15.100 MPa

Hasta ahora se han extendido 500.000 toneladas de mezcla GB5®, lo que corresponde a un ahorro de betún en torno a 5.000 toneladas en comparación con la mezcla EME2 de referencia (elevado módulo y elevado contenido de betún), que es la más comúnmente empleada en Francia como capa de base para pavimentos de larga duración. Además, se han empleado más de 9.000 toneladas de betún modificado con polímeros en capas de base, cuando hasta ahora su uso estaba limitado, por razones económicas, a las capas de rodadura.

Las Figuras 6 y 7 ilustran dos obras principales ejecutadas en sendas autopistas francesas de intenso tráfico. En especial, la Figura 6 muestra la puesta en obra de 31.000 toneladas de mezcla GB5® 0/14mm en las autopistas A41N y A43 (Red AREA) en la región alpina. El árido combinado empleado fue 0/14mm de tipo silíceo procedente de gravera y con una discontinuidad en los tamaños intermedios 4/10. Además se empleó un 15% de RAP (fresado). Se utilizaron betunes modificados Biprene® y Orthoprene® en diferentes secciones y en un porcentaje del 3,5% sobre árido (contenido de ligante total incluyendo reciclado: 4,3%). Los resultados obtenidos en laboratorio fueron muy positivos:

GB5® Biprene®41:

- $E^*(15^\circ\text{C}-10\text{Hz})=17.500 \text{ MPa}$ y Resistencia a la fatiga $\epsilon_6 (10^\circ\text{C}-25\text{Hz})=133 \cdot 10^{-6}$

GB5® Orthoprene®:

- $E^*(15^\circ\text{C}-10\text{Hz})=11.000 \text{ MPa}$ y Resistencia a la fatiga $\epsilon_6 (10^\circ\text{C}-25\text{Hz})=205 \cdot 10^{-6}$

Después de varios meses (pruebas en 2010 y 2011), se volvieron a visitar estos tramos con el fin de evaluar el estado del pavimento y/o sacar testigos para ensayar densidad y módulo complejo en ensayos de tracción indirecta. Este seguimiento ha revelado comportamientos muy alentadores y confirma los buenos resultados obtenidos en laboratorio.



Figura 6: Obra de 31.000 t de GB5® 0/14 en la autopista A41N & A43 (red AREA) en la región alpina. Se emplearon betunes modificados Biprene® y Orthoprene®



Figura 7: Obra de 4.000 t de GB5® 0/14 en la autopista A13 (red SAPN) en Normandía. Se emplearon betún semioxidado 35/45B y Biprene® modificado con polímero

Mención especial merece la experimentación llevada a cabo en el año 2012 en la autopista A41N (Figura 8). Se instrumentaron 2 secciones de pavimento con la misma estructura, pero con dos mezclas diferentes en la capa base: mezcla de alto módulo convencional (EME2) y mezcla GB5®, con el fin de poder comparar el comportamiento de ambas mezclas en cuan-

to a deflexiones^[24]. Para ello se colocaron sensores de deformación (longitudinal, transversal y vertical) y de temperatura, a 3 niveles de profundidad, debajo de la rodada derecha y en el medio del carril derecho (Figura 9).



Figura 8: Tramo instrumentado en la autopista A41N

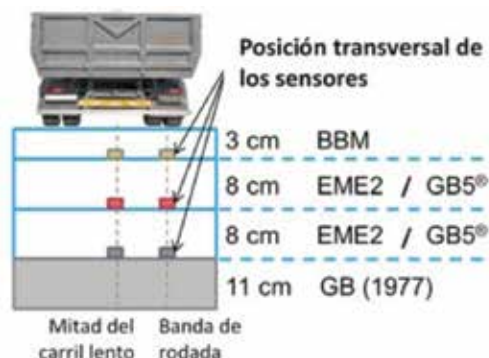


Figura 9: Posición de los sensores en el tramo instrumentado de la autopista A41N

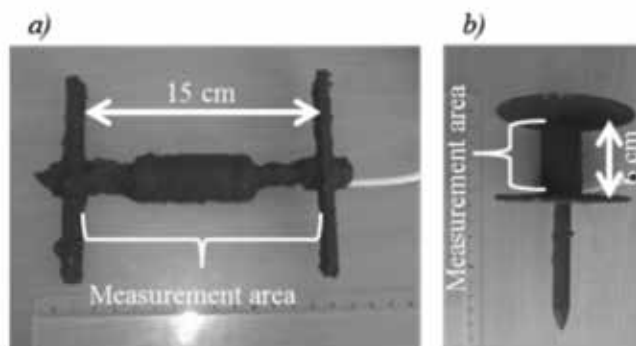


Figura 10: Sensores de deformación empleados en la instrumentación de la autopista A41N. a) horizontal b) vertical

En primer lugar se llevó a cabo una campaña de medidas in situ en la que la carga se aplicó con un camión calibrado a diferentes velocidades y a distintas posiciones laterales del camión. En la Figura 10 se presenta una comparativa de los resultados obtenidos en los tramos con EME2 y con GB5®.

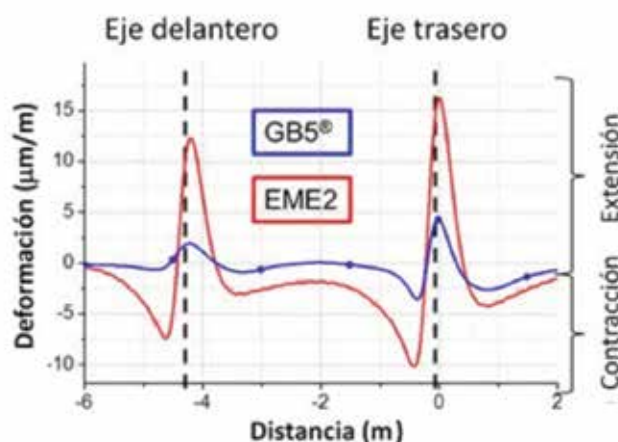


Figura 11: Deflexiones medidas en el tramo instrumentado de la A41N.

Como puede observarse, las deformaciones registradas son bastante menores en la mezcla GB5 que en la mezcla de alto módulo convencional.

Por último, pero no menos importante, el proyecto GB5® fue reconocido en el año 2010 con el Premio a la Innovación en Carreteras del SETRA (Acrónimo francés para el Centro de Estudios Técnicos de Carreteras y Autopistas). En el año 2011, se firmó un Acuerdo de Innovación entre varias administraciones francesas y empresas concesionarias de autopistas. Desde entonces, se han llevado a cabo varios proyectos de mezclas GB5® en diferentes zonas climáticas de Francia y bajo gran intensidad de tráfico pesado. El Setra ha establecido un período de seguimiento de 5 años para la validación de esta nueva técnica.

CONCLUSIONES

La optimización del empaquetamiento de los áridos busca seleccionar el tamaño y las proporciones apropiadas de los áridos finos para rellenar los huecos entre áridos más gruesos. Estas partículas pequeñas a su vez contienen huecos más pequeños que son rellenados por partículas más finas y así sucesivamente.

Estas mezclas discontinuas y con gran contacto entre áridos tienen mayores ángulos de rozamiento que las mezclas continuas y densas. Partiendo de estos conceptos básicos de combinaciones granulares, los métodos de empaquetamiento de áridos se desarrollaron inicialmente en el campo de los hormigones de altas prestaciones y han sido trasladados con éxito al campo de las mezclas bituminosas, lo cual ha permitido el desarrollo y diseño de mezclas asfálticas de altas prestaciones. Este método de diseño de mezclas es conocido ahora en Francia como el método de diseño GB5®.

Los primeros ensayos de laboratorio de estas mezclas con gra-

nulometrías densas optimizadas con una o doble discontinuidad han sido muy alentadores al haberse obtenido mejoras importantes en cuanto a compactabilidad de la mezcla, resistencia a compresión, resistencia a las deformaciones permanentes a 60°C y por último en relación a los módulos de rigidez a 15°C. Además, el empleo de betunes más blandos o betunes modificados con polímeros ha permitido obtener una elevada resistencia a la fatiga. Esta particular combinación de la optimización de la curva granulométrica y el empleo de betunes modificados que consigue en una única formulación mezclas de alto módulo y resistentes a la fatiga para capas de base e intermedia ha sido patentada recientemente por Eiffage Travaux Publics.

En cierta medida, estas mezclas GB5® empleadas en capas de base e intermedia podrían proporcionar realmente pavimentos de larga duración que no se deterioren estructuralmente y que sólo precisen de un mantenimiento periódico de la capa de rodadura con el fin de asegurar la funcionalidad del firme.

Por último, estas mezclas se han puesto en obra con éxito, durante los últimos tres años, en muchos tramos experimentales, con o sin RAP (aglomerado reciclado), en caliente (160°C), como mezclas semicalientes (125°C) o incluso templadas (90°C): más de 500.000 toneladas de GB5® se han extendido en Francia en autovías y autopistas de gran intensidad de tráfico. Además, actualmente se están llevando a cabo obras con esta mezcla en Sudáfrica.

Este rápido desarrollo y los numerosos tramos a gran escala realizados con GB5® con betún modificado con polímero en capas de base e intermedia han sido posibles gracias, en parte, a que se puede emplear menor contenido de ligante (entre el 4 y 4,5%). De hecho, la optimización del empaquetamiento es lo que permite emplear menos contenido de ligante y esto posibilita económicamente la utilización de polímero SBS en capas de base, contribuyendo a un concepto alternativo de pavimentos “perpetuos” o de larga duración.

REFERENCIAS

- [1] F. Olard, P. Huon, S. Dupriet, “GB5®: Eco-friendly alternative to EME2 for long-life & cost-effective base courses”, *European Roads Review (ERR)* n°18, RGRA Spring 2012, pp 61-68
- [2] F. Olard, J. Dherbecourt, H. Dumont, “GB5®: Eco-friendly alternative to EME2 for long-life & cost-effective base courses”, *European Roads Review (ERR)* n°20, RGRA Spring 2011, pp 12-17
- [3] A. Caquot. “Le rôle des matériaux dans le béton”, *Mémoires de la Société des Ingénieurs Civils de France*, pp. 562-582, July-August 1937 [In French]
- [4] J. Baron., R. Sauterey., “Le béton hydraulique: Connaissance et pratique”, *Presses de l'École Nationale des Ponts et Chaussées*, Paris, 1982 [In French]
- [5] F. De Larrard. “Formulation et propriétés des bétons à très hautes performances”, *Rapport de recherche LPC N°149*, ISSN 0222-8394, March 1988. [In French]
- [6] F. De Larrard, T. Sedran and D. Angot. “Prediction of the Packing Density of Granular Mixtures with the Solid Suspension Model. I: Theoretical Basis and Calibration”, *Bulletin de Liaison des Laboratoires des Ponts et Chaussées*, N°194, 1994

[7] F. De Larrard, T. Sedran. "Optimization of ultra high-performance concrete by the use of a packing model". Cem. Con. Res. 24/6, 1994

[8] F. De Larrard, T. Sedran. "Mixture-proportioning of high-performance concrete". Cem. Con. Res. 32, 2002

[9] J.-F. Corté, H. Di Benedetto. "Matériaux Routiers Bitumineux 1 : description et propriétés des constituants", Lavoisier, 238 p., 2004 [In French]

[10] K.E. Cooper, S.F. Brown, G.R. Pooley. "The design of aggregate gradings for asphalt basecourses", Proceedings of the Association of Asphalt Paving Technologists, 1985

[11] R. Roque, S. Huang and B.E. Ruth. "Maximizing shear resistance of asphalt mixtures by proper selection of aggregate gradation", 8th Int. Soc. for Asphalt Pavements, Seattle, 1997

[12] S. Kim, A. Guarin, R. Roque and B. Birgisson. "Laboratory Evaluation for Rutting Performance Based on the DASR Porosity of Asphalt Mixture", Road Materials and Pavement Design, Vol. 9, Issue 3, 2008

[13] H. Baaj, H. Di Benedetto and P. Chaverot. "Effect of binder characteristics on fatigue of asphalt pavement using an intrinsic damage approach", Road Materials and Pavement Design, Vol. 6, Issue 2, 2005

[14] S. Dreessen, M. Ponsardin, J.-P. Planche, A.-G. Dumont, M. Pittet. "Durability study: Field aging of conventional and cross-linked polymer modified bitumens", LJMU (Liverpool John Moores University) conference, 2011

[15] P.J. Andersen, V. Johansen. "A Guide to Determining the Optimal Gradation of Concrete Aggregates", SHRP-C-334 Report, Strategic Highway Research Program, National Research Council, Washington D.C., 1993

[16] D. Perraton, M. Meunier, A. Carter. "Application of granular packing methods to the mix design of Stone Matrix Asphalts (SMA)", Bulletin de Liaison des Ponts et Chaussées, N°270-271, 2007

[17] F. Olard, D. Perraton, "On the optimization of the aggregate packing characteristics for the design of high-performance asphalt mixes", International Journal of Road Material and Pavement Design, vol.11, Special Issue EATA Parma 2010

[18] F. Olard, D. Perraton, "On the Optimization of the Aggregate Packing for the Design of Self-Blocking High-Performance Asphalts", Congress of the International Society for Asphalt Pavements, Nagoya, 2010

[19] G. Chanvillard. "Le matériau béton: Connaissances générales", Lyon, Editions Aléas, 1999 [In French]

[20] F. Olard. "Innovative Design Approach for High-Performance Asphalt Concretes for Long-Life Base and Binder Courses by Use of Aggregate Packing Concepts and Polymer Modified Binders", Proceedings of the Transportation Research Board annual meeting, Washington D.C., 2011

[21] F. Olard. "GB5 mix design: high-performance & cost-effective asphalt concretes by use of gap-graded curves & SBS modified bitumens", Proceedings of the annual meeting of the AAPT (Association of Asphalt Paving Technologists), Austin, 2012. To be published in the International Journal of Road Material and Pavement Design, vol.13, Special Issue, 2012

[22] F. Olard, P. Huon, S. Dupriet, C. Billet, "Graves-bitume GB5®: une nouvelle gamme d'enrobés à hautes performances pour couches d'assise et de liaison", Revue générale des routes et des aéroports (RGRA), n°888.

[23] F. Olard, S. Dupriet, P. Huon, S. Pouget, S. Lecomte, "GB5®: une formulation optimisée d'enrobés bitumineux à hautes performances", Revue générale des routes et des aéroports (RGRA) n°899, janvier- février 2012

[24] P. Gaborit, C. Sauzéat, H. Di Benedetto, S. Pouget, F. Olard, A. Claude, "Investigation of highway pavements using in situ strain sensors". Proceedings of the 3rd International Conference on Transportation Infrastructure, ICTI 2014. 331-338.



CLEANOSOL ARGENTINA

desde 1966 Haciendo Caminos mas Seguros








DEMARCAACION HORIZONTAL

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

SEÑALIZACION VERTICAL

FABRICANTE HOMOLOGADO
DE SEÑALES 

CONSERVACION VIAL

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

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

Orgullosos del camino recorrido

- Más de 3000 km de rutas pavimentadas
- Más de 85 accesos a localidades entrerrianas
- Más de 5000 km de caminos rurales consolidados
- Más de 2000 m de puentes construidos
(Período 2007 - 2015)

¡FELIZ DIA VIALES!



Vialidad

Dirección Provincial de Vialidad
Ministerio de Planificación, Infraestructura y Servicios
Instituto de Vialidad



"Cuidando la VIDA y el PATRIMONIO de los pampeanos"

CARTILLA DE ASFALTOS PARA USO VIAL #3

EMULSIONES ASFÁLTICAS CONVENCIONALES

Las emulsiones asfálticas convencionales para uso vial son clasificadas según los requisitos indicados en las Tablas 1 y 2 de la Norma IRAM 6691 según se detalla a continuación.

Tabla 1- Emulsiones catiónicas - Requisitos de las emulsiones

Características		Unidad	Requisitos																		Método de ensayo		
			Rotura rápida						Rotura media				Rotura lenta		Superestable		Imprimación		Rotura Controlada			Reciclado en frío	
			CRR-0		CRR-1		CRR-2		CRM-1		CRM-2		CRL		CRS		CI		CRC			CRF	
			Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.		Mín.	Máx.
Viscosidad Saybolt Furol a	25 °C	s	-	50	-	50	-	-	20	-	-	-	-	50	-	50	-	-	-	50	-	35	IRAM 6721
	50 °C		-	-	-	-	20	-	-	-	20	-	-	-	-	-	-	200	-	-	-	-	
Residuo asfáltico por destilación (*)		g/100 g	57	-	62	-	65	-	60	-	60	-	60	-	60	-	40	-	60	-	60	-	IRAM 6719
Hidrocarburos destilables		ml/100 ml	-	3	-	3	-	3	-	-	-	12	-	-	-	-	-	20	-	-	-	-	IRAM 6719
Contenido de agua		g/100 g	-	43	-	38	-	35	-	40	-	40	-	40	-	40	-	60	-	40	-	40	IRAM 6719
Asentamiento		g/100 g	-	5	-	5	-	5	-	5	-	12	-	5	-	5	-	15	-	5	-	10	IRAM 6716
Residuo sobre tamiz IRAM 850 µm		g/100 g	-	0,1	-	0,1	-	0,1	-	0,1	-	0,1	-	0,1	-	0,1	-	0,1	-	0,1	-	0,1	IRAM 6717 y 6.1
Recubrimiento y resistencia al agua (**)		-	80	-	80	-	80	-	30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	IRAM 6679
Mezcla con cemento		g/100 g	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	2	-	-	-	2	-	2	IRAM 6718
Mezcla con arena silicea y agua (**)		-	-	-	-	-	-	-	Debe cumplir el ensayo		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6.3
Mezcla de lechada asfáltica para clima cálido (**)		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Debe cumplir el ensayo		-	-	-	-	-	-	6.4
Carga de partículas		-	Positiva																			IRAM 6690	

(*) El residuo obtenido de acuerdo a la IRAM 6719 se utiliza posteriormente para realizar los ensayos descritos en la tabla 2.

(**) En el caso que se proyecten tratamientos superficiales y estabilizaciones de arena es aconsejable realizar estos ensayos con el agregado de obra, en condiciones similares a las que existirán en ella, en cuanto a las condiciones de mezclado y climáticas.

Tabla 2 - Requisitos del residuo de destilación (obtenido de acuerdo con la IRAM 6719

Características	Unidad	Requisitos																		Método de ensayo		
		Rotura rápida						Rotura media				Rotura lenta		Superestable		Imprimación		Rotura controlada			Reciclado en frío	
		CRR-0		CRR-1		CRR-2		CRM-1		CRM-2		CRL		CRS		CI		CRC			CRF	
		Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.		Min.	Máx.
Viscosidad a 60 °C (1)	dPa.s	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Se informa	-	-	-	-	IRAM 6837	
Penetración del residuo a 25 °C	0,1 mm	Tipo d																		IRAM 6576		
		45	70	45	70	45	70	45	70	-	-	45	70	45	70	-	-	45	70		45	70
		Tipo intermedio																				
		70	100	70	100	70	100	70	100	-	-	70	100	70	100	-	-	70	100		70	100
		Tipo b																				
		100	200	100	200	100	200	100	200	-	300	100	200	100	200	-	-	100	200	135	200	
Ductilidad a 25 °C	cm	80	-	80	-	80	-	80	-	50	-	80	-	80	-	40	-	80	-	80	-	IRAM 6579
Solubilidad en tricloroetileno	g/100 g	95	-	95	-	95	-	95	-	95	-	95	-	95	-	95	-	95	-	95	-	IRAM 6585
Ensayo de Oliensis	-	Negativo																		IRAM 6594		

(1) Si bien el método de referencia es el de la IRAM 6837, para mediciones de viscosidad en obra se puede utilizar el método de la IRAM 6836.

RECOMENDACIONES DE USO

Los usos orientativos de las emulsiones asfálticas convencionales contenidas en esta especificación se detallan en la Tabla 3, siendo las mismas orientativas, pudiéndose ajustar a las características de los materiales y a las condiciones particulares de la obra.

Tabla 3 - Diferentes usos de las emulsiones catiónicas convencionales en construcciones viales

Aplicación	Rotura rápida			Rotura media		Rotura lenta	Rotura superestable	Imprimación	Rotura controlada	Reciclado en frío
	CRR-0	CRR-1	CRR-2	CRM-1	CRM-2	CRL	CRS	CI	CRC	CRF
Riegos de liga, de curado, en negro	A	P	-	-	-	-	-	-	-	-
Tratamientos superficiales	P	A	A	P	-	-	-	-	-	-
Mezclas en frío abiertas	-	-	-	A	A	-	-	-	-	-
Mezclas en frío almacenables para bacheo	-	-	-	P	A	-	-	-	-	-
Mezclas densas en frío	-	-	-	-	-	P	A	-	-	-
Riegos antipolvo	-	-	-	-	-	P	A	-	-	-
Estabilizaciones de suelos. Gravaemulsión	-	-	-	-	-	P	A	-	-	-
Lechadas asfálticas convencionales	-	-	-	-	-	A	A	-	-	-
Riegos de imprimación	-	-	-	-	-	-	-	A ⁽¹⁾	-	-
Microaglomerados en frío	-	-	-	-	-	-	-	-	A	-
Reciclado mezclas asfálticas	-	-	-	-	-	-	P	-	-	A

Referencias:

A - Aconsejable
P - Posible

(1) Se recomienda usar la norma IRAM 6701.

NOTA. Estas aplicaciones son orientativas. Podrán ajustarse en función de las características de los materiales y las condiciones particulares de la obra.



MP100

La solución más rápida y económica para obras de infraestructura. En geometrías circulares y abovedadas.



HEL-COR HC68

Conductos de acero galvanizado corrugado, según normas y planos tipo DNV.

Tunnel Liner

Estructuras para ejecución de túneles sin interrupción de tránsito. En geometrías circulares y abovedadas.



Sistemas de Defensas Metálicas

Compuestas por defensas, postes, alas terminales y accesorios según normas y planos tipo DNV.



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

RESPALDO Y CONFIANZA PARA CONVERTIR LA NECESIDAD DE LOS CLIENTES EN SOLUCIONES DE INGENIERIA



Aristóbulo del Valle N° 1290 esq. Caseros- San Luis- Argentina Tel/ Fax: 54- 0266- 4439707/ 4439711/4436370
Alsina N° 547- C.A.B.A- Argentina Tel: 54- 011- 43427659 www.alquimaq.com E-mail: info@alquimaq.com

BASES Y SUBBASES EN PAVIMENTOS DE HORMIGÓN

Extracto del Manual de Diseño y Construcción de Pavimentos de Hormigón del Instituto del Cemento Portland Argentino. Capítulo 2 “Diseño”, pp 2-14 a 2-25.

Para el diseño de pavimentos de hormigón, la tecnología de materiales moderna alienta el empleo intensivo de todos los suelos naturales existentes in situ. Por consiguiente, el ingeniero debe analizar las características del proyecto y decidir en forma racional si una base es esencial o si pueden emplearse otras alternativas menos costosas para satisfacer los requisitos de un buen desempeño.

En general, si se cuenta con un suelo de subrasante uniforme y estable, sólo resulta obligatoria la incorporación de una base no erosionable en el supuesto caso que se encuentre prevista la circulación de vehículos pesados. En estas situaciones, la base más que una contribución estructural, cumple la función de prevenir la erosión por bombeo en la interfaz losa – apoyo.

Influencia de la rigidez en el espesor de calzada y en las tensiones y deflexiones generadas

Si bien las capas de base y/o subbase incrementan la resistencia de la fundación y protegen la subrasante, es esta última la que a fin de cuentas soporta la carga, conformando siempre el punto inicial para la caracterización y el diseño del soporte de la estructura rígida.

Así como es cierto que una subrasante de buena calidad, uniforme y debidamente compactada mejora el desempeño del pavimento, no es necesariamente cierto que un incremento en la resistencia del apoyo contribuye de la misma manera en el comportamiento en servicio. Esto se debe a que la mayor parte de la capacidad estructural de los pavimentos de hormigón es provista por la losa y no por su fundación.

La magnitud del incremento del valor k dependerá del espesor y rigidez (módulo de elasticidad) de las capas que integran la estructura de fundación y conforman el módulo de reacción combinado subrasante/base.

En la Figura 1 se encuentra representada la variación del espesor de calzada de diseño en función del módulo de reacción combinado subrasante/base, para dos vías urbanas con distinto volumen de vehículos pesados. Según puede observarse, el valor k presenta una baja sensibilidad en el espesor de calzada resultante. Por consiguiente, no resulta conveniente, desde el punto de vista técnico ni económico, aumentar la rigidez de apoyo con el fin de incrementar la capacidad estructural del pavimento.

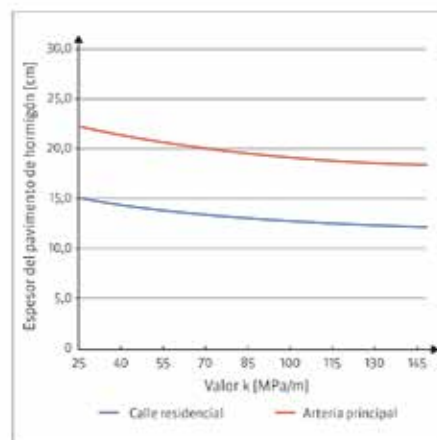


Figura 1: Variación del espesor de calzada en función del módulo de reacción de la subrasante. [ACPA EB204P. 2007]

Otro aspecto a tener en cuenta es que las propiedades de las capas de fundación influyen directamente sobre las tensiones y deformaciones de la losa de hormigón.

Desde un punto de vista conceptual, la influencia de la rigidez de la fundación en el comportamiento de los pavimentos bajo cargas se presentan dos casos teóricos extremos. Por un lado el caso que en la Figura 2-11 se representa como A, en el que se considera una losa apoyada sobre una fundación infinitamente rígida. Allí, la losa se encuentra en completo contacto con la fundación y es solicitada por cargas, de modo que al no tener posibilidad de deformarse no se desarrollan tensiones, y puede inferirse que la calzada cuenta con una capacidad de carga ilimitada. Si, en cambio, se considera la misma carga en una losa apoyada sobre una fundación muy flexible (caso B), ésta puede flexionarse libremente y las tensiones que se desarrollan en ella son elevadas.

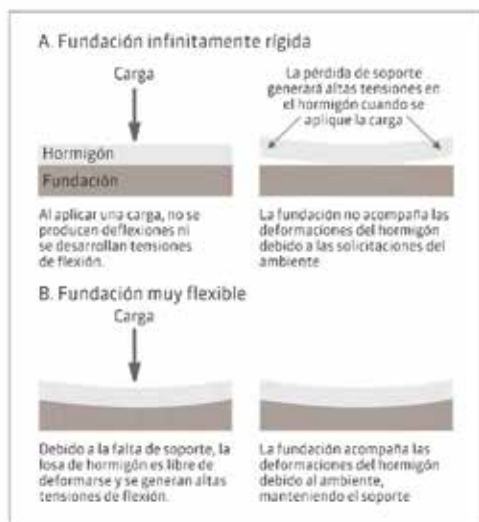


Figura 2: Análisis conceptual de la influencia de la rigidez del soporte sobre las cargas aplicadas y los efectos del ambiente en el pavimento de hormigón.

Por otra parte, si se retira la carga aplicada y se considera que la losa se encuentra sujeta a un gradiente de temperatura o humedad (solicitud ambiental), la losa se alabeará y, en el primer caso, la fundación no puede acompañar esta deformación, por lo que pierde sustentación y se desarrollan altas tensiones de alabeo. En el caso B, la fundación se deforma acompañando el alabeo de la losa, y no se inducen tensiones por esta causa.

Estos conceptos son importantes dado que, para conseguir un buen desempeño a largo plazo del pavimento, es necesario que exista un balance adecuado entre los dos casos extremos anteriores.

Resistencia a la erosión

Según se mencionó anteriormente, la principal función de la base del pavimento es la prevención de la erosión en la interfaz losa – apoyo. En este sentido tiene una vital importancia la calificación de la resistencia a la erosión del material empleado.

Existen distintas herramientas para la evaluación de la erosionabilidad de los materiales para su utilización como base de pavimentos rígidos. Al respecto, la Asociación Mundial de la Carretera [PIARC. 1986] define una clasificación práctica que se muestra en la Tabla 1, compuesta por cinco clases, en las cuales la resistencia a la erosión promedio de cada una de ellas es cinco veces superior (o inferior) a la correspondiente a la clase contigua.

Clase	Potencial de Erosión	Tipo de material	Factor de Pérdida de Soporte, LS [AASHTO 93]*
A	Extremadamente resistente a la erosión	Hormigón pobre con 7 % - 8 % de cemento o mezclas de concreto asfáltico.	0
B	Resistente a la erosión	Material granular tratado con 5 % de cemento.	0
C	Resistente a la erosión bajo ciertas condiciones	Material granular elaborado en planta con 3,5 % de cemento o 3 % de asfalto.	0
D	Bastante erosionables	Material granular elaborado in situ con 2,5 % de cemento; suelos finos tratados con cemento in situ; materiales granulares limpios, bien graduados y de buena calidad.	0-1
E	Muy erosionables	Materiales granulares contaminados no tratados; suelos finos no estabilizados.	2-3

* Se ha agregado a la tabla el Factor de Pérdida de Soporte (LS) sugerido para cada caso.

Tabla 1: Calificación del Potencial de Erosión de distintos tipos de bases. [PIARC. Combating Concrete Pavement Slab Pumping – State-of-the art and Recommendations. TC7 Concrete Roads. 1986]

Sobre el particular, la Asociación Mundial de la Carretera recomienda, para vías con alto tránsito de vehículos pesados (más de 2000 vehículos pesados por día), el empleo de materiales clases A y B, dependiendo de las condiciones ambientales.

Para un moderado volumen de vehículos pesados (de 400 a 2000 vehículos pesados por día), un material clase C puede ofrecer un nivel de calidad global aceptable, siendo necesario además asegurar en cada caso que las operaciones de colocación sean llevadas a cabo cuidadosamente.

Para tránsito liviano (menos de 400 vehículos pesados por día) o cuando las condiciones económicas no permitan el empleo de un material Clase C, puede emplearse un material Clase D. Luego, para vías donde los vehículos pesados circulan esporádicamente (ej., caminos rurales y calles residenciales en centros urbanos), en general, un material Clase E es adecuado.

Tipos de bases

Diferentes tipos de bases pueden utilizarse exitosamente en pavimentos de hormigón. En términos generales, la clasificación se realiza a partir de si se encuentran o no tratadas, en tanto que luego son caracterizadas en función del tipo de ligante empleado.

El tipo de base a emplear depende especialmente de los materiales disponibles en la zona de implantación, en tanto que en la elección del tipo de base, el proyectista debe tener siempre en consideración la posibilidad de incorporar materiales reciclados o subproductos, con el objetivo de alcanzar soluciones ambientalmente más amigables.

BASES NO TRATADAS O GRANULARES

Este tipo de bases suelen estar constituidas por una mezcla bien graduada de diferentes tipos de suelos y agregados. Entre los empleados habitualmente, se encuentran: piedra partida, canto rodado, arenas, suelos, escoria granulada o molida, hormigón reciclado y diversos materiales de producción local. Cuando se construyen adecuadamente, constituyen una muy buena capa de soporte para cualquier tipo de pavimento de hormigón, resultando relativamente menos costosas que las bases tratadas.

El criterio principal en este tipo de bases es limitar la cantidad de finos (pasa tamiz N°200), dado que si el material cuenta con un contenido excesivo, la capa puede almacenar agua encontrándose disponible para la erosión por bombeo. Asimismo, se debe evitar el empleo de agregados blandos debido a la posibilidad de creación de finos por trituración, originada por los equipos compactadores o el tránsito durante la construcción.

Se resumen a continuación los requisitos generales que deben cumplir los materiales de este tipo:

- El tamaño máximo no debe ser mayor que un tercio del espesor de la capa.
- El porcentaje de material fino que pasa el tamiz N° 200 (75 μ m) no debe superar el 15 %.
- El Índice de Plasticidad debe ser igual o menor que 6.
- El Límite Líquido debe ser igual o menor de 25.
- El ensayo de desgaste Los Ángeles debe ser de 50 % o menor.
- La permeabilidad debe ser de 15 m/día a 45 m/día (si se pretende que la base sea además permeable).

Para lograr un soporte uniforme y estable es necesario que los materiales cuenten con una granulometría adecuada que permita su correcta compactación. Si bien la cantidad de material fino se limita al 15 %, éstos no se eliminan por completo puesto que la estabilidad se vería comprometida.

Consolidación

Un aspecto a tener en consideración es que los materiales granulares están sujetos a consolidación debido a las cargas del tránsito. Para minimizarla y mantenerla dentro de un rango aceptable, estos materiales deben ser debidamente compactados. A mayor grado de compactación, menor es la consolidación post construcción (Figura 3). A raíz de esto es que es conveniente especificar y controlar una compactación mínima del 98 % del Proctor Modificado para bases granulares.

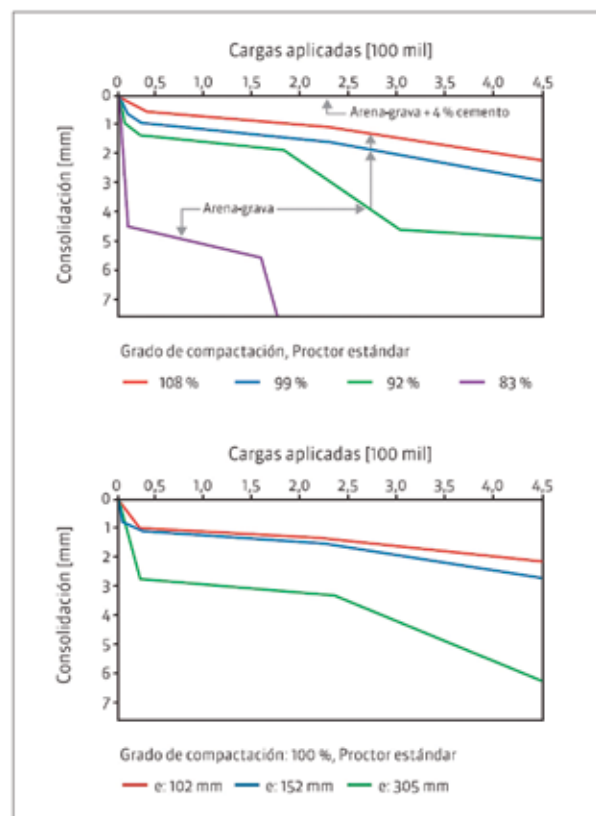


Figura 3: Consolidación por acción repetitiva de cargas, para bases granulares con distinta densificación y espesores. [ACPA EB204P. 2007]

Otro aspecto a tener en cuenta en este tipo de bases, es que la consolidación aumenta en forma proporcional a su espesor. Debido a que la función principal de las bases es prevenir el bombeo, no es necesario ni económico emplear bases de espesores superiores a los 15 cm, en tanto que se considera que espesores de 10 cm incluso son suficientes para prevenir el efecto de bombeo en la interfaz losa - apoyo.

BASES CEMENTADAS

En este tipo de bases los materiales se encuentran ligados con cemento. Su principal beneficio radica en el incremento significativo de su resistencia a la erosión, y en que proveen un soporte uniforme y resistente. Además, según puede observarse en la Figura 4, el empleo de una base de este tipo incrementa la rigidez de la fundación, lo cual contribuye en la reducción de las tensiones y deflexiones generadas en la calzada de hormigón por acción de las cargas de tránsito.

El incremento de la rigidez también resulta beneficioso en el comportamiento a largo plazo de las juntas del pavimento, contribuyendo a mantener la eficiencia en la transferencia de carga en las juntas transversales de contracción (Figura 5).

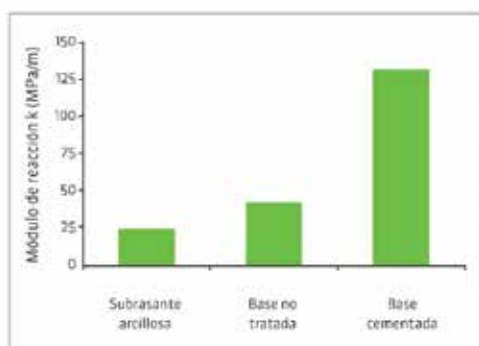


Figura 4: Incremento del módulo de reacción k por la incorporación de una base. [ACPA EB204P. 2007]

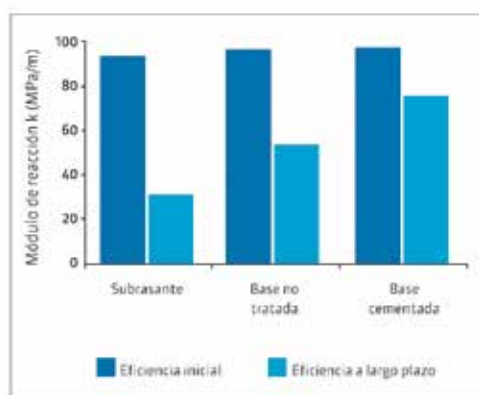


Figura 5: Eficiencia en la transferencia de carga inicial y a largo plazo. [ACPA EB204P. 2007]

Otra particularidad de las bases cementadas es que proveen una excelente plataforma de trabajo bajo cualquier condición climática, lo que permite obtener pavimentos con mejor regularidad superficial y eliminar la consolidación post construcción.

Sin embargo, debe tenerse presente que esta mayor rigidez provoca un aumento de las tensiones asociadas a los alabeos por los gradientes de humedad y temperatura. Es por ello que en este tipo de bases debe limitarse tanto la resistencia como el espesor, dado que involucran un incremento significativo de la rigidez de apoyo, pudiendo generar problemas asociados con las mayores tensiones de alabeo, tanto a edad temprana como en servicio.

Además, si la rigidez es muy elevada, las fisuras que se generan en la base por contracción por secado pueden reflejarse en la losas del pavimento. Para ello, se encuentra recomendado romper la adherencia con la calzada de hormigón y lograr una terminación superficial lo más lisa posible, a fin de evitar la generación de una traba mecánica y de independizar los movimientos de la losa con los de la base.

En la Tabla 2 se resumen cuatro alternativas posibles, para romper la adherencia entre la base cementada y la calzada de hormigón, de las cuales, las más efectivas corresponden a la interposición de una membrana antiadherente, como por ejemplo el empleo de film de polietileno o geotextil.

Material	Comentario
Compuesto de curado	Dos capas de compuesto de curado color blanco, con base de parafina funcionan adecuadamente. No recomendado para hormigón pobre.
Emulsión asfáltica	Funciona adecuadamente siempre que la base cuente con una terminación lisa. No recomendado para hormigón pobre.
Geotextil	Debe cumplir con requisitos físicos y mecánicos particulares, y estar adherido a la superficie de la base. Es altamente recomendable cuando se emplean bases de hormigón pobre.
Láminas de polietileno	Genera alta confiabilidad a un costo relativamente bajo. En zonas ventosas, puede dificultarse su colocación. Es recomendable para bases de hormigón pobre.

Tabla 2: Alternativas para romper la adherencia base cementada - calzada.

Si bien diversas publicaciones recomiendan la distribución de arenas o material fino para romper la adherencia, se desaconseja esta práctica dado que dichos materiales, depositados en la interfaz losa apoyo, pueden encontrarse sujetos a erosión cuando el pavimento se encuentre en servicio.

Quando se emplea film de polietileno, debe tenerse presente que la interposición de una barrera impermeable en el apoyo de la calzada puede generar un incremento del alabeo de las losas. Esto se debe a que provoca que el secado del hormigón se realice únicamente desde la superficie. Además como su interposición favorece la exudación del hormigón, existe un incremento en el contenido unitario de agua en la parte superior al momento del fraguado. Esto toma relevancia en particular cuando el pavimento se encuentra en zonas de baja humedad relativa.

Si la obra se emplaza en zona húmeda, donde la humedad relativa ambiente es en general elevada, la experiencia indica que la interposición de un film impermeable no afecta de manera significativa en el desempeño frente al alabeo. Por el contrario, si la obra se ubica en zona seca, el empleo del film puede tener un efecto negativo en el comportamiento del pavimento frente a este fenómeno. A raíz de esto, es que en este tipo de situaciones se encuentra recomendado el reemplazo del film de polietileno por una manta geotextil, o en su defecto, realizar perforaciones en el film de polietileno (cuando aún se encuentra plegado o enrollado) cada 30 cm aproximadamente, para permitir que el agua percole desde el fondo de la losa [ACI 360-10].

La interposición de un geotextil, además de no constituir una barrera impermeable en el fondo de la losa, tiene las ventajas de que provee un apoyo más elástico, que permite acomodarse mejor a las deformaciones que experimenta la calzada y además permite que exista cierto drenaje del agua de infiltración en la interfaz losa – apoyo.

Bases tratadas con cemento

Las bases que cuentan con cemento como material ligante se dividen básicamente en dos categorías: las bases tratadas con cemento y las bases de hormigón pobre.

Las primeras se diferencian del hormigón pobre en que son de consistencia más seca, tienen menor contenido de cemento y se controlan mediante requisitos de compactación y resistencia. Debido a su consistencia, el procedimiento constructivo y el equipamiento empleado resulta similar al empleado en la ejecución de bases no tratadas o granulares.

En el ámbito local, para este tipo de bases suelen emplearse distintas denominaciones en función del material o materiales a ligar con cemento, a saber: suelo-cemento, suelo-arena-cemento, grava-cemento, ripio-cemento, estabilizado granular con cemento.

Las características o requisitos que debe cumplir el material a tratar con cemento dependen, del tipo de vía que se trate y, específicamente, del volumen de tránsito pesado previsto.

En el caso que se encuentre prevista la circulación de vehículos pesados, se recomienda emplear materiales granulares con un contenido de finos (pasa tamiz N° 200) inferior al 35 % con un índice de plasticidad menor de 10. De esta manera, los tipos de suelos habilitados para el empleo de bases tratadas con cemento en vías de tránsito pesado son los granulares que se encuadren dentro de las categorías A1, A2-4, A2-5 y A3.

Por el contrario, donde la circulación de vehículos pesados es baja, puede admitirse el empleo de suelos finos, con un índice de plasticidad inferior de 10. En el caso que en la zona de implantación no se encuentren disponibles suelos de baja plasticidad, debe analizarse como alternativas, la incorporación de un suelo corrector o bien, el tratamiento del suelo existente con cal o cemento.

Asimismo, en aquellas vías con tránsito pesado intenso y frecuente en las que se requiera alcanzar una alta confiabilidad en el control del fenómeno de erosión por bombeo, se recomienda especificar un estabilizado granular con un contenido de finos (pasa tamiz N° 200) inferior al 15 %, con un índice de plasticidad menor de 6. El material debe ser mezclado con cemento en planta central y extendido en el camino mediante terminadora, con el objetivo de evitar la realización de tareas de corte para llevar a cota.

De cualquier manera, es altamente recomendable que el proyectista analice las condiciones presentes en el sitio de implantación (tránsito pesado previsto, suelo de subrasante y clima) y que observe el comportamiento en vías de características similares en la región, para definir, en función del potencial de resistencia a la erosión necesario, los requisitos del material a tratar, respetando siempre los mínimos sugeridos en esta publicación.

Debe tenerse presente que en algunas oportunidades se disponen de materiales en la zona de obra que pueden no ser aceptables para una base granular, ya sea por su excesivo contenido de finos o por su alta plasticidad, aunque sí pueden ser empleados como base si son tratados adecuadamente con cemento.

El contenido de cemento a emplear en la fórmula de obra debe determinarse en laboratorio y cumplir, además de los requisitos de resistencia, la máxima pérdida admisible en función del tipo de suelo que se trate, en el ensayo de Ciclos de Humedecimiento – Secado y Congelamiento – Deshielo.

En la Figura 6 se representan los rangos granulométricos recomendados por la Portland Cement Association para cumplimentar los requisitos de durabilidad con mínimo contenido de cemento.

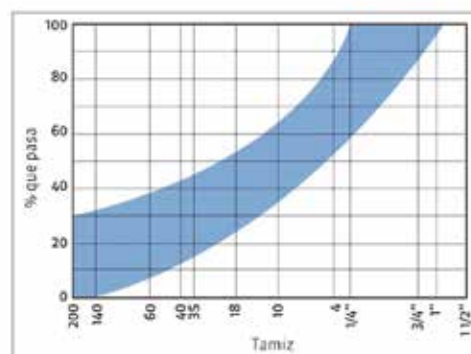


Tabla 6: Granulometría recomendada para un contenido mínimo de cemento en bases tratadas con cemento. [PCA EB236. 2006]

Para este tipo de bases se debe considerar un espesor mínimo de 10 cm, en tanto que es recomendable no superar los 15 cm con el objetivo de mantener acotada la rigidez de apoyo y evitar el desarrollo de excesivas tensiones de alabeo.

Bases de hormigón pobre

En líneas generales poseen mayores cantidades de cemento que las bases tratadas con cemento, aunque por supuesto, una menor cantidad que el hormigón convencional. Al tener una consistencia y apariencia similar a este último, este tipo de bases tienen la particularidad de no requerir tareas de corte para llevar a cota, y que pueden ser ejecutadas con los mismos procedimientos y equipamientos que se emplean para la calzada de hormigón, ya sea con moldes fijos o con encofrados deslizantes.

Las bases de hormigón pobre son una alternativa especialmente indicada para vías de tránsito pesado cuando se requiera alcanzar una alta confiabilidad en el control del fenómeno de erosión por bombeo.

Para este tipo de bases pueden emplearse materiales que pueden no ser aptos en una base granular o, incluso, en una calzada de hormigón y de allí su denominación como hormigón pobre.

Los requerimientos son los mismos que los habitualmente empleados en las mezclas de hormigón convencional, con las siguientes excepciones:

- Un único agregado puede emplearse en lugar de una combinación de agregados grueso y fino acopiados en forma separada.
- El contenido de cemento puede ser considerablemente menor que en un hormigón convencional, e incluso debe controlarse a fin de mantener la resistencia característica del hormigón entre 5 MPa y 8 MPa a los 28 días de edad (H5 y H8).
- La mezcla debe producir un hormigón trabajable, capaz de compactarse con una vibración adecuada y lo suficientemente cohesivo como para mantener su forma cuando se emplea una pavimentadora de encofrados deslizantes.
- El hormigón pobre puede contener un mayor contenido de finos y de aire intencionalmente incorporado respecto a lo generalmente empleado en hormigones convencionales.

Se resumen a continuación las características generales de este tipo de bases:

- Espesor: 10 cm - 15 cm.
- Resistencia a compresión: 5 MPa a 8 MPa.
- Contenido de cemento: entre 120 kg/m³ y 200 kg/m³.
- Contenido de aire intencionalmente incorporado: 6 % a 8 %.
- Tamaño máximo: 25 mm a 50 mm.
- Tolerancias de terminación: ± 6 mm en la regla de 3 m.
- Densas o drenantes (hormigón poroso).

Debe tenerse presente para este tipo de bases que las fisuras que se generan por contracción por secado o las juntas constructivas, pueden reflejarse en las losas del pavimento. Para mitigar este tipo de problemas, en bases de hormigón pobre es obligatorio el empleo de un separador entre la base y la losa de hormigón, pudiendo emplearse al efecto un film de polietileno o un geotextil.



Figura 7: Empleo de film de polietileno sobre base de hormigón pobre

No deben confundirse las bases de hormigón pobre con los Rellenos Fluidos Cementicios, también denominados Rellenos de Densidad Controlada (RDC). Este material se encuentra compuesto por una mezcla de arena, cemento, agua y un importante contenido de aire intencionalmente incorporado. Un aspecto importante a destacar al respecto es que, por tratarse de un material de desarrollo relativamente reciente, se dispone de muy poca información acerca de su desempeño para esta aplicación y, por lo tanto, se recomienda restringir su uso únicamente a vías de muy bajo tránsito pesado.



Figura 8: Base de relleno fluido cementicio o de densidad controlada para tránsito liviano

BASES TRATADAS CON ASFALTO

Las bases tratadas con asfalto proveen un muy buen desempeño en pavimentos de hormigón. La ventaja de este tipo de bases es que aportan excelentes condiciones de soporte (uniformidad y resistencia a la erosión), sin incrementar significativamente la rigidez. Debido a esto, no es necesario el empleo de un ruptor de adherencia entre capas.

El espesor de la base depende de las características de la estructura inferior subrasante/subbase. Si por debajo de la base asfáltica se encuentra prevista una subbase granular o una subbase tratada con cemento, una capa asfáltica de 5 cm es suficiente.

Si la incorporación de la capa bituminosa se efectúa sobre una base tratada con cemento con el objeto de reducir la rigidez en el contacto con la losa e incrementar la resistencia a la erosión por bombeo, el espesor de dicha capa puede reducirse hasta 2,5 cm. En estos casos, suele denominarse a la solución como la interposición de un interlayer asfáltico, lo cual es práctica común en distintos países de Europa como Bélgica y Austria.

Para este tipo de capas el contenido de cemento asfáltico típicamente se encuentra entre 4 % y 4,5 %. A diferencia de los pavimentos flexibles, la fricción interna de la mezcla no tiene

mayor significancia, por lo que pueden emplearse elevados tenores de arenas naturales y/o materiales redondeados.

Se debe tener en cuenta que es necesario un equipo de pavimentación de asfalto y que, antes de colocar el hormigón de la losa, debe reducirse la temperatura de la superficie de asfalto por debajo de los 35 °C.

Se resumen a continuación las características generales de este tipo de bases:

- Espesor mínimo: 5 cm.
- Contenido de asfalto típico: 4 % - 4,5 %.
- Tamaño máximo: 19 mm.
- Tolerancias: ± 6 mm en la regla de 3 m.
- Densas o drenantes (Asfalto poroso).

El Manual de Diseño y Construcción de Pavimentos de Hormigón, publicado por el Instituto del Cemento Portland Argentino brinda las herramientas necesarias para lograr un adecuado diseño y construcción, para satisfacer las necesidades del proyecto. Comprende cada uno de los aspectos que hacen al pavimento de hormigón, incluyendo el diseño del paquete estructural, el análisis de los materiales componentes, los métodos constructivos, el control de calidad, y las prácticas de mantenimiento y reparación.

En el sitio web del ICPA (www.icpa.org.ar) se puede descargar en forma gratuita la versión eBook del manual, previo registro de usuario.



Seguimos construyendo calidad

Homaq 
EMPRESA CONSTRUCTORA

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**



CÁMARA ARGENTINA
DE LA CONSTRUCCIÓN

La decisión **DE CONSTRUIR**



NUEVA EDICIÓN

Revista Construcciones

www.camarco.org.ar