

LOMA NEGRA AVANZA

Nos renovamos. Con orgullo, vocación de servicio, clase mundial
y el liderazgo que nos caracteriza desde hace 85 años.

Loma Negra, la historia continúa.



0 800 555 1555
www.lomanegra.com.ar



EDITORIAL

Por el Lic. Miguel A. Salvia

CAMINOS PARA EL CRECIMIENTO

En el inicio del año 2011 conocimos la información tanto pública como privada del crecimiento del Producto Bruto Interno del orden del 9%, retomando los altos niveles producidos en la economía nacional, después de la crisis de 2001. Es decir luego del suave incremento del año 2009, producto de la crisis financiera internacional, ha seguido un alto nivel de crecimiento, que repercutió muy fuertemente en los componentes del rubro Transporte de dicho Producto Bruto Nacional.

Coherentemente con ese incremento, también conocimos que la venta total de automotores en 2010, llegó a 698.299 unidades, incrementando el parque automotor de 6,5 millones en 2002 a 9,6 millones de vehículos en la actualidad, es decir casi 50% de vehículos se han incorporado a nuestras calles y caminos. Por otra parte en los últimos cinco años se reproduce un fenómeno mundial que es el vinculado a la incorporación de motos y ciclomotores que por millones se han sumado anárquicamente al parque de vehículos. Pero no solo hay más vehículos, sino que, existe tanto un incremento en la tendencia a viajar de los vehículos particulares como un aumento de los kilómetros recorridos por el transporte de carga, producto de la modernización de la actividad logística del país y el uso más racional de las flotas.

Frente a esto nos encontramos con una presión adicional al sector vial, tanto en los aspectos urbanos como rurales, que reclama soluciones de capacidad y mejoras en la infraestructura vial, que especialmente podría ser morigerada en los aspectos urbanos si se operara más activamente sobre el transporte público de pasajeros.

También esta situación de congestión en muchos puntos urbanos y en algunos puntos de la red interurbana ha hecho reaparecer iniciativas, planteadas como soluciones mágicas, sin racionalidad técnica, a un problema complejo que requiere acciones de corto, mediano y largo plazo.

Aspiramos a soluciones de la infraestructura urbana factibles y a una complementariedad con el transporte público automotor y ferroviario, que requerirá de inversión e innovación en las decisiones.

También somos conscientes que aún con el enorme crecimiento del transporte en esta década, los tránsitos de la Red son desiguales, y aún mantienen valores de Tránsito Medio Anual menores a 2500 vehículos por día en la mayoría de nuestra red de caminos.

Ello nos obliga a profundizar la racionalidad técnica, económica y funcional para el desarrollo de todo el país.

Es importante tener en cuenta que nuestro país necesita delinear una red troncal balanceada y distribuida a lo largo y ancho del territorio nacional que permita un crecimiento homogéneo y equitativo de la vialidad a largo plazo.

La planificación de una red vial troncal de jerarquía, extendida en el territorio nacional con criterios que, si bien incluyen a la demanda de transporte, también van más allá y obedecen a consideraciones geopolíticas, estratégicas y de desarrollo productivo; permitirá hacer crecer dicha demanda hacia zonas hoy carentes de infraestructura de modo de inducir, en ese punto, el desarrollo progresivo de una red secundaria alimentadora. Dicha red secundaria no solo alimentará con tránsito a la red primaria sino que está última crecerá a partir de la incorporación progresiva de tramos de la red secundaria, garantizando, de este modo, un desarrollo armónico de la infraestructura que induzca a su distribución territorial equitativa y abarcativa.

En este escenario la infraestructura vial ya no responderá exclusivamente al crecimiento de la demanda yendo detrás de ella sino que se ubicará por delante induciendo a un crecimiento más significativo, homogéneo, equitativo, y sostenible en el tiempo.

En concreto, no se requieren soluciones espasmódicas, frente al problema, sino que el objetivo será mantener estándares adecuados de serviciabilidad, especialmente en aquellos tramos llamados a incrementar su categoría en función de dicha planificación vial.

Por su parte esta red vial deberá diseñarse buscando la complementariedad con el modo ferroviario tanto en el transporte de carga como en el de pasajeros.

Tal como la Asociación Argentina de Carreteras sostiene desde hace años, así como debe darse un marco adecuado a la planificación de las acciones sobre la red vial, debemos conservar la red existente mejorando sus estándares, debemos completar aquellos proyectos inconclusos en periodos de baja inversión y ajuste, y por otra parte considerar que el sistema vial sufre el positivo embate de las consecuencias de un crecimiento extraordinario de sus producciones.

En este último aspecto, los operadores del transporte, los especialistas, y la sociedad en general, requieren soluciones que incrementen la capacidad sin descuidar los demás aspectos de la red vial. A veces los medios masivos de comunicación presionan al relacionar accidentes con deficiencias viales o problemas de capacidad, fomentando una demanda que en muchos casos es incorrecta.

En los últimos años Argentina ha desarrollado un proceso de crecimiento sostenido, que le ha permitido crecer más de un 70% del producto bruto, sobrellevando la caída generada por el proceso recesivo del periodo 1999-2002.

Las actividades que han contribuido a la expansión, son generadoras de costos de transporte, y almacenaje por lo que ello explica el mayor crecimiento de los indicadores de este sector sobre el total de la economía.

En diferentes ediciones de nuestra Revista, frente a la realidad del sector vial identificábamos a tres políticas específicas: lograr una conservación y mantenimiento adecuado del capital existente, completar un conjunto importante de proyectos pendientes en la red nacional y redes de vinculación, y modernizar la red, con mejoras en la capacidad de la misma y en la seguridad vial.

En cuanto al primero de los aspectos, la Dirección Nacional de Vialidad consiguió que el sistema vial de rutas principales, tenga presente un esquema de conservación y mantenimiento, que impidan las roturas prematuras de las últimas décadas. Las políticas CReMa, la transferencia de funciones operativas para el mantenimiento, y la renovación de las concesiones viales nacionales, permiten observar que existe un sistema de gestión específico con financiamiento para cada uno de los caminos de la red nacional.

Ese esfuerzo en la Red Nacional, debería estar acompañado por una definición de pautas básicas de mantenimiento de las diferentes redes provinciales, y la búsqueda de un esquema provincial o conjunto de instrumentos para la financiación de estas operaciones.

Junto a ello aún debemos desarrollar una política activa y sistemática de mejora de los caminos terciarios, que tal como reiteramos desde hace años son básicos para el desarrollo de las actividades primarias del país.

Con relación a los planes en marcha para ultimar corredores y vinculaciones incompletas, pueden observarse obras que completan la red vial a lo largo y ancho del país, desarrollando proyectos demorados o atendiendo nuevas necesidades. Asimismo un conjunto importante de obras en las redes provinciales y accesos a ciudades ha armonizado la vinculación entre las redes, y en ello destacamos la acción de la Dirección Nacional de Vialidad.

Ha habido también un conjunto importante de respuestas viales a los incrementos del tránsito en determinadas áreas de la red, representado por el desarrollo de duplicaciones y construcción de autovías, dentro del amplio abanico de inversiones de la Dirección Nacional de Vialidad que ha superado la inversión de varias décadas anteriores.

Esta ha sido una respuesta al desafío adicional relacionado con la necesidad de ampliación de capacidad de corredores que ya estaban superados al inicio de esta década, y de otros que por el fuerte desarrollo de las políticas activas han generado un crecimiento espectacular del tránsito que hoy incide en la necesidad de operar sobre la concreción de estas tareas.

En este aspecto cabe destacar que no todos los problemas de capacidad se resuelven con duplicaciones, autovías o autopistas, sino que hay un conjunto de acciones que pueden contribuir a dicha mejora, especialmente atendiendo a la propia especificidad del transporte en la Argentina, que por su distribución de población como por el esquema de transporte de mercaderías, no tiene la necesidad de una red integral de Autopistas, sino la búsqueda de la solución necesaria y racional en el momento en que la demanda y la política de desarrollo de cada tramo de ruta lo amerite y con la solución técnica más rentable social y económica.

Dado que los criterios racionales de inversión determinan la necesidad de efectuar éstas con rentabilidad social económica de corto y mediano plazo, de forma tal que la ventajas reproductivas de la inversión puedan servir de base a futuros desarrollos del sistema de transporte; en ese contexto, debe resaltarse que la solución de situaciones que apuntan a resolver cuellos de botella en el transporte tiene una amplia rentabilidad económica y social.

Hoy existen en servicio 1883 km de Autopistas o Autovías en la Red Nacional, cifra que duplica la existente a principios de esta década. Pero si consideramos las Autovías en el resto de la red, que la Dirección Nacional de Vialidad y las Provincias han contribuido a su construcción llegamos a la existencia de casi 3000 km. de vías con estas características de diseño.

La Dirección Nacional de Vialidad tiene contratos que implican más de 1300 km. de duplicaciones de caminos, lo que originará que a su terminación entre 12 y 36 meses, el sistema de autopistas/autovías en la Red Nacional supere los 3200 km. y la red vial argentina de esta categoría supere los 4300km.

No es menor la consideración de desarrollo territorial que implica la transformación en Autovía/ Autopista de los caminos que se proyecten, ya que ellos determinarán la necesidad de regulaciones urbanas en cada uno de los partidos en que discurre la ruta, de forma tal de no quedar en un proceso de estrangulamiento en 15 o 20 años, así como el estudio de las posibilidades de desarrollo de dichas rutas en un periodo como el mencionado, a fin de no condicionar futuros crecimientos.

Por el contrario, en un país con un alto nivel de crecimiento de su campo y sus ciudades, requiere de toda la tierra disponible a ese servicio, por lo que analizar en profundidad la posibilidad de utilizar la actual zona de camino, en donde ello sea posible, permitirá una economía social considerable y evitar largos, costosos y dolorosos procesos de expropiaciones.

En esta edición de nuestra Revista Carreteras, comenzamos a desarrollar el Plan Vial y Ferroviario, 2011- 2020, elaborado por un equipo de profesionales de la Asociación, que contempla estos criterios, como un aporte a las decisiones que deberán tomarse para evitar los costos de congestión y accidentes, cuando la red requiere soluciones posibles.

Sostenemos nuestra visión integral de la red de caminos donde cada una de las jerarquías de la misma tiene una importante misión, y armónicamente deben desarrollarse inversiones desde los caminos de tierra hasta las grandes autopistas

Relatamos el importante desarrollo del Sistema Vial del Atlántico y las dificultades en la concreción de algunas obras viales como la Autopista Presidente Perón.

Se incluye en esta edición la información sobre dos importantes Seminarios Técnicos a desarrollar con la Asociación Mundial de la Ruta, en el próximo mes de Mayo.

Asimismo se muestra la importante actividad de control desarrollada en estos meses en el ámbito de la Seguridad Vial.



Así, como apoyamos y aportamos ideas para el desarrollo y mejora de las redes viales, nuestro compromiso con la Seguridad Vial es permanente, y valoramos las acciones de la Agencia Nacional de Seguridad Vial y muy especialmente el compromiso paulatino de la sociedad con el logro de mejores índices de siniestralidad vial.

La conciencia social, la previsión y el control y sanción serán los mecanismos que nos permitirán descender de los niveles de la última década.

Nuestra Asociación se compromete a seguir bregando por todos estos objetivos.

Finalmente en este número se incluye la acostumbrada Sesión Técnica, en esta oportunidad y dentro de la misma contiene un apartado de Divulgación en donde se muestran artículos que aun conteniendo técnicas conocidas contribuyen a la ilustración de los nuevos profesionales.

Como siempre y a lo largo de más de 52 años la Revista Carreteras aspira a ser un canal privilegiado de información y difusión de temas de interés para el sector vial y del transporte.

Abriendo
caminos
para proyectar
Argentina.



JCR S.A.

Córdoba 300 - CP 3400 - Corrientes - Argentina.
Tel.: +(54) 3783-478100 - jcrsa@jcrsa.com.ar

Florida 547. Piso 16 - CP 1005 - Buenos Aires - Argentina.
Te.: +(54) 11 4393-1814 / 1819 - jcrbares@jcrsa.com.ar

www.jcrsa.com.ar



**PETROQUÍMICA
PANAMERICANA S.A.**

EMULSIONES ASFÁLTICAS

- **OBRAS VIALES**
- **EMULSIONES ASFÁLTICAS**

TEL: 4742-5378 (03487) 430 050/
PARQUE INDUSTRIAL ZARATE
porelbuencamino@sion.com



JUNTA EJECUTIVA

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

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

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

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

Secretario: **Ing. NICOLAS M. BERRETTA**

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

Protesorero: **Ing. ROBERTO LOREDO**

Director de Actividades Técnicas: **Ing. FELIPE NOUGUÉS**

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

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

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

Director de Estudios: **Arq. FERNANDO VERDAGUER**

Director de Relaciones Institucionales y Comunicaciones:
Ing. JUAN MORRONE

STAFF



CARRETERAS

Año LV – N° 201 Marzo 2011

Director Editor Responsable:
Lic. Miguel A. Salvia

Director Técnico:
Ing. Guillermo Cabana

Diseño y diagramación:
ILITIA Grupo Creativo

Impresión: FERROGRAF
Cooperativa de Trabajo Limitada
www.ferrograf-ctl.com.ar
Boulevard 82 Nro. 535 La Plata.
Pcia. de Buenos Aires, Argentina.

secretaria@aacarreteras.org.ar
www.aacarreteras.org.ar

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

Propietario: Asociación Argentina de Carreteras.

CUIT: 30-53368805-1

Registro de la propiedad intelectual (Dirección Nacional del Derecho de Autor): 519.969

Ejemplar Ley 11.723

Realizada por: Asociación Argentina de Carreteras

Adherida a la Asociación de la Prensa Técnica Argentina. Dirección, redacción y administración:

Paseo Colón 823, 7º Piso (1063) Buenos Aires, Argentina. Tel./fax: 4362-0898 / 1957



Sistema Vial Integrado del Atlántico

PÁGINA 10



ANSV - Plan de Control Vial, Verano 2011

PÁGINA 18

INDICE



Próximos Eventos	08	TRABAJOS TÉCNICOS	
Sistema Vial Integrado del Atlántico	10	El camino tricarril	44
Carta del Presidente del Instituto Vial Ibero-Americano (IVIA)	17	Desarrollo tecnológico del nuevo moderador de tráfico Speed Kidney	46
ANSV - Plan de Control Vial, Verano 2011	18	Diseño geométrico seguro de curvas horizontales	69
Inauguración Autopista Rosario - Córdoba	23	Horno de ignición - determinación de constantes de corrección	75
Propuesta de Plan de Infraestructura Vial-ferroviaria 2010-2020	26	DIVULGACIÓN	
Seminarios Internacionales de la AIPCR - PIARC	30	Construcción de bases y subbases de suelo cemento	84
Autopista Presidente Perón - Una vital obra inconclusa	35	Evaluación técnica - económica de proyectos de caminos de la red terciaria región Litoral Argentina. El modelo red del banco mundial.	94
Celebración de Fin de Año	41	Evaluación de impacto ambiental en carreteras: uso de los SIG para la generación de información de base en los estudios ambientales	101
Obituario	42		



Autopista Presidente Perón - Una vital obra inconclusa

PÁGINA 35



Celebración de Fin de Año

PÁGINA 41

PRÓXIMOS EVENTOS 2011

» Abril

5 al 8 de Abril

XV Asamblea Ordinaria Cámara Interamericana de Transporte
Hotel Hilton Buenos Aires, Argentina
www.fadeac.org.ar

28 de marzo al 01 de abril

Brasil Road Expo 2011
Sao Paulo, Brasil
www.brazilroadexpo.com.br

» Mayo

9 y 10 de Mayo

PIARC- Comités Técnicos. Seguridad Vial y Pavimentos de Hormigón
Buenos Aires, Argentina
www.aacarreteras.org.ar
www.icpa.org.ar/seminario_piarc

25 al 27

Intertraffic Istanbul
Estambul, Turquía
www.intertraffic.com

» Junio

15 de Junio

Congreso Nacional sobre Prevención en Seguridad Vial.
UCA. Buenos Aires, Argentina.
www.uca.edu.ar

» Julio

24 al 27 de Julio

10ª Conferencia Internacional sobre caminos de bajo volumen
Lake Buena Vista, Florida, EEUU.
www.trb.org

» Septiembre

14 al 16 de Septiembre

2º Congreso Iberoamericano y Xº Jornadas "Técnicas de Restauración y Conservación de Patrimonio" - COIBRECOPA 2011.
La Plata, Argentina
www.lemit.gov.ar
direccion@lemit.gov.ar

26 al 30 de Septiembre

XXIV Congreso Mundial de Carreteras
Ciudad de México, México.
www.aipcmexico2011.org
www.piacrmexico2011.org

» Octubre

16 al 20 de Octubre

XVIII Congreso Mundial de ITS
Orlando, Florida, EEUU
www.itsflorida.org

» Noviembre

20 al 25 de Noviembre

XVI CILA- Congreso Iberoamericano del Asfalto
Rio de Janeiro, Brasil
www.XVICILA.com.br

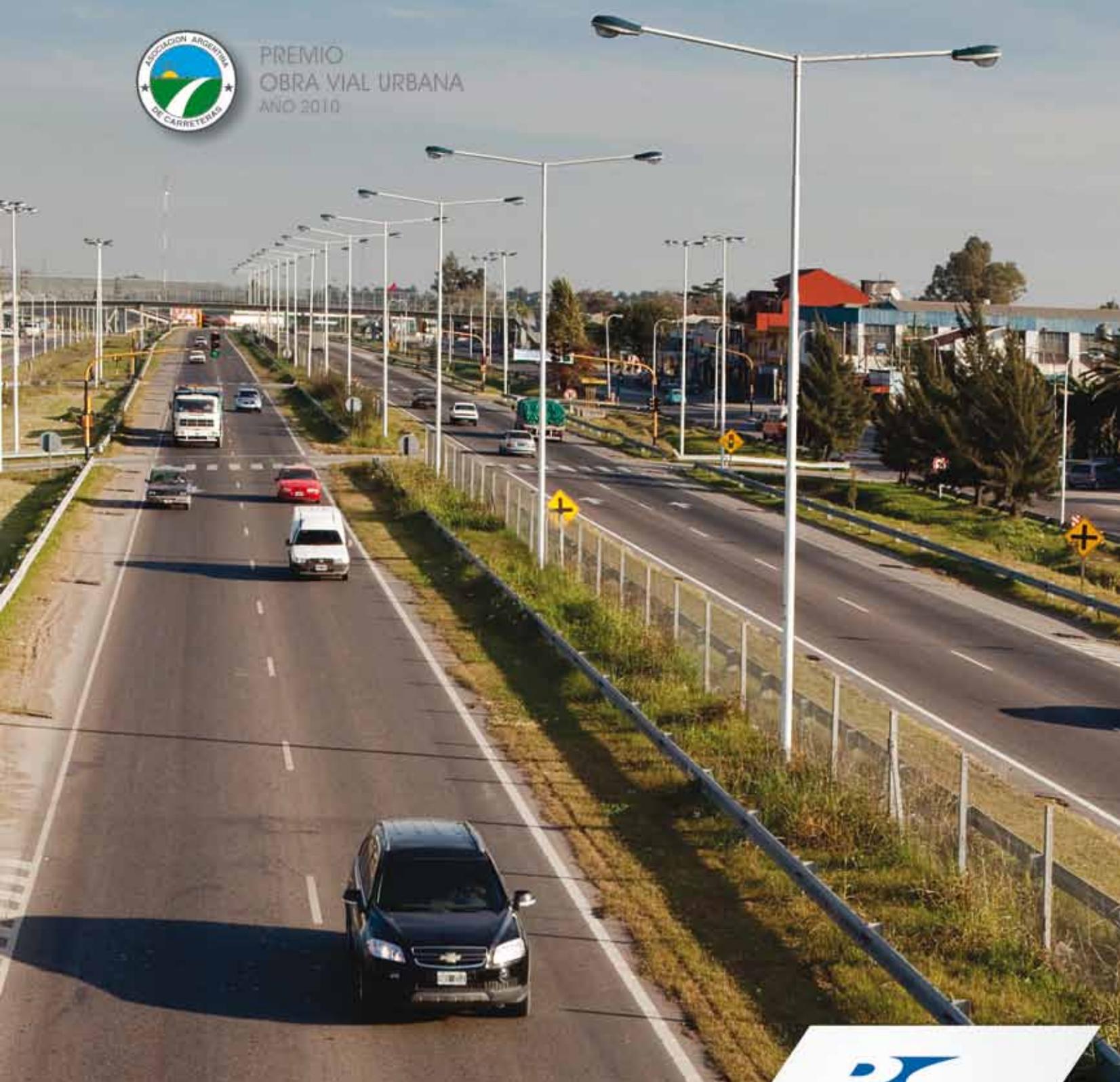
» Diciembre

29 de Noviembre al 3 de Diciembre

XXXVI Reunión del Asfalto
Buenos Aires, Argentina
www.cpasfalto.org.ar



PREMIO
OBRA VIAL URBANA
AÑO 2010



ROVELLA CARRANZA

RUTA NACIONAL N 3 - LA MATANZA - CAÑUELAS
Provincia de Buenos Aires

www.rovellacarranza.com.ar



SISTEMA VIAL INTEGRADO DEL ATLÁNTICO

La Provincia de Buenos Aires se encuentra en trámite de adjudicación de una importante concesión de rutas.

Mediante el Decreto 835/2010 se ha dispuesto el llamado licitación pública para otorgar bajo la modalidad de concesión la construcción, remodelación, mejoras, ampliación de capacidad, conservación, mantenimiento, administración y operación del llamado Sistema Vial Integrado del Atlántico.

La concesión abarca más de 1000kms de rutas provinciales turísticas y el plazo será de 30 años, durante los cuales se prevé una importante cantidad de obras de mantenimiento y de ampliación de la capacidad de calzadas.

Descripción del Sistema Vial Integrado del Atlántico

Las rutas que abarca la concesión, son todas aquellas que sirven de vinculación a los centros turísticos de la costa atlántica bonaerense, con un importantísimo nivel de tránsito, en especial en época estival. Las rutas provinciales 36 y 11, la ruta provincial 2 y aquellas que les sirven de vinculación, esto es las rutas provinciales 63, 56 y 74, serán incluidas en el sistema.

Actualmente la Provincia tiene dos contratos de concesión próximos a vencerse.

El primero de ellos es el de la Ruta Provincial 2, entre el cruce Alpagatas y la ciudad de Mar del Plata, concesión oportunamente licitada y adjudicada por la Nación cuando esa ruta pertenecía a esa jurisdicción y posteriormente transferida a la provincia.

El segundo contrato, licitado y adjudicado por la Provincia con un pliego sustancialmente distinto al de la Ruta 2, involucra la ruta 11, desde Pipinas hasta Santa Clara del Mar y sus vinculaciones, rutas 63 (con Dolores y la ruta 2), 56 y 74.

El nuevo esquema pretende integrar bajo un mismo sistema, la totalidad de las rutas del sistema vial integrado del atlántico, sumando a las actuales, la ruta provincial 36, que forma parte indudablemente del mismo.

De esta forma el nuevo sistema quedara integrado, en una primera etapa por las rutas:

- R.P.N°2 desde Km 40.964 hasta el Km 203.00 en Dolores
- R.P.N°63 desde Dolores hasta Esquina de Crotto,
- R.P.N°11 desde Pipinas hasta Santa Clara del Mar,
- R.P.N°56 desde Gral. Conesa hasta Gral Madariaga
- R.P.N°74 desde Pinamar hasta Gral.Madariaga



Etapa I

1. Constr. de banq. paviment. de 2.5 m. RP 11 de (PK 250) a (PK 290) y ensanche de obras de arte RP 11 de (PK 250) a (PK 308).
2. Altonivel intersección de RP 2 y RP 13 (Avenida 520)
3. Reparim. de banq. y retornos en RP 2 de (PK 41) a (PK 214).
4. Restauración de toda la señaliz. vert. realización de señaliz. horiz. en caliente y completar colocación de tachas reflectivas en todo el SISTEMA VIAL INTEGRADO DEL ATLANTICO. Forestación del carterero central y contribuir a disminuir la polución y el ruido.
5. Reparación de puentes de la RP 56 s/ A° El Chansho y El Galloso.
6. Ejecución de bacheo, fresado y carpeta de concreto asfáltico de 0.05 metros de espesor mínimo en vs. tramos.
7. Construcción Segunda Calzada RP 11 de (PK 250) a (PK 308).
8. Construcción de intersecciones de RP 11 y Acc. a localidades de: Costa del Este, Aguas Verdes, La Lucila y Nueva Atlantis, Colectora entre Rotonda Mar de Ajó y Arria. Pueymedón
9. Rectificación de curvas e intersecciones
10. Obras de iluminación inicial

Etapa II

- 1 Constr Segunda Calzada RP 56 de (PK 0) a (PK 62).
- 2 Mejoramiento Nivel de Servicio R.P.N°11 Km 142.3–225.0 Fase I.

Etapa III

1. Mejoramiento Nivel de Servicio R.P.N°11 Km 142.3–225.0 Fase II.
2. Mejoramiento Nivel de Servicio R.P.N°2 Km 214–395.000
3. Iluminación inicial R.P.N°36.
4. Circunvalación Mar del Plata R.P.N° 11 hasta R.P.N°2.
5. Circunvalación Mar del Plata R.P.N°2 hasta R.N.°226.
6. Mejoramiento Nivel de Servicio R.P.N°56
7. Mejoramiento Nivel de Servicio R.P.N°11 Conesa-SC del Tuyú
8. Mejoramiento Nivel de Servicio Dolores - Conesa.
9. Segunda Calzada R.P.N°11 San Clemente - Mar de Ajó.
10. Banquinas pavimentadas R.P.N°11 Mar de Ajó - Pinamar
11. Mejoramiento Nivel de Servicio R.P.N°11 Mar de Ajó - Pinamar
12. Banquinas pavimentadas R.P.N°11 Pipinas - Esq Croto
13. Banquinas pavimentadas: RPN°36 Tr. Ruta N°2 - RP N° 11.
14. Mejoramiento de Nivel de Servicio R.P.N°36 Tramo RP2 - R.P.11
15. Banquinas Pavimentadas R.P.N°11 Villa Gesell-Sta Clara del Mar
16. Mejoramiento Nivel Servicio RPN°11 Villa Gesell-Sta Clara Mar
17. Segunda calzada Mar de Ajó - Pinamar.
18. Altonivel R.P.N°20 - R.P.N°2.
19. Altonivel de la R.P.N°2 con la R.P.N°41.
20. Altonivel sobre vías de FFCC en progresiva Km 251 de RP N°2.
21. Altonivel sobre vías de FFCC en progresiva Km 13 de RP N°74
22. Altonivel de la R.P.N°2 y R.P.N°55 Km 343,700.-
23. 30 kilómetros de Bicisendas y 100 Km de Colectoras.
24. Segunda calzada Villa Gesell - Santa Clara del Mar.
25. Repavimentación 300 km de 10,8 m de ancho (CCA-0,05m).
26. Mejoramiento Nivel Servicio R.P.N°74 Pinamar- Peaje Madariaga.
27. Construcción de nueve distribuidores a distinto nivel
28. Repavimentación 400 km de 10.8 m de ancho (CCA-0.05m).
29. 10 Pasarelas peatonales. 20 Dársenas y Refugios.
30. Altonivel RPN°63 sobre Ferrocarril Roca.
31. Remodelación distribuidor RPN°2 - RPN°63
32. Variante Lezama. Partido de Chascomús
33. Altonivel R.P.N°57.-
34. Altonivel R.P.N°2 - R.P.N°74 (Las Armas).
35. Circunvalación Mar del Plata des de RN N°226 - RP N°88.
36. Altonivel R.P.N°56 y Calle 25 - Madariaga.
37. Repavimentación 115 km. de 10.8 m de ancho (CCA-0.05m).
38. Bajo Nivel en Km. 300 de RP N°2 - B° La Florida.
39. Altonivel RP N°2 y RP N°50
40. Traza Antigua RPN°11 Tramo: Lavalle-Mar de Ajó con los accesos.
41. Obras futuras de ampliación de capacidad - Fase I.
42. Obras futuras de ampliación de capacidad - Fase II.
43. Mejoramiento Nivel Servicio R.P.N°74 Est Peaje - R.P.N°2.
44. Seg Calz R.P. N°11 Tramo: Santa Clara del Mar - Mar del Plata.
45. Seg Calz R.P. N°11 Tramo: Mar del Plata - Miramar.
46. Repavimentación 1200 km de 10.8 m de ancho (CCA-0.05m).
47. Obras futuras de ampliación de capacidad - Fase III
48. Segunda calzada R.P.36 Tramo R.P.N°2 Calle 90 de La Plata.

Usar el celular, reduce tus reflejos.

Si vas a conducir, apagalo.

Si se puede evitar, no es un accidente.

[www.seguridadvial.gov.ar]



Agencia Nacional
de Seguridad Vial

MINISTERIO DEL INTERIOR



200 AÑOS
BICENTENARIO
ARGENTINO



Presidencia de la Nación

La R.P. Nº 36 desde el inicio hasta el año 8 recibirá por parte del concesionario, tareas de conservación de rutina debiéndose integrar en iguales condiciones que las restantes rutas concesionadas a partir del año 9.

En el año 2016 se incorporará el tramo de la R.P. Nº 2 desde Km 214 (Dolores) hasta el Km 395 (Camet).

La Concedente podrá incorporar a la concesión, a partir del año nueve, teniendo en cuenta el crecimiento del tránsito, el tramo comprendido de la R.P. Nº 11 entre la rotonda de Santa Clara del Mar y la localidad de Mar del Sur, la Avenida Circunvalación de la ciudad de Mar del Plata y la R.P. Nº 74 entre la R.P. Nº 2 y Madariaga y demás obras que constan en el Pliego Técnico Particular. Por otro lado se contempla que una vez finalizadas las obras previstas presupuestariamente sobre la R.P. Nº 88, en el tramo Mar del Plata - Necochea se incorporará para su mantenimiento y conservación por parte del concesionario.

De esa forma quedará definitivamente integrado el sistema, permitiendo la vinculación por distintas rutas alternativas desde la Ciudad de Buenos Aires y el resto del país con todas las localidades turísticas de la costa bonaerense en el partido de la Costa, Pinamar, Villa Gesell, Mar Chiquita y Mar del Plata y entre las distintas localidades turísticas entre si.



En resumen, el Sistema Vial Integrado del Atlántico posee más de 1000 Km de rutas principales.

Ha sido prevista la realización de un ambicioso plan de obras que sean integrales en la búsqueda de mayor serviciabilidad, confort y seguridad para todos los usuarios del sistema, asegurando condiciones de transitabilidad adecuadas.

Este plan de obras ha sido definido en tres etapas, la primera abarca los primeros cinco años de concesión, la segunda etapa se extiende hasta el año ocho y la tercer etapa comienza en el año nueve de concesión y se extiende hasta el final de su plazo.

Dentro de este plan de obras podemos mencionar la construcción de segundas calzadas. En un principio se ha contemplado la ejecución de la segunda calzada en la R.P. Nº 11 entre Gral. Conesa y San Clemente del Tuyú, en una segunda etapa la construcción de la segunda calzada de la ruta 56 entre Gral. Conesa y Gral. Madariaga y posteriormente las restantes segundas calzadas en la ruta 11 de manera de convertir prácticamente la totalidad del Sistema Vial integrado del Atlántico en autovía, con dos calzadas separadas por un cantero central de ancho variable.

Se ha contemplado el mejoramiento de nivel de servicio de las calzadas existentes, la pavimentación de banquetas, la construcción de la circunvalación a la ciudad de Mar del Plata, la ejecución de intersecciones en los accesos de las localidades del Partido De La Costa, la rectificación de curvas e intersecciones que permitirá adecuar el diseño geométrico a una situación que brinde mayor confort y seguridad a los usuarios.

Para otorgar mayor seguridad se ha previsto la construcción de altoniveles sobre las vías del ferrocarril y en correspondencia con los accesos a los distintos centros urbanos y en cruces con distintas rutas y avenidas y la pavimentación de banquetas.

Entre estas obras debe destacarse la construcción de un altonivel, sobre la ruta provincial 2 en su cruce con la Av. 520 de La Plata, avenida recientemente remodelada que requiere con urgencia la solución de un cruce de ese tipo, obra prevista para la primera etapa, así como las necesarias obras de readecuación de los accesos a las distintas localidades balnearias, cuyo crecimiento sostenido requiere de soluciones mas adecuadas a un volumen de tránsito creciente.

Asimismo se han definido obras, contemplando el aumento de tránsito, que permitan aumentar la capacidad, como terceras trochas, ampliación de distribuidores, readecuación de intersecciones.

Se complementa con la construcción de bispensas y calles colectoras en correspondencia con los centros urbanos para separar el tránsito local del tránsito que circula a mayor velocidad sobre la ruta.

Además se ha previsto la construcción de dársenas y refugios para pasajeros que utilicen transporte público y la iluminación de intersecciones y accesos.

El Sistema Vial Integrado del Atlántico tendrá cinco Estaciones para cobro de peaje en coincidencia con las que existen actualmente en la concesión de la R.P.N°2 y en la R.P.N°11 y Complementarias, o sea Peaje Samborombón ubicado en la progresiva Km 90.00 de R.P.N°2, Peaje Maipú en Km 273.00 de R.P.N°2, Peaje La Huella ubicado en Km 240.00 de la R.P.N°11, Peaje Gral Madariaga en Km 27.80 de R.P.N°74 y Estación de Peaje Mar Chiquita en Progresiva Km 482.80 de la R.P.N°11.

Se han previsto 6 categorías para las distintas tarifas.



Dentro de los servicios al usuario, se ha contemplado:

- Primeros auxilios y transporte sanitario
- Servicio de Bomberos Voluntarios
- Servicios de remolques o grúas para despeje de las calzadas
- Sistema de telefonía
- Móviles de seguridad vial
- Servicio de emergencia a través de telefonía celular
- Línea gratuita para atención al usuario
- Sistemas de información al usuario
- Áreas de descanso

En cuanto a los pliegos en vigencia de las actuales concesiones, valen consideraciones similares: el desarrollo de nuevas tecnologías de materiales para caminos, aunado a veinte años de control de las tareas de mantenimiento y rutina, han permitido la elaboración de una documentación técnica acorde a las nuevas tendencias.

Al respecto, por ejemplo, se ha contemplado en el nuevo Pliego Técnico como exigencia para la futura concesionaria, la adquisición de equipamiento de última generación para el mantenimiento de rutina: Planta asfáltica, equipos de compactación y fresadoras para tareas de bacheo de rutina que deberán estar asignadas para uso exclusivo y permanente de la concesión, equipamiento mínimo permanente para el desmalezamiento tanto mecánico como manual, etc.

Se exigirá la implementación de puestos fijos y móviles para el control de cargas, lo cual permitirá el control permanente del tránsito pesado complementándose con contadores de tránsito en todas las rutas del corredor.

Estado de la licitación

En fecha 9 de febrero de 2011 se abrieron las ofertas económicas de los dos consorcios que resultaron calificados, de un total de cuatro que presentaron sus ofertas.

La variable de adjudicación es la tarifa plena ofertada para cobrar en el peaje de Samborombon de la Ruta 2.

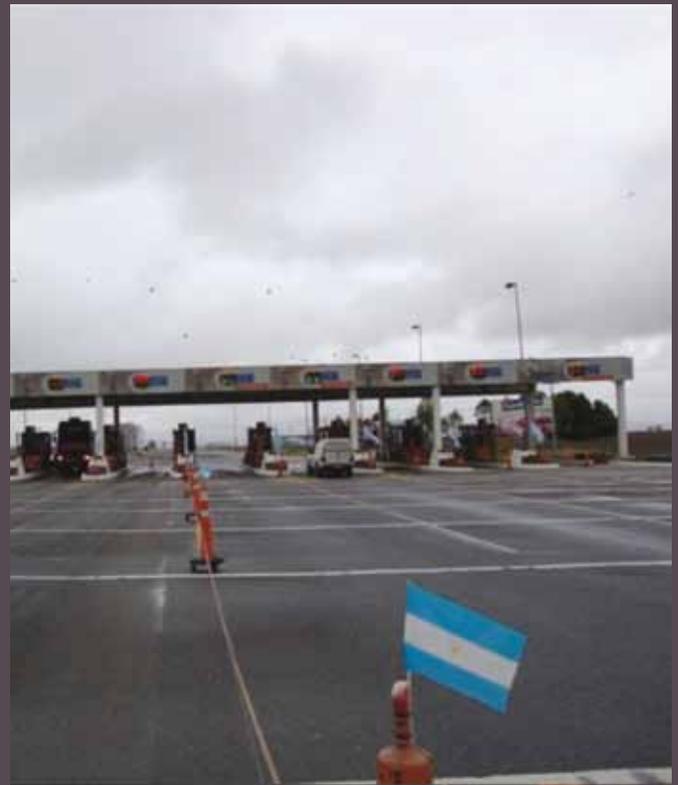
Esta tarifa será la que se cobre en el año 6, una vez cumplidas las obras exigidas para esa fecha.

La tarifa a percibir el primer año será el 55% de la tarifa plena y se ira incrementando paulatinamente con el correr del plazo de concesión.

Las ofertas, que se encuentran en etapa de evaluación por parte de la Dirección de Vialidad de la Provincia de Buenos Aires son:

1) Jose Cartellone CCSA, Eleprint S.A., Rovella Carranza S.A., Supercemento S.A. y Petersen Thiele y Cruz S.A., que cotizaron una tarifa plena de \$27.6860 mas IVA

2) Benito Roggio e hijos S.A., Helpport S.A. y Esuco S.A., cuya oferta es de \$24.6281 mas IVA.



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**



**Infraestructura
Tecnología
Capacitación
Crecimiento**



INSTITUTO DEL CEMENTO PORTLAND ARGENTINO
San Martín 1137 - 1° Piso - (C1004AAW) Ciudad Autónoma de Buenos Aires - República Argentina
Tel: (54 11) 4576-7695 / 7690 Fax: (54 11) 4576-7699 www.icpa.org.ar

Un futuro común para Iberoamérica

08/02/2011

Después de la consolidación de la imagen de IVIA en el ámbito de la seguridad vial durante el pasado ejercicio, avalada por el éxito del II Congreso Iberoamericano de Seguridad Vial (CISEV) en Argentina, los esfuerzos del Instituto desde el punto de vista estratégico se van a orientar a reforzar nuestro compromiso ambiental, a los aspectos de diseño y explotación de carreteras y en el campo de la telemática y las nuevas tecnologías para la gestión de la movilidad y la información al usuario.

De forma complementaria, IVIA se propone potenciar dos ejes siempre presentes en materia de infraestructuras. Por un lado, los planes de desarrollo de nuevas redes de carreteras en los diferentes países iberoamericanos, teniendo en cuenta sus respectivos condicionantes de financiación, y, por otro, las políticas de garantía de conservación de la red en servicio y su acondicionamiento y mejora sistemáticos.

La percepción desde Europa sobre la crisis mundial que está azotando con tanta dureza a una parte de este continente, es que en Latinoamérica se están sufriendo con menor intensidad los devaneos de los mercados internacionales. Por ello, la Región se antoja como potencial interlocutor válido para el desarrollo de iniciativas ambiciosas en materia de política de carreteras.

No en vano, desde la perspectiva ibérica se percibe un crecimiento exponencial del interés de las empresas y las instituciones españolas por el mercado iberoamericano, en el que se pueden destacar países con especial nivel de atracción, tales como Argentina, Brasil, Colombia, Perú y Panamá, así como mercados ya consolidados pero con buenas expectativas, como Chile, México y Costa Rica. Un interés que no es exclusivo de las empresas e instituciones españolas, sino que un buen número de organismos de ámbito europeo siguen actualmente con atención la evolución de los mercados latinoamericanos.

Es por ello que, entre las actividades del Instituto IVIA previstas para este año 2011, destacan las líneas de colaboración con otras entidades afines para potenciar la transferencia de conocimiento en el sector viario y de la infraestructura del transporte, tal es el caso de la activa colaboración en el XVI Congreso Ibero-Latinoamericano del Asfalto (CILA), que tendrá lugar en Río de Janeiro en septiembre.

A lo largo de los próximos meses se darán también importantes pasos de cara a la preparación de la tercera edición del CISEV, una cita que servirá para consolidar, sin ningún género de dudas, el potencial de los países emergentes de la Región en materia de tecnologías para la seguridad del tráfico rodado. Colombia será el escenario privilegiado de esta tercera cita del CISEV, en la primavera de 2012.

Dentro del impulso a la investigación característico de esta institución, IVIA seguirá potenciando la plataforma Wikivia, la enciclopedia online de la carretera, como elemento de transferencia de tecnología entre todos los países hispanohablantes. Además, retomará su activo papel promotor y difusor de la cuarta edición del "Premio Internacional a la Innovación en Carreteras Juan Antonio Fernández del Campo", que se convocará en breve con el propósito de promover la investigación y la innovación en el sector viario en lengua española.

En paralelo, se potenciarán las líneas de colaboración con asociaciones, universidades, administradores de carreteras y también con el mundo de la empresa, para constituir un verdadero foro de intercambio de intereses en torno al sector de la carretera en el área ibero-latinoamericana.

A todos los que ya forman parte de esta red trasatlántica que se articula en torno a IVIA, mi más sincero agradecimiento por su apoyo. Espero que juntos podamos contribuir a construir un futuro más seguro, un espacio compartido de conocimiento y un interés común regido por la evolución tecnológica y las políticas viarias decididas y racionales.



Jacobo Díaz Pineda
Presidente del Instituto Vial Ibero-Americano (IVIA)



LA AGENCIA NACIONAL DE SEGURIDAD VIAL

REALIZÓ UN IMPORTANTE PLAN DE CONTROL VIAL ESTE VERANO

El comienzo estival registró una temporada récord de turistas en la costa atlántica, es decir, hubo un gran traslado de personas a los principales puntos turísticos. Esto se tradujo en una fuerte presencia del Estado en todas las rutas de nuestro país y el despliegue de un importante operativo de seguridad vial anunciado por el ministro del Interior, Florencio Randazzo, a mediados de diciembre del año pasado.

PLAN DE CONTROL VIAL

Como ejes del plan se encuentran los controles de velocidad, alcoholemia, uso del cinturón de seguridad y del casco -en el caso de los motociclistas-, y la no utilización de elementos de distracción -como el celular-.

El objetivo del mencionado plan es repetir la reducción lograda en 2010 respecto de 2009, de 21% en enero y 19,4% en febrero en la cantidad de víctimas fatales. Dicho objetivo es ambicioso si se tiene en cuenta que se estimó un movimiento de más de 4.000.000 de vehículos y de 9.000.000 de turistas para este período.

Ante esto, la Agencia Nacional de Seguridad Vial colocó en nuestras rutas más de 300 agentes, 200 móviles naranjas, 120 radares móviles y 600 alcoholímetros distribuidos en todo el país. También coordinó acciones con Gendarmería Nacional Argentina, policías provinciales, agentes municipales y Bomberos Voluntarios.

Un acuerdo importante al que se arribó, fue con los Bomberos Voluntarios con los que se trabaja conjuntamente a través de 37 Puestos Operativos apostados en los puntos críticos de las rutas, con el objetivo de prevenir y asistir en forma inmediata ante un siniestro vial. Cada puesto cuenta con equipos de rescate, herramientas de corte de carrocería y personal especialmente preparado.

A su vez, la Agencia en estos dos años de vida inauguró centros de operaciones en el NOA (Base Salta - Jujuy), NEA-Mesopotamia (Base Resistencia Chaco), CENTRO (Bases Hudson, Cañuelas, Monasterio y Acceso Norte) y SUR (Base Bahía Blanca).



ENERO 2011

MENOS MUERTOS EN LAS RUTAS NACIONALES

Durante el mes de enero de 2011 hubo una reducción de la cantidad de siniestros a nivel nacional del 31% respecto de 2010. A su vez, hubo una merma en la cantidad de víctimas fatales a nivel nacional del 21% respecto del año pasado.

Más allá de la reducción en los siniestros y las víctimas fatales, también se logró bajar un 15% las velocidades promedio, aumentó un 35% el uso del cinturón de seguridad y un 20% la utilización del casco, y se redujeron más del 5% las alcoholemias positivas registradas en los controles.

En este sentido, Felipe Rodríguez Laguens, director ejecutivo de la Agencia Nacional de Seguridad Vial dijo que "tuvimos un 50% menos de fallecidos en el lugar del hecho en las rutas 2 y 11, respecto mismo período de 2010". Y sostuvo que "esto demuestra la importancia de los controles, con una fuerte presencia del Estado que acompaña al ciudadano para que pueda transitar seguro por las rutas de nuestro país".



LA COSTA ATLÁNTICA PINTADA DE NARANJA

La presencia de la Agencia no pasa desapercibida a los turistas, quienes pudieron participar de dos maratones por la seguridad vial -en Mar del Plata y Pinamar-, así como recibir una vasta cantidad de folletos de concientización vial.

El gran centro de atención fue el Taller Itinerante que recorrió las playas más turísticas. Este taller contó con un simulador de vuelco (hace un vuelco a 40km por hora), un Dummy robot, pruebas de reflejos, entre otros juegos para toda la familia.

Por otro lado, la campaña que despierta gran interés en los restaurantes y pubs de la costa son los alcoholímetros gratuitos que están a la salida de estos, para que antes de subirse a un auto el grupo pueda decidir quién está en condiciones para conducir. Rodríguez Laguens afirma que “un conductor alcoholizado que fallece en un siniestro vial, provoca 4 muertos pasivos. Por ello esta campaña hace foco en lo peligroso de ingerir alcohol a la hora de conducir, y a su vez, apela a los valores de la amistad y de la vida ya que les pedimos a jóvenes y adultos, que cuiden a sus amigos y si éstos han ingerido alcohol, no les permitan conducir”.

Finalmente, cabe destacar que la Agencia tiene dos años y medio de creación. Con la ley 26.363, se empezó a dar respuesta al pedido de familiares y víctimas de hechos de tránsito, los cuales clamaban una acción concreta del Estado. Y fue la Presidenta de la Nación, Fernández de Kirchner, quien envió un proyecto de ley en el que se creaba una agencia que venía a dar respuesta a la lamentable situación de siniestralidad vial que vivía nuestro país. Es así que se trazaron los ejes para salvar vidas en nuestras rutas y caminos. Aún queda mucho por hacer en materia de tránsito y seguridad vial, pero podemos decir que nuestro país decidió dar un paso adelante y esto se vio reflejado en la declaración de Buenos Aires del II Congreso Iberoamericano de Seguridad Vial, en la que se concluyó que “la nueva agencia líder -Agencia Nacional de Seguridad Vial-, ya está generando un impacto positivo y mostrando el camino que hay por delante para esta región y otras regiones en el mundo en las que estamos trabajando”. “Estas acciones, campañas y logros en materia de seguridad vial constituyen importantes pasos para la generación de un cambio profundo en la cultura vial argentina. Es necesario renovar el compromiso y el trabajo mancomunado con todos los actores de la sociedad, con el único fin de salvar vidas”, sostuvo Rodríguez Laguens.

OTRAS ACCIONES

- La nueva Licencia Nacional de Conducir unifica los criterios de evaluación de aptitudes, conocimientos y capacitación para su emisión. Además, unifica el formato, sus medidas de seguridad, la base de datos (el Registro Nacional de Antecedentes de Tránsito) y permite la implementación del Sistema Nacional de Scoring.

- El Formulario Naranja permite relevar los datos más importantes ante un eventual siniestro y enviarlos a la Agencia para su posterior procesamiento. Es un informe sistemático que elimina las arbitrariedades del registro y apunta sólo datos relevantes del hecho de tránsito, unificando el criterio estadístico, lo que permitirá tomar decisiones futuras en materia de seguridad vial.

- Los Personal Digital Assistant (PDA), dispositivos parecidos a una palm, permiten a los Agentes de Prevención y Seguridad Vial labrar infracciones de forma segura, rápida y de manera portátil. Esto es en el marco del Sistema Nacional de Infracciones de Tránsito (SINAI), que crea un modelo único de actas de infracción y dispone los procedimientos para su emisión, entrega, carga y digitalización; así como su seguimiento hasta el efectivo juzgamiento, condena, absolución o pago.

- La Tecnicatura Superior en Seguridad Vial dictada por la UTN y que cuenta con la aprobación del Ministerio de Educación (Res ME 1342/06), con lo que el título tiene validez nacional. La ANSV a través del Centro de Formación en Política y Gestión de la Seguridad Vial, promueve el dictado de esta carrera, becando a funcionarios municipales que trabajen en el área, ya sea como autoridad de aplicación, o en tránsito.





La ANSV lanzó la Tecnicatura Superior en Seguridad Vial en dos nuevas sedes

La Agencia Nacional de Seguridad Vial, organismo dependiente del Ministerio del Interior, lanzó la Tecnicatura Superior en Seguridad Vial, en las sedes de Resistencia y Río Gallegos de la Universidad Tecnológica Nacional.

La carrera está orientada a personal de provincias y municipios con funciones afines a la seguridad vial y su objetivo es el de formar individuos capaces de desempeñarse en un equipo interdisciplinario con responsabilidad directa en las tareas básicas de gestión, control, prevención y asesoramiento en la temática.

Al respecto, Felipe Rodríguez Laguens, director ejecutivo de la Agencia Nacional de

Seguridad Vial, destacó que “la capacitación es uno de los pilares fundamentales de la política vial que hemos iniciado desde el Gobierno Nacional”. Y agregó que “buscamos un cambio cultural en la sociedad, lo estamos logrando, pero es necesario para eso la educación en seguridad vial”.

La carrera está organizada en 5 cuatrimestres y su título tiene validez nacional.

El lanzamiento de la tecnicatura se realizó en las Facultades Regionales de Resistencia y Río Gallegos, y se suman a las ya existentes en La Plata, Avellaneda, y Neuquén.

Para mayor información e inscripciones dirigirse a la UTN, a la Facultad Regional de cada ciudad o al Centro de Formación en Políticas en Seguridad Vial de la ANSV, Moreno 633, ciudad de Buenos Aires, teléfono: (011) 5295-2400.0 bien enviar un email a:

centrodeformacion@seguridadvial.gov.ar



CAMINOS DEL RÍO URUGUAY

S.A. DE CONSTRUCCIONES Y CONCESIONES VIALES

Autopista Mesopotámica

Rutas Nacionales N° 12 y 14 .

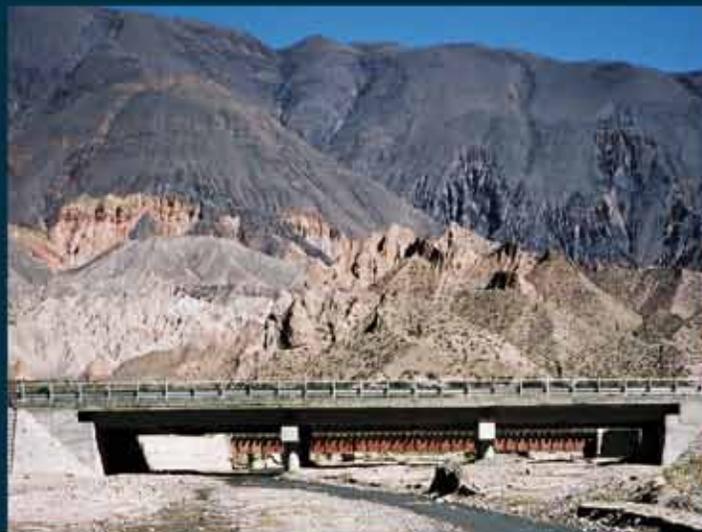
Financió y Construyó las Autovías:

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)

Fondo Fiduciario Federal de Infraestructura Regional



*Financiando el Desarrollo Regional
y la Generación de Empleo*



Nuestro Organismo, en sus 13 años de gestión, contribuye a la infraestructura Nacional con más de \$2.385.000.000 en créditos otorgados para más de 320 obras, generando más de 5.756.000 jornales directos de empleo genuino.

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



Martínez y de la Fuente S.A.

Oficinas Técnicas

Av. San Martín 2069 (1888) - Fcio. Varela
+5411 4255-0110 - info@myfsa.com.ar

Oficinas Comerciales

Balcarce 216 (1064) - Ciudad de Buenos Aires
+5411 4343-0907 - comercial@myfsa.com.ar

www.myfsa.com.ar

CLEANOSOL ARGENTINA S.A.I.C.F.I.



CONSERVACION VIAL

MICROAGLOMERADO EN FRIO
MATERIAL PARA BACHEOS EN FRIO
LECHADAS ASFALTICAS
BOX-BEAM / FLEX-BEAM
PROYECTO Y EJECUCION DE
TRAVESIAS URBANAS
AMORTIGUADORES DE IMPACTO

DEMARCACION HORIZONTAL

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

SEÑALIZACION VERTICAL

FABRICANTE HOMOLOGADO
DE SEÑALES 3M



Mendoza 1674 / B1868CUF / Avellaneda / Buenos Aires / Tel: 4208 1189-3597-1725 (lin. Rot) / ventas@cleanosol.com.ar



INAUGURACIÓN AUTOPISTA ROSARIO-CÓRDOBA

La Presidenta inauguró la Autopista Rosario-Córdoba

Cristina Fernández encabezó esta noche el acto de inauguración de la Autopista Rosario-Córdoba, una obra estratégica para el desarrollo del país, ya que une las ciudades de Buenos Aires, Santa Fe y Córdoba, y se emplaza en una región que concentra el 70% del PBI. La obra demandó una inversión de más de tres mil millones de pesos. Además, la obra, financiada por el Gobierno Nacional, beneficiará con un tránsito fluido y seguro la conexión con los países integrantes del Mercosur.

“Esta obra anunciada hace más de 40 años une a dos provincias tan importantes como Santa Fe y Córdoba, pero la presencia de distintos gobernadores de varias provincias le da el verdadero significado a la obra: es de todos los argentinos”, expresó la Presidenta en la ceremonia.

La jefa de Estado sostuvo que “es una obra que une puntos determinantes de la producción nacional, pero que también cuida la vida de millones argentinos que van a poder transitar con mucha mayor seguridad que antes”. “Es una obra soñada”, reflexionó.

Por otra parte, consideró que la autovía representa “la patria soñada”, y en ese marco ratificó su “inquebrantable compromiso con el desarrollo del país” con el impulso de este tipo de proyectos de infraestructura, con la financiación de la educación pública y con la consolidación del trabajo digno. “Quiero una patria más justa y más igualitaria, y mi compromiso por ella sigue en pie hoy, más fuerte que nunca”, expresó.

“Estamos a 7 años y medio de aquel 25 de mayo del año 2003, cuando pocos creían que se podían hacer las cosas que decíamos, cuando comenzamos a deconstruir prolijamente todas esas cosas que nos metieron en la cabeza, como que no éramos capaces de tener un país mejor”, señaló Cristina Fernández, y agregó: “Nosotros decíamos que era posible tener políticas autónomas y tener mercado interno y exportación, y hoy podemos decir que nunca hemos estado más integrados al mundo como ahora”.

“No fue en vano haber luchado con tanta fuerza y perseverancia, casi con terquedad y obstinación”, sintetizó la Mandataria.



Acompañaron a la Presidenta en el acto, entre otros, el gobernador de la provincia de Córdoba, Juan Schiaretti; el gobernador de la provincia de Santa Fe, Hermes Binner; el ministro de Planificación Federal, Julio De Vido; el ministro del Interior, Florencio Randazzo; el ministro de Turismo, Enrique Meyer; el intendente de Leones, Fabián Francioni, e invitados especiales.

LA OBRA

El trazado de la Autopista Rosario-Córdoba se extiende a lo largo de 312 kilómetros, entre la ciudad de Carcarañá (Santa Fe) hasta Pilar (Córdoba).

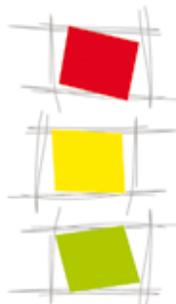
La flamante vía cuenta con dos carriles por sentido de circulación, dos calzadas pavimentadas de 7,30 m. de ancho y una separación entre calzadas de 16 metros. Las obras incluyeron señalización vertical y demarcación horizontal a lo largo de toda la traza, y un moderno sistema de iluminación en cruces y distribuidores que mejoran la visión nocturna de los conductores. De esta forma las ciudades de Rosario y Córdoba que se encuentran a 410 kilómetros de distancia quedan vinculadas por autopista. La autopista está diseñada para ser transitada a una velocidad máxima de 130 km por hora.

El diseño y los materiales utilizados garantizan una mayor seguridad y disminución de accidentes, brindándole una larga perdurabilidad gracias al empleo de nuevas tecnologías y la alta calificación de la mano de obra de la región.

El diseño y la composición estructural convierten a la Autopista Rosario-Córdoba en un ejemplo de la modernidad vial, brindando a los viajantes comerciales y turistas mayor seguridad, fluidez y conectividad. Además, se han pavimentado los accesos a las ciudades y localidades que se encuentran cercanas a la traza de la autopista.

LICENCIATURA EN PREVENCIÓN VIAL Y TRANSPORTE

- Abierta la inscripción ciclo 2011 -



COMO RESPUESTA A LAS NECESIDADES ESTRUCTURALES DE LA SEGURIDAD VIAL, DE LA MOVILIDAD Y DEL TRANSPORTE, LA FACULTAD DE ARQUITECTURA, DISEÑO, ARTE Y URBANISMO DE LA UNIVERSIDAD DE MORÓN, OFRECE UNA CARRERA CON RÁPIDA INSERCIÓN LABORAL. DESTINADA A LA FORMACIÓN ESPECIALIZADA EN RESOLVER DICHA TEMÁTICA.

PRIMER AÑO

INTRODUCCIÓN A LA MOVILIDAD
ELEMENTOS DE DERECHO
FACTOR HUMANO I
VÍAS DE COMUNICACIÓN E
INFRAESTRUCTURA VIAL
MATEMÁTICA APLICADA
FÍSICA APLICADA
REPRESENTACIÓN GRÁFICA
INGLÉS I
INFORMÁTICA I

SEGUNDO AÑO

GESTIÓN DE LA SEGURIDAD VIAL I
TRANSPORTE PÚBLICO
ACCIDENTOLOGÍA I
FACTOR HUMANO II
VEHÍCULOS Y SEGURIDAD I
FORMACIÓN VIAL I
INTRODUCCIÓN AL PLANEAMIENTO URBANO
Y REGIONAL
OBRAS VIALES COMPLEMENTARIAS
INGLÉS II
INFORMÁTICA II

TERCER AÑO

GESTIÓN DE LA SEGURIDAD VIAL II
TRANSPORTE Y LOGÍSTICA I
ACCIDENTOLOGÍA II
FACTOR HUMANO III
VEHÍCULOS Y SEGURIDAD II
EPISTEMOLOGÍA Y METODOLOGÍA DE LA
INVESTIGACIÓN I
TÉCNICAS PLANEAMIENTO URBANO Y
REGIONAL I
ORGANIZACIÓN Y GESTIÓN DE OBRAS
VIALES
DISEÑO Y EJECUCIÓN DE VÍAS DE
COMUNICACIÓN
LABORATORIO DE ENSAYO Y TAREA DE
CAMPO
TRABAJO DE ESPECIALIZACIÓN

TITULO INTERMEDIO: TÉCNICO UNIVERSITARIO EN SEGURIDAD VIAL Y TRANSPORTE

CUARTO AÑO

GESTIÓN DE LA MOVILIDAD I
ACCIDENTOLOGÍA Y PREVENCIÓN VIAL I
VEHÍCULOS Y PREVENCIÓN VIAL I
TÉCNICAS DE PLANEAMIENTO URBANO Y REGIONAL II
FACTOR HUMANO IV
POLÍTICAS Y PLANEAMIENTO DEL TRANSPORTE
TRANSPORTE Y LOGÍSTICA II
INGLÉS TÉCNICO
PRÁCTICA PROFESIONAL

EPISTEMOLOGÍA Y METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN II
GESTIÓN DE LA MOVILIDAD II
ACCIDENTOLOGÍA Y PREVENCIÓN VIAL II
VEHÍCULOS Y PREVENCIÓN VIAL II
TÉCNICAS DE PLANEAMIENTO URBANO Y REGIONAL III
ÉTICA Y DEONTOLOGÍA PROFESIONAL
ECONOMÍA Y OPERACIÓN DEL TRANSPORTE
TRABAJO FINAL

TITULO: LICENCIADO EN PREVENCIÓN VIAL Y TRANSPORTE

INFORMES E INSCRIPCIÓN

Cabildo 134 - Morón (B1708JPD) - Pcia. de Buenos Aires - Argentina
Tel: 5627-2000 (internos: 170-172) - Fax: (0054-11) 5627-2020
E-mail: infoarquitectura@unimoron.edu.ar

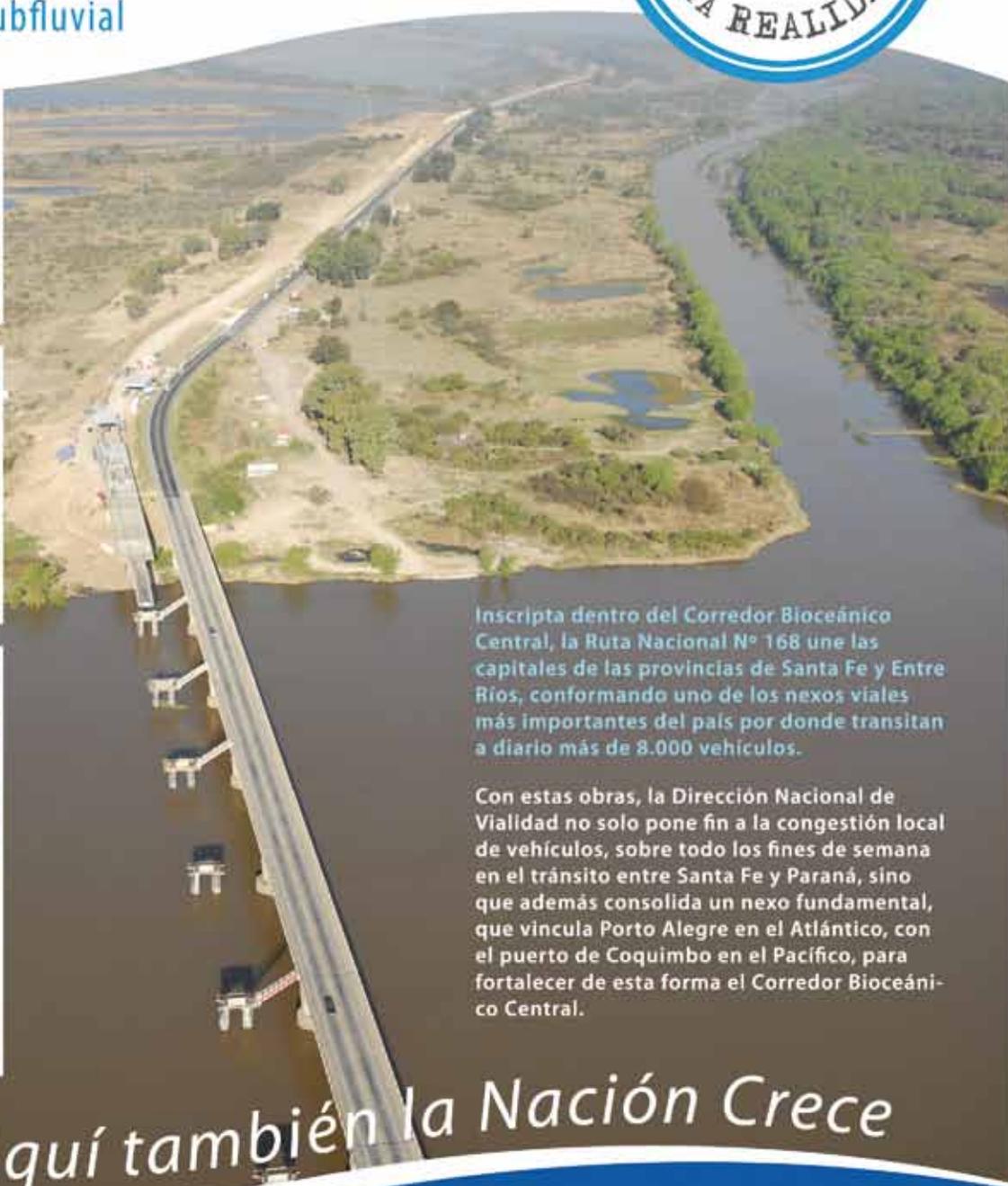
UM - FADAU
UNIVERSIDAD DE MORÓN
FACULTAD DE ARQUITECTURA
DISEÑO, ARTE Y URBANISMO

DIRECCIÓN NACIONAL DE VIALIDAD

RUTA NACIONAL 168

Río Colastiné - Túnel Subfluvial

La Nación
invierte
en Santa Fé



Inscripta dentro del Corredor Bioceánico Central, la Ruta Nacional N° 168 une las capitales de las provincias de Santa Fe y Entre Ríos, conformando uno de los nexos viales más importantes del país por donde transitan a diario más de 8.000 vehículos.

Con estas obras, la Dirección Nacional de Vialidad no solo pone fin a la congestión local de vehículos, sobre todo los fines de semana en el tránsito entre Santa Fe y Paraná, sino que además consolida un nexo fundamental, que vincula Porto Alegre en el Atlántico, con el puerto de Coquimbo en el Pacífico, para fortalecer de esta forma el Corredor Bioceánico Central.

Aquí también la Nación Crece



ARGENTINA
Con vos, siempre.



Presidencia de la Nación

PROPUESTA DE PLAN DE INFRAESTRUCTURA VIAL-FERROVIARIA 2010-2020

Integrantes:

Coordinador: Ing. Daniel Bortolin / Especialista vial: Ing. Diego Gonzalez / Economía del transporte: Lic. Haydée Lordi / Con la colaboración de: Ing. Anibal Agostinelli

Uno de los objetivos fundacionales de la Asociación Argentina de Carreteras es aportar a las autoridades correspondientes, iniciativas, planes y proyectos que permitan solucionar o minimizar los problemas de transporte derivados del incremento de la demanda debido al crecimiento poblacional y económico del país.

En este caso presentamos un Resumen Ejecutivo de la propuesta de Plan de Infraestructura Vial y Ferroviaria, a nivel nacional para el periodo 2010-2020 elaborado por profesionales de la Entidad a solicitud de la Cámara Argentina de la Construcción.

1. INTRODUCCIÓN – PAUTAS DEL PLAN

El desarrollo del transporte en Argentina se vio signado por períodos atados a diferentes modelos económicos, tendencias mundiales y tecnologías donde, en general, se desarrollaron en forma dispar los distintos modos de transporte sin una planificación integradora. Primero fue la inversión privada en ferrocarriles hasta la década del 40 atada a un modelo agroexportador, la red vial se supeditaba a la ferroviaria. Luego, con la llegada de la crisis producto del fin de la 2ª guerra mundial y la caída del comercio internacional y la inversión extranjera, el Estado toma el control de las empresas e invierte directamente en infraestructura siguiendo un modelo desarrollista donde el sector público se hace presente como inversor directo y operador de una parte significativa del sistema de transporte. La red caminera, impulsada por el auge del automóvil, se extiende por el país a las provincias, en contraposición a la red ferroviaria, que pese a recibir inversiones y habilitarse talleres, comenzó un proceso de levantamiento de ramales y deterioro progresivo de infraestructura que sigue hasta nuestros días. Durante las décadas de los años 60 y 70, la longitud pavimentada de las rutas nacional se cuadruplica llegando a los 20.000 km (60% de lo pavimentado actual), configurando precisamente lo que hoy llamamos una red. A partir de allí, se amplió la proporción pavimentada, se adaptaron trazados, se incluyeron medidas de seguridad, se convirtieron en autovía algunos tramos y surgieron los accesos viales masivos a las ciudades más importantes.

Sin embargo, todas estas acciones no llegaron a causar un salto de calidad equivalente al de las décadas de los años 60 y 70, base de una red de caminos pavimentada. Hoy día estamos a las puertas de otro salto cualitativo necesario, esta vez también de la mano de una red pero de alta capacidad o autopistas, complementada con tramos jerarquizados, abarcativa en lo territorial con alcance a los puertos y pasos fronterizos, y signada por criterios avanzados en seguridad vial y cuidado del medioambiente. El desafío es, de alguna manera, retomar la mirada desarrollista que implica anticiparse a la demanda, abonando el campo para el impulso de nuevas áreas productivas y la intermodalidad vial-ferroviaria- marítimo/fluvial.

En el campo ferroviario, y frente al fuerte proceso de desinversión iniciado en la década del 80, la meta es retomar el estado de la infraestructura de la red troncal interurbana de dicha década, mediante la jerarquización de una red troncal interurbana y la modernización de la red urbana. El objetivo es incrementar la participación del ferrocarril en el transporte de cargas (llevándolo del 7% actual al 10% en 10 años), reimplantar los servicios interurbanos de pasajeros a los principales destinos, y absorber gran parte del crecimiento esperado de la demanda de pasajeros urbanos, en especial, aquella insatisfecha por la virtual imposibilidad de viajar desde algunos sectores de la periferia de las áreas metropolitanas hacia su centro.

Intermodalidad. Se ha buscado hacer coincidir a los corredores viales con los ferroviarios, explotando la complementariedad de ambos de manera de maximizar la capacidad del conjunto buscando incentivar las ventajas

competitivas en lo que se refiere a distancia de transporte y tipología de carga, por ejemplo.

2. PLAN VIAL 2010-2020

Configuración de la red vial

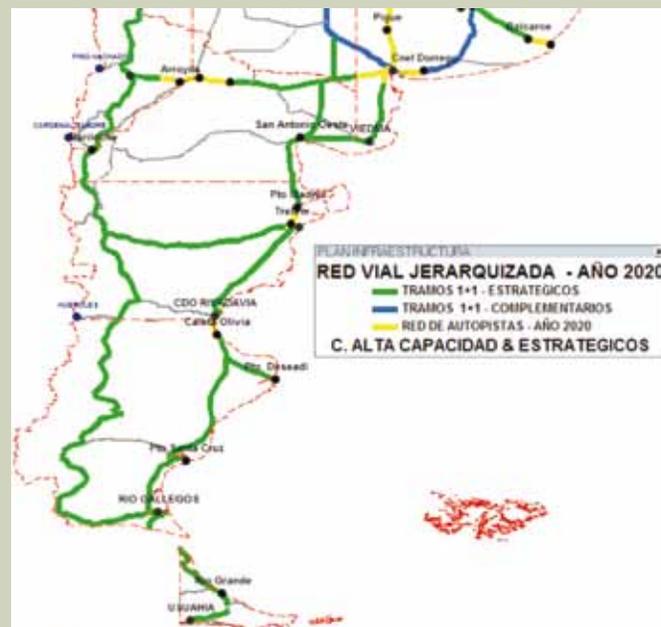
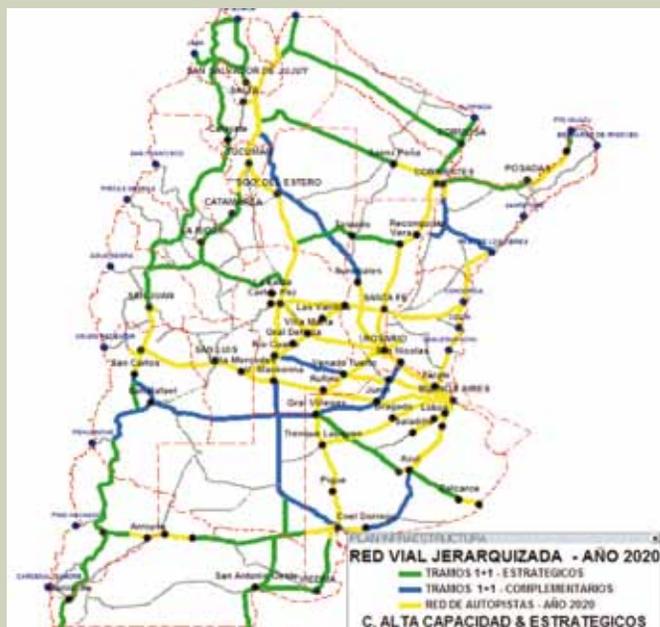
Concepto de corredor. Si bien el plan se vertebra en una red troncal de alta capacidad, la misma es complementada por tramos jerarquizados con la configuración clásica (ruta bidireccional de un carril por sentido) de modo de poder corresponder a un corredor más de una alternativa, no todas ellas con configuración de autovía/autopista. Es así que la capacidad de un corredor (y por ende su crecimiento) no está sujeta entonces a una sola ruta, sino al conjunto, evitando la desinversión en algunos tramos que a la larga supone mayores costos a la hora de recuperar una ruta dejada de lado, y propiciando una distribución territorial más homogénea de la vialidad. Por ejemplo, el Corredor Buenos Aires – Tucumán, tiene la alternativa por la RN 9 o la RN 34; el corredor Buenos Aires – Bahía Blanca, la alternativa por la RN 5 y RN 33 o por la RN3; el corredor Buenos Aires-Corrientes, la alternativa por RN 14 o por RN 9 y RN 11. En general una alternativa busca la conectividad poblacional y la otra apunta más al transporte de la carga complementaria a un ramal troncal ferroviario.

Red de alta capacidad y corredores estratégicos. A la red de alta capacidad (en su mayoría con configuración de autopista/autovía complementada con tramos jerarquizados de dos carriles), se le suma una serie de “corredores estratégicos” que buscan conectar las regiones periféricas del territorio con la red de alta capacidad, con los ramales ferroviarios nutriéndolos transversalmente y con los pasos a los países limítrofes, en particular con Chile buscando la salida al mar por el oeste. Dichos Corredores Estratégicos, al igual que los complementarios a la red de autovías, son tramos de rutas que dentro de la configuración convencional de dos carriles, se los jerarquiza con vistas a ampliar a largo plazo la red de autovías a través de ellos.

Las obras asociadas a la jerarquización de los tramos complementarios a la red de alta capacidad y a los Corredores Estratégicos son en general: la repavimentación y ensanche, pavimentación de banquetas, obras de seguridad y mejora en travesías urbanas. En el caso de los Corredores Estratégicos, hay algunos con características turísticas en cuyos casos el tipo de obra cambia adecuado a su funcionalidad.

En las siguientes imágenes se presenta un mapa completo donde se vuelcan.

- Tramos en autopistas : en amarillo
- Tramos complementarios a los de autopistas: en azul
- Tramos de los corredores estratégicos: en verde



2. INVERSIÓN VIAL – 2011-2020

El siguiente cuadro resume el plan de inversión vial en los próximos 10 años. Suma un total que ronda los \$232.000 millones, 23.200 millones por año, un 20% mayor respecto del escenario de continuar con el nivel de inversión actual incrementado al ritmo del crecimiento del PBI. Significaría pasar de una participación que no llega al 1% del PBI (0.9%) al 1.1% del PBI.

RED NACIONAL			
Componente	Año 2010	Año 2020	Variación
	longitud		
Toda la red nacional	39.322 km	39.322 km	0%
Alta capacidad			
a autovía / a autopista (configuración (2+2) o superior	1.661 km	8.780 km	429%
Pavimentación			
rutas pavimentadas	34.663 km	38.796 km	12%
rutas no pavimentadas	4.659 km	526 km	-89%
% rutas no pavimentadas	12%	1%	
Sistemas de gestión			
rutas bajo sistema de gestión por peaje	9.460 km	13.145 km	39%
rutas bajo sistema de gestión C.Re.Ma	12.022 km	18.613 km	55%
rutas bajo sistema de mantenimiento por administración	10.778 km	7.564 km	-30%

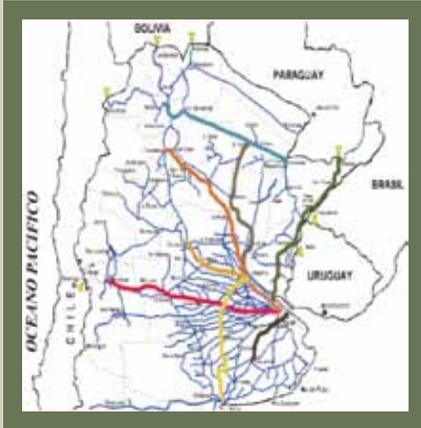
Respecto de la red nacional, se pasa a contar con una red de 8.800 km de alta capacidad. La cantidad de rutas no pavimentadas prácticamente se eliminan.

3. PLAN FERROVIARIO 2010-2020

El plan de inversiones se aplica tanto a la red de larga distancia (que abarca los servicios de carga y de transporte de pasajeros interurbanos) como a la red metropolitana.

Red de larga distancia

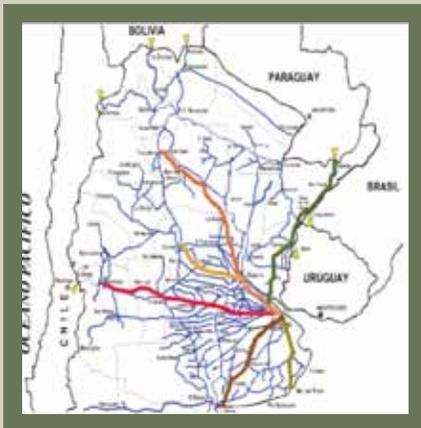
La siguiente figura presenta la red troncal de cargas priorizada en el plan



- Corredores de carga**
- Buenos Aires-Posadas
 - Rosario-Bahía Blanca
 - Buenos Aires-Mendoza
 - Tucumán-Rosario-Bs. As.
 - Córdoba-Rosario-Bs. As.
 - Salta-Barranqueras
 - Avía Terai-Rosario

La red ferroviaria de larga distancia, aun en los sectores categorizados como red primaria de cargas con operación de trenes interurbanos de pasajeros, muestra una parte importante donde la insuficiencia de la inversión de reposición y de las tareas de mantenimiento realizados en las décadas anteriores han producido un decremento significativo en el nivel de calidad del servicio, lo cual se refleja en que la velocidad máxima para trenes de carga no supera los 40 kilómetros por hora. El objetivo sería llevar la red de larga distancia a posibilitar una velocidad media de entre los 80 y 100 km/h. Ahora bien, lo anterior se refiere a ver el problema desde el punto de vista de la recuperación de un estado de la infraestructura y del servicio con el que se contaba hace 30 años. Por otro lado, las tecnologías que se desarrollan en el ámbito del transporte ferroviario van avanzando y para no “perder el tren” (nunca mejor aplicada una metáfora) el plan también incluye el tramo de un tren de alta velocidad (o alta prestación) entre Rosario y Buenos Aires. De otra manera, pese a los esfuerzos, la brecha con los países desarrollados será cada vez mayor. Dicho de otro modo, significa encarar el problema por las dos puntas, empujando desde la recuperación de la red y traccionando desde una tecnología que más allá que sea ferroviaria, compite con el avión brindando un servicio equivalente o incluso mejor.

La siguiente figura presenta la red troncal de pasajeros interurbanos priorizada en el plan



- Corredores - pasajeros interurbanos**
- Bs.As.-Posadas
 - Rosario-Mendoza
 - Buenos Aires-Mendoza
 - Tucumán-Rosario-Bs.As.
 - Córdoba-Rosario-Bs.As.

Red larga distancia

PLAN DE INVERSIONES FERROVIARIO AÑO 2010 - 2020 RED DE LARGA DISTANCIA

En millones de pesos

TOTALES POR TIPO DE OBRA	Total 2011-2020	
Obras de vía	36,725	49%
Obras civiles	5	0%
Obras de señalamiento	600	1%
Obras y provisiones de material rodante	11,599	15%
Ampliaciones y otros proyectos integrales	17,061	23%
Mantenimiento trenes de interurbanos pasajeros	1,313	2%
Mantenimiento trenes de cargas	7,953	11%
Total	75,255	100%

Fuente: Elaboración propia

Red metropolitana

PLAN DE INVERSIONES FERROVIARIO AÑO 2010 - 2020 AREA METROPOLITANA DE BUENOS AIRES

En millones de pesos

TOTALES POR TIPO DE OBRA	Total 2011-2020	
Obras de vía	2,173	6%
Obras civiles	3,530	9%
Obras de señalamiento	851	2%
Obras eléctricas	214	1%
Obras y provisiones de material rodante	7,256	18%
Electrificaciones y Ampliaciones Subterráneos	12,814	32%
Ampliaciones y otros proyectos integrales	3,601	9%
Mantenimiento	9,031	23%
TOTAL GENERAL POR TIPO DE OBRA	39,470	100%

Fuente: Elaboración propia

4. CONCLUSIONES

El escenario de inversión comprensiva para los próximos 10 años en materia de infraestructura vial y ferroviaria se plantea en un total de \$347.000 millones de pesos, 2/3 para la vial y 1/3 para la ferroviaria. Esto implica pasar de una participación respecto al PBI que no llega al 1%, a un 1.7%, un poco más cercano a economías que han crecido y desarrollado de la mano de una inversión significativa en infraestructura como México o Australia; muy lejano aún de los niveles de China o Corea.

El orgullo y la experiencia de hacer caminos

Hemos transitado mas de 70 años de vida haciendo caminos.

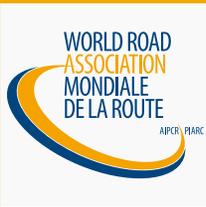
Hoy, renovamos nuestro compromiso con la experiencia y el orgullo de continuar cosntruyendo.

Concesiones viales, construcciones viales, de arquitectura y obras civiles.



vialco s.a.

Una empresa del Grupo Electroingeniería



Seminarios Internacionales de la ASOCIACIÓN MUNDIAL DE LA CARRETERA (AIPCR-PIARC)

La AIPCR - PIARC (Asociación Mundial de la Carretera) es una asociación sin fines de lucro cuya finalidad es "Intercambiar conocimientos y técnicas sobre las carreteras y los transportes".

La AIPCR - PIARC desarrolla sus actividades con la finalidad de dar servicio a todos sus miembros aportando:

- un fórum internacional líder para el análisis y la discusión de toda la gama de asuntos relativos a la carretera y al transporte por carretera,
 - la identificación, el desarrollo y la difusión de las mejores prácticas, así como ofrecer un mejor acceso a las informaciones,
 - una atención particular, en el marco de sus actividades, a los países en vías de desarrollo y en transición,
 - el perfeccionamiento y la promoción de herramientas eficaces para la toma de decisiones en materia del transporte terrestre.
- Para conseguir estos objetivos, AIPCR - PIARC:
- Crea y coordina los Comités Técnicos
 - Organiza cada cuatro años un Congreso Mundial de la Carretera, así como distintos Seminarios Técnicos

Los Comités Técnicos están formados por distinguidos profesionales nombrados por los países miembros. Se reúnen dos veces al año entre Congresos lo que les permite discutir e informar sobre su programa de trabajo.

En el mes de mayo de 2011 se reunirán en la Ciudad de Buenos Aires, Argentina el Subcomité Técnico Pavimentos de Hormigón (D2C) y el Comité técnico Seguridad Vial (C2),

Oportunidad en la cual se celebrarán, además, dos Seminarios Técnicos, los días

9 y 10 en el Hotel Panamericano de la Ciudad de Buenos Aires, organizados en forma conjunta por el Instituto del Cemento Portland Argentino y la Asociación Argentina de Carreteras, contando con el apoyo de la Dirección Nacional de Vialidad y el Consejo de Directores de Carreteras de Iberia e Iberoamérica.

Estos Seminarios Técnicos tratarán sobre:

"Últimos avances en el diseño y construcción de Pavimentos de Hormigón"

"La influencia de la infraestructura en la Seguridad Vial".

Tomarán parte de los mismos destacados profesionales de prestigio internacional, quienes tendrán a su cargo las distintas conferencias.

Los ejes temáticos a desarrollar en cada Seminario son los siguientes:

Comité técnico Seguridad Vial (C2)

- La experiencia en Iberoamérica
 - Planificación, diseño y gestión de infraestructuras en relación a la Seguridad Vial
 - Minimización de riesgo y su rentabilidad social
 - Operaciones de Seguridad Vial en países de ingresos bajos y medios
 - Medidas de bajo costo para mejorar la Seguridad Vial
- #### Subcomité Técnico Pavimentos de Hormigón (D2C)
- Diseño de Pavimentos de Hormigón
 - Construcción sostenible
 - Técnicas de mantenimiento y restauración – Recubrimientos adheridos
 - Prácticas novedosas: pavimentos continuamente armados y en dos capas

PROGRAMA

La influencia de la infraestructura en la Seguridad Vial

SALÓN RÍO PARANÁ	
LUNES 9 DE MAYO	<p>9:30 a 10:00</p> <p>Ceremonia Inaugural Ing. Nelson Periotti - Administrador General de la Dirección Nacional de Vialidad - Argentina Jean-Francois Corte - Secretario General PIARC</p>
	<p>10:15 a 11:00</p> <p>CONFERENCIA ESPECIAL La influencia de la Infraestructura en la Gestión de la Seguridad Vial Lic. Miguel Salvia - Presidente Asociación Argentina de Carreteras Prof. Dr. Ahmad Farhan Mohd Sadullah - Presidente del Comité Técnico Seguridad Vial de la Asociación Mundial de Carreteras (AIPCR) C.2. Lic. Felipe Rodriguez Laguens - Director Ejecutivo Agencia Nacional de Seguridad Vial - Argentina</p>
	<p>11:00 a 11:30</p> <p>Coffee Break</p>
	<p>11:30 a 13:00</p> <p>CONFERENCIA ESPECIAL Infraestructura y Seguridad Vial: experiencia en distintos Países</p> <p>Argentina Jorge Gregorutti - Ingeniero Civil - Gerente de Obras y Servicios Viales de la Dirección Nacional de Vialidad - Argentina</p> <p>Australia George Mavroyeni - Ing. Civil - Director Ejecutivo - Grandes proyectos en VicRoads, ex Director Ejecutivo de la seguridad vial y acceso a la red en Victoria - Australia. Miembro del Comité Técnico de Seguridad Vial de la Asociación Mundial de la Carretera.</p> <p>México Alberto Mendoza - Ingeniero Civil, del Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM). Maestro en Ciencias en Ingeniería Civil en la Universidad de Texas en Austin, Doctor en Ingeniería, también en la Universidad de Texas en Austin. Coordinador de Seguridad y Operación del Transporte en el Instituto Mexicano del Transporte</p> <p>Japón Yoshitaka Motoda - Dr. Ingeniero, profesor de la Universidad de Iwate Prefetural, Director de la Oficina de carreteras de Osaka, Ministerio de la Construcción, Japón</p> <p>USA Mike Griffith - Máster en Ingeniería del Transporte de la Universidad de Maryland, Master en Estadística de SUNY Buffalo, y una licenciatura en Negocios y Gestión de Ithaca College, Director de la Oficina Federal de Carreteras de la Administración de Tecnologías de Seguridad, USA</p>
	<p>13:00 a 15:00</p> <p>Almuerzo (libre)</p>

LUNES 9 DE MAYO (continuación)	CONFERENCIA ESPECIAL	
	Gestión y diseño de las infraestructuras y su relación con la seguridad Vial	
	<p>Modelización de la Seguridad Vial: beneficios de invertir en las infraestructuras viarias. Mejoras relativas en la seguridad de los vehículos en relación a los usuarios de la carretera. Ejemplos de aplicación</p> <p>George Mavroyeni (Australia) - Ing. Civil - Director Ejecutivo - Grandes proyectos en VicRoads, ex Director Ejecutivo de la seguridad vial y acceso a la red en Victoria - Australia. Miembro del Comité Técnico de Seguridad Vial de la Asociación Mundial de la Carretera.</p> <p>María Graciela Berardo (Argentina) - Magister en Ingeniería Vial. Universidad Nacional de Rosario (Argentina), Ingeniera Civil. Universidad Nacional de Córdoba (Argentina). Directora de Comisión Interdisciplinaria de Seguridad Vial y Accidentología (CISVAC) en el Instituto Superior de Ingeniería del Transporte, Universidad Nacional de Córdoba, Profesora Titular Plenaria de la Universidad Nacional de Córdoba, Directora de la Carrera de Ingeniería Civil, Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales, Universidad Nacional de Córdoba</p>	
	15:00 a 16:30	
16:30 a 17:00	Coffee Break	
MARTES 10 DE MAYO	CONFERENCIA ESPECIAL	
	Medidas de bajo costo para la mejora de la seguridad vial	
	España - Dirección General de Carreteras España. Ponente a confirmar	
	<p>Mike Griffith (USA) - Máster en Ingeniería del Transporte de la Universidad de Maryland, Master en Estadística de SUNY Buffalo, y una licenciatura en Negocios y Gestión de Ithaca College, Director de la Oficina Federal de Carreteras de la Administración de Tecnologías de Seguridad, Estados Unidos</p>	
17:00 a 18:30	17:00 a 18:30	
18:30 a 20:00	Cocktail de Bienvenida	
SALÓN RÍO PARANÁ		
MARTES 10 DE MAYO	CONFERENCIA ESPECIAL	
	Acciones para reducción de riesgos frente a una infraestructura vial inadecuada	
	Educación y sensibilización social en el uso de la infraestructura y la Seguridad Vial	
	<p>Randall Cable (Sud Africa) - "Licenciatura de Ingeniería Civil (Universidad de Ciudad del Cabo). Maestría en Ingeniería (Tránsito y Transporte), África del Sur de Texas A & M University, Ingeniero de Proyectos en el Sur de África en Agencia Nacional de Caminos (SANRAL), Miembro del Comité Técnico AIPCR C.2., África del Sur</p> <p>La contribución efectiva de las mejoras viales en relación con la opinión pública y el mejoramiento de la Seguridad Vial</p> <p>Robert Hull (USA) - Lic. en Ingeniería Civil - Universidad de Utah, Marketing. Lic en Administración de Empresas - Universidad del Estado de Utah. Ingeniero Profesional - Estado de Utah. Director de Tráfico y Seguridad del Departamento de Transporte de Utah. Miembro del Comité Técnico AIPCR C.2. miembro de la Asociación Americana de Funcionarios de Carreteras del Estado de Transporte (AASHTO), Comité Permanente de Seguridad Vial</p>	
	9:00 a 11:00	9:00 a 11:00
	11:00 a 11:30	Coffee Break
	CONFERENCIA ESPECIAL	
	Infraestructura vial: gestión de seguridad vial en países de ingresos bajos y medios	
	Mayor seguridad de la infraestructura: El rol del compromiso social en los países de ingresos bajos y medios	
	<p>Prof. Dr. Ahmad Farthan Mohd (Malasia) - Licenciado en Ingeniería Civil de la Universidad Católica de América, Washington DC, Maestría en Transporte del Imperial College de Londres, Doctor en Transporte de la Universidad de Londres, del University College de Londres. Director General, Instituto Malasio de Investigación de Seguridad Vial. Presidente del Comité técnico Seguridad Vial de la Asociación Mundial de Carreteras (AIPCR) C.2.</p> <p style="text-align: center;">Cuba - Ponente a confirmar</p>	
11:30 a 13:00	11:30 a 13:00	
13:00 a 15:00	Almuerzo (libre)	
CONFERENCIA ESPECIAL		
Formas de incrementar la seguridad vial: entre tramos y puntos negros, El rol de las auditorías y evaluación de resultados		
¿Cómo gestionar tramos y puntos negros?. Ejemplos de mejoras de la infraestructura vial		
<p>George Mavroyeni- Australia</p> <p>IRAP, RSA y METRA. La experiencia de Malasia en la mejora de la Seguridad Vial</p> <p>Prof. Dr. Ahmad Farthan Mohd Sadullah (Malasia) - Licenciado en Ingeniería Civil de la Universidad Católica de América, Washington DC, Maestría en Transporte del Imperial College de Londres, Doctor en Transporte de la Universidad de Londres, del University College de Londres. Director General, Instituto Malasio de Investigación de Seguridad Vial. Presidente del Comité técnico Seguridad Vial de la Asociación Mundial de Carreteras (AIPCR) C.2.</p>		
15:00 a 16:30	15:00 a 16:30	
16:30 a 17:00	Coffee Break	
CONFERENCIA ESPECIAL		
Modelos de gestión y su impacto sobre la seguridad vial. La importancia de una buena evaluación económica y técnica		
Ponente a confirmar		
17:00 a 18:30	17:00 a 18:30	
18:30 a 19:00	Acto de Clausura	
El miércoles 11, los asistentes al Seminario de Seguridad Vial tendrán una visita Técnica de 8.30 a 13.00 hs (Vacantes limitadas)		



CADA OBRA FUE UN PROYECTO



IECSA
INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN

Una empresa del GRUPO **ODS**

CONCRETAMOS DESAFÍOS

Manuela Sáenz 323 - Piso 9 - C1107BPA - Puerto Madero - Buenos Aires - Tel.: 00 54 11 5819 3800

Últimos avances en el diseño y construcción de Pavimentos de Hormigón

PROGRAMA TÉCNICO PRELIMINAR - CONFERENCIAS CONFIRMADAS

CONFERENCIA ESPECIAL

Pavimentos de larga vida. Prácticas sustentables en pavimentos de hormigón y pavimentos de hormigón de doble capa.

Suneel Vanikar. Federal Highway Administration. Miembro del Comité Técnico D2c "Pavimentos de Hormigón" de la AIPCR-PIARC.

CONFERENCIA ESPECIAL

EXPANSIÓN FUTURA DE LOS PAVIMENTOS DE HORMIGÓN EN EUROPA: el análisis de ciclo de vida en los nuevos procedimientos de licitación.

Aniceto Zaragoza Ramirez. Presidente de la Asociación Europea de Pavimentos de Hormigón (EUPAVE) y Director General de OFICEMEN.

CONFERENCIA ESPECIAL

Antecedentes en el diseño y en las prácticas constructivas de pavimentos de hormigón continuamente armados en Bélgica.

Luc Rens. Director Ejecutivo de la Asociación Europea de Pavimentos de Hormigón (EUPAVE). Miembro del Comité Técnico D2c "Pavimentos de Hormigón" de la AIPCR-PIARC.

CONFERENCIA ESPECIAL

Los pavimentos de concreto hidráulico en El Salvador

Rafael Alejandro Gonzalez. Director Ejecutivo del Instituto Salvadoreño del Cemento y del Concreto (ISCYC).

CONFERENCIA ESPECIAL

Hormigón con agregado expuesto. Experiencias en Alemania. Reducción de ruido en superficies de hormigón.

Ralf-Alte Teigeler. Otto Alte-Teigeler Internacional. Miembro del Comité Técnico D2c "Pavimentos de Hormigón" de la AIPCR-PIARC.

CONFERENCIA ESPECIAL

Monitoreo de pavimentos rígidos en el altiplano boliviano.

Rosendo Soruco Zegada. Gerente Técnico del Instituto Boliviano del Cemento y el Hormigón (IBCH).

CONFERENCIA ESPECIAL

Auscultación con deflectometría de impacto y su aplicación a la renovación de pavimentos de hormigón

Sergio Perez. Belgian Road Research Centre (BRR). Miembro del Comité Técnico D2c "Pavimentos de Hormigón" de la AIPCR-PIARC.

CONFERENCIA ESPECIAL

EXPERIENCIAS RECIENTES DE WHITETOPPING EN ARGENTINA.

Antecedentes de proyecto y evaluación del comportamiento en servicio.

Diego Calo, Sergio Fernández. Departamento Técnico del Instituto del Cemento Portland Argentino (ICPA).

CONFERENCIA ESPECIAL

Drenaje de pavimentos de hormigón

Anne Beeldens. Belgian Road Research Centre (BRR). Miembro del Comité Técnico D2c "Pavimentos de Hormigón" de la AIPCR-PIARC.

CONFERENCIA ESPECIAL

Análisis y predicción de comportamiento de pavimentos semi-rígidos de losas cortas de hormigón.

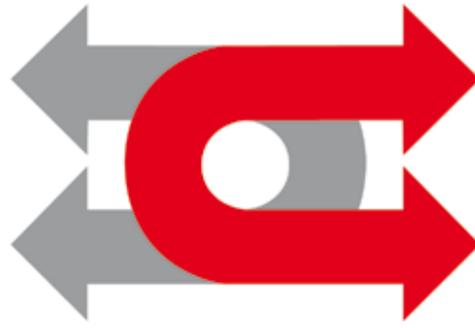
Mauricio Salgado. Jefe Área de Pavimentación del Instituto del Cemento y del hormigón de Chile (ICH).

CONFERENCIA ESPECIAL

Superficies de pavimentos de hormigón en Alemania. Reglamentación e innovación para obra nueva y rehabilitación

Stefan Höller. Federal Highway Research Institute. Miembro del Comité Técnico D2c "Pavimentos de Hormigón" de la AIPCR-PIARC

Nota: Se encuentra confirmada también la participación de otros conferencistas de Argentina, Uruguay, Brasil, Guatemala, España y Sudáfrica.



CHEDIACK

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

STACO
ARGENTINA

STACO ARGENTINA, empresa lider en fabricación de:

- SISTEMAS DE DEFENSAS METALICAS

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

(*con certificación conjunta IRAM INTI.

En STACO ARGENTINA, contamos con producción permanente de postes, alas, defensas rectas y defensas curvas (cóncavas y convexas).

- CAÑOS CORRUGADOS HEL-COR HC68

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



Los productos de Staco Argentina tienen el respaldo internacional de ARMCO STACO líder en productos viales.

Contamos con una red representantes en todo el país para asesoramiento técnico: consúltenos

Cnel. Brandsen 3664 (1754) - San Justo - Buenos Aires - Argentina - Tel: (011)-4651-3601/3602/3603

E-mail: comercial@stacoargentina.com.ar - www.stacoargentina.com.ar



AUTOPISTA PRESIDENTE PERÓN

UNA VEZ MÁS SE ENFRENTA LA POSIBILIDAD DE VER UNA VITAL OBRA INCONCLUSA.

En vías de concretar el inicio de las obras adjudicadas se realizaron las correspondientes audiencias públicas. Durante las mismas surgió una fuerte oposición sobre parte del trazado del tramo IV, basada fundamentalmente en la afectación de tierras de la reserva del Parque Pereyra Iraola y la posibilidad de expropiaciones sobre un barrio aledaño en función del parcial corrimiento de la traza prevista.



La autopista PTE. Perón representa una vinculación especialmente importante para el tránsito en la región metropolitana.

Esta región se caracteriza por tener excelentes vías de acceso a la ciudad de Buenos Aires a través de una red de autopistas que constituyen las rutas 8 y 9 por el norte (Acceso Norte y Ramal Pilar), la ruta 7 por el oeste y por el sur las autopistas Ezeiza – Cañuelas y La Plata- Buenos Aires.

Las rutas transversales y las circunvalantes no tienen la misma jerarquía, lo que genera numerosas dificultades de tránsito y conectividad.

Las rutas circunvalantes presentan un primer anillo, la Avenida Gral. Paz que esta totalmente saturado, con estado de congestión permanente y con una difícil solución al corto y mediano plazo.

El segundo anillo lo establece la Ruta provincial 4, camino de cintura, cuyo diseño, urbano, a nivel presenta un cuadro similar, además de algunos puntos particularmente conflictivos y un estado de mantenimiento que hace aun mas difícil la circulación.

El tercer anillo lo constituye la Ruta Provincial 6, en vías de convertirse en autovía, pero cuya lejanía da solución a otro tipo de requerimientos. La autopista PTE. Perón viene a cubrir una necesidad fundamental a la hora de aliviar el tránsito en los corredores circunvalantes y también en los últimos tramos de los accesos a la Ciudad de Buenos Aires.

La obra

La obra se desarrolla en cuatro tramos, en una longitud total de 94km y se encuentra adjudicada a cuatro consorcios de empresas constructoras, resultando la continuación del camino del Buen Ayre, que vincula las rutas nacionales 9 (Acc. Norte) y 7 (Acc. Oeste) y la conecta con la autopista La Plata-Buenos Aires.

Se desarrolla atravesando zonas urbanas con diseño de dos carriles por sentido de circulación y en algunos tramos tres carriles por cada sentido, con un ancho de zona de camino variable, de acuerdo al entorno, con un máximo de 120m, previéndose distintas secciones transversales, de acuerdo a la limitación del ancho de la zona de camino.



El trazado atraviesa zonas urbanizadas en el partido de Merlo que implicara numerosas expropiaciones de viviendas.

La implantación de esta obra generara un cambio sustancial en el esquema de uso del suelo, permitiendo un importante desarrollo urbano.

El trazado ha sido cuestionado en su tramo IV, final en su conexión con la autopista La Plata-Buenos Aires en proximidad de la ciudad de La Plata, por atravesar el confin del Parque Pereyra Iraola, zona forestal protegida.

Esta oposición de vecinos del lugar, que se han movilizado fuertemente ante esa posibilidad, ha puesto en peligro la materialización total de la obra, ya que el planteo de llevar la traza por una calle lindera al citado espacio verde, también es rechazado por cuanto implicaría expropiaciones de algunas viviendas.

Distintas voces se han levantado contra el proyecto, que ha recibido la oposición del Fiscal de Estado de la Provincia, un recurso de amparo ante la justicia federal, políticos locales que reclaman otras soluciones para el controvertido tramo.

De esta forma, se plantean dos alternativas a la traza escogida:

- 1) Terminar la autopista en su cruce con la Ruta Provincial 36 (ex 2) y vincularla a través de ella con la Autopista La Plata-Buenos Aires
- 2) Extender el trazado hacia la calle 90 de La Plata, para ingresar a la ciudad por el sector sur de la misma.

Las imágenes satelitales (Fig. 3 y 4), grafican cual es la realidad urbana de dos sectores bien definidos de la traza. La primera permite visualizar como es la zona de emplazamiento en el arranque de la autopista en partido de Merlo, donde puede observarse la densidad poblacional del área que atraviesa y las viviendas que deberán ser expropiadas.



Fig. 3 - Vista aérea de la zona urbana que atravesara en su inicio la autopista en su tramo I

En la Fig. 4 se observa como contraste la escasa densidad habitacional de la zona donde transcurrirá el tramo IV de la autopista, sobre la calle 403 de Villa Elisa y el numero infimo de viviendas que se verán afectadas por esta obra.

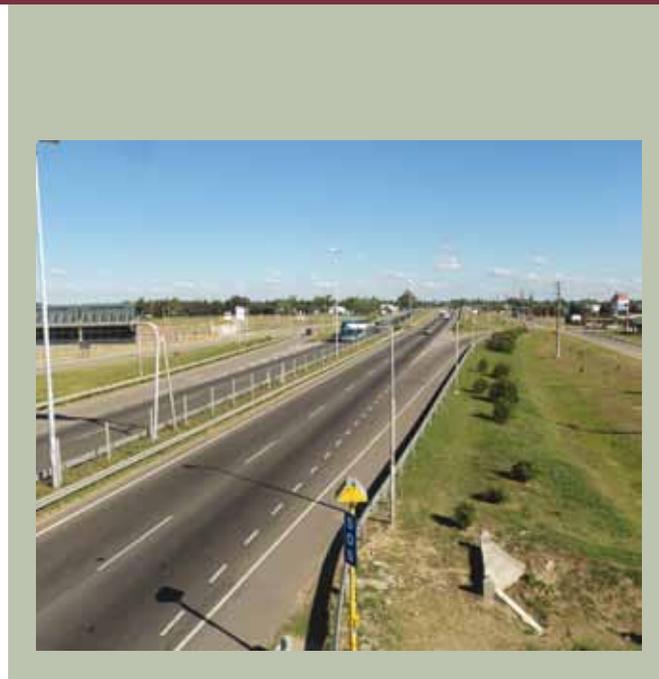


Vista aérea de la zona de la traza del tramo IV por calle 403 (en rojo)

Debemos insistir en la importancia de la obra y en que su ubicación en la traza ahora prevista sobre la calle 403 de Villa Elisa, resulta la más aconsejable y rentable, aun cuando afecte intereses privados de vecinos de esa localidad.

Esa traza atraviesa zonas rurales con algunas viviendas, muchas menos de las que deberán ser expropiadas en otros sectores del trazado y la parte afectada del parque no tiene vegetación de valor, según análisis de expertos en la materia, lo cual puede ser corroborado con la sola vista de la Fig. 4 y una recorrida por esa zona. La vegetación allí radicada no presenta ejemplares de valor insustituible y el impacto que el emplazamiento de la obra provocaría podría ser compensado.

Obsérvese que solo existe un bosque de consideración en una extensión de 800m y que aun en esa extensión podría reducirse el ancho de la zona de camino o buscar desviarla levemente hacia el sur, sin afectar mayormente viviendas. Por otra parte, hoy en día, numerosas autopistas transcurren en los países más desarrollados por zonas sensibles, donde se instrumentan los medios necesarios para minimizar el impacto. Esas tecnologías están hoy disponibles y pueden ser aplicadas en este caso para eliminar los ruidos y la alteración del estilo de vida de los pobladores de las adyacencias.



Análisis de las alternativas planteadas

La primera opción planteada, usar la Ruta Provincial 36 (ex 2) y el ramal Hudson de la autopista La Plata-Buenos Aires, implica adicionar un recorrido ocioso de 11 kms. a todos aquellos vehículos que tengan como destino la región de La Plata y su puerto, con el consiguiente mayor costo operativo de todos los vehículos.

El tramo a suplantar tiene una longitud de 11 kms, siendo el recorrido usando la RP 36 y el ramal Hudson de la autopista de 22 kms.

Esto implica un mayor costo usuario de aproximadamente 230 millones de pesos al año, en el primer año de gestión de la nueva autopista a valores actuales. En segundo termino, introducirá una corriente de tránsito, cuyo principal componente será el tránsito pesado comercial sobre una ruta con un importante componente de tránsito turístico y estacional, que además no tiene un diseño compatible con la autopista que se prevé.

Esto es, quedará un tramo (la actual Ruta 36 – ex Ruta 2) de características inferiores entre dos segmentos de autopista.

Por otra parte esto obligará a incrementar la capacidad de esos 22 kms, con una obra sumamente onerosa que no se encuentra contemplada en ningún contrato y con las consabidas molestias al tránsito usuario de dichas rutas.

Pero además desde el punto de vista de la planificación vial, ello implica agregarle una gran cantidad de vehículos a un tramo de la Ruta Provincial 2 que muestra altos niveles estacionales de congestión, comprometiendo la seguridad vial de esta ruta. La variante de ampliar un carril más no resolvería esta situación.

La contradicción de elegir esta solución esta demostrada en los estudios previos a la Licitación del Sistema Vial del Atlántico dado que en la misma esta prevista ampliar una trocha en todo el tramo desde la Autopista La Plata-Buenos Aires hasta Dolores, entre las primeras obras a realizar. Ello implica que los estudios para esa Licitación ya prevén un flujo de tránsito propio que requiere tal ampliación. Agregarle a este tramo más de 7000 vehículos por día sería fomentar la congestión y la accidentalidad.

Por otra parte, esto último generará un perjuicio económico al fisco, toda vez que obligará a limitar un contrato de obra y asumir la indemnización correspondiente o en su defecto instrumentar una ampliación de contrato poco conveniente a sus intereses. Desde todo punto de vista esta opción genera un importante costo económico para la sociedad y para el fisco en particular.

La segunda opción, planteada por la Municipalidad de La Plata, implica una mucha mayor longitud de obra y ahora si atravesar zonas pobladas del sur de la ciudad de La Plata, con una traza que se encuentra parcialmente intrusada y cuya remoción será dificultosa. Implica el cruce de la Ruta Provincial 2 y la continuidad por la Ruta Provincial 36 continuando hasta la Ruta Provincial 11 en el sur de la ciudad, permitiendo empalmar con la calle 90, lugar donde se emplazaría la autopista de la Ruta Provincial 6, dando una solución a la vinculación con el puerto en Berisso, pero con una mucho mayor longitud de viaje



Fig. 5 - Calle 90 en la ciudad de La Plata

Debe destacarse que, el objetivo de conectar al puerto de la Plata, por esta traza se verá seriamente postergada, toda vez que su vinculación sería a través de cerrar con un camino ribereño que retorne hacia el norte, una vez superados los suburbios de la ciudad de Berisso, en una obra ahora si seriamente comprometida desde el punto de vista ambiental.

Por ultimo, esta solución limitaría las facilidades de acceso a la ciudad de La Plata, uniendo dos alternativas válidas y que sirven a distintas necesidades.

Ambas propuestas además están excluyendo la posible materialización del por ahora descartado puente Punta Lara Colonia. Si bien esa obra gigantesca por ahora ha quedado archivada es innegable que el largo plazo deberá construirse y el alejamiento de la cabecera de la nueva autopista Pte. Perón de ese punto puede conspirar contra la mejor ubicación de la cabecera argentina del puente cuya ubicación en Boca Cerrada ha sido defendida por la ciudad de La Plata y su zona de influencia y para la cual la traza de la calle 403 constituiría un acceso directo.

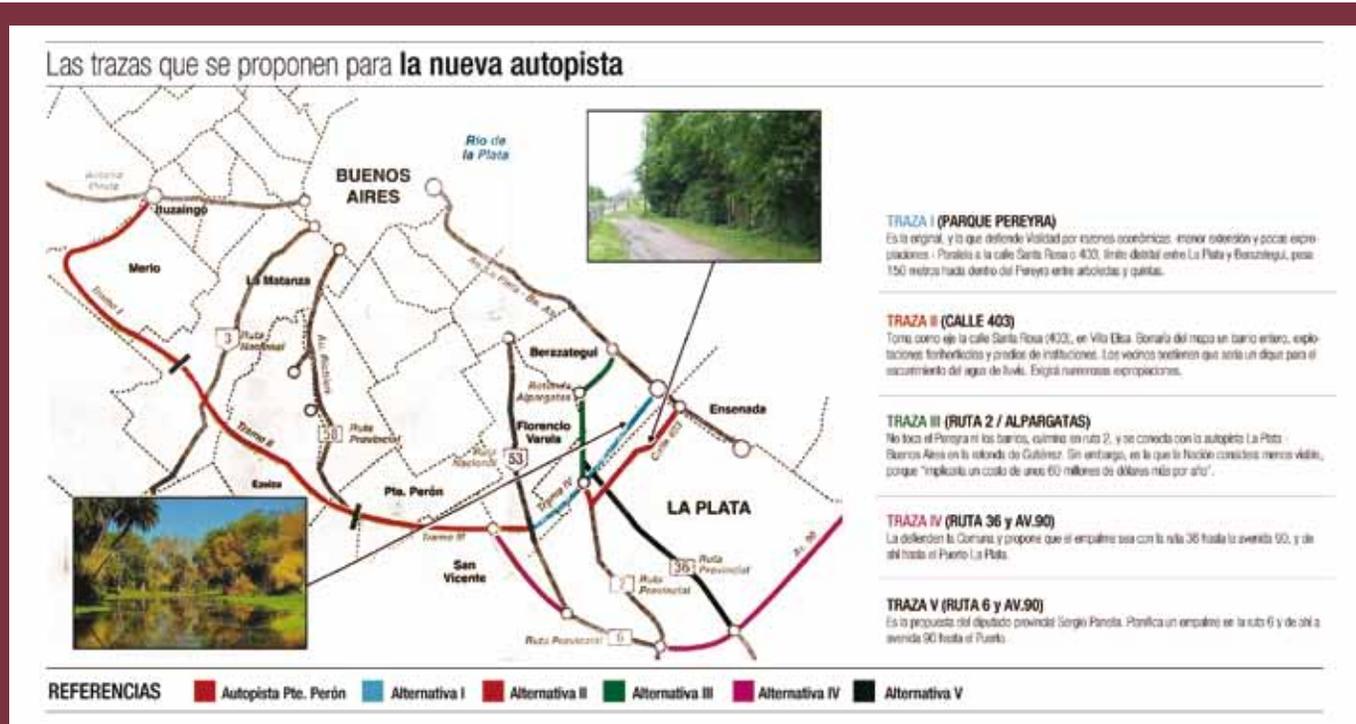
Otro efecto positivo de la traza por la calle 403 será la disminución sustancial del tránsito pasante de vehículos de transporte de cargas por las avenidas urbanas de la ciudad de La Plata.

Pero además, el trazado original de la Autopista Perón tiene vinculación con la prolongación de la autopista La Plata - Buenos Aires hasta el sur de la ciudad. En efecto existe dos tramos en proyecto, el primero desde la actual cabecera hasta la rotonda del petróleo en el ingreso a la Destilería La Plata y vinculada al puerto. Este tramo se encuentra encaminado a su pronta licitación. Es decir que la oposición organizada de vecinos de Villa Elisa, una



defensa de una pequeña porción de un Parque Provincial, hoy intrusado, abandonado, sin seguridad ni defensa de su vegetación, un municipio que por apoyar los reclamos sectoriales presenta una propuesta valida para el movimiento urbano pero no para el transporte regional, generarán una nueva obra inconclusa o con soluciones parciales donde lo sectorial se impone sobre el interés general.

También es interesante observar como un obra que pasa por 14 Municipios y en algunos casos atraviesa zonas urbanas, ha resuelto entre las autoridades locales, provinciales y nacionales, las expropiaciones necesarias y sus compensaciones, los traslados de personas, y la protección del entorno ambiental a lo largo de toda la traza, y en el Municipio final de la misma, se han encontrado posiciones fundamentalistas, que impiden resolver las necesidades del conjunto de la población, con la excusa de una defensa de un Parque Provincial, hoy no defendido, o de un pequeño sector de la población.





Obras inconclusas en la región

El final no deseado de esta obra nos lleva a analizar someramente, algunas obras inconclusas en la Región, donde intereses, sectoriales o políticos, han impedido durante años la realización de proyectos que ayudarían a toda la comunidad.

Si se analiza el mapa de la región metropolitana, podrá observarse una vasta red de autopistas, autovías y avenidas multicarril por las que se desarrolla el tránsito, pudiendo observarse dos graves interrupciones en el esquema.

La primera de ellas es la falta de la autopista ribereña en la ciudad de Buenos Aires, cuya importancia ha sido desarrollada extensamente en esta revista, que representa un perjuicio permanente y creciente a la economía del país. Las idas y venidas que ha sufrido este proyecto a lo largo de casi un cuarto de siglo exime de todo comentario, de cómo intereses particulares y mezquinos pueden generar un costo grave para la nación.

La segunda, si bien de mucho menor envergadura, nos sitúa en las proximidades de Lujan, donde no se ha podido a la fecha materializar la vinculación del Acceso Oeste con la ya construida autovía Lujan Mercedes, sometiendo a miles de vehículos

todos los días a innumerables trastornos y costos operativos, en función de tener que transitar desde una autopista a una autovía a través de un camino de dos carriles, que transcurre en una zona urbana y utiliza el viejo y angosto puente de la ruta nacional 5, con demoras importantes toda vez que no admite el paso simultáneo de dos camiones de porte.

A estos dos ejemplos esperamos no tener que agregarle la Autopista Presidente Perón, con una solución que la aparte de su objetivo de transporte regional, o con una conclusión parcial de la Obra.

Ante esto situaciones como esta debe privar el sentido común y las decisiones deben ser tomadas buscando como última finalidad el bien común por sobre los intereses particulares de personas o instituciones.

Es evidente que toda obra vial de magnitud puede afectar legítimos derechos de los habitantes de una zona, pero parece lógico que esto no debiera afectar el juicio de aquellos que tienen la facultad de decidir, funcionarios, jueces, fiscales, que antes de tomar determinaciones deberían requerir los estudios pertinentes para que prevalezca el bien común.

Toda nuestra red vial, a lo largo de su desarrollo afectó intereses particulares, de municipios, o provinciales, pero si pudo concretarse ha sido no solo porque la Ley le otorgó facultades a los Organismos Viales, sino porque todos quienes actuaron desde distintas funciones en los 100 años de desarrollo organizado de la Red Vial, observaron el interés general por sobre el interés particular o sectorial, y nos permitieron tener una red, que con los criterios de oposiciones que se observan en estos proyectos, no hubiera podido haber sido desarrollada.

Esperemos que el sentido común vuelva a primar y podamos tener un sistema vial más ágil al servicio de toda la población.

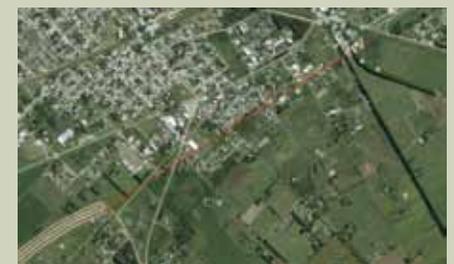


Fig. 6 - Tramo faltante del Acceso Oeste (Ruta Nac. 7)



El combustible es Shell, el asfalto también.

www.shell.com/bitumen



Shell Bitumen



CELEBRACIÓN DE FIN DE AÑO

El 15 de diciembre de próximo pasado, se celebró la última reunión del año del Consejo Directivo de la Asociación Argentina de Carreteras. Como ya es tradicional, se sirvió en el salón del 6º piso de la Entidad, un cocktail con motivo de las fiestas de fin de año al que asistieron además de los miembros del Consejo Directivo, autoridades nacionales y provinciales vinculadas con el sector vial y del transporte por carreteras.

La oportunidad fue propicia para que el Presidente, Lic. Salvia, dirigiera unas palabras a los asistentes. El Lic. Salvia esbozó un resumen de las actividades desarrolladas, destacando el rol asumido por la

entidad como referente de las cuestiones viales. Asimismo destacó la participación activa de la Asociación en la organización y desarrollo del II CISEV, conjuntamente con la Agencia Nacional de Seguridad Vial. El éxito alcanzado con este evento, mereció el reconocimiento por parte de autoridades y profesionales asistentes. También menciona la trascendencia que adquirieron las distinciones a las obras viales del año que se otorgan en el Día del Camino. En otro orden, dio un breve anticipo de las actividades proyectadas para el año que se inicia.

Finalmente, invito a los presentes a elevar sus copas deseándole a todo el sector vial y del transporte un venturoso y feliz año 2011.



DIRECCION DE VIALIDAD PROVINCIAL DE LA PROVINCIA DEL CHACO



GOBIERNO DEL PUEBLO DE LA PROVINCIA DEL CHACO

HICIMOS MUCHO. Juntos podemos HACER MAS

GOBERNACION CHACO GESTION CAPITANICH

OBITUARIO

Prof. Juan Emilio Tornielli,

falleció el 7 de febrero



El día 7 de febrero del 2011, falleció en la Ciudad de Buenos Aires el Profesor Juan Emilio Tornielli, Prosecretario de la Junta Ejecutiva de la Asociación Argentina de Carreteras.

Profesor de enseñanza secundaria, normal y especial en Filosofía, egresado de la Facultad de Filosofía y Letras de la Universidad de Buenos Aires, habiéndose desempeñado como Profesor de Psicología y Filosofía en el Colegio Nacional de Buenos Aires.

Fue Agente de la Dirección de Vialidad entre los años 1947 y 1972, realizando Tareas Técnico-Administrativas. Posteriormente, en la actividad privada se dedicó a la organización administrativa en firmas consultoras y desde el año 1981 hasta el presente, se desempeñaba como Secretario del Directorio de la firma CONSULBAIRES, Ingenieros Consultores S.A.

Era representante de CONSULBAIRES en la Comisión Directiva de la Asociación Argentina de Carreteras.

En tal condición fue un permanente y eficaz colaborador de la Asociación. Su participación fue especialmente destacada en la organización de los Congresos Argentinos de Vialidad y Tránsito y aportó toda su experiencia en la asignación de las distinciones otorgadas en estos eventos. Asimismo, merece resaltarse la labor cumplida, en la coordinación y edición de diversos libros de la Entidad, en especial la "Reseña Histórica 1952-2002", obra que refleja las actividades de la Asociación y de los profesionales que por ella pasaron durante este periodo, en el campo vial y del transporte.

Su desaparición será sin duda largamente sentida por colegas, amigos y familiares que compartieron su amistad y hombría de bien.

Dirección de Vialidad de Salta GOBIERNO DE LA PROVINCIA DE SALTA



Periodo 2008 -2011

Nuestro organismo trabaja para la integración de la Provincia con la ejecución de 27 km de autopistas, 67 km. de pavimento, 128 km de repavimentación, 250 km de enripiado, 300 m de puentes, ampliación y mejoras en 2 pistas de aterrizaje, adquisición de 100 unidades de equipos y moviidades para la mejora y conservación de la red vial provincial y de caminos vecinales, que realiza por administración además de las obras licitadas.

TRABAJOS TÉCNICOS

01. EL CAMINO TRICARRIL TRABAJO DISTINGUIDO EN EL II CISEV
02. DESARROLLO TECNOLÓGICO DEL NUEVO MODERADOR DE TRAFICO SPEED KIDNEY TRABAJO DISTINGUIDO EN EL II CISEV
03. DISEÑO GEOMÉTRICO SEGURO DE CURVAS HORIZONTALES TRABAJO DISTINGUIDO EN EL II CISEV
04. HORNO DE IGNICIÓN - DETERMINACIÓN DE CONSTANTES DE CORRECCIÓN

DIVULGACIÓN

01. CONSTRUCCIÓN DE BASES Y SUBBASES DE SUELO CEMENTO
02. EVALUACIÓN TÉCNICA - ECONÓMICA DE PROYECTOS DE CAMINOS DE LA RED TERCIARIA REGIÓN LITORAL ARGENTINA. EL MODELO RED DEL BANCO MUNDIAL.
03. EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL EN CARRETERAS: USO DE LOS SIG PARA LA GENERACIÓN DE INFORMACIÓN DE BASE EN LOS ESTUDIOS AMBIENTALES

EL CAMINO TRICARRIL

AUTORES

Luis Raúl Outes - Ingeniero Civil UBA

María Graciela Berardo - Ingeniera Civil UNC

Alejandra Débora Fissore - Ingeniera Civil UNSa

Francisco Justo Sierra - Ingeniero Civil UBA

1. INTRODUCCIÓN

1.1 General

En términos de capacidad, costos de obra y mantenimiento, requerimientos de tierras y seguridad, hay una gran diferencia de capacidad y costos entre los caminos de una calzada 2C (2x1) y los de doble calzada 4C (2x2), por lo cual algunos países europeos desarrollaron últimamente otros tipos de caminos para el rango de capacidades intermedias entre TMDA 11600 a 20000. Son caminos denominados tricarriles, 3C (2+1 ó 4-1), con sección transversal de tres carriles continuos.

En la configuración 3C, los registros de accidentes son menores que en los caminos con secciones típicas de 2 ó 4 carriles, para TMDA del mismo orden, con buenas relaciones beneficio-costos. Básicamente, el 3C funciona con un carril para cada sentido de viaje y un carril central para adelantamiento alternado en zonas rurales o giro izquierda protegido en zonas urbanas o suburbanas.

En zona rural (2+1) mitiga la ocurrencia de los graves choques frontales y en la zona urbana (4-1) da mayor seguridad a los giros izquierda en las esquinas.

Con notable éxito, la administración vial sueca –SNRA- usa esta solución desde 1998 en caminos con sólo 13 m de ancho de coronamiento. Los altos valores beneficio-costos indujeron a países avanzados en seguridad vial a incorporarlo en sus normas.

El tricarril norteamericano se denomina “Súper-dos”¹⁷ y el europeo “2+1”³, basados en conceptos similares:

- Tres carriles con sentido del carril central señalizado en forma alternada.
- En zonas rurales, sistema de separación de tránsito: barreras centrales flexibles o mediana al ras con franjas sonoras y pavimentos coloreados.
- Tratamientos de los costados de la calzada.
- Señalización horizontal y vertical conspicua.



Camino tricarril 3C, rural y urbano

1.1 Definiciones⁴



Figura 1. Elementos característicos del camino tricarril 3C rural

- **Cambio:** Diseño del camino que efectúa un cambio en el uso previsto del carril central de un camino 3C, desde un sentido de tránsito al sentido opuesto.
- **Carril de ascenso:** Un carril adicional agregado a una calzada de uno o dos carriles para mejorar la capacidad y la seguridad debido a la presencia de una empinada cuesta.
- **Cambio conflictivo:** Un cambio donde los vehículos que utilizan el carril central viajan uno hacia el otro.
- **Carril de aceleración diferencial:** Un camino 3C con un carril de adelantamiento para el tránsito que acelera fuera de una rotonda para hacer frente a la aceleración diferencial entre los vehículos.
- **Cambio sin conflicto:** Un cambio donde los vehículos que usan el carril central viajan separados uno del otro.
- **Sección de carril de adelantamiento:** Sección de camino 3C con dos carriles en un sentido para facilitar el adelantamiento, con tránsito opuesto confinado a un carril.
- **Sección de carril único:** Sección de camino 3C con el tránsito confinado a un carril único paralelo a una sección de carril de adelantamiento en sentido opuesto.
- **Calzada única (2C):** Una calzada única con un carril en cada sentido.
- **Calzada 3C única:** Una calzada única con dos carriles de viaje en un sentido y un carril en sentido contrario.
- **Interfaz 3C:** Interfaz entre un camino 3C y uno de calzada única de dos carriles 2C.

2. ANTECEDENTES INTERNACIONALES DEL TRICARRIL RURAL

2.1 General

Europa fue el continente que propuso originariamente el camino tricarril rural 3C; comenzó Suecia y después siguieron los demás países.

Los EUA siguieron el ejemplo europeo con el diseño tricarril denominado "Super 2 Highway"¹⁷ o simplemente "Súper 2".



2.2 Suecia¹²

En 1998, el director general de SNRA decidió desarrollar un programa en gran escala de seis proyectos, basados en los resultados y antecedentes durante 1,5 años de experiencia en la primera sección abierta, la semi-autopista 3C E4 Gävle Axmartavlan con TMDA = 7000, en parte con barrera-cable y en parte con señalización horizontal para separar los carriles de distinto sentido.



La evolución sueca desde los caminos 2C de 13 m de ancho (2x1), a caminos 3C = 2+1 es similar a la de Alemania. Antes de introducir el camino 3C, la red nacional de carreteras sueca era de unos de 3600 km de caminos de 13 m y dos carriles, 2800 km con banquetas anchas y 800 km con carriles anchos, con TMDA entre 4000 y 20000. Eran caminos con capacidad, pero sin seguridad: en promedio hubo por año cerca de 100 muertos y 300 heridos graves. Al aumentar el volumen de tránsito, más del 50% por ciento de las muertes re-sultaban por salidas desde la calzada y choques frontales.

Mientras un 25% de las muertes viales suecas ocurrían en los caminos de 13 m, la Swedish National Road Administración (SNRA) introdujo la política de "Visión Cero" como objetivo de largo alcance: ningún muerto ni herido grave en accidentes viales. Al mismo tiempo, el presupuesto de inversiones en caminos rurales fue substancialmente cortado. Entonces, la SNRA se vio forzada a improvisar medidas de seguridad de tránsito de bajo costo en caminos de 13 m; decidió utilizar secciones transversales 3C con una barrera de cable flexible. Se predijo una reducción de un 50% o más de todos los accidentes graves.



La nueva seguridad en los primeros caminos 3C fue tan notable que la SNRA decidió reconstruir muchos caminos de 13 m con el nuevo diseño 3C, con barrera central de cable.

El 3C se transformó en un suceso político en Suecia. El público, los medios de prensa y políticos, modificaron sus puntos de vista desde que los caminos 3C se abrieron al público. Suecia tiene hoy más de 400 km de caminos con secciones 3C, todos ubicados en áreas rurales, y planea seguir convirtiendo caminos rurales 2x1 a 2+1 a un ritmo de 250 km/año.

Cerca del 65% de los caminos 3C son semi-autopistas con separación de niveles en el cruce con caminos y ferrocarriles, y prohibición de circulación de vehículos agrícolas, ciclistas y peatones. El resto tiene accesos directos, incluyendo intersecciones a nivel.

Más del 95% de todos los caminos 3C resultaron de modificaciones de caminos existentes, por lo cual es necesario estudiar la modificación de la sección transversal para adaptarla al aumento del tránsito.

Normalmente, para mitigar los choques frontales entre los tránsitos de sentidos opuestos, en Suecia se usa una barrera de tres o cuatro cables.

La **Figura 2** ilustra una típica sección transversal sueca 3C con barrera de cables. La banquina dura de 0,75 m facilita el posible bajo tránsito de ciclistas y peatones. Un adicional de 1 m con capacidad de carga puede agregarse en un carril de viaje para acomodar vehículos de emergencia.

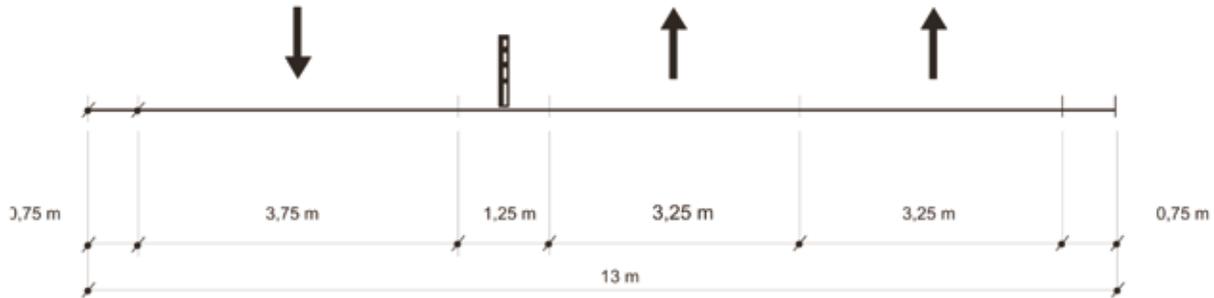


Figura 2. Típica sección 3C sueca

Recientemente, Suecia revisó las guías de diseño para los caminos 3C; se recomiendan anchos de 13 ó 14 m para proyectos de rehabilitación, y 14 m para proyectos nuevos. Las **Figuras 3a y 3b** ilustran las secciones transversales recomendadas en las guías recientemente revisadas.

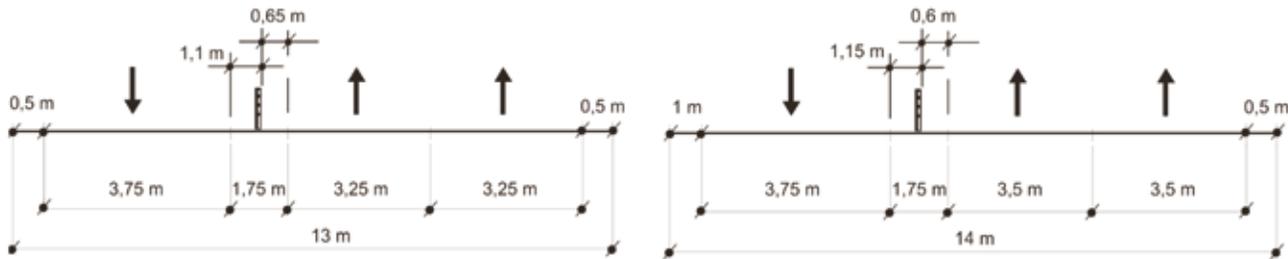


Figura 3a. Nuevas secciones suecas 3C convencional, ancho de 13 y 14m

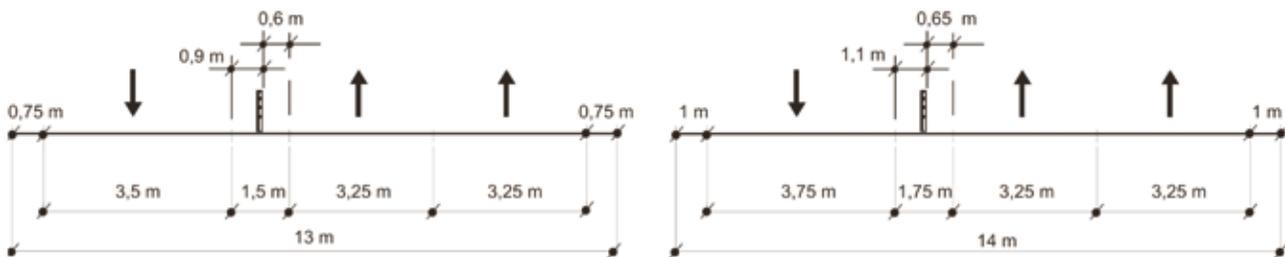


Figura 3b. Nuevas secciones suecas 3C semiautopista, ancho de 13 y 14 m

Por tener intersecciones a nivel, muchos de los caminos 3C suecos no son autopistas. Normalmente las intersecciones se ubican en las áreas de transición entre carriles alternativos de adelantamiento.

Intencionalmente, al diseñar los carriles de adelantamiento los proyectistas ubican las intersecciones entre carriles de adelantamiento de sentido contrario.

El diseño de las intersecciones a nivel suecas son similares a las de los EUA para caminos de dos carriles, con carriles auxiliares y canalización de giros izquierda pintada. Las fotos siguientes ilustran intersecciones a nivel de tres y cuatro ramales, de caminos 3C.



Detalles del diseño geométrico sueco

- Las zonas de “cambio conflictivo” tienen nos 300 m de longitud; las “no conflictivas” desde uno a dos carriles son de 100 m.
- Los carriles de adelantamiento se proveen a intervalos de 1 a 2 km; su longitud depende de los alineamientos, ubicación de intersecciones, etcétera.
- En puentes largos y en secciones con frecuentes accesos de frentistas o donde la separación no es posible pueden proveerse secciones de dos carriles, sin adelantamiento.
- Se diseñan taludes 1:6 o más tendidos y el correspondiente ancho de zona despejada (distancia a objetos fijos peligrosos).
- Las aberturas de emergencias en el cable central se ubican cada 3 a 5 km para permitir el paso de los vehículos de emergencia que requieran giros en U.
- En lo posible, se limitan los puntos de accesos y las vías para peatones y ciclistas.
- El ancho de la mediana al ras con barrera de cable varía entre 1,25 m a 2 m.

Seguridad

- En relación con los caminos comunes 2C de 13 m, los suecos esperaban que los caminos 3C con barrera de cable disminuyeran los accidentes relacionados con muertos y heridos graves en un 50 %. El desempeño de la seguridad de los caminos 3C superó las expectativas.
- En semi-autopistas (caminos 3C con control de acceso parcial), se redujeron en un 55 por ciento los accidentes con muertos y heridos graves respecto a los caminos 2C comunes de 13 m.

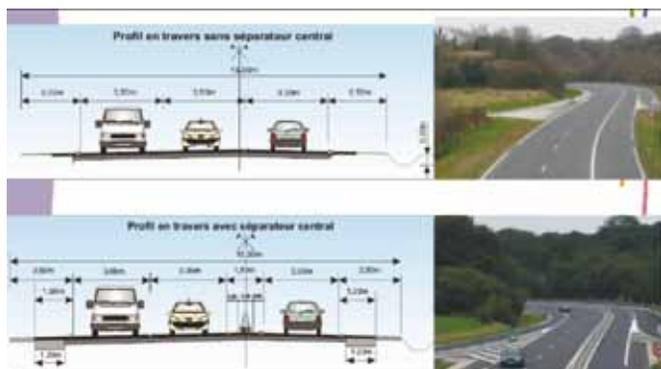
Tabla 1. Accidentes registrados en caminos 2C y 3C

Tipo de accidente	Camino 2C	Camino 3C
Muertos	9	1
Graves lesiones y muertes	36	4
Lesiones	120	91
Muertes, lesiones y SDP	188	248

SDP= Solo daño a la propiedad

Una de las preocupaciones de los ingenieros suecos fue como trabajarían las barreras centrales de cable en las áreas de cambios conflictivos y en los finales de la barrera. En la zona de cambios trabajaron bien, pues allí los conductores se comportan con particular cuidado y responsabilidad. Los finales de barrera no causaron problemas de seguridad en los caminos 3C, ni se registraron accidentes por efecto “rampa de lanzamiento”. Otra preocupación con la barrera de cable fue la magnitud de la deflexión al ser chocada por un por un vehículo. Se comprobó que el vehículo chocador no queda atrapado en los cables. La validez al choque de las barreras de cable es: automóviles a 100 km /h, ángulo de 20° y deflexión entre 1 y 2 m; no se probaron para camiones. La administración sueca calcula que como mínimo se salvan 50 vidas al año desde la conversión de caminos 2C en 3C.

2.3 Francia



En Francia existen caminos tricarriles 3C, con o sin barrera de cable en la mediana.

Camino tricarril francés tipo semiautopista, con intersecciones a distinto nivel. Cuando se justifique se convertirá en autopista.

2.4 Inglaterra – Escocia – Irlanda del Norte

En el 2008 Inglaterra publicó su nota TD 70/08, Diseño del Tricarril 3C, a través de la Highways Agency, en su Manual para Caminos y Puentes, una década después que los suecos.

Según la TD 70/08, para promover la confiabilidad del viaje en caminos de larga distancia y calzada única, la provisión de un camino 3C puede ser una solución más eficaz que otras opciones de calzada única para TMDA hasta 25000. Sin embargo, factores tales como número de accesos, espaciamiento de intersecciones, separaciones de nivel y la pendiente pueden tener un impacto significativo, por lo que la viabilidad de un camino 3C debe examinarse sobre una base de caso-por-caso.

Donde la calzada 2C existente tenga problemas con pelotones y falta de oportunidades de adelantamiento, puede ser conveniente mejorar el camino mediante su conversión a una configuración 3C.

Donde un camino 3C esté cerca de un camino de dos calzadas, debe estar separado por una longitud mínima de 2 kilómetros del camino de una calzada única. Las interfaces directas entre caminos 3C y 2x2 sólo se permiten en las rotondas modernas.

Detalles del diseño geométrico inglés

Longitud del carril de adelantamiento: La longitud de la sección mínima deseable de adelantamiento es de 800 m; excepcionalmente se permite entre 600 y 800 m.

Intersecciones y accesos: sólo deben ubicarse en los cambios, en las interfaces 3C o en el camino 2C, por lo menos 500 m del punto donde la sección transversal vuelve a 2C. Se procura reducir el número de intersecciones mediante la conexión de los caminos laterales y accesos con un camino colector paralelo al 3C. Las rotondas modernas son apropiadas para las intersecciones en caminos 3C. Las secciones de carril de adelantamiento pueden comenzar directamente en la salida desde una rotonda moderna.

2.5 Alemania¹²



Figura 4. Sección típica 3C alemana

Detalles del diseño geométrico alemán

La longitud del carril de adelantamiento es de 1000 a 1400 m, no mayor que 2 km; se usa una separación (búfer) de 0,5 m y se está experimentando la separación de 1 m con franjas sonoras.

Las pérdidas y adiciones de carriles se realizan donde exista visibilidad adecuada sin valores de diseño definidos. Los alemanes consideran que el diseño 3C se adapta a cualquier tipo de topografía. La separación de niveles se utiliza para acomodar las intersecciones con vías de mayor jerarquía; las intersecciones a nivel son limitadas. Las velocidades en las cercanías a las intersecciones a nivel o distribuidores se reducen de 100 a 70 km/hora.

En Alemania la sección normal no tiene bombeo normal como es usual en otros países; por ello en secciones 3C el bombeo continuo arranca desde un principio de pavimento hasta el otro final de pavimento sin tener que preocuparse donde se colocará el coronamiento de la sección. Tampoco hay necesidad de remover el bombeo normal en curvas horizontales. En la señalización se busca anunciar el fin del carril de adelantamiento con cierta anticipación. Una doble línea blanca sustituye a la doble línea amarilla conocida en los EUA

Seguridad

- Un camino 3C es más seguro que uno 2x1 con banquetas o carriles anchos.
- Un camino 3C es mas seguro que un camino indiviso 2+2
- La tasa de beneficio-costo de construir secciones 3C respecto de caminos existentes varía entre 1 y 10
- Las nuevas guías alemanas de 1992 proponen diseñar y construir nuevos caminos 3C para tránsitos entre 8000 a 22000 vehículos/día
- El conductor alemán típico acepta gustoso los caminos 3C por tener definida la maniobra de adelantamiento sin tránsito de contramano



THE HIGHWAYS AGENCY



TRANSPORT SCOTLAND



WELSH ASSEMBLY GOVERNMENT
LLYWODRAETH CYNULLIAD CYMRU



THE DEPARTMENT FOR REGIONAL DEVELOPMENT
NORTHERN IRELAND

Design of Wide Single 2+1 Roads

Summary: This Standard sets out the design requirements for Wide Single 2+1 roads.



Se probaron carriles anchos para permitir a los vehículos de emergencia adelantarse a los vehículos más lentos, pero entonces los camioneros utilizaban las banquetas pavimentadas para adelantamiento.

Por razones de seguridad se adoptó la solución 3C sin barrera central. Actualmente Alemania tiene más de 400 km de caminos 3C en áreas rurales; la tercera parte mediante la modificación de caminos 2C con carriles anchos o banquetas anchas.

2.6 Finlandia¹²

En Finlandia se considera que el camino 3C es una forma barata de manejar flujos de tránsito que no exijan una autovía-autopista. El primer camino 3C finlandés se abrió en 1991, junto a otros más; muchos de ellos son hoy autopistas. No se usan barreras centrales por ahora, pero es probable su uso futuro; el carril de adelantamiento es de unos 1,5 km.

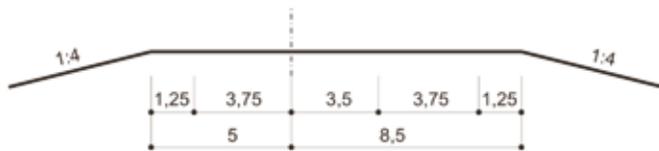


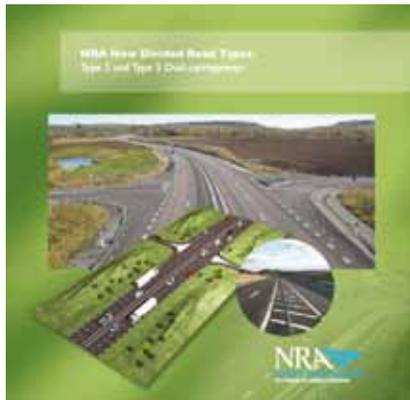
Figura 5. Sección típica 3C finlandesa

Los caminos 3C se asocian a distribuidores, pero en el futuro se permitirán limitadas intersecciones a nivel.

Se midieron volúmenes de tránsito en ambos sentidos superiores a los 14000 veh/día y de 1900 veh/h en un sentido. En fines de semana se midieron entre 20000 a 25000 veh/día.



2.7 Irlanda^{6,7}



Es uno de los países europeos que más esfuerzos realizó para transferir la tecnología del camino 3C desde la administración vial sueca SNRA hacia la administración vial irlandesa NRA.

Evolución de su normativa de diseño geométrico:

1. NRA. Interim Advice Note on Road Link Design for 2+1 Roads. Revision 'A'. 2006.⁶
2. NRA TD 9/07. Road Link Design. 2007.
3. NRA TD 10/07. Road Link Design for Type 2 and Type 3 Dual Carriageways. 2007.⁷
4. NRA TD 27/07. Cross-Sections and Headroom. 2007.

Los ingenieros irlandeses definieron el camino tricarril como un nuevo tipo de camino dual denominado "Tipo 3".

Seguridad

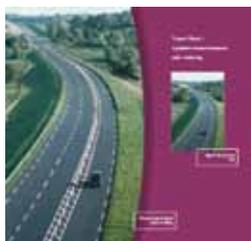
Los beneficios del camino 3C o Tipo 3 en materia de seguridad sustantiva son:

- Menos accidentes al separar los tránsito opuestos
- Reducción de la gravedad de los accidentes
- Reducción de accidentes frontales
- Reducción de la frustración del conductor al contar con más espacio para adelantarse.
- Eliminación del incontrolado giro a la izquierda.
- Control y administración de accesos en la red vial nacional

Irlanda, Suecia y la Argentina son países con grandes extensiones de tierras con caminos de poco tránsito, por lo cual la experiencia sueca es importante en términos del aprovechamiento del capital público, con menores índices de accidentes.



Los conductores irlandeses son experimentados en manejar secciones variables de dos a un carril y viceversa, debido a sus caminos montañosos donde existen continuos carriles para tránsito pesado; la sección tricarril 3C o Tipo 3 no era desconocida para ellos. Los caminos 3C en Irlanda constituyen la tercera parte de la red nacional primaria.



Según los ingenieros irlandeses, los mayores beneficios de estos caminos 3C son:

- Separación de tránsito que imposibilita los accidentes “de cruce” de un sentido al otro, incluyendo los choques frontales.
- Reducción de la mortalidad general y la gravedad de todos los accidentes en comparación con caminos comunes.
- Provisión del carril de adelantamiento cada 2 km para eliminar la frustración del conductor típico y barrera central flexible para impedir maniobras imprudentes.
- El giro a la izquierda queda reservado para las intersecciones proyectadas.
- Control de acceso en la red vial primaria.
- Avance hacia la autorregulación de carreteras

Desventajas observadas:

- Leve incremento de daños materiales.
- Necesidad de mantenimiento del sistema central de defensa flexible.
- Potencial inconveniencia para los propietarios adyacentes.

2.8 EUA¹⁷

En los Manuales de diseño de algunos estados, como el de Texas, ya se incluyó la solución del camino 3C tricarril (2+1): concepto “Super 2 Highways”.

Se define el “Súper 2” como un camino común al que se le agrega un carril de adelantamiento para permitir adelantar a los vehículos lentos y dispersar a los pelotones; se comparte en forma alternativa para ambos sentidos; se recomienda para caminos existentes 2C con tránsitos lentos, limitaciones de la distancia visual de adelantamiento y volúmenes de tránsito que hayan excedido la capacidad de la configuración 2C, por lo que requieren una mayor frecuencia de adelantamiento.

La nueva anchura puede ser pensada simétrica al eje o para un lado de la ruta existente, según las facilidades constructivas y zona de camino disponible.

Aspectos recomendados en el diseño del tricarril norteamericano:

- La zona de camino debe ser analizada para verificar la factibilidad del Súper 2.
- Giros a la izquierda si existe un significativo volumen limitado por el Súper 2.
- Banquinas pavimentadas de 2.4 a 3 m en zonas con alta densidad de frentistas.
- La existencia de largas estructuras de drenaje y puentes junto al diseño de los carriles de adelantamiento.
- Las operaciones de tránsito sumados a la necesidad de carriles de ascenso o descenso de camiones.
- Sección con carril auxiliar de adelantamiento en camino 2C
- Evitar el cierre de un carril de adelantamiento en una cresta vertical o en una curva horizontal donde la superficie del pavimento al final del abocinamiento no sea visible desde su principio.
- En la caída de un carril de adelantamiento en una intersección, deben estudiarse las posibles operaciones de tránsito como giros y entrecruzamiento que afecten el diseño geométrico de la intersección.
- Dejar suficiente distancia (se recomienda una mínima distancia visual de detención) entre el fin del abocinamiento de clausura y cualquier objeto fijo; como ser: defensas metálicas, o estructuras.
- Considerar la provisión de carril de adelantamiento en áreas donde un potencial volumen de tránsito urbano pueda formar un pelotón.

Detalles del diseño geométrico tejano:

Anchuras/Longitud	Mínima	Deseable
Carril	3.3 m	3.6 m
Banquinas	0.9 m	2, 4 -3 m
Carril de adelantamiento	1.6 km	2, 4 -3, 2 km

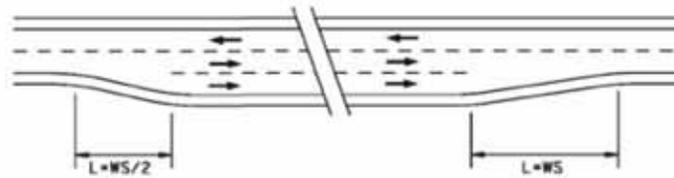


Figura 6. Apertura y pérdida de carril de adelantamiento en dos sentidos

Abocinamientos del carril de adelantamiento:

$$L_{\text{adición}} = WS/2$$

$$L_{\text{pérdida}} = WS.$$

Donde: L = Longitud del abocinamiento

W = Ancho del carril

S = Velocidad señalizada

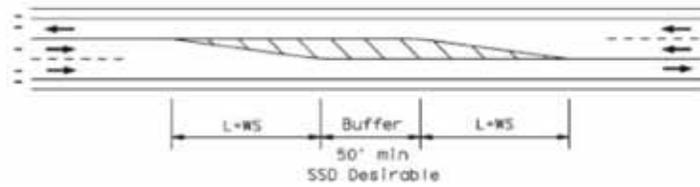


Figura 7. Pérdida de carril de adelantamiento en dos sentidos

Al finalizar un carril de adelantamiento se debe proveer una longitud de abocinamiento para cada sentido basada en $L = WS$, con un mínimo búfer de 15 m o DVD, entre ellos.

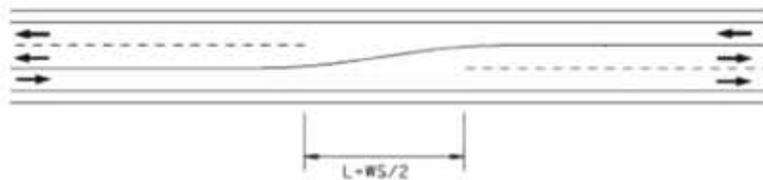


Figura 8. Apertura de carriles de adelantamiento en un sentido

Donde se abran carriles de adelantamiento en cada sentido debe preverse una longitud de abocinamiento $L = WS/2$

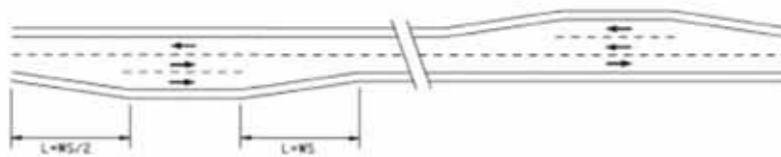


Figura 9. Carriles de adelantamiento separados, con ensanchamiento hacia afuera

Donde se abran carriles de adelantamiento con ensanchamiento hacia fuera deben preverse longitudes de abocinamiento $L_{\text{adición}} = WS/2$ y $L_{\text{pérdida}} = WS$.

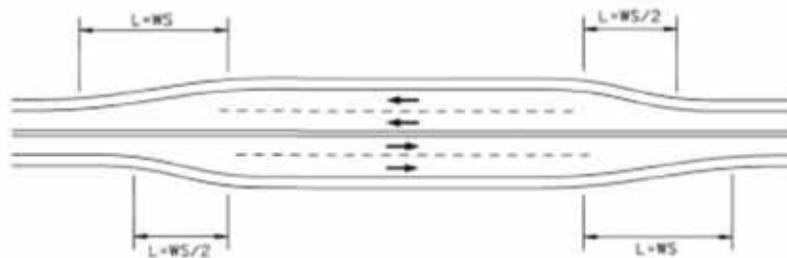


Figura 10. Carriles de adelantamiento, configuración lado a lado

Los carriles de adelantamiento pueden diseñarse a cada lado si existe ancho suficiente de zona de camino. Deben preverse longitudes de abocinamiento

$$L_{\text{adición}} = WS/2 \text{ y } L_{\text{pérdida}} = WS.$$

3. ANTECEDENTES INTERNACIONALES DEL TRICARRIL URBANO 11,13,14

3.1 General

En muchos países los ingenieros viales están poniendo a los caminos arteriales urbanos “a dieta”, ayudándolos a perder carriles y anchura. En el proceso, las calles anteriormente “gordas” enflaquecen, y se vuelven más eficientes. Se vuelven multimodales y más productivas. En muchos casos, estos anteriores caminos indómitos son domesticados y convertidos en ángeles.

Estos caminos cambiados promueven el destino de millones de dólares en nuevos desarrollos comerciales o residenciales. El cambio puede incrementar el valor de las propiedades existentes; en algunos casos, los costos de reconstruir los caminos se repagan con tan poco como un año de mayores impuestos a las ventas o a la propiedad.

Las conversiones viales tratadas pueden ser sólo el boleto para comenzar a rehacer barrios insalubres e inseguros de la ciudad o distritos comerciales, y volverlos robustos, vitales, y económicamente sanos lugares. Las conversiones viales pueden realizarse para crear formas más seguras y eficientes de dar acceso y movilidad a los peatones, ciclistas y usuarios del transporte público, como también a los motoristas. Mejoran la habitabilidad y calidad de vida de residentes y compradores. Significativamente, las calzadas indivisas de cuatro carriles desalientan la movilidad y acceso de los usuarios del transporte público (los usuarios no pueden cruzar estas calles), peatones y ciclistas. Las comunidades interesadas en proveer niveles de servicio más altos y la ampliación de las opciones de transporte encuentran a las conversiones de calles, esenciales para tener éxito.

3.2 Seguridad

En los 1980s, los ingenieros del DOT de Pensilvania usaron fondos para estudiar la conversión de una sección de una milla de la Avenida Electric en Lewiston, de cuatro a tres carriles. Después de revisar horas de fijaciones en video y analizar estadísticas de choques, el equipo llegó a la conclusión que de la conversión de 4 a 3 carriles podría resultar un flujo más uniforme, conflictos reducidos y grandes reducciones en los choques. **El cambio se hizo enfrentando la oposición del 95 por ciento de los residentes locales, quienes sentían que sus tiempos de viaje se incrementarían. Hoy día, las maniobras peligrosas y los choques han caído casi a cero.**

3.3 Operación

El 95 por ciento de los tiempos de viaje no fueron afectados, y aquellos quienes temían el cambio están abiertamente agradecidos al DOT de Pensilvania por hacer caminos de mejor seguridad, movilidad y acceso.

Miles de kilómetros de nuevas secciones de cuatro carriles se proponen y construyen cada año. Muchos de estos caminos podrían diseñarse mejor con números impares de carriles, más medianas y dársenas de giro izquierda

A menudo, el ensanchamiento convierte en calzada a las veredas y banquetas pavimentadas, o requiere adquisición de zona de camino de alto costo. En muchos de tales casos, los mejoramientos del camino sólo permiten más vehículos en las corrientes de tránsito, alentando así a las comunidades a volverse más auto-dependientes. A menudo los cambios generan más velocidad, ruido, y peligro a la gente que trata de caminar, salir de compras, o vivir en las calles principales o colectoras de barrio. Los valores de la propiedad pueden disminuir, y los pueblos perder sus factores de habitabilidad y rasgos competitivos.

Este proceso del ensanchamiento de caminos puede pensarse como engordar a un paciente. Al cinturón se le da otro agujero, y el paciente se pone encima más kilos insalubres hacia la auto-dependencia.

Los conductores que usan caminos de cuatro carriles notan que siempre hay carriles en su sentido y tienden a conducir más rápido de lo que debieran. Los motoristas que usan caminos multicarriles buscan igualar las velocidades de los otros conductores. Los conductores de velocidad excesiva tienden a establecer la velocidad prevaleciente.

Primero, los funcionarios, líderes de las comunidades e ingenieros deberían buscar las soluciones fáciles. Todos los proyectos, son probables de generar el interés de los líderes y residentes vecinos, quienes se afligen de que el tránsito pudiera volcarse en sus calles de barrio. El público cree que la única forma de mejorar los caminos es ensanchando toda la sección. Se necesitan modelos de proyectos.

Una sección transversal 3C provee menos carriles para cruzar y elimina el entrecruzamiento y exceso de velocidad que ocurre en las calzadas de múltiples carriles directos, en las cuales es difícil juzgar cuán rápido están yendo los autos en realidad.

Menos carriles mantienen en un mínimo los puntos de contacto peatón/conductor. Si es necesario, el carril central puede actuar como un refugio peatonal.

Una calzada de 3C es el diseño de sección transversal más seguro para hacer giros a la izquierda hacia y desde el camino, porque sólo hay que maniobrar un carril-directo por vez, si es necesario. Es una natural apaciguadora del tránsito, dado que los vehículos sólo van tan rápido como el conductor más prudente. Esto hace más respetables a los límites de velocidad.

Los tres carriles permiten alejar el camino de las casas, haciendo los patios frentistas más seguros.

Las calzadas de tres carriles son tan seguras como las divididas de cuatro-carriles, y más seguras que cinco-carriles. Las calzadas urbanas de tres-carriles dejan espacio para la ubicación más segura de las veredas y ciclovías.

En general, al convertir secciones transversales urbanas de cuatro-carriles indivisos en una calzada de tres carriles, los accidentes traseros se reducen entre 50 y 60 por ciento, debido a la adición de un carril central giro izquierda dos sentidos.

Los refilones laterales son casi eliminados, y los índices totales de accidentes caen del 11 al 35 por ciento. Los accidentes mortales caen porque el exceso de velocidad es usualmente más controlado en una calzada 3C. La velocidad del vehículo tiene una correlación directa con la gravedad del choque. Estos números son citados por la FHWA, con fuerte correlación en otros documentos de investigación.

3.4 Desarrollo sostenible

Durante los pasados 50 años, los caminos se ensancharon de dos a cuatro carriles cuando el TMD alcanzó aproximadamente 12000. La nueva investigación muestra que los caminos de dos carriles bien proyectados pueden llevar hasta 30000 automóviles por día.

Cuando se ensancha un camino de dos a cuatro carriles ocurren varios efectos. Usualmente se demuelen casas para hacer lugar a más pavimento, lo cual puede causar más tránsito. Otro efecto es que la gente que camina o anda en bicicleta puede pasarse al automóvil debido al creciente peligro de un tránsito más veloz y caminos más anchos para cruzar. Más tránsito incrementa el ruido, polución y estrés. La gente se aleja de la ciudad para escapar de estos problemas, llevando esto a un mayor uso del automóvil. Este proceso es una causa raíz del derrumbe del sistema vial. Para revertir esta tendencia, en primer lugar se puede invertir el proceso que conduce a un innecesario uso del automóvil, mediante la reducción de los caminos de 4 carriles a 2 carriles donde los volúmenes de tránsito sean menores que 30000 vehículos por día.

3.5 Caminos 3C: carriles continuos de Dos Sentidos y Giro Izquierda (DSGI)

Cuando se los combina con la consolidación de accesos a propiedad y separación desde la esquina, los carriles continuos de dos sentidos y giro izquierda son un tratamiento de control de acceso común. Simultáneamente, los carriles DSGI proveen un carril separado para giro izquierda y acceso a la propiedad.

Al reducirse el número de carriles de un camino, podría haber espacio para establecer carriles ciclistas, paisajísticos bulevares, medianas, árboles en las calles, veredas más anchas, etc. Una dieta vial combinada con rotondas modernas y sendas ciclistas podría cambiar un pueblo.

Típicamente, se usan como el carril central de una plataforma de cinco carriles. Un diseño menos común comprende el 3C, un carril DSGI en el centro para giros izquierda, y un carril en cada sentido para el tránsito directo.



Necesidad de carriles DSGI. Desde los 1950 hasta los 1970, en los EUA se construyeron muchos caminos y calles arteriales y colectores con dos o cuatro carriles y sin carriles de giro o medianas. Dado que todos los carriles servían al tránsito directo y de giro, estos caminos comenzaron a operar con menor eficiencia y seguridad en tanto el tránsito de giro crecía.

Camino 4C Antes de Dieta / Camino 3C Después de Dieta

En muchos casos, esto pudo deberse al desordenado desarrollo y acceso a lo largo del camino, que al experimentar una cantidad considerable de giros a la izquierda incrementan la congestión, demoras y choques. Los tipos de choques más asociados con los vehículos que giran a la izquierda incluyen los traseros y laterales.

Dado que los carriles DSGI separan el tránsito de giro izquierda del directo, ayudan a resolver alguno de estos problemas.



17,000 ADT, Completed in 2002



Ejemplos de Dieta Vial en los EUA. Un detallado estudio de accidentes realizado en Minnesota entre 1991 y 1993 de arteriales en zonas urbanas indica que los caminos 3C son alrededor de 27 % más seguros que los caminos indivisos de cuatro carriles, y que los de cinco carriles son alrededor de 41 por ciento más seguros que los indivisos de cuatro carriles.

EJEMPLO DE DIETA VIAL Zona urbana/suburbana

Perfil original: 4 carriles de 3,65 m = 14,6 m
Perfil a dieta: 2 carriles de 3,6 m + carril central giro-izquierda de 3,6 m + 2 carriles ciclistas de 1,8 m = 14,6 m

4. ECONOMÍA DE CAMINOS 3C EN EUROPA ⁵

4.1 Tránsito (demanda) vs. Costo (Euros/km)

Los gráficos de la NRA Road Design Conference 2003 ilustran los valores TMDA de distintos tipos de caminos europeos y sus respectivos costos de construcción expresados en euros/km.



Se deduce que el costo kilométrico de una autopista es 138% mayor que un camino 3C, solución eficiente y segura para flujos que no requieran una autopista.

El camino 3C permite administrar más eficientemente los fondos públicos al retardar la costosa solución final de autopista para cuando existan volúmenes de tránsito que realmente la requieran.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- El camino tricarril 3C es una probada configuración usada internacionalmente con importantes ventajas en el rango de los TMDA informados. Es una solución intermedia entre el camino común 2C y la autopista 4C (2+2) que conviene considerar, ya que mejora la seguridad sustantiva –menores muertos, heridos y daños materiales en accidentes viales- con menor requerimiento de capital. Requiere la misma zona de camino que el camino 2C, y evita las lentas y costosas expropiaciones.
- En zonas rurales, para caminos tricarriles 3C la ingeniería europea usa mediana al ras; con barreras de cable, o sólo con marcas, pintura o franjas sonoras. Suecia comenzó utilizando las barreras centrales de cable; hoy Alemania, Inglaterra, Francia, y otros países tienden a usar con seguridad sustantiva equivalente mediana central al ras de 1 a 2 m de ancho (zona despejada central) más franjas sonoras centrales y pavimentos coloreados.
- Dados los comprobados buenos registros de seguridad vial y efectividad-de-costo registrados en los países líderes en seguridad y eficiencia vial, se recomienda y propone a la DVN y validades provinciales diseñar, construir y experimentar tramos piloto de caminos rurales 3C donde en los caminos 2C existentes se registren altos índices de choques frontales en operaciones de adelantamiento, y de giros a la izquierda en caminos arteriales urbanos, monitorear el comportamiento operacional y de seguridad durante por lo menos un año y, según los resultados comprobados, incorporar o no el tipo de camino 3C en las Normas y Recomendaciones de Diseño

BIBLIOGRAFÍA

1. Evaluations of 2+1 roads with cable barrier. Report 636A.VTI. Arne Carrison. www.vti.se/EPIBrowser/Publikationer/R636ASve.pdf
2. Evaluation of road user charging systems: The Swedish case. Jan A. Persson1, Paul Davidsson2, Martin Boldt2, Bengt Carlsson2, Markus Fiedler. Blekinge Institute of Technology, School of Engineering. www.arena-ruc.se/mobil_it/index.php?s=file_download&id=16
3. 2+1-Roads With and Without Cable Barriers: Speed Performance. Torsten Bergh (SNRA-Swedish National Road Administration) y Anre Carlsson (Swedish National Transport and Road Research Institute -VTI) http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/circulars/ec018/17_03.pdf
4. Design of wide single 2+1 roads. Design manual for roads and bridges. TD 70/08. The Highways Agency. <http://www.standardsforhighways.co.uk/dmrb/vol6/section1/td7008.pdf>
5. NRA Road Design Conference 2003. National Roads Authority. <http://www.roughanodonovan.com/Publications/Pub005.pdf>
6. Interim Advice Note on Road Link Design for 2+1 Roads. Revision 'A' -. National Roads Authority. February 2006 <http://www.nra.ie/Publications/DownloadableDocumentation/RoadDesignConstruction/>
7. NRA TD 10/07. Road Link Design for Type 2 and Type 3 Dual Carriageways. National Roads Authority. December 2007
8. "2+1" roads-Danish experiences. Lene Herrestedt.
9. Design Guidelines for passing lanes on two-lane roadways (Super 2). Report N FWWA/ TX-02/4064-1-Septiembre 2001. <http://tti.tamu.edu/documents/4064-1.pdf>
10. Evaluation of Lane Reduction "Road Diet". Measures and Their Effects on Crashes and Injuries. HSIS. Highways Safety Information System. <http://www.ftlrc.gov/safety/hsis/pubs/04082/index.htm>
11. Urban Minor Arterial Four-Lane Undivided to Three-Lane Conversion Feasibility: An Update. Knapp, Giese, and Lee http://www.urbanstreet.info/2nd_sym_proceedings/Volume%202/Knapp.pdf
12. Application of European 2+1 Roadway Designs. NCHRP. Research Results Digest. April 2003. Number 275. http://www.planning.kytc.ky.gov/congestion/2_plus_1/2plus1_NCHRP275.pdf
13. Roads Diets Seminar. Kimley Horn and Associates, Inc. www.mtc.ca.gov/services/arterial.../road.../Road_Diets_KHA.ppt
14. Road Diets. Fixing the big road. Buy Burden and Peter Lagerwey. <http://www.walkable.org/assets/downloads/roaddiets.pdf>
15. Super 2 Highways: Two-Lane Rural Highways with Passing Lanes. MaWooldridge, Messer, Heard, Raghupathy, Parham, Brewer, and Lee Summary Reports. Texas Transportation Institute. <ftp://ftp.dot.state.tx.us/pub/txdot-info/rti/psr/4064-s.pdf>
16. The Conversion of Four-Lane Undivided. Urban Roadways to Three-Lane Facilities. Thomas M. Welch http://northsuburbanawarenessgroup.org/resourcepdf/converting_4lanes_to3lanes_urban_roadways.pdf
17. Roadway Design Manual. Texas Department of Transportation. Mayo 2010. Cap 4. Section 6. Super 2 Highway. <http://onlinemanuals.txdot.gov/txdotmanuals/rdw/rdw.pdf>
18. Guidance for the Design and Application of Shoulder and Centerline Rumble Strips. NCHRP 641 http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/nchrp/nchrp_rpt_641.pdf



CÁMARA COLOMBIANA
DE LA INFRAESTRUCTURA
Seccional Occidente



Séptimo Congreso Internacional de Vialidad y Tránsito

EXPOVIAL COLOMBIA 2011

Santiago de Cali, 1 y 2 de junio de 2011
Centro de Eventos Valle del Pacífico



SALÓN AUTOMOTOR
EXPOVIAL



SALÓN DE VÍAS Y TRANSPORTE
EXPOVIAL



SALÓN SEGURIDAD VIAL
EXPOVIAL



RUEDA DE NEGOCIOS
EXPOVIAL

www.expovialcolombia.com

DESARROLLO TECNOLÓGICO DEL NUEVO MODERADOR DE TRAFICO *SPEED KIDNEY*

AUTORES

Alfredo García García - Universidad Politécnica de Valencia
Mario Alfonso Romero Rojas - Universidad Politécnica de Valencia
Ana Tsui Moreno Chou - Universidad Politécnica de Valencia

RESUMEN

Más del 50% de los accidentes en España tiene lugar en las vías urbanas y travesías, siendo la moderación del tráfico una medida de mejora de la seguridad vial aplicada comúnmente en estas vías. No obstante, en ocasiones, los beneficios de su implementación se ven ensombrecidos por sus efectos desfavorables. El Grupo de Investigación en Ingeniería de Carreteras (GIIC) de la Universidad Politécnica de Valencia (UPV) ha diseñado un nuevo dispositivo moderador que consigue, además de moderar la velocidad del tráfico, minimizar las molestias ocasionadas a los ocupantes de los vehículos, el ruido en el entorno, las averías mecánicas sufridas por los vehículos y las demoras a vehículos de transporte público o de emergencias. Se trata de un resalte con forma en planta arriñonada.

Con el fin de evaluar la funcionalidad esperada del nuevo moderador, denominado *Speed Kidney*, y el grado de aceptación por parte de los usuarios de diferentes tipos de vehículos, se han diseñado una serie de pruebas experimentales diferenciadas en cuatro fases. En la primera fase se ha evaluado la influencia del radio de los dispositivos, demarcando con cal el contorno de los elementos. En segundo lugar, se ha construido el primer *Speed Kidney* dentro del campus de la UPV, evaluando las velocidades de los vehículos en el tramo de vía antes y después de la construcción del elemento, así como las trayectorias adoptadas por los vehículos. En una tercera fase se han construido, en una pista de pruebas, un total de 18 *Speed Kidney* con características geométricas diferentes, para el desarrollo de pruebas en ambientes controlados. Por último, se prevé su implantación en vías urbanas y travesías.

En el trabajo se describe el nuevo sistema de moderación, sus características geométricas, su proceso constructivo, su desarrollo tecnológico, los resultados obtenidos en la experimentación y los criterios de implantación.

INTRODUCCIÓN

La moderación del tráfico es una medida de seguridad vial que se está implementando generalmente en Europa y Estados Unidos, cuyo objeto es reducir tanto la frecuencia como la severidad de los accidentes en las vías urbanas y en las travesías.

Los planes y programas de moderación del tráfico se emplean para cambiar la percepción de los usuarios del entorno, a un entorno urbano, y forzarlos a conducir de forma acorde con las actividades principales del área. Existen dos técnicas para moderar el tráfico (1). La primera de ellas se basa de una restricción parcial de limitación de velocidades excesivas en áreas urbanas, de forma que no se dirige a la raíz del problema dentro del sistema de tráfico, sino que intenta paliar sus consecuencias. La segunda técnica considera no únicamente la reducción de velocidad sino también una disminución del volumen de tráfico, incluyendo también la promoción

del transporte colectivo y otros medios de transporte alternativos al vehículo motorizado, como la bicicleta o el peatonal.

Dentro de las diferentes actuaciones para moderar el tráfico destacan las medidas físicas que suponen una variación en la planta o en el alzado para disuadir el exceso de velocidad, aunque también se utilizan cambios en la sección transversal o en el pavimento. Actualmente, las medidas más empleadas son las relativas a las actuaciones en el alzado, como los pasos sobre elevados, los lomos transversales o los resaltes, y las actuaciones en la planta, como las glorietas y las chicanes. La seguridad depende en un alto grado de la velocidad del vehículo (1). Se han llevado a cabo varias investigaciones para evaluar el efecto de los moderadores del tráfico en la explotación del tráfico, reportando la mayoría de estudios un descenso de la velocidad cercano al 18% (2, 3). Además, se ha identificado como la variable más importante en la reducción de velocidad el espaciamiento entre moderadores del tráfico (4, 5), encontrándose el espaciamiento óptimo alrededor de los 90 m (6). La Organización de Moderación del Tráfico (Traffic Calming Organization) analizó el impacto de los moderadores del tráfico en la explotación del tráfico, indicando que la reducción de velocidad era mayor en los lomos transversales que en el resto de elementos (7). Es más, Barbosa et al. (8) obtuvo los perfiles de velocidad de varios elementos como almohadas, chicanes, lomos transversales y pasos sobre elevados, mediante 16 espiras, pudiendo evaluar el impacto de los moderadores del tráfico en la explotación del tráfico, siendo los pasos sobre elevados los que mayor impacto causaban y las almohadas, los de menor afección. Por otro lado, también se ha estudiado el efecto de un espaciamiento reducido por parte de varios autores (3, 6, 9), de manera que si la distancia entre moderadores es escasa, los conductores no son capaces de desarrollar la velocidad deseada entre ambos, funcionando así de manera conjunta el par de elementos. Por ello, se puede decir que los moderadores del tráfico, si se implementan de forma correcta, pueden aumentar la seguridad, el confort y la movilidad (10).

No obstante, la moderación del tráfico también tiene efectos negativos que a veces ensombrecen sus beneficios, puesto que los moderadores del tráfico influyen en la conducción y causan incomodidad a los pasajeros, que incluso pueden desviar su trayecto para evitar el paso por estos elementos. Es más, el impacto de los neumáticos sobre los moderadores del tráfico causa daños mecánicos a los vehículos, y genera ruidos y vibraciones. Otros estudios también reportan que las deceleraciones bruscas al aproximarse a un moderador del tráfico aumentan los niveles de emisiones y los consumos de carburante (11). Por otro lado, los vehículos de emergencia también se ven afectados por la moderación del tráfico puesto que el tiempo de respuesta incrementa (12, 13, 14). La demora producida depende del tipo de vehículo de emergencia y de la velocidad de operación deseada, variando entre 2,3 y 9,6 segundos para un lomo transversal. Asimismo, la

afección de los moderadores del tráfico no se limita únicamente a los vehículos ligeros y a los vehículos de emergencia, sino que también atañe al transporte público. De hecho, se han desarrollado guías específicas de moderación del tráfico para rutas de transporte colectivo que califican tanto la explotación del autobús como la aceptación de las diferentes medidas (15). Así, los mejores elementos moderadores del tráfico para los autobuses son: cambios en la textura o color del pavimento, semáforos de control de velocidad, almohadas y pasos sobreelevados.

Es importante destacar que algunos usuarios se oponen a la moderación del tráfico porque los efectos negativos afectan a todos los usuarios, incluso a aquellos que circulan a una velocidad apropiada, segura y moderada.

OBJETIVOS

El objeto del estudio es el desarrollo de un nuevo moderador del tráfico que integre a los usuarios ofreciéndoles confort y calidad.

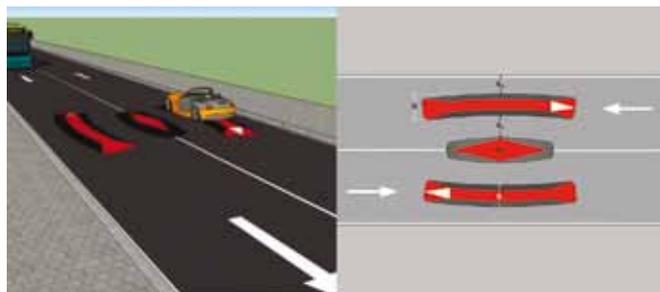
Así, los objetivos del nuevo moderador del tráfico son moderar la velocidad de los vehículos ligeros, minimizar la incomodidad producida en los pasajeros de los vehículos que circulan a una velocidad adecuada, reducir el daño mecánico a los vehículos puesto que los vehículos no tienen que sobrepasar el elemento, minimizar las demoras en los servicios de emergencia, facilitar la conducción a los vehículos de emergencia, transporte colectivo y camiones y mejorar la seguridad vial por la moderación del tráfico.

Los objetivos del nuevo moderador del tráfico se cumplen con el nuevo elemento denominado **Speed Kidney**. El diseño geométrico, el desarrollo tecnológico, los principales resultados de las pruebas experimentales y los criterios de implementación se desarrollarán en el presente trabajo.

DESCRIPCIÓN

El Grupo de Investigación en Ingeniería de Carreteras (GIIC) de la Universidad Politécnica de Valencia ha inventado, diseñado, solicitado la correspondiente patente, y desarrollado un nuevo moderador del tráfico denominado **Speed Kidney**.

El nuevo moderador del tráfico está compuesto por un resalte principal y por un resalte complementario. El dispositivo debe su nombre a la forma del resalte principal, que es curvo como un riñón (Figura 1). El dispositivo ofrece a los conductores la posibilidad de modificar su trayectoria para evitar incomodidad vertical: la trayectoria óptima es siguiendo la curvatura del resalte principal, de forma que el vehículo se centra en el dispositivo describiendo una curva como una chicane suave. Por lo tanto, la velocidad se modera.



a) b)
Figura 1. *Speed Kidney*

El **Speed Kidney** funciona también como una almohada ya que los vehículos pueden seguir con una trayectoria recta y sobrepasar el dispositivo con una o dos ruedas sobre el resalte principal. Consecuentemente, se disuade el exceso de velocidad debido a las fuerzas verticales generadas y la consiguiente incomodidad vertical.

La ocupación (O) es un parámetro clave en el diseño. Este parámetro controla la anchura mínima entre neumáticos que puede atravesar el **Speed Kidney** sin variar su trayectoria y sin remontar ninguna de las ruedas. Aquellos vehículos con una vía libre superior a la ocupación no se ven afectados por el **Speed Kidney**, aunque su velocidad se verá moderada puesto que deben centrar la trayectoria para sobrepasar el dispositivo. Por tanto, la afección a los vehículos de emergencia, como los camiones de bomberos o las ambulancias, y a los vehículos de transporte colectivo, se verá minimizada, como en el caso de las almohadas.

Es necesario asegurar que los vehículos no circulen entre dos resaltes principales, por el centro de la calzada, por lo que se implementa un resalte complementario en la separación de sentidos de circulación. La anchura de este elemento garantiza también que los vehículos no pasen por el medio puesto que el espacio libre es inferior a la anchura del vehículo.

La sección transversal del resalte principal que compone el **Speed Kidney** es abultada, con una sección trapezoidal. El resalte principal tiene una meseta central y rampas laterales con pendiente no inferior a 1:4. La anchura del elemento (A) es igual o inferior a la vía libre del mínimo vehículo a controlar. Así, los vehículos ligeros no remontarían el resalte si adoptasen una trayectoria curva. Por otro lado, las rampas laterales facilitan el seguimiento de la curvatura del resalte principal por parte del vehículo debido al efecto de la gravedad, por lo que se consigue un efecto encauzador.

Las motocicletas y bicicletas pueden pasar entre el resalte principal y el complementario. Su velocidad se ve moderada por la necesidad de centrar su vehículo en esa anchura libre y por el efecto de estrechamiento de la sección transversal.

Consecuentemente, el **Speed Kidney** es un elemento moderador del tráfico que implica una actuación en la planta y en el alzado, al igual que en la sección transversal. El **Speed Kidney** permite a los conductores elegir entre una trayectoria curva o recta, de manera que si los conductores optan por la trayectoria recta sufrirán los inconvenientes de los resaltes convencionales, mientras que si toman la trayectoria curva moderarán su velocidad a la vez que minimizarán la incomodidad y el daño a sus vehículos.

El **Speed Kidney** puede construirse in situ mediante aglomerado asfáltico o ser piezas prefabricadas de caucho. Estas últimas son recomendables en aquellas zonas donde la vialidad invernal requiera del paso de máquinas quitanieves, puesto que pueden desinstalarse en esa época y volver a instalarse después de la época de nieves.

DISEÑO GEOMÉTRICO

Los parámetros para determinar la geometría del **Speed Kidney** son: anchura (A), ocupación (O), radio (R), radio de redondeo (r) y longitud (L). Los valores recomendados se pueden encontrar en la Tabla 1.

Como se ha comentado anteriormente, la anchura (A) es igual a la vía libre del vehículo ligero mínimo del que se quiere moderar la velocidad, mientras que la ocupación (O) es igual a la vía libre del mínimo vehículo pesado que sobrepasa el dispositivo con trayectoria recta sin subir los neumáticos. La anchura adoptada es de 1,7 m siguiendo las recomendaciones para almohadas (1, 16).

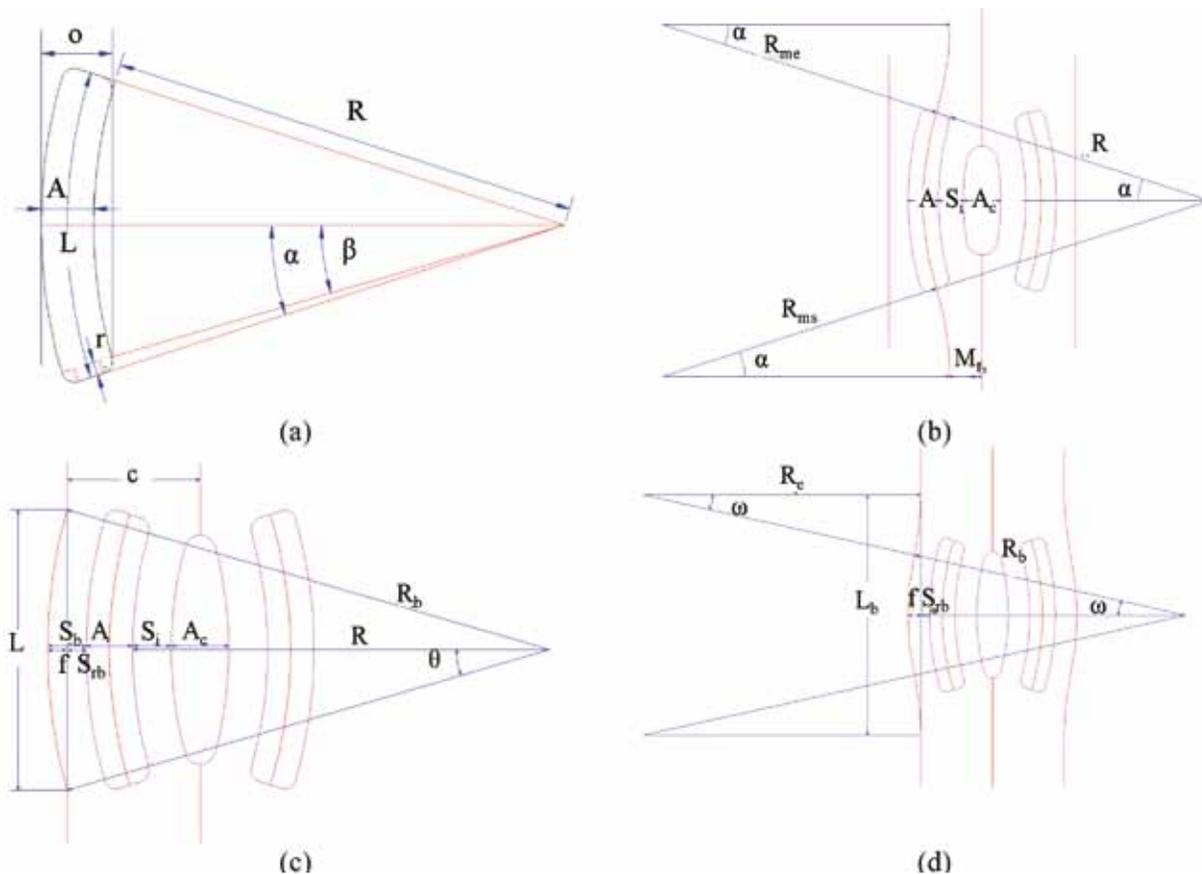


Figura 2. Geometría del Speed Kidney

TABLA 1. Valores recomendados

	Dimensión		Valor Recomendado	Intervalo
Resalte principal	Anchura	A	130 cm	120-135 cm
	Ocupación	O	160 cm	150-175 cm
	Radio	R	Depende de la velocidad	10-20 cm
	Longitud	L		500-900 cm
	Radio de redondeo	r	30 cm	$0-A/2$ cm
	Altura	H	7.5 cm	6-8 cm
	Pendiente de entrada	I	12%	10-15%
	Pendiente lateral	pl	20%	20-25%
Resalte complementario	Anchura	A_c	150 cm	150 cm
Separación	Resalte principal – Resalte complementario	S_i	Depende de la anchura del carril	90-130 cm
	Resalte principal - Bordillo	S_b	Depende de la anchura del carril	70-120 cm

De acuerdo con los valores recomendados, la mínima anchura de la calzada de dos carriles (AT) para implementar una pareja de resaltes principales y un resalte complementario se obtiene con la Ecuación 1.

$$A_T = 2 \cdot (S_b + A + S_i) + A_C \quad (1)$$

Donde: A_T es la anchura mínima de calzada, S_b es la distancia entre el resalte principal y el bordillo, A es la anchura del resalte principal, S_i es la distancia entre el resalte principal y el complementario y A_c es la anchura del resalte complementario. Todas las medidas están en metros.

La anchura mínima del resalte complementario está condicionada por el margen de seguridad transversal entre líneas, M_t , requerido para adoptar la trayectoria curva. El margen de seguridad en las carreteras convencionales es de 0,50 m considerando una anchura de carril de 3,5 m y un vehículo pesado de 2,5 m de anchura centrado en el carril. En las áreas urbanas, este margen se reduce a 0,38 m. Por tanto, se ha establecido dicho valor en 0,40 m. Así, el margen transversal de seguridad M_t se puede calcular considerando los parámetros geométricos del **Speed Kidney** y la anchura del vehículo incluyendo los espejos con la Ecuación 2.

$$M_t = \frac{A_c}{2} + S_i + \frac{A}{2} - \frac{H}{2} - \left(R_{me} + R + \frac{A}{2} \right) \cdot (1 - \cos(\alpha)) \quad (2)$$

Donde: M_t es el margen de seguridad transversal, A_c es la anchura del resalte complementario, S_i es la separación entre el resalte principal y el resalte complementario; A es la anchura del resalte principal; R es el radio; y H , R_{me} , y α son los parámetros definidos en la Figura 2b.

La anchura de vehículo, incluyendo los espejos, más común en España es de 2,10 m (17). Aplicando la Ecuación 2 y considerando el mismo radio que el radio del resalte principal ($R_{me} = R + A/2$) es posible conocer la ubicación del resalte principal. Así, el resalte principal está ubicado a 2,23 m del eje de la carretera o la calle. Por tanto, la Ecuación 3 se tiene que satisfacer para cumplir con el margen de seguridad transversal requerido de 0,40 m.

$$\frac{A_c}{2} + S_i + \frac{A}{2} \geq 2.23 \text{ m} \quad (3)$$

Donde: A_c es la anchura del resalte complementario, S_i es la distancia entre el resalte principal y el complementario y A es la anchura del resalte principal. Todas las medidas están en metros.

Existen calles que son demasiado estrechas para implementar un **Speed Kidney**. En ese caso, el bordillo de la acera puede acompañar la curvatura del **Speed Kidney** para mantener la separación entre el resalte principal y el bordillo, como se muestra en la Figura 2c y 2d. Para calcular la mínima longitud afectada de bordillo en el acompañamiento del **Speed Kidney**, se pueden aplicar las Ecuaciones 4 a 9.

$$R_b = R + A + S_b \quad (4)$$

$$f = \left(\frac{A_c}{2} + S_i + A + S_b \right) - C \quad (5)$$

$$\theta = \arccos \left(1 - \frac{f}{R_b} \right) \quad (6)$$

$$L = 2 \cdot R_b \cdot \sin(\theta) \quad (7)$$

$$\omega = \arccos \left(1 - \frac{f}{R_b + R_e} \right) \quad (8)$$

$$L_b = 2 \cdot (R_b + R_e) \cdot \sin(\omega) \quad (9)$$

Donde los parámetros están definidos geoméricamente en las figuras 2c y 2d.

Si la flecha (f) es menor a 0,20 m, el acompañamiento de los bordillos para facilitar la transición a los vehículos pesados se puede hacer con una curva simple (Figura 2c). Si dicho valor es superior a 0,20 m se necesitaría de un acompañamiento en curva-contracurva (Figura 2d).

EXPERIMENTACIÓN

Con el fin de evaluar y validar la funcionalidad del **Speed Kidney** y la aceptación por parte de los usuarios, se han diseñado tres pruebas: una prueba experimental (Figura 3a), una implementación real en una calle de un campus universitario (Figura 3b) y unas pruebas controladas en una pista de ensayos (Figura 3c). También está prevista su ejecución en travесías y vías urbanas.



Figura 3. Experimentación del **Speed Kidney**: (a) Prueba preliminar, (b) Implementación real, (c) Pista de ensayos

Prueba preliminar

La prueba preliminar del **Speed Kidney** se llevó a cabo en septiembre de 2009. En ella, se cuantificó la influencia del radio por medio de la demarcación del contorno del **Speed Kidney** en la superficie de una calle del campus. Se consideraron tres radios: 10, 15 y 20 m.

Las pruebas se ejecutaron con dos vehículos, un BMW X3 y un Mini Cooper, conducidos por diferentes conductores. El objetivo de la prueba era circular sobre el **Speed Kidney** a una velocidad prefijada, la velocidad objetivo, con una trayectoria curva, siguiendo la curvatura del riñón. Posteriormente, la trayectoria se obtenía por medio del Laboratorio Móvil de Tráfico del GILC. El Laboratorio Móvil de Tráfico está compuesto por una plataforma elevadora equipada con seis cámaras de vídeo digitales. Estas cámaras se controlan en tiempo real con un ordenador portátil y se conectan inalámbricamente al equipo de grabación. La plataforma permite elevar la toma hasta 12 m, y gracias al encuadre y enfoque de las cámaras en tiempo real, se pueden grabar vídeos de áreas amplias con gran calidad. Para obtener las trayectorias a partir de las imágenes del vídeo, se empleó un software desarrollado para otra investigación (18). Es más, las velocidades y aceleraciones se calcularon con derivadas numéricas (19).

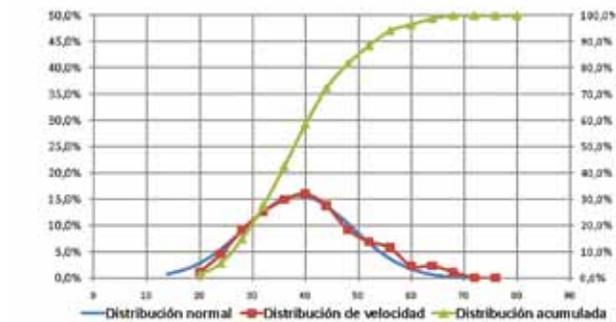
La percepción subjetiva de riesgo, comodidad vertical y comodidad horizontal, tanto del conductor como del copiloto, se han evaluado en cada una de las trayectorias. Estas variables se puntuaban de 1 a 5 siguiendo una escala de Likert.

Los primeros resultados muestran que el tipo de vehículo no influye en el comportamiento del conductor y en la percepción subjetiva. A partir de la percepción subjetiva, la velocidad de operación estimada en km/h es el doble del radio en m. Sin embargo, el efecto de abultamiento del resalte principal no ha sido considerado.

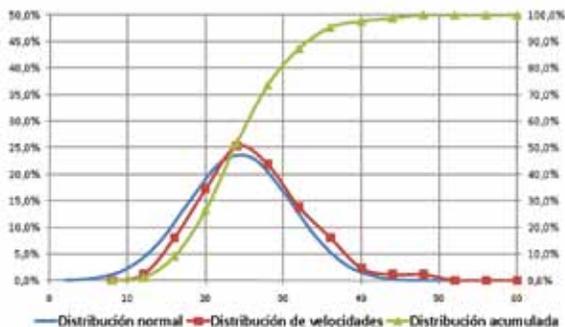
Implementación real

El primer **Speed Kidney** se ejecutó en enero de 2010 con aglomerado asfáltico en una calle del campus universitario de la UPV (Figura 3b). El radio del resalte principal era de 15 m que corresponde con una velocidad de operación estimada de 30 km/h. Un estudio de antes-después se ha llevado a cabo para evaluar la efectividad del nuevo dispositivo moderador del tráfico, obteniendo las trayectorias, velocidades y aceleraciones con la metodología explicada anteriormente. Las pruebas se realizaron en días laborables, con buenas condiciones climatológicas, en febrero y marzo de 2010.

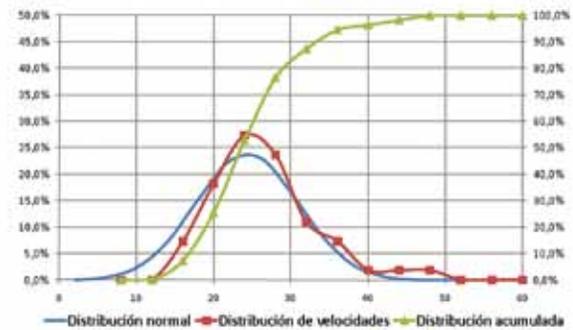
La velocidad de operación antes de la instalación del **Speed Kidney** era de 49 km/h, tomada de una muestra de 67 vehículos, mientras que después de la construcción del mismo la velocidad de operación se redujo a 31 km/h. Es más, se calculó la velocidad de operación para los vehículos que seguían una trayectoria recta y los de una trayectoria curva resultando prácticamente la misma. No obstante, las distribuciones de velocidad son ligeramente diferentes (Figura 4).



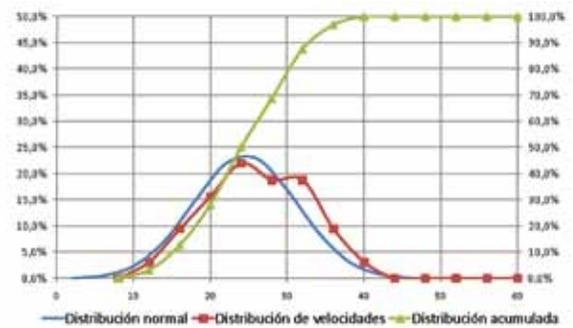
a)



b)



c)



d)

Figura 4. Distribución de velocidades antes y después de la construcción del Speed Kidney: (a) Antes, (b) Después con todos los vehículos, (c) Después de vehículos con trayectoria recta, (d) Después de vehículos con trayectoria curva

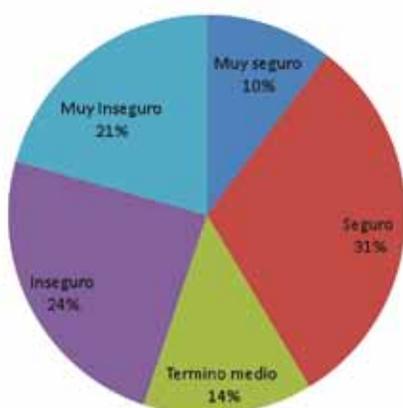
En cuanto a las deceleraciones, no se ha encontrado una diferencia estadísticamente significativa en función de la trayectoria. Los valores de aceleración y deceleración correspondientes al percentil 85 y 15 son 1,1 m/s² y -0,65 m/s² respectivamente, ambos dentro de tasas cómodas. La trayectoria de los vehículos también ha sido analizada. De una muestra de 247 vehículos en diferentes días se ha observado cómo un tercio de los conductores tomaron intuitivamente la trayectoria curva, siguiendo el **Speed Kidney**. Los dos tercios restantes siguieron con una trayectoria recta en la que subían una o dos ruedas sobre el resalte principal. También se ha seguido la evolución de estos porcentajes, y se puede vislumbrar un efecto de aprendizaje puesto que la proporción de vehículos que toma la trayectoria en zigzag aumenta paulatinamente. La percepción subjetiva de los conductores reales que circulaban por la calle también se recogió mediante encuestas. 92 conductores fueron encuestados sobre su percepción de comodidad, riesgo y reducción de velocidad. Los encuestadores eran capaces de ver la trayectoria seguida por los conductores, por lo que los resultados se pueden mostrar en función de la trayectoria adoptada, y se puede distinguir cómo las puntuaciones varían según la trayectoria (Figura 5). La comodidad en los conductores con una trayectoria recta fue valorada peor que con una trayectoria en zigzag, y estos conductores también tenían una menor percepción de riesgo. En cuanto a la reducción de velocidad, la percepción subjetiva no coincide con la velocidad objetiva obtenida con los vídeos. Mientras el 67% de los conductores que adoptaron un zigzag suave opinó que la reducción de velocidad era alta o muy alta, el 52% de los conductores que siguieron recto consideró una reducción alta o muy alta. Sin embargo, la reducción de velocidad era la misma. Esta percepción de mayor reducción de velocidad puede explicar porqué los conductores adoptan una trayectoria recta a pesar de una mayor incomodidad y daño a sus vehículos. También es importante señalar que la incomodidad es inferior a la sufrida por los resaltes convencionales y que se encuentran instalados con anterioridad a la llegada al **Speed Kidney**.

Comodidad trayectoria recta



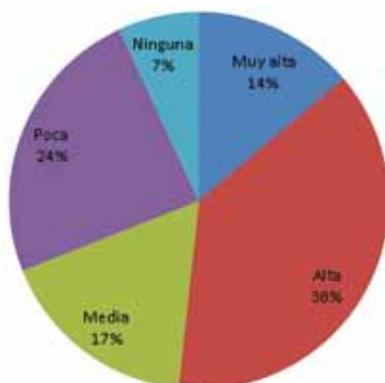
(a)

Seguridad trayectoria recta



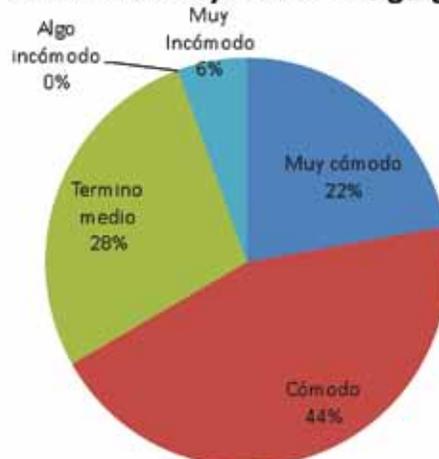
(c)

Reducción de velocidad trayectoria recta



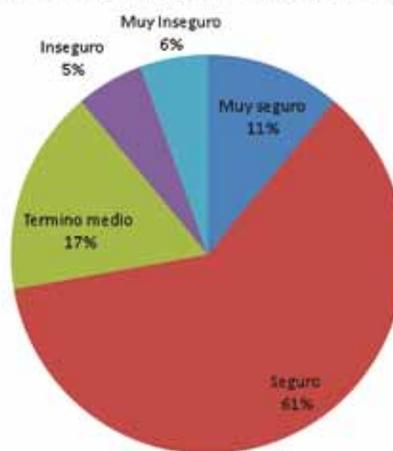
(e)

Comodidad trayectoria en zigzag



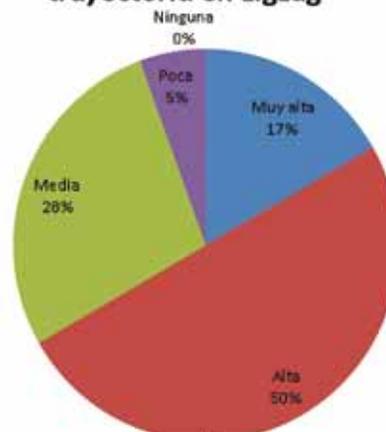
(b)

Seguridad trayectoria en zigzag



(d)

Reducción de velocidad trayectoria en zigzag



(f)

Figura 5. Evaluación de percepción por parte de los conductores: (a) Comodidad en trayectoria recta, (b) Comodidad en trayectoria curva, (c) Riesgo en trayectoria recta, (d) Riesgo en trayectoria curva, (e) Reducción de velocidad en trayectoria recta, (f) Reducción de velocidad en trayectoria curva

Por otro lado, se preguntó por la posible señalización del dispositivo. En la Figura 6 se observa que los usuarios prefieren la señalización que resalta en rojo la directriz y las rampas de entrada y salida y en blanco un triángulo que indica la dirección en la rampa de entrada o embocadura. Asimismo, los conductores prefieren una señalización que guíe la trayectoria para tomar el zigzag del **Speed Kidney**.

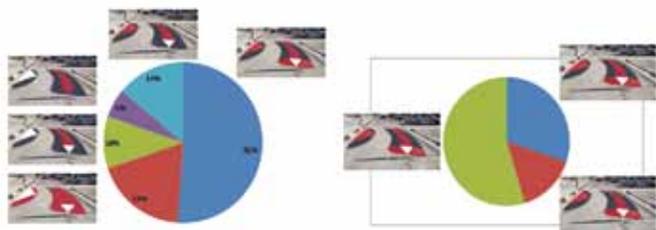


Figura 6. Evaluación de la señalización horizontal

En lo que se refiere a la señalización vertical, en la Figura 7 se observa que los usuarios prefieren la señalización vertical que indica la trayectoria del vehículo en el momento de tomar el **Speed Kidney** similar a la preferencia de señalización horizontal de guiado.

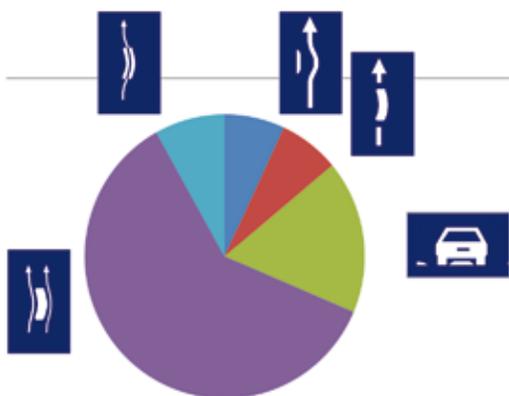


Figura 7. Evaluación de la señalización vertical

Pruebas controladas

La tercera fase de pruebas experimentales consiste en la construcción de 18 geometrías diferentes de **Speed Kidney** en una pista de ensayos, empleando un área de peaje abandonado de la AP-7. Las condiciones controladas permiten evaluar la funcionalidad del **Speed Kidney** y la influencia de sus características geométricas en la comodidad vertical, horizontal y en la percepción del riesgo. Para ello, se empleó una escala de Likert entre 1 y 5.

La construcción de **Speed Kidney** se dividió en dos etapas. La primera etapa tuvo lugar en febrero de 2010 con la ejecución de 12 geometrías diferentes de **Speed Kidney**, variando el radio, la pendiente de la rampa de entrada y salida y la pendiente lateral. A la vista de los primeros resultados, se decidió implementar otros 6 dispositivos puesto que los vehículos podían seguir una trayectoria recta sin remontar el resalte principal. La segunda etapa se implementó en junio de 2010. Las características geométricas de los elementos se muestran en la Tabla 2. La altura permanece constante, siguiendo las conclusiones de una investigación anterior en la que se comprobó que la operación de los conductores no se veía afectada por la altura del elemento (5).

Tabla 2. Características geométricas del Speed Kidney en la pista de ensayos

N	Radio R (m)	PARÁMETROS						Anchura A (m)
		Rampa de entrada		Rampa lateral		Anchura meseta (m)	Ocupación O (m)	
		Longitud (m)	Pendiente I (%)	Longitud (m)	Pendiente Pl (%)			
1	10	0,500	14,0	0,375	18,7	0,45	1,50	1,20
2	10	0,500	14,0	0,450	15,5	0,30	1,50	1,20
3	10	0,625	11,2	0,375	18,7	0,45	1,50	1,20
4	10	0,625	11,2	0,450	15,5	0,30	1,50	1,20
5	15	0,500	14,0	0,375	18,7	0,45	1,50	1,20
6	15	0,500	14,0	0,450	15,5	0,30	1,50	1,20
7	15	0,625	11,2	0,375	18,7	0,45	1,50	1,20
8	15	0,625	11,2	0,450	15,5	0,30	1,50	1,20
9	15	0,750	9,3	0,375	18,7	0,45	1,50	1,20
10	15	0,75	9,3	0,450	15,5	0,30	1,50	1,20
11	20	0,625	11,2	0,375	18,7	0,45	1,50	1,20
12	20	0,750	9,3	0,450	15,5	0,30	1,50	1,20
13	10	0,625	11,2	0,375	18,7	0,45	1,65	1,35
14	10	0,625	11,2	0,375	18,7	0,45	1,75	1,35
15	15	0,625	11,2	0,375	18,7	0,45	1,65	1,35
16	15	0,625	11,2	0,375	18,7	0,45	1,70	1,35
17	15	0,625	11,2	0,375	18,7	0,45	1,75	1,35
18	20	0,625	11,2	0,375	18,7	0,45	1,75	1,35

Para llevar a cabo las pruebas se emplearon 4 vehículos: Nissan Terrano, Ford Mondeo, Peugeot 307 y Daewoo Lanos, y cada vehículo fue conducido por 4 conductores diferentes. En las pruebas, cada conductor tenía asignado un copiloto. Por tanto, 16 parejas de conductor-copiloto y vehículo llevaron a cabo las pruebas.

Cada prueba consiste en sobrepasar el **Speed Kidney** a una velocidad objetivo siguiendo una trayectoria prefijada, de manera que el copiloto informa al conductor del número de **Speed Kidney** a sobrepasar, la velocidad objetivo y el tipo de trayectoria. Los conductores desconocían las características geométricas de los elementos.

En principio se programaron 6 velocidades objetivo, aunque dicho número se redujo a 4 a partir del segundo día de pruebas. Las velocidades objetivo variaban de 20 a 60 km/h en función de las características geométricas del elemento y la trayectoria seguida. Se consideraron 3 trayectorias: trayectoria recta subiendo la rueda derecha por el centro del resalte principal (A), trayectoria recta centrada, decalando las dos ruedas en el resalte principal (B), y trayectoria curva, en ligero zigzag, siguiendo la curvatura del elemento (C). Más de 3600 pruebas se llevaron a cabo entre marzo y julio de 2010.



Figura 8. Pruebas controladas en la pista de ensayos: (a) Vista general, (b) Trayectoria A; (c) Trayectoria B, (d) Trayectoria C

En cada una de las pruebas, tanto el conductor como el copiloto puntuaban, siguiendo una escala de Likert de 1 a 5, la percepción subjetiva de comodidad horizontal (CHP), comodidad vertical (CVP) y riesgo (RP). Además, las pruebas se grababan en vídeo con el Laboratorio Móvil de Tráfico, pudiendo obtener también las trayectorias, velocidades y aceleraciones.

Estas puntuaciones se analizaron con el fin de obtener correlaciones entre la percepción subjetiva, la geometría, la trayectoria y la velocidad objetivo, considerando como parámetros el radio, la ocupación, la pendiente de la rampa de entrada, la pendiente lateral y la anchura de la meseta central. La percepción del conductor y del copiloto se analizó de manera independiente.

El análisis de las puntuaciones muestra que el parámetro clave en la percepción subjetiva depende de la trayectoria seguida, de manera que en la trayectoria A, el más influyente es la pendiente de la rampa de entrada (I), en la trayectoria B el factor clave es la ocupación (O) y en la trayectoria C es el radio (R). Se representa la percepción subjetiva en función de la velocidad y el parámetro clave en cada caso, para cada una de las trayectorias.

En la Figura 9 se muestran las valoraciones de percepción subjetiva del copiloto y del conductor con la trayectoria A dependiendo de la velocidad y la pendiente de la rampa de entrada (I), cuyos valores eran 14,0, 11,2, y 9,3%. La Figura muestra como la valoración decrece al aumentar la pendiente de entrada, puesto que en todos los casos la menor pendiente de rampa de entrada refleja mejores resultados. Se puede observar como existe una velocidad óptima que minimiza la incomodidad en el *Speed Kidney* con una pendiente de entrada menor, estando situada entre los 30 y 40 km/h. Es más, se puede comprobar cómo la percepción de riesgo está influenciada por la percepción de comodidad vertical puesto que la forma de las gráficas es la misma.

Por otro lado, las puntuaciones del copiloto y del conductor difieren en comodidad vertical, con una peor valoración por parte del copiloto, puesto que es el copiloto el que sufre un mayor desplazamiento vertical y por consiguiente una mayor incomodidad. Sin embargo, la elección de la velocidad se realiza normalmente por el conductor, por lo que su selección de velocidad puede variar en función de si viaja solo o acompañado. Estos resultados son acordes con las observaciones realizadas en almohadas en las que la trayectoria preferida por los conductores era pasar recto con la rueda derecha sobre la almohada (16). Además, la percepción de riesgo es menor en el caso de los pilotos y los copilotos ya que los copilotos no tienen una sujeción que les establece.

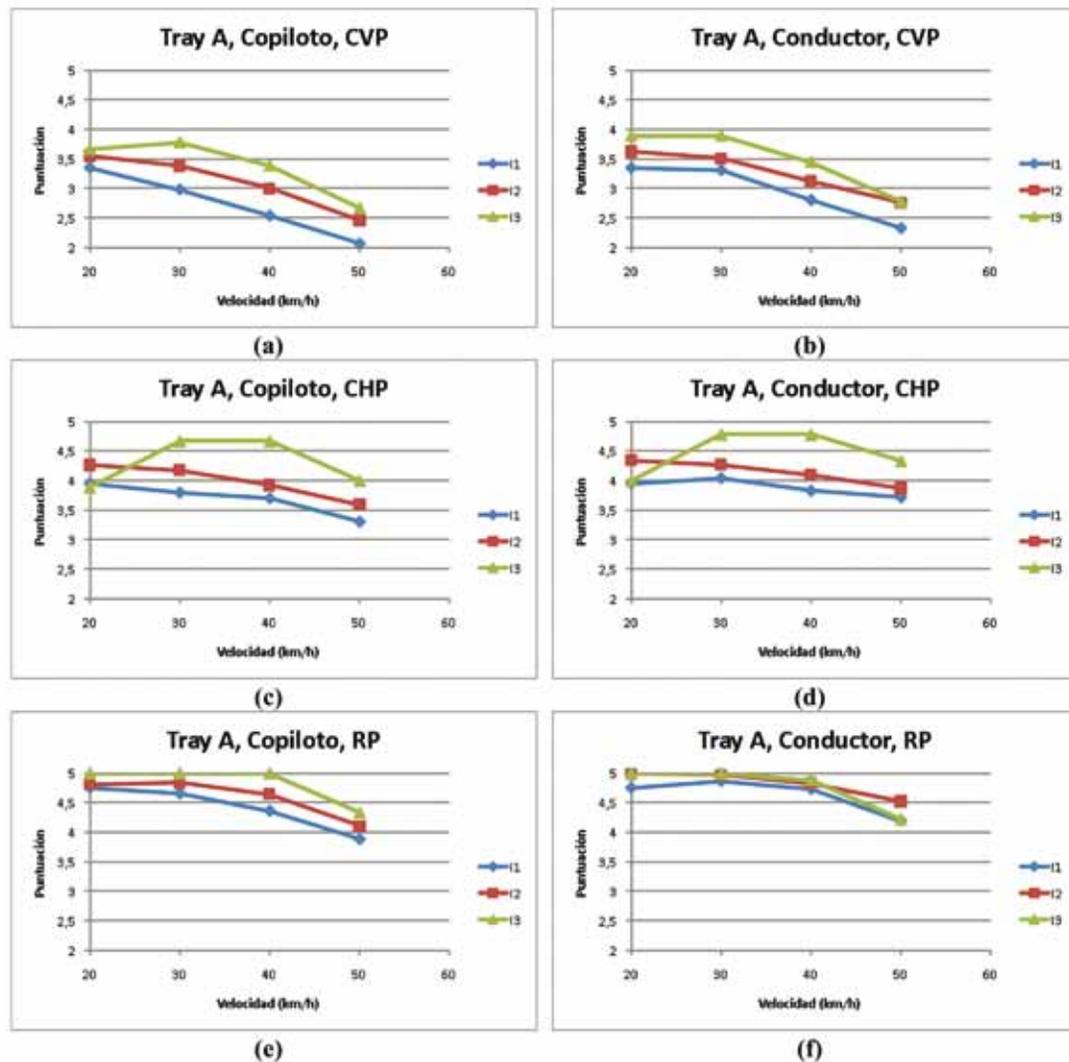


Figura 9. Percepción subjetiva con la trayectoria A de: (a) Comodidad vertical del copiloto, (b) Comodidad vertical del conductor, (c) Comodidad horizontal del copiloto, (d) Comodidad horizontal del conductor, (e) Riesgo percibido del copiloto, (f) Riesgo percibido del conductor

En el caso de la trayectoria B, la ocupación (O) ha sido el parámetro clave. Como se observa en la Figura 10, las puntuaciones recibidas son superiores a las de la trayectoria A. La menor de las ocupaciones ($O = 1,50$ m) era insuficiente para moderar la velocidad puesto que la valoración es independiente de la velocidad. Tras estos primeros resultados, se construyeron 6 nuevos *Speed Kidney* con mayor ocupación, por lo que se dispone de 4 ocupaciones diferentes: 1,50, 1,65, 1,70 y 1,75 m. Se confirma que la incomodidad aumenta con la ocupación, aunque otros parámetros como el radio pueden influir en la percepción subjetiva puesto que la mayor ocupación no proporciona una menor puntuación, a pesar de que las diferencias son mínimas.

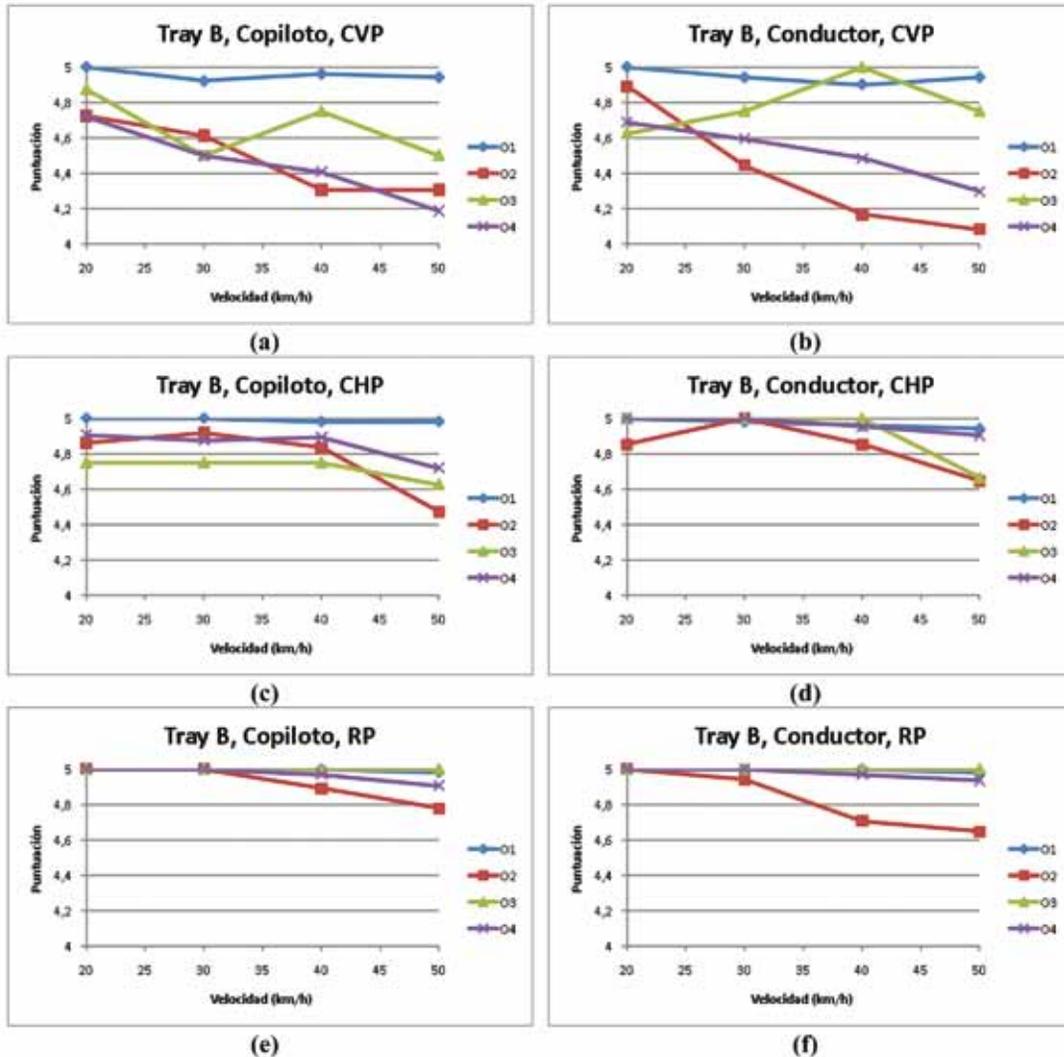


Figura 10. Percepción subjetiva con la trayectoria B de: (a) Comodidad vertical del copiloto, (b) Comodidad vertical del conductor, (c) Comodidad horizontal del copiloto, (d) Comodidad horizontal del conductor, (e) Riesgo percibido del copiloto, (f) Riesgo percibido del conductor.

La Figura 11 muestra la percepción subjetiva con la trayectoria C. Las valoraciones del copiloto son también inferiores a las de los pilotos, tanto en la comodidad vertical como en la comodidad horizontal. Se puede observar que la percepción de riesgo, en este caso, está asociada a la aceleración transversal puesto que la tendencia es similar a la de la comodidad horizontal. En el caso de los conductores, para radios de 10 y 15 m parece no existir una influencia de este parámetro en la comodidad horizontal, pero sí que hay una mejor percepción de los conductores para el *Speed Kidney* de radio 20 m a partir de 35 km/h. En el caso de los copilotos estas diferencias son mayores en función del radio, especialmente para el mayor de los radios. En consecuencia, la hipótesis inicial de control de la velocidad en función del radio puede no verse claramente confirmada en el caso de los conductores, aunque la percepción de los copilotos parece acercarse a dicha hipótesis. Las trayectorias desarrolladas por los conductores no seguían la curvatura del elemento, sino que en el caso de los *Speed Kidney* de radio 10 y 15 m, la curvatura era similar. Por ello, el vehículo tenía una aceleración transversal parecida y, consecuentemente, las valoraciones de percepción subjetiva son más cercanas

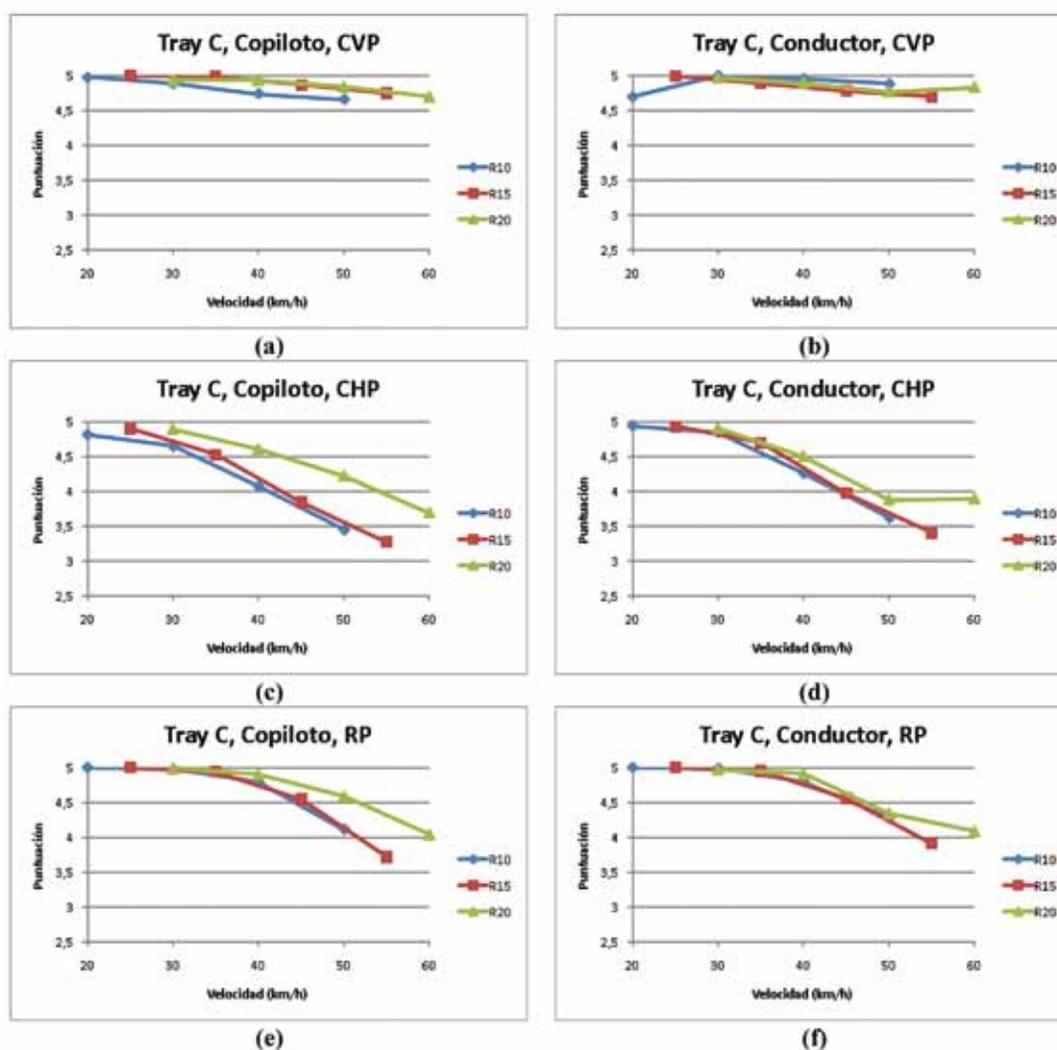
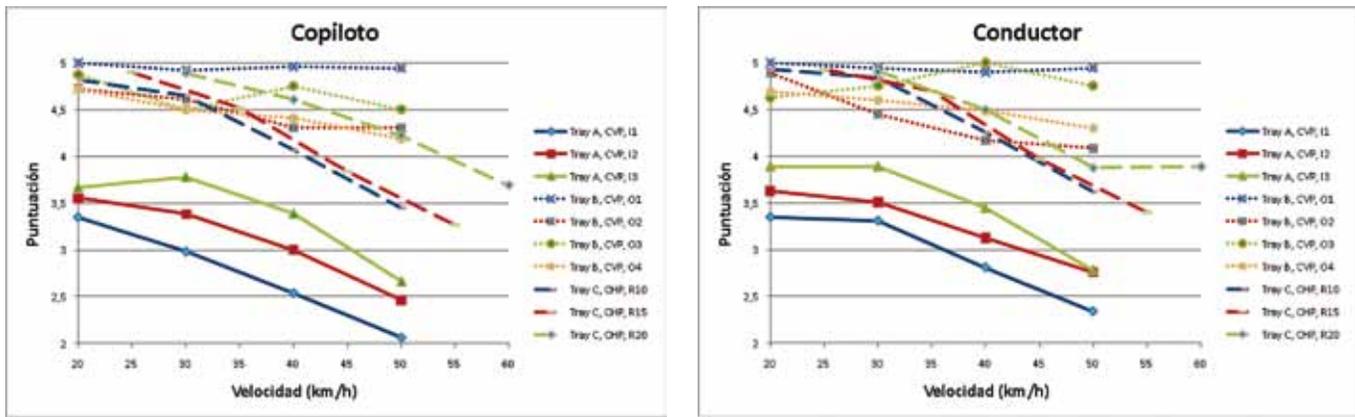


Figura 11. Percepción subjetiva con la trayectoria C de: (a) Comodidad vertical del copiloto, (b) Comodidad vertical del conductor, (c) Comodidad horizontal del copiloto, (d) Comodidad horizontal del conductor, (e) Riesgo percibido del copiloto, (f) Riesgo percibido del conductor

Con el fin de determinar la trayectoria óptima en función de la velocidad, se ha realizado una comparación entre las trayectorias A, B y C dependiendo de la velocidad y escogiendo para cada una de ellas el parámetro más restrictivo en la percepción subjetiva, como la comodidad vertical para las trayectorias A y B y la comodidad horizontal para la trayectoria C. Los resultados se presentan en la Figura 12.

La percepción es diferente en el caso del copiloto y del piloto. Las valoraciones de comodidad reportadas por los copilotos sugieren que la trayectoria preferida es la B o la C para velocidades inferiores a 40 km/h, si el radio del elemento es 10 ó 15 m. En estos elementos, para velocidad superior a 40 km/h, la trayectoria óptima es la B. En el caso del **Speed Kidney** con radio 20 m, el umbral de comodidad de la trayectoria C es superior y se encuentra aproximadamente en 50 km/h. Así, para **Speed Kidney** con radio 20 m, la trayectoria óptima para los copilotos es la B o la C si la velocidad es inferior a 50 km/h, mientras que si es superior, es preferible la trayectoria B.



a) b) *Figura 12. Comparación de la percepción subjetiva en función de la trayectoria: (a) Copiloto, (b) Conductor*

En el caso de los conductores (Figura 12 b), los resultados indican que la trayectoria preferida es la C para velocidades inferiores a 40 km/h, por lo que el **Speed Kidney** proporciona comodidad y la consecuente seguridad hasta los 40 km/h. A partir de esa velocidad, los conductores probablemente optarían por una trayectoria recta tipo A o B, en función de la pendiente de entrada del elemento.

Las observaciones de la implementación real en la calle del campus universitario se corresponden con un **Speed Kidney** de radio 15 m y pendiente de rampa de entrada del 9,3%. Los resultados mostraron que dos tercios de los conductores seguían una trayectoria A, mientras que únicamente un tercio optaba por la trayectoria curva. Las velocidades observadas estaban alrededor de 20-30 km/h, donde la trayectoria A no es tan incómoda como los resaltes normales y la ganancia en comodidad al tomar una trayectoria C no es tan apreciable. No obstante, se observó que los conductores que circulaban a mayor velocidad adoptaban la trayectoria C. Rara vez se constató una trayectoria B.

PROCESO CONSTRUCTIVO

Teniendo en cuenta la forma del **Speed Kidney** ha sido necesario perfeccionar el proceso constructivo que permite garantizar que la geometría del elemento sea la adecuada. En primer lugar, para el replanteo, se han construido unas plantillas metálicas completas para **Speed Kidney** de radios interiores de 10, 15 y 20 m, con las que se marca el contorno del elemento.



a) b) c) d) e) f) *Figura 13. Proceso constructivo: (a) Replanteo, (b) Corte, (c) Fresado, (d) Extendido, (e) Compactación, (f) Pintura*

Una vez marcado se procede a cortar el borde con una radial y a fresar el contorno del **Speed Kidney** con el fin de garantizar un anclaje adecuado a la calzada. El fresado tiene una anchura mínima de 40 cm y una profundidad mínima de 5 cm. Para el extendido del aglomerado asfáltico, se ha modificado la regla de una extendidora para conformar las rampas laterales del **Speed Kidney**. Las rampas frontal y posterior se conforman, tras la extensión, de forma manual. A continuación, se procede a la compactación prestando especial atención a la geometría de la curva y de las rampas. Finalmente, se pinta el elemento una vez el aglomerado se ha enfriado. En la Figura 13 se puede observar la secuencia del proceso descrito.

CRITERIOS DE IMPLEMENTACIÓN

Con el fin de dar una guía para la utilización del **Speed Kidney** (SK) y teniendo en cuenta sus características propias, se pueden considerar los siguientes criterios de implantación:

- El SK puede instalarse no sólo en las calles clasificadas funcionalmente como calles locales, sino también en vías colectoras y travesías.
- El SK podría ser instalado en distintas vías con un amplio rango de volúmenes de tráfico.
- El SK no debe ponerse en curvas verticales y horizontales pronunciadas.
- El SK debería instalarse sólo en calzadas donde se puede disponer de visibilidad de parada, considerando el percentil 85 de la velocidad de operación de los vehículos en la vía.
- Sería recomendable que el SK se utilizara en vías con pendientes menores del 5 %. Cuando se instalan en calles con una pendiente descendente significativa, debe tenerse extremo cuidado para asegurar que los vehículos no lleguen a una velocidad excesiva.
- En lo referente a la velocidad del tráfico, el SK debería instalarse sólo en vías donde el límite de velocidad establecido sea como máximo de 50 km/h, habiendo establecido otro elemento previo de moderación diferente a este. Es decir, su mayor utilidad radica en mantener las velocidades moderadas, no en reducir las velocidades de circulación desde valores más altos a los urbanos.
- El SK no debe ponerse como un paso peatonal.
- El SK debe colocarse a una distancia mínima de 20 m de una zona de control o posible detención.
- Los lugares propuestos para colocar el SK deben evaluarse para determinar que esta instalación no provoque el incremento de accidentes potenciales para la vía en estudio. Cuando se instala por este motivo, las causas de estos accidentes pueden ser corregidas por el SK.
- Se debe garantizar la evacuación de aguas.
- El SK, a diferencia de los resaltes, puede ser instalado independientemente de la composición del tráfico, debido a que no tiene impacto negativo sobre los vehículos pesados, ni las motocicletas, ni las bicicletas.
- El SK puede instalarse en vías con rutas de transporte público establecidas.

CONCLUSIONES

Muchos países han introducido el uso de medidas de moderación del tráfico para la mejora de la seguridad vial en vías urbanas y travesías en los últimos años, siendo las medidas más aplicadas los pasos sobre elevados, los lomos transversales, los resaltes y las glorietas. Sin embargo, estas medidas están centradas en la reducción de velocidad e ignoran los inconvenientes generados como el aumento de los tiempos de respuesta de emergencias, la incomodidad de los pasajeros o el daño a los vehículos. El Grupo de Investigación en Ingeniería de Carreteras (GIIC) de la Universidad Politécnica de Valencia ha inventado, diseñado y desarrollado un nuevo moderador del tráfico denominado **Speed Kidney**. El diseño de este nuevo dispositivo modera la velocidad y minimiza la incomodidad en los pasajeros, el ruido, las vibraciones, el daño a los vehículos, las demoras en los servicios de emergencia y el mantenimiento.

En el presente documento se ha descrito y caracterizado geoméricamente el **Speed Kidney**, y se ha definido su proceso constructivo. La experimentación del nuevo moderador del tráfico se ha llevado a cabo en tres etapas: (1) prueba preliminar definiendo únicamente el contorno, (2) implementación real en una calle del campus universitario con conductores reales y (3) pruebas controladas en una pista de ensayos con 18 geometrías diferentes. En la primera etapa se ha encontrado que la velocidad de operación del **Speed Kidney** en km/h es aproximadamente el doble del radio en m. En la segunda etapa se observaron las trayectorias seguidas por los conductores a su paso por el elemento, comprobando que un tercio de los conductores

optaban, intuitivamente, por una trayectoria curva. En la aplicación se comprobó como la velocidad de operación se redujo de 49 km/h a 31 km/h, con la misma velocidad de operación tanto para la trayectoria recta como para la curva. También se analizó la percepción subjetiva de los conductores en función de la trayectoria elegida, obteniendo mejor valoración de comodidad en el caso de trayectorias curvas, y una percepción superior de reducción de velocidad, pese a tener la misma reducción de velocidad objetiva. Las pruebas controladas ofrecieron muchas conclusiones, siendo una de las más importantes que el parámetro que define la velocidad elegida depende de la trayectoria seguida: en el caso de trayectorias rectas, la pendiente de la rampa de entrada, si la trayectoria es recta con las ruedas decaladas la marca la ocupación mientras que en las trayectorias curvas se elige en función del radio. Se observó que la trayectoria curva ofrece confort y la consiguiente seguridad hasta un umbral de 40 km/h, a partir del cual los conductores probablemente seguirían una trayectoria recta.

El **Speed Kidney** es, por tanto, una nueva solución a los sistemas de moderación del tráfico funcional, cómoda, segura, viable y sostenible, que otorga a los usuarios la calidad y el confort de circulación que se merecen.

REFERENCIAS

1. Sanz, A. Calmar el Tráfico. Ministerio de Interior, Madrid, 2008.
2. Hallmark, S., Knapp, K., Thomas, G., and D. Smith. Temporary Speed Hump Impact Evaluation. Iowa Department of Transportation and the Center for Transportation Research and Education at Iowa State University. 2002.
3. Zech, W.C., Walker, D., Turochy, R.D., Shoemaker, A., and J. Hool. Effectiveness of Speed Tables as a Traffic Calming Measure on a College Campus Street. 88th Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington, D.C., 2009.
4. Ewing, R., and R. Hodder. Best Development Practices. National Center for Smart Growth, University of Maryland., 1996.
5. García, A., Torres, A.J., Romero, M.A., and A.T. Moreno. Speed profiles in cross-town roads with traffic calming measures. XVI Pan-American Conference of Traffic and Transportation Engineering and Logistics, Lisbon, 2010.
6. Fehr & Peers Transportation Consultants. Traffic Calming. <http://www.trafficcalming.org/>.
7. Barbosa, H., Tight, M and A. May. A Model of Speed Profiles for Traffic Calmed Roads. In Transportation Research Part A: Policy and Practice, Vol. 34, No 2, Transportation Research Board of the National Academies, Washington, D.C., 2000, pp. 103-123.
8. Abate, D., Dell'Acqua, G., Lamberti, R., and G. Coraggio. Use of Traffic Calming Devices along Major Roads thru Small Rural Communities in Italy. 88th Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington, D.C., 2009.
9. Torres, A.J., García, A., and M.A. Romero. Efecto de la Tipología y la Separación de los Elementos Moderadores de la Velocidad sobre la Funcionalidad del Tráfico. IX Congreso de Ingeniería del Transporte CIT 2010, Madrid, 2010.
10. Litman, T. Traffic Calming Costs, Benefits and Equity Impacts. Victoria Transport Policy Institute, 1999.
11. Ahn, K., and H. Rakha. Energy and Environmental Effects of Traffic Calming Measures. 87th Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington, D.C., 2008.
12. Ewing, Reid. Traffic Calming State of Practice. Prepared by the Institute of Transportation Engineers. Federal Highway Administration, U.S. Department of Transportation, Washington, D.C., August 1999.
13. Knapp, Keith. Traffic Calming Basics. Civil Engineering. American Society of Civil Engineers, Washington, D.C., January 2000.
14. Transportation Association of Canada. Canadian Guide to Neighborhood Traffic Calming. Transportation Association of Canada, Ottawa, Canada, December 1998.
15. London Bus Priority Team. Traffic Calming Measures for Bus Routes, technical advice note BP2/05. London, 2005.
16. Department for Transport. Traffic Advisory Leaflet 4/04 Speed Cushions. London, 1994.
17. Ortega, V.J., and A. García. Estudio de los factores relacionados con el vehículo que influyen en las visibilidades en redes viarias. IV Congreso de Ingeniería del Transporte. Valencia, 2000.
18. Romero, M.A. and A. García. Deceleration Lane Length Evaluation based on a New Conflict Indicator. 4th International Symposium on Highway Geometric Design. Valencia, 2010.
19. García, A. and M.A. Romero. Discussion of Video-Capture-Based Approach to Extract Multiple Vehicular Trajectory Data for Traffic Modeling by Heng Wei, Chuen Feng, Eric Meyer, and Joe Lee, Journal of Transportation Engineering, 2009, pp 149- 150.

Dirección de Vialidad de la Provincia de Buenos Aires
Al servicio de los Habitantes y la Producción
Provincia de Buenos Aires



Siempre en Obra

www.vialidad.gba.gov.ar - Email : vialidad@vialidad.gba.gov.ar
Av.122 n° 825 La Plata - tel: 0221 - 4211161 al 69 0800-222- DVBA (3822)

DISEÑO GEOMÉTRICO SEGURO DE CURVAS HORIZONTALES

AUTORES

Dr. Ing. Tomas ECHAVEGUREN - Universidad de Concepción, Facultad de Ingeniería

Dr. Ing. Sergio VARGAS-TEJEDA - Departamento de Ingeniería Civil, Universidad del Bío Bío, Chile.

Ing. María RIVEROS - Departamento de Ingeniería Civil, Universidad Diego Portales, Chile.

RESUMEN

El diseño geométrico de curvas horizontales tradicionalmente se ha realizado conforme al modelo de masa puntual en la mayoría de las normativas de diseño. Sin embargo, cabe preguntarse si el enfoque tradicional de diseño contribuye a la seguridad vial.

Investigaciones realizadas en Australia, Estados Unidos y Chile, han mostrado que en los diseños viales de caminos con categorías medias y bajas la velocidad de operación excede a la velocidad de diseño en curvas horizontales. Ante este hecho, surge la pregunta de cuál es el margen de seguridad real que ofrece el diseño de la curva y cómo es posible estimarlo.

En este trabajo los autores proponen un nuevo enfoque de diseño basado en el modelo de 3 zonas, el cual integra conceptos de demanda de fricción, fricción de diseño, fricción real del pavimento y umbrales de fricción en el diseño de curvas horizontales.

Esta integración se realiza bajo un enfoque probabilístico basado en la teoría de la confiabilidad, que permite estimar el margen de seguridad que ofrecen diversos diseños, reconociendo que la velocidad de operación y la fricción son variables aleatorias, con lo cual se amplía el concepto de factor de seguridad utilizado tradicionalmente en ingeniería.

En el artículo se desarrollan los conceptos de confiabilidad y la forma en que se aplican en el modelo de 3 zonas. Se obtiene a partir de simulación relaciones entre la geometría y el punto de diseño que maximiza la confiabilidad del mismo. Finalmente, se realiza una aplicación para ilustrar el método desarrollado constituyendo una alternativa a los métodos de diseño tradicionales que entrega más elementos conceptuales que fomentan un mejor análisis del diseño

Palabras Clave: Velocidad, Curva Horizontal, Confiabilidad, Diseño

INTRODUCCIÓN

El diseño geométrico de curvas horizontales utiliza el radio de curvatura, peralte y velocidad de diseño como variables de decisión. El diseñador selecciona valores únicos de radio y peralte considerando un comportamiento uniforme de los conductores, para una velocidad de diseño específica.

La velocidad de diseño se define como la máxima velocidad segura que pueden alcanzar los conductores y es la que determina las características geométricas de los trazados. Este concepto, es el que se ha utilizado en las recomendaciones de diseño geométrico de Chile hasta el año 2002, año en el cual se publicó una nueva versión del Manual de Carreteras.

Esta nueva versión del Manual, adoptó conceptos distintos relacionados con

la velocidad, tales como velocidad de proyecto y velocidad específica. De acuerdo a Ministerio (2008), la velocidad de proyecto sustituyó al concepto de velocidad de diseño, siendo la que actualmente se utiliza para definir las características mínimas de diseño y el estándar global de la vía. Por su parte, la velocidad específica para elementos curvos en planta, corresponde a la velocidad resultante del equilibrio entre la fricción de diseño y demanda de fricción (Ministerio, 2008).

En este último caso, el diseñador asume que el conductor nunca excederá la velocidad específica, y que si lo hace, existe un remanente de fricción que proporciona un factor de seguridad. Este remanente se debe a que la fricción de diseño se obtiene bajo el principio de comodidad, valor que es muy inferior a la resistencia al deslizamiento del pavimento (Echaveguren et al, 2005).

Sin embargo, la evidencia empírica obtenida en Australia, Estados Unidos y Chile muestra que en curvas con velocidades de diseño o específicas inferiores a los 90 – 100 km./h la velocidad de operación tiende a superar la de diseño (Echaveguren y Sáez, 2001; Memon et al, 2008). En este caso los métodos de diseño no proporcionan herramientas para determinar cuál es el factor de seguridad real que proporciona tanto el diseño como la superficie del pavimento. Ante esto, el diseñador no cuenta con medios para comprobar que tan confiable es el diseño dado que asume una hipótesis que no se cumple en la práctica.

Este problema es relevante en particular cuando se realizan cambios de estándar al pasar de caminos no pavimentados a pavimentados y en el diseño de caminos con velocidades de proyecto entre 50 y 100 Km./h o en zonas de diseño restringido.

Para analizar dicha situación, es necesario extender los métodos de diseño tradicionales considerando explícitamente la condición superficial del pavimento a través de la fricción proporcionada por el mismo y la demanda real de fricción del conductor para una geometría determinada.

De acuerdo a lo anterior, el objetivo de este trabajo es presentar una metodología de diseño complementaria a la existente en el Manual de Carreteras de Chile, fundamentada en el análisis de confiabilidad de primer orden (FORM, First Order Reliability Method).

EL MODELO DE FRICCIÓN DE 3 ZONAS

El análisis de confiabilidad se fundamenta en la construcción de funciones de falla, a partir de las cuales se determina el punto de diseño que maximiza el índice de confiabilidad de Hasofer – Lind (1974) para funciones de falla no-normales y no-lineales (Haldar and Mahadevan, 2000). Un aspecto esencial del método es el modelo conceptual bajo el cual se formulan las funciones de falla, denominado modelo de fricción de 3 zonas para curvas horizontales.

Este modelo explica bajo un concepto unificado de relaciones fricción – velocidad – radio en el cual se superponen funciones de demanda agregada de fricción, de fricción de diseño, umbrales de fricción y oferta de fricción. Este concepto se muestra en Figura 1. Dicha Figura muestra en un sólo gráfico el comportamiento de diversos tipos de fricción respecto de la velocidad.

La demanda agregada de fricción corresponde a la demanda de fricción de todos los conductores. Refleja la relación de compensación de velocidad que aplican los conductores antes diferentes radios, peraltes y valores de fricción en un sentido espacial en la red vial.

La fricción de diseño corresponde a valores de fricción lateral obtenidos mediante mediciones de terreno basadas en el equipo Ball Bank (AASHTO, 2001). Refleja el valor límite sobre el cual el conductor y los ocupantes de los vehículos sienten incomodidad producto de la aceleración lateral.

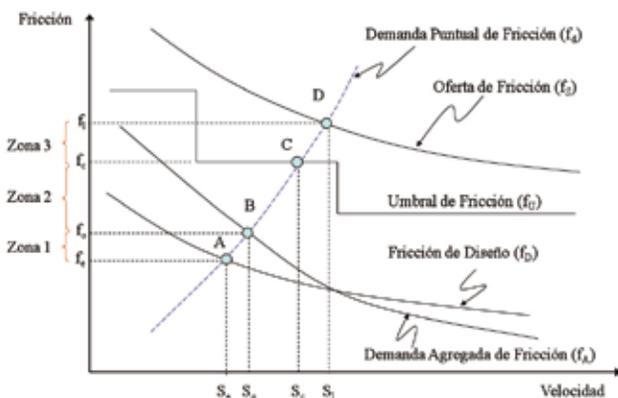


Figura 1. Modelo de 3 zonas en curvas horizontales (De Solminihaç et al, 2007).

El umbral de fricción por su parte, corresponde a valores objetivo de fricción que dependen de la maniobra y del elemento geométrico. De modo tal que para diversos rangos de radio de curvatura, los valores reflejan una condición última dentro del rango de incomodidad del conductor, pero que es inferior a la máxima fricción que proporciona el pavimento. Esta máxima fricción corresponde a la oferta de fricción.

Finalmente, la demanda puntual de fricción responde a la condición de estabilidad dinámica de un vehículo que se desplaza por una curva de radio y peralte determinado, a una velocidad determinada.

A partir de este modelo unificado, se definieron 3 zonas de diseño: una zona de consistencia operacional (Zona 1), una de consistencia constructiva (Zona 2) y otra de consistencia de umbrales de fricción (Zona 3). La primera permite construir funciones de falla relacionando velocidad específica con velocidad de operación (Puntos A y B), la segunda velocidad límite de construcción con velocidad de operación (Puntos B y C), y la tercera velocidad límite de construcción con velocidad máxima asociada a la relación entre umbrales de fricción y oferta de fricción (Puntos C y D).

MODELACION DE FUNCION DE ESTADO LÍMITE Método de Cálculo de Confiabilidad

Lewis (1987) define la confiabilidad como la probabilidad de que un componente, mecanismo equipo o sistema opere bajo ciertas condiciones por un período de tiempo determinado. En términos matemáticos, corresponde a la función inversa de la probabilidad de falla. En el diseño geométrico, los elementos que intervienen para estimar esta probabilidad son las relaciones entre las velocidades límites las cuales están en función del radio de curvatura.

Sean las funciones de falla G_1 y G_2 no lineales y aleatorias tales que: $G_1 = f_1(X)$ y $G_2 = f_2(X)$, siendo X el vector de variables aleatorias que describen las características geométricas. Sea la función de estado límite la función $g(X) = G_1 - G_2 = f_1(X) - f_2(X)$. La probabilidad de falla (Pf) se define con la probabilidad que $g(X)$ sea menor o igual a 0: $P(g(X) \leq 0)$. En este caso, el lugar geométrico de todos los puntos X que cumplen la condición límite $g(X)=0$ representa el estado límite que separa las zonas de falla y de no-falla. Si $g(x)$ es una función lineal y las variables aleatorias siguen una distribución de probabilidades normal y no están correlacionadas, entonces la probabilidad de falla puede describirse según la expresión 1.

$$\beta = \Phi^{-1}(1 - P_f) ; \beta = \frac{\mu}{\sigma} = \frac{a_0 + \sum_i a_i \mu_{X_i}}{\sqrt{\sum_i a_i^2 \sigma_{X_i}^2}}$$

Donde β es el índice de confiabilidad, μ y σ son la media y desviación estándar de la función $g(X)$ a_i son constantes determinísticas, μ_{X_i} y σ_{X_i} son la media y la desviación estándar de X . Si $a_0 = 0$; $i = 2$; $a_1 = 1$, se llega a la expresión de margen de seguridad asociado a resistencias y solicitaciones que se usa habitualmente ingeniería.

En el caso en estudio la función $g(X)$ es no lineal, y las distribuciones de probabilidad de las componentes de X son no normales. Por tal motivo, se debe utilizar un método alternativo al descrito por la ecuación 1. En este caso se seleccionó el método de Hasofer-Lind, el cual linealiza la función de estado límite en el punto de diseño, definiendo β como la mínima distancia entre el origen del sistema de coordenadas y el punto de diseño localizado sobre la función de estado límite $g(X)=0$. De este modo el índice de confiabilidad se estima en base a la ecuación 2 (Hasofer and Lind, 1974).

$$\beta_{HL} = \min_{\{x \in g(X)=0\}} \sqrt{\sum_i x_i^2} ; u^* = -\beta_{HL} \alpha^* = \beta_{HL} \left(\frac{\frac{\partial g}{\partial x_i}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial g}{\partial x_i}\right)^2}} \right)$$

En donde u_i es la variable x_i normalizada, α es el vector normalizado que describe la función $g(u) = 0$ en el punto de diseño u^* . La Figura 2 ilustra gráficamente el punto de diseño. La ecuación 2 se resuelve numéricamente o mediante software de análisis de confiabilidad.

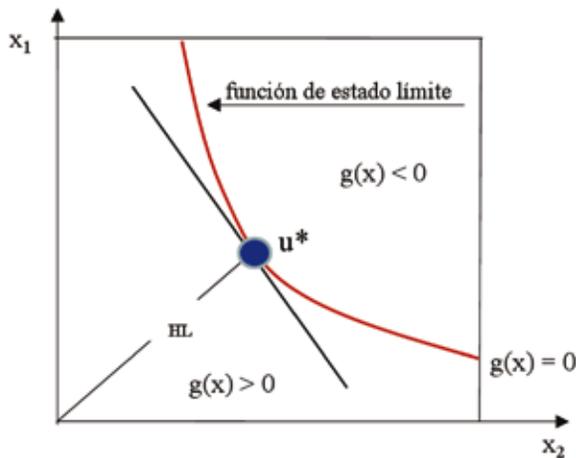


Figura 2. Esquema del punto de diseño (Haldar and Mahedavan, 2000).

Modelos de Fricción

Los modelos de fricción describen el comportamiento de la fricción respecto de la velocidad. Está compuesto por 3 sub-modelos: umbrales de fricción, demanda de fricción agregada y fricción de diseño.

Los umbrales de fricción corresponden a valores fijos asociados a rangos de radios de curvatura, provenientes de las normativas chilena e inglesa. Para transformarlo a una función continua en todo el dominio se utilizó el modelo de Echaveguren et al (2005) y Vargas-Tejeda et al (2009). La expresión resultante es:

$$f_u = \left(1 - \frac{S}{140}\right) f_3^{1,1}$$

en donde S es la velocidad (km/h); f_3 es el umbral de fricción definido en Highways (2004) y Ministerio (2008) para curvas horizontales y f_u es la función continua de variación media de umbrales de fricción respecto de la velocidad.

La demanda agregada de fricción (f_A) corresponde a la expresión de Bonneson (2000), calibrada para Chile con los datos de Echaveguren y Basualto (2003). La expresión es:

$$f_A = 0,141 - \left(\frac{S_{a,85}}{910}\right)$$

En donde $S_{a,85}$ es la velocidad de percentil 85 en km/h en la aproximación a la curva horizontal, calculada por Echaveguren y Sáez (2001).

La fricción de diseño por su parte corresponde a aquella definida en Ministerio (2008) para velocidades menores a 80 Km/h. Está representada por la Ec 5.

$$f_D = 0,265 - \left(\frac{S}{602,4}\right)$$

Funciones de Velocidad Límite

Las funciones de velocidad límite corresponden a la velocidad que resulta de intersecar la curva de demanda puntual de fricción con las curvas de fricción descritas en sección 2 (puntos A, B y C). La Ec. 6 muestra la velocidad límite en el punto B de la Figura 1.

$$S_o = 63,5R \left[-\frac{1}{b} + \sqrt{\frac{1}{b^2} + \frac{4(p(R)+a)}{127R}} \right]$$

En donde R es el radio de curvatura, en m, y a y b son coeficientes de calibración y p es el peralte como función del radio de curvatura de acuerdo a la ecuación 7 (Ministerio, 2008).

$$p = \begin{cases} 7\% & ; 25 \leq R \leq 350 \text{ m} \\ 7 - 6,08 \left(1 - \frac{350}{R}\right)^{1,3} & ; 350 \leq R \leq 2500 \text{ m} \\ 2\% & ; R \geq 2500 \text{ m} \end{cases}$$

La velocidad específica (S_e) (punto A de Figura 1), se obtiene de equilibrar la demanda de fricción puntual con la fricción de diseño. El resultado es la ecuación 8.

$$S_e = 63,5R \left[-\frac{1}{\delta} + \sqrt{\frac{1}{\delta^2} + \frac{4(p(R)+\theta)}{127R}} \right]$$

En dicha ecuación, $\theta = 0.265$ y $\delta = 602.4$. Ambos valores son válidos para velocidades inferiores a 80 Km/h.

La velocidad límite de construcción (S_c) corresponde al punto de equilibrio C de la Figura 1. La ecuación 9 muestra la expresión analítica.

$$S_c = 63,5R \left[-\frac{f_3^{1,1}}{140} + \sqrt{\left[\frac{f_3^{1,1}}{140}\right]^2 + \frac{4(p(R)+f_3^{1,1})}{127R}} \right]$$

Funciones de Falla y de Estado Límite

La función de falla expresa la falla de un sistema de acuerdo al comportamiento de las variables explicativas, que son aleatorias. En particular, la función de estado límite corresponde a la frontera que delimita las zonas de falla de la de no-falla, por lo cual corresponde a una función implícita del tipo $G(X) = 0$, siendo X un vector de variables aleatorias.

En el caso de análisis, la función de estado límite corresponde a la superficie límite en la cual las diferencias de pares de velocidades límite se anulan. Para efectos de diseño, se definen 2 funciones de estado límite G_1 y G_2 según:

$$G_1 = S_o - S_e = 63,5R \left\{ \left[-\frac{1}{b} + \sqrt{\frac{1}{b^2} + \frac{4(p(R)+a)}{127R}} \right] - \left[-\frac{1}{\delta} + \sqrt{\frac{1}{\delta^2} + \frac{4(p(R)+\theta)}{127R}} \right] \right\}$$

$$G_2 = S_c - S_o = 63,5R \left[-\frac{f_1^{1,1}}{140} + \sqrt{\left[\frac{f_1^{1,1}}{140}\right]^2 + \frac{4(p(R) + f_1^{1,1})}{127R}} \right] - \left[-\frac{1}{b} + \sqrt{\frac{1}{b^2} + \frac{4(p(R) + f_1^{1,1})}{127R}} \right]$$

Estas expresiones representan, para cualquier radio de curvatura R, la diferencia de velocidad entre los puntos (A, fe) y (B, fo) y entre los puntos (B, fo) y (B, fc) respectivamente.

Cálculo de Estado Límite

Para calcular el estado límite se generó mediante simulación de Montecarlo, funciones de distribución del radio de curvatura asociadas a dos velocidades de diseño: 50 y 70 Km/h. Estas velocidades de diseño obedecen al concepto AASHTO de diseño de curvas horizontales, el cual difiere del actualmente utilizado en la norma chilena, que se aboca al diseño en base a radios mínimos obtenidos a partir de la estimación de velocidad específica. Por tanto, los radios utilizados en la Tabla 1 no son radios mínimos. El objetivo del análisis fue recrear las decisiones del diseñador al seleccionar el radio de curvatura, para lo cual se asumió que selecciona un valor para luego aplicar pequeños cambios hasta establecer una velocidad específica. La Tabla 1 muestra las distribuciones de probabilidades.

Tabla 1. Configuración de diseños geométricos analizados

Velocidad de Diseño (Km/h)	Valor Medio de Radio (m)	Desviación Estándar del Radio (m)		
		Baja	Media	Alta
Baja	50	180	30	80
	Medio	225	35	95
	Alto	300	45	125
Media	70	425	50	210
	Medio	550	70	270
	Alto	650	80	320

En base a los datos de la Tabla 1 y las ecuaciones 4, 5, 6 y 7, se calcularon distribuciones de probabilidad para las velocidades límite. Posteriormente fueron normalizadas aplicando la transformación de Rosenblat. Estos se muestran en las Tablas 2 y 3.

Tabla 2. Distribuciones de Probabilidad para Velocidades Límites en punto A y B.

Radio (m)	Velocidad Límite en A (Km/h)			Velocidad Límite en B (Km/h)			
Bajo	180	N(58,4)	N(58,7)	N(58,13)	N(71,5)	N(71,9)	N(71,15)
Medio	225	N(64,4)	N(64,8)	N(64,13)	N(77,5)	N(77,10)	N(77,15)
Alto	300	N(71,4)	N(71,9)	N(71,14)	N(86,5)	N(86,10)	N(86,16)
Bajo	425	N(80,3)	N(80,8)	N(80,17)	N(96,3)	N(96,10)	N(96,20)
Medio	550	N(84,3)	N(84,6)	N(84,15)	N(102,3)	N(102,8)	N(102,19)
Alto	650	N(87,2)	N(87,6)	N(87,14)	N(106,3)	N(106,8)	N(106,17)

Tabla 3. Distribuciones de Probabilidad para Velocidad Límite en y diferentes niveles de umbrales de fricción

Radio (m)	Velocidad en A (Km/h)	Umbrales de Fricción (*)	Velocidad en C (Km/h)
Bajo	N(180,50)	N(58,7)	Bajo N(0.45,0.05) N(71,4)
			Medio N(0.50,0.05) N(76,4)
			Alto N(0.55,0.05) N(81,5)
Medio	N(225,65)	N(64,8)	Bajo N(0.45,0.05) N(76,4)
			Medio N(0.50,0.05) N(82,4)
			Alto N(0.55,0.05) N(87,5)
Alto	N(300,85)	N(71,9)	Bajo N(0.45,0.05) N(83,4)
			Medio N(0.50,0.05) N(89,4)
			Alto N(0.55,0.05) N(95,4)
Bajo	N(425,120)	N(80,8)	Bajo N(0.45,0.05) N(89,2)
			Medio N(0.50,0.05) N(97,2)
			Alto N(0.55,0.05) N(104,3)
Medio	N(550,150)	N(84,6)	Bajo N(0.45,0.05) N(93,2)
			Medio N(0.50,0.05) N(101,2)
			Alto N(0.55,0.05) N(109,3)
Alto	N(650,180)	N(87,6)	Bajo N(0.45,0.05) N(95,2)
			Medio N(0.50,0.05) N(104,2)
			Alto N(0.55,0.05) N(112,2)

El análisis de confiabilidad se desarrolló resolviendo las ecuaciones 10 y 11. En Tablas 4 y 5 se muestran los resultados obtenidos.

Tabla 4. Resultados del Análisis de Confiabilidad en Zona 1

Velocidad de Diseño (Km/h)	Radio (m)			G ₁ (Km/h)	β	P(G ₁ <0)	S* (Km/h)	f*
	Nivel	Media	Desv. Est.					
50	Bajo	180	30	13.2	2.03	0.021	63	0.034
		180	50	13.1	1.14	0.127	63	0.034
		180	80	12.8	0.66	0.256	64	0.038
	Medio	225	35	12.8	2.03	0.021	69	0.055
		225	65	12.5	1.02	0.155	69	0.055
		225	95	12.8	0.66	0.256	70	0.059
	Alto	300	45	14.9	2.34	0.010	77	0.086
		300	85	14.9	1.11	0.132	78	0.090
		300	125	16.0	0.71	0.240	78	0.090
70	Bajo	425	50	16.1	3.77	0.000	88	0.133
		425	120	16.7	1.25	0.106	86	0.124
		425	210	14.9	0.61	0.271	87	0.129
	Medio	550	70	18.0	4.24	0.000	93	0.157
		550	150	18.7	1.80	0.036	90	0.143
		550	270	18.8	0.74	0.229	91	0.147
	Alto	650	80	18.8	5.27	0.000	93	0.157
		650	180	19.2	1.90	0.029	94	0.162
		650	320	19.8	0.86	0.194	95	0.167

A partir de los resultados de la Tabla se puede visualizar diversos patrones de comportamiento:

- El margen de seguridad que minimiza la probabilidad de falla, expresado por el índice β, es directamente proporcional al radio de la curva, independientemente de la velocidad de diseño
- A medida que aumenta la media y desviación estándar del radio, la probabilidad de falla aumenta.
- Para cada valor del radio existe una condición límite en la cual es posible determinar un par (S*, f*) que maximiza la confiabilidad del diseño y que es directamente dependiente de la elección del radio.

Tabla 5. Resultados del Análisis de Confiabilidad en Zona 2

Velocidad de Diseño (Km/h)	Radio (m)		Umbrales de Fricción	G ₂ (Km/h)	β	P(G ₂ <0)	S* (Km/h)	f*
	Nivel	Media						
50	Bajo	180	Bajo	13	2.00	0.021	66	0.044
		180	Medio	18	2.20	0.013	72	0.066
		180	Alto	23	2.70	0.004	73	0.070
	Medio	225	Bajo	12	1.30	0.090	74	0.074
		225	Medio	18	2.00	0.022	78	0.090
		225	Alto	23	2.40	0.007	81	0.102
	Alto	300	Bajo	13	1.22	0.112	81	0.102
		300	Medio	18	1.83	0.034	86	0.124
		300	Alto	24	2.44	0.007	91	0.147
70	Bajo	425	Bajo	8	1.09	0.138	88	0.133
		425	Medio	17	1.99	0.023	95	0.167
		425	Alto	24	2.81	0.002	101	0.198
	Medio	550	Bajo	9	1.42	0.077	92	0.152
		550	Medio	17	2.69	0.036	99	0.187
		550	Alto	25	3.73	0.000	104	0.214
	Alto	650	Bajo	8	1.26	0.103	94	0.162
		650	Medio	17	2.69	0.004	102	0.203
		650	Alto	25	3.95	0.000	110	0.248

A partir de las Tablas 4 y 5 se obtuvieron pares de valores (S*, f*) que representan el punto de diseño que maximiza la confiabilidad. A partir de esos valores se realizó un análisis de regresión no lineal, para obtener las ecuaciones 12 a 15. Dichas ecuaciones describen la evolución de la velocidad que maximiza la confiabilidad del diseño para diferentes niveles de radio de curvatura.

Zona 1: $S^* = 25.3\ln(R) - 67.5$; $R^2 = 0.99$ (12)

Zona 2: $f_d = 0.45$: $S^* = 21.3\ln(R) - 42.4$; $R^2 = 0.98$ (13)

$f_d = 0.50$: $S^* = 23.6\ln(R) - 49.6$; $R^2 = 0.99$ (14)

$f_d = 0.55$: $S^* = 27.9\ln(R) - 70.4$; $R^2 = 0.97$ (15)

La Figura 3 ilustra un ejemplo de aplicación. En ella se grafican dos curvas de demanda puntual para radios de 180 y 300 m asociados a velocidades de diseño de 50 y 70 km/h., versus la demanda de fricción agregada.

Mediante la ecuación 12 se estimó el punto de diseño en términos de velocidad para los dos radios de curvatura el cual está representado por S^* . En la Figura 3 se puede ver que en ambos casos la velocidad S^* , que maximiza la confiabilidad es inferior a la velocidad específica (S_e), variando entre 6,7 y 8,9 km/h.

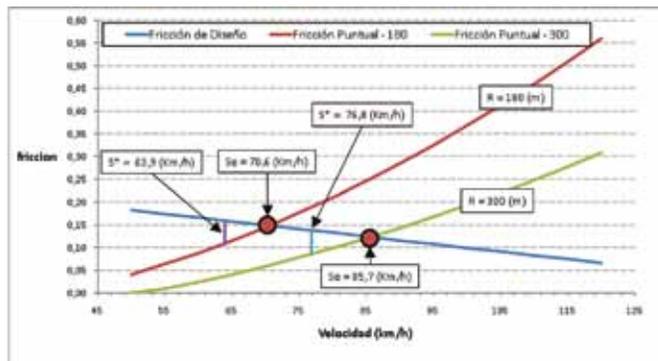


Figura 3. Ejemplo de diseño para radios de 180 y 300 m

Esto se debe a que para estimar la velocidad S^* se considera también la demanda de fricción agregada real de los conductores, por lo cual este valor es un indicador aproximado de la velocidad real de los conductores para cada uno de los radios.

Este resultado muestra que para los radios utilizados, y la velocidad S^* obtenida mediante el modelo existe un margen de seguridad en cuanto a fricción a favor del conductor puesto que la demanda de fricción es inferior a la fricción de diseño.

Puesto que la demanda de fricción es inferior a la fricción de diseño, siempre el punto de diseño se ubicará a la izquierda de la velocidad específica, resultando una velocidad menor. Puede notarse además que la fricción de diseño, que define el límite de comodidad, se encuentra por sobre el punto de diseño, por lo cual esta forma de cálculo además otorga una mayor comodidad.

CONCLUSIONES

El modelo de 3 zonas propuesto permite consolidar en un solo concepto los elementos necesarios tanto para el diseño como para el rediseño de curvas horizontales. Particularmente, da cuenta de la diferencia entre la fricción de diseño y la demanda real de fricción, lo cual impone una potencial condición de inconsistencia del diseño.

El análisis de confiabilidad es una técnica que permite incluir la variabilidad en el diseño. Si bien es un concepto ampliamente usado en la ingeniería estructural, es escasamente utilizado en el diseño geométrico. En este sentido, permite incluir la variabilidad del conductor en las etapas de diseño, así como la variabilidad de la elección de parámetros de diseño que

enfrenta el proyectista.

A partir del análisis de confiabilidad se propusieron expresiones que permiten determinar para cada radio de curvatura seleccionado por el diseñador, el punto de diseño representado por el par velocidad – fricción (S^* , f^*). Estos valores de velocidad y fricción, son los que maximizan la confiabilidad y no necesariamente corresponden a la velocidad específica puesto que esta última determina radios mínimos que no necesariamente maximizan la confiabilidad.

Por lo tanto, el valor de radio asociado a S^* otorga un margen de seguridad al definir una distancia determinada entre el valor S^* y la velocidad específica (S_e), considerando la variabilidad en la velocidad de operación y en la elección del radio de curvatura. Asimismo, otorga un margen de seguridad en cuanto a fricción a favor del conductor dado que la fricción demandada es inferior a la fricción provista por el diseño.

Por otro lado, se propuso una expresión de análisis que permite además verificar la distancia entre la demanda de fricción o entre la fricción de diseño y el umbral de fricción, que es un indicador de calidad de la condición superficial del pavimento.

Con excepción del modelo de fricción de diseño, los modelos de demanda agregada de fricción y de umbral de fricción fueron calibrados para las condiciones chilenas. Sin embargo, el modelo puede ser fácilmente generalizable si se calibran ecuaciones para condiciones locales.

El paso siguiente a desarrollar en esta línea de investigación es integrar la teoría de confiabilidad con el análisis de consistencia del diseño considerando el diferencial de velocidades y el diferencial de fricción en curvas simples. Con esto se logrará agregar la componente de riesgo y de variabilidad al análisis de consistencia, el cual en la actualidad es eminentemente determinístico.

REFERENCIAS

- AASHTO (2001). A Policy on Geometric Design of Highways and Streets. American Association of State Highway and Transportation Officials. Washington, Estados Unidos.
- Bonesson, J. (2000). Superelevation Distribution Methods and Transition Designs. NCHRP Report 439, Transportation Research Board, Washington D. C.
- De Solminihac, H. Echaveguren, T. y Vargas, S. (2007) Friction Reliability Criteria Applied to Horizontal Curve Design of Low Volume Roads. Transportation Research Record, 1989, 138 – 147.
- Echaveguren, T. y Sáez, J. (2001). Estudio de Relaciones Velocidad – Geometría en caminos de la VIII Región. Actas del X Congreso Chileno de Ingeniería de Transporte, 9 al 12 de Octubre 2001, Concepción, 315 – 328.
- Echaveguren, T. Bustos, M. y De Solminihac, H. (2005). Assessment of Horizontal Curves of an Existing Road Using Reliability Concepts. Canadian Journal of Civil Engineering, 32(6), 1030 – 1038.
- Hasofer, A.M. and Lind, N.C. (1974). An Exact and Invariant First Order Reliability Format. Journal of Engineering Mechanics, 100, 111 – 121.
- Haldar, A. and Mahadevan, S. (2000). Probability Reliability and Statistical Methods in Engineering Design. 1st Ed. Wiley, New York.
- Highways Agency (2004). Skidding Resistance. En Design Manual for Roads and Bridges, Volume 7, HD 28/04, London, UK.
- Memon, R. Khaskheli G.B. and Qureshi, A.S. (2008). Operating Speed models for two-lane rural roads in Pakistan. Canadian Journal of Civil Engineering, 35(5), 443 – 453.
- Lewis, E.E. (1987). Introduction to Reliability Engineering. 1st Edition. Wiley, New York.
- Ministerio de Obras Públicas (2008). Instrucciones de Diseño. En Manual de Carreteras Vol. 3, Santiago, Chile.
- Vargas-Tejeda, S. De Solminihac, H. y Echaveguren, T. (2009). Procedure to estimate skid resistance and macrotexture thresholds. Proceedings of ICE – Transport, 162(2), 79 – 85.



CAMARA ARGENTINA DE CONSULTORAS DE INGENIERIA

Miembro argentino de la Federación Panamericana de Ingenieros Consultores

Para asociarse visite: www.cadeci.org.ar

Sede: Cerrito 1250, 2º Piso (C1010AAZ)

Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina

Tel./Fax: (54-11) 4811-4133/0670/3630/4961 Int.: 2106

E-mail: cadeci@cadeci.org.ar

Firmas Asociadas

Abs Servicios de Ingeniería
 AC&A S.A.
 Atec S.A.
 Barlmont S.A. Consultora
 Cep S.A. Consultora
 Co. As. Consultores Asociados S.R.L.
 COINTEC Consultora en Ingeniería y Técnica Industrial
 Consular Consultores Argentinos Asociados S.A.
 Consulbares S.A. Ingenieros Consultores
 Consultores Argentinos Asociados S.A. Cadia
 Consultoría Oscar G. Grimaux y Asociados S.A.T.
 Cornero Venezia Consultores de Ingeniería S.A.
 Electrosistemas S.A.S.
 Estudio Guitelman S.A.
 Estudio Estructural Polimeni Pérez S.A.
 Estudios y Proyectos S.R.L.
 Evaluación de Recursos - Evarsa S.A.
 Excel Consult S.A.
 FB&A
 Gago Tonin S.A.
 Hidroestructuras S.A.
 IATASA
 Incociv S.R.L.
 Inconas S.A.
 Ing. Tosticarelli & Asoc. S.A.
 INGE Consultores S.A.
 Ingeniería en Relevamientos Viales S.A.
 Jaime Lande y Asociados S.A.
 Jvp Consultores S.A.
 Latinoconsult S.A.
 PROINSA - Proyectos de Ingeniería S.A.
 Proyectos y Estudios Especiales S.A.
 Ruiz y Asociados Consultora S.R.L.
 SARSY S.A. Consultores
 Serman & Asociados S.A. Consultora
 Tecnolatina S.A.
 Ungaro, Alé Ortiz Ingenieros Asociados S.A.

EQUIMAC S.A.

COMERCIAL - INDUSTRIAL - FINANCIERA - INMOBILIARIA

Construcciones Viales
Señalamiento Horizontal y Vertical



En la Ciudad
En el Norte
En Cuyo
En la Mesopotamia
En la Patagonia

Más de 60 años construyendo caminos en todo el país

Av. Gdor. Vergara 1646 (1688) S.Tesei - Hurlingham - Buenos Aires - Tel 4450-0989 - e-mail: equimac@equimacsa.com

HORNO DE IGNICIÓN - DETERMINACIÓN DE CONSTANTES DE CORRECCIÓN

AUTORES

Ing. Alfredo Asurmendi (**), Ing. Leonardo Ferrín (**), Ing. Gastón Lespade (**); Ing. Lisandro Daguerra (*), Laboratorio de Pavimentos e Ingeniería Vial (La.P.I.V.), Departamento de Construcciones, Facultad de Ingeniería, UNLP.
(**) Profesional Asistente, (*) Director

RESUMEN

En Argentina, la forma tradicional para determinar el contenido de ligante en las mezclas asfálticas durante los procesos de control de producción es el método Abson (VN-E17-87). Otros procedimientos alternativos son: el de la centrífuga (VN-E69-78), el de Ignición (ASTM D 6307) y muy raramente el nuclear (ASTM D 4125).

La bibliografía indica que para el empleo del horno de Ignición, se requiere la utilización de distintas constantes de corrección aplicables en la determinación del contenido de ligante y la granulometría. En este trabajo se establece una metodología para determinar dichas constantes. Para tal fin se utilizaron mezclas elaboradas en laboratorio y en diferentes plantas asfálticas.

En el análisis se adoptaron mezclas con granulometrías continuas (CACD20) y discontinuas (MACF10). Se emplearon áridos graníticos, basálticos, rodados, arenas de diferente origen y cal, variando proporciones y tipo de asfaltos. Los estudios a su vez se efectuaron sobre muestras con distintos tamaños.

Los resultados obtenidos por Ignición se contrastaron con mezclas ensayadas por el método Abson. Se observó la necesidad de corregir contenidos de ligante y/o granulometrías en función del tipo de árido y de mezcla estudiada.

Finalmente, en base a esta experiencia y la bibliografía, se plantea un procedimiento de ensayo para determinar las constantes.

Palabras claves: Horno de Ignición, Constantes de corrección, Mezcla asfáltica.

Eje temático: K. Misceláneas referidas a materiales o aplicaciones bituminosas

HORNO DE IGNICIÓN - DETERMINACIÓN DE CONSTANTES DE CORRECCIÓN

I. OBJETIVO

Establecer una metodología para determinar las constantes de corrección a aplicar en el contenido de asfalto y el análisis granulométrico de mezclas asfálticas elaboradas en caliente al ser evaluadas por el método del Horno de Ignición.

II.- INTRODUCCIÓN

En Argentina, el contenido de asfalto se obtiene comúnmente usando la extracción con solventes, en general se aplica el método VN-17-87 (Abson) o su equivalente ASTM D 2172. Por otro lado, es práctica común observar en distintas obras el empleo del método de la centrífuga (VN-E69-78), muchas veces con limitaciones ya sea por dificultades para adquirir solventes clorados, reemplazando a estos por combustibles tipo kerosene o nafta -con el consiguiente peligro por la seguridad personal que esto trae aparejado-, o por la falta de centrifugadora de finos con lo cual los resultados se ven alterados con elevadas dispersiones (1).

No obstante, debido a razones económicas y ambientales, se desarrollaron técnicas alternativas como el método nuclear (ASTM D 4125) y el método de Ignición (ASTM D 6307), comenzando a ser empleando este último a partir de la década de 1990.

El método nuclear determina en forma indirecta (irradiación nuclear) y en pocos minutos el contenido de ligante, pero se requiere un ensayo adicional para efectuar la granulometría pues el asfalto no es eliminado de la mezcla de agregados.

Con el método de Ignición, se determina en forma directa el contenido de ligante en un tiempo menor a 1 hora y provee un muestra de áridos limpios que puede usarse para su análisis granulométrico; el cálculo final se obtiene con la aplicación constantes de corrección tanto para el contenido de ligante como para la granulometría. El horno utilizado en este trabajo aplica radiación infrarroja excitando las moléculas de la muestra produciendo calor sin necesidad de conducción y convección en las moléculas de aire.

En un proceso de control de producción de mezclas asfálticas, la determinación de estos parámetros en el menor tiempo posible, en especial el contenido de ligante, es fundamental porque permite corregir tempranamente desviaciones que pueden afectar el comportamiento de la mezcla en servicio. De variar el porcentaje de asfalto en un entorno mayor al admisible, pueden perjudicarse ciertas características deseables en las mezclas asfálticas como la durabilidad, la resistencia a la deformación plástica, la resistencia a la fatiga, la estabilidad y susceptibilidad al agua.

Un bajo contenido de asfalto genera mezclas con alta estabilidad por fricción, limitada cohesión y menor capacidad de recuperación visco-elástica frente a cargas cíclicas. Esto conduce a mezclas con mayor susceptibilidad a la fatiga, facilitándose el potencial ingreso de agua, como así también la oxidación del asfalto con la consecuente rigidización del mismo.

El exceso de asfalto produce una elevada lubricación entre partículas que promueve la incapacidad para resistir esfuerzos deformantes a los que se ve sometido el pavimento por acción del tránsito (el pesado en particular). La consecuencia directa que se produce por el efecto de "amasado" es reducción de vacíos, exudación del asfalto y posibles deformaciones permanentes.

Respecto a los métodos tradicionales que aplican extracción por solventes, el método de Ignición presenta entre otras las siguientes ventajas:

Un bajo contenido de asfalto genera mezclas con alta estabilidad por fricción, limitada cohesión y menor capacidad de recuperación visco-elástica frente a cargas cíclicas. Esto conduce a mezclas con mayor susceptibilidad a la fatiga, facilitándose el potencial ingreso de agua, como así también la oxidación del asfalto con la consecuente rigidización del mismo.

El exceso de asfalto produce una elevada lubricación entre partículas que promueve la incapacidad para resistir esfuerzos deformantes a los que se ve sometido el pavimento por acción del tránsito (el pesado en particular). La consecuencia directa que se produce por el efecto de "amasado" es reducción de vacíos, exudación del asfalto y posibles deformaciones permanentes.

Respecto a los métodos tradicionales que aplican extracción por solventes, el método de Ignición presenta entre otras las siguientes ventajas:

- Menor tiempo para obtener resultados, en particular el contenido de ligante. Esto permite corregir eventuales desviaciones en los materiales incorporados a la mezcla durante la producción, contribuyendo con una mayor calidad de la mezcla suministrada y minimizando posibles sanciones.
- No utiliza solventes nocivos para la salud y el medio ambiente.
- No se requieren insumos ni tratamiento posterior de los mismos.

La principal desventaja es el costo inicial, pero si esto se compara con el costo de la mezcla rechazada o pasible de multas debido a tardías correcciones de planta, en muy poco tiempo se recupera la inversión.

A pesar que en Argentina la experiencia con estos equipos es relativamente baja, y dado las grandes ventajas que ofrece su utilización para la mejora continua en los procesos de control, ya sea por parte de la administración como por las mismas empresas elaboradoras de mezcla asfáltica, es que se ha pensado en la necesidad de realizar este trabajo comunicando las experiencias llevadas a cabo en los últimos años por este laboratorio.

III. ANTECEDENTES

El contenido de asfalto obtenido con el Horno de Ignición puede diferir respecto del real, siendo necesaria la determinación de una constante de corrección que responde a la siguiente ecuación:

$$C_A = \%A_H - \%A_{REAL} \quad (\text{Ecuación 1})$$

Donde

C_A : constante de corrección de porcentaje de asfalto

$\%A_H$: promedio de contenidos de asfalto determinados por Ignición

$\%A_{REAL}$: contenido de ligante de diseño

En general, el árido que ha sido sometido a ignición presenta alteraciones respecto a la granulometría, observándose desprendimientos al efectuarse el tamizado. El trabajo de Prowell y Carter concluye que las alteraciones también se observan en otros parámetros (2). Asimismo, algunos agregados pueden tener componentes minerales que se volatilizan durante la ignición, generándose una modificación eventual de la curva granulométrica resultante, siendo en definitiva necesario verificar si dicho grado de alteración incide en los resultados finales (3) (4).

En cuanto a los tiempos de ignición, algunas normas establecen un tiempo determinado, otras detienen el ensayo cuando luego de varios intervalos de tiempo la diferencia en pesadas sucesivas es menor a un valor determinado. Taha (5) estableció el tiempo y la temperatura óptimos para la ignición en 535°C y 30 minutos. El trabajo de Li, Yu (6) indica que asfaltos con penetraciones de 30 a 90 (AC40 a AC10) en distintas proporciones en las mezclas son completamente quemados a una temperatura de 485°C o superiores.

Numerosas normas extranjeras han especificado procedimientos para determinar el contenido de asfalto a través del Horno de Ignición y sus constantes de corrección.

Todas toman como base la fórmula de diseño de la mezcla analizada (granulometría y contenido óptimo de asfalto). Difieren en la cantidad de muestras a ensayar y en los porcentajes de asfaltos utilizados. A continuación se mencionan los puntos más destacados de 4 normas extranjeras. Ellas se eligieron por representar las variantes más comunes de determinación de constantes de corrección de contenido de asfalto. En general coinciden en la temperatura mínima que debe alcanzar el horno durante la ignición (538 °C) y en el tamaño de muestra a utilizar (con excepción de la ASTM en los tamaños máximos nominales más bajos de agregado), Tabla N° 1. Todas determinan el contenido de ligante a través de pesadas en balanza externa, algunas indican efectuar las mismas en frío y otros en caliente (de 140 a 150 °C).

Tamaño máximo nominal del árido	Masa de la muestra [g]
37,5 mm (1,5")	4000
25,0 mm (1")	3000
19,0 mm (3/4")	2000
12,5 mm (1/2")	1500
9,5 mm (3/8")	1200 (ASTM: 1000)
4,75 mm (N°4)	1200 (ASTM: 500)

Tabla N° 1

La norma ASTM D 6307 (7) establece que para determinar la constante de corrección deben elaborarse 3 mezclas con el contenido de ligante óptimo, y la constante se determina como la diferencia entre el promedio de los tres porcentajes de asfalto obtenidos por horno y el de diseño. No establece un tiempo de ensayo dentro del horno, pero considera la ignición terminada cuando por tres intervalos consecutivos de 1 minuto la diferencia entre pesadas no excede el 0,01% de la masa inicial de la muestra.

Las normas Ariz 427 (8) y CT 382 (9) establecen procedimientos similares variando entre ellas en solo dos criterios. Ambas plantean elaborar 4 mezclas con el contenido de ligante óptimo, ensayan 2 y si la diferencia en el contenido de asfalto difiere en más de 0,07 % (Arizona) ó 0,15 % (California) ensayan las otras dos; luego eliminan los 2 valores extremos y promedian los 2 más cercanos. La constante se determina como el promedio indicado y el valor de diseño. Si la constante es mayor que 1,0% (Arizona) ó 0,5 % (California), se efectúa la ignición a 482 °C (900 °F) con otras dos muestras y se determina una nueva constante; si sigue siendo mayor que los valores indicados, se efectúa la ignición a 427 °C (800 °F) y si aún sigue siendo mayor, se toma este último valor como el de la constante. La norma de California establece un tiempo de ignición de 40 minutos y la de Arizona toma el mismo criterio que la ASTM para concluir la ignición. La norma Tex 236-F (10) obtiene la constante de corrección a través del promedio de las diferencias alcanzadas entre seis mezclas y los valores de diseño: 2 elaboradas con el porcentaje óptimo de asfalto y dos pares con $\pm 0,5$ % del porcentaje óptimo.

IV. DESARROLLO DEL TRABAJO

IV. 1. Consideraciones iniciales

El desarrollo de este trabajo cuenta con dos partes bien diferenciadas.

La primera consiste en la obtención de los contenidos de asfalto de mezclas elaboradas ad hoc en laboratorio por los métodos de Ignición y Abson, y la realización posterior de la granulometría. Aunque el objetivo de este trabajo es la determinación de las constantes de corrección a aplicar en contenidos de asfalto y granulometrías de mezclas ensayadas en horno, para el análisis de mezclas elaboradas en laboratorio se efectuó la determinación de contenido de ligante por el método Abson para constatar que en la fórmula adoptada se incorporó el porcentaje de ligante propuesto de manera correcta. Así se buscó eliminar posibles incertidumbres frente algunos resultados que, en primera instancia, podían parecer errores (en especial con los resultados en los contenidos de ligante obtenidos con el horno).

Alcanzados los resultados, se compararon los promedios de cada mezcla con sus valores de diseño, y por diferencia entre ellos se obtuvieron las constantes de corrección. La segunda parte se analizan los resultados de control de producción de mezclas elaboradas en distintas plantas. En este caso la comparación se estableció entre mezclas ensayadas por el método de Ignición y Abson.

IV.2. Muestras de Ensayo y Variables Utilizadas en el estudio

Las mezclas elaboradas en laboratorio se formularon tomando como base las especificaciones de la Comisión Permanente del Asfalto (CPA), siendo las siguientes:

CAC D20 (concreto asfáltico convencional denso, tamaño máximo nominal 20 mm y granulometría continua): combinación de un ligante asfáltico convencional o modificado, áridos (incluido filler) y eventualmente aditivos, elaborada en plantas al efecto y colocadas en obra a temperatura muy superior a la ambiente.

MAC F10 (microconcreto asfáltico de granulometría discontinua, tamaño máximo nominal 12 mm): combinación de un ligante asfáltico modificado, áridos (incluido filler) y eventualmente aditivos, elaborada en plantas al efecto y colocadas en obra a temperatura muy superior a la ambiente.

Las variables utilizadas fueron las siguientes: árido, tipo y contenido de asfalto, tamaño de muestra, composición granulométrica.

La dispersión del método, fue analizada al realizar, con cada porcentaje de asfalto 5 muestras para cada caso. El tamaño de cada una de ellas varió desde 1,0, 1,5 a 2,0kg. De esta manera se trató de cubrir un amplio rango de posibilidades para la determinación de las constantes de corrección, con la influencia ejercida por las distintas combinaciones de variables.

Las muestras de ensayo se describen a continuación y se sintetizan en la Tabla N° 2, sus granulometrías se indican en la Tabla N° 3 y algunas características de los áridos se indican en la Tabla N° 4.

CAC D20 con áridos graníticos con CA30: mezcla compuesta por dos fracciones de árido grueso granítico triturado, arena de trituración granítica, cal y cemento asfáltico convencional clasificado por IRAM como CA30. Proporciones de asfalto utilizadas: 4,5; 5,0 y 5,5 % en peso de mezcla.

CAC D20 con áridos graníticos con AM3: idéntica a la anterior pero elaborada con asfalto modificado clasificado por IRAM como AM3. El objetivo de estas dos primeras mezclas es poner en evidencia si existen diferencias en los resultados cuando se utilizan asfaltos convencionales o modificados.

CAC D20 con áridos basálticos con CA30: mezcla compuesta por un árido grueso basáltico triturado, arena de trituración basáltica, cal y cemento asfáltico convencional clasificado por IRAM como CA30. Proporciones de asfalto utilizadas: 4,0; 4,5 y 5,0 % en peso de mezcla.

CAC D20 con áridos naturales con CA30: mezcla compuesta por dos fracciones de árido grueso del tipo canto rodado, una triturada y la otra sin triturar, arena natural, cal y cemento asfáltico convencional clasificado por IRAM como CA30. Proporciones de asfalto utilizadas: 4,8; 5,3 y 5,8 % en peso de mezcla. La arena natural posee plasticidad (6%) y bajo equivalente de arena, pero a pesar de no cumplir con las especificaciones se utilizaron en este estudio para evaluar su eventual incidencia en los resultados; asimismo su granulometría no permite obtener una composición dentro de los límites especificados.

MAC F10 con áridos graníticos con AM3: mezcla compuesta por una fracción de árido grueso granítico triturado, arena de trituración granítica, filler calcáreo, cal y cemento asfáltico modificado clasificado por IRAM como AM3. Proporciones de asfalto utilizadas: 5,0; 5,5 y 6,0 % en peso de mezcla.

Mezcla - Tipo de Asfalto	Árido		Contenido Asfalto	Tamaños de muestra Horno	Número de muestras para Horno	
	Tipo	Proporción			Parcial	Total
		[%]				
CAC D20 Granito CA30/ AM3	Granito 6-20	40,0	4,5 5,0 5,5	1,5 1,5 1,5 - 2,0	10 = 2×5 10 = 2×5 20 = 2×2×5	40
	Granito 6-12	12,0				
	Granito 0-6	47,0				
	Cal	1,0				
CAC D20 Basalto CA30	Basalto 6 - 20	52,0	4,0 4,5 5,0	1,5 1,0 -1,5 -2,0 1,5	5 15 = 3×5 5	25
	Basalto 0 - 6	46,5				
	Cal	1,5				
CAC D20 Rodado, A.Río CA30	Rodado 6-20 Trit.	30,0	4,8 5,3 5,8	1,5 1,0 -1,5 -2,0 1,5	5 15 = 3×5 5	25
	Rodado 6-20	20,0				
	Arena natural	49,0				
	Cal	1,0				
MAC F10 Granito AM3	Granito 6-12	77,0	5,0 5,5 6,0	1,5 1,5 1,5	5 5 5	15
	Granito 0-3	15,0				
	Filler Calcáreo	7,0				
	Cal	1,0				

Tabla N° 2.- Mezclas utilizadas

Abertura Tamiz [mm]	CAC D20				MAC F10	
	Granito CA30/AM3	Basalto CA30	Rodado CA30	Huso CPA	Granito AM3	Huso CPA
19 (3/4")	100	100,0	100,0	83-100	100,0	-
12,5 (1/2")	82	89,5	85,5	-	100	100
9,5 (3/8")	67	73,6	68,9	60-75	93	75-97
6,35 (1/4")	-	-	-	-	54	40-65
4,75 (N°4)	48	48,2	43,4	45-60	29	25-40
2,36 (N°8)	33	33,1	36,0	33-47	21	20-35
0,6 (N°30)	17	17,5	30,9	17-29	14	12-25
0,3 (N°50)	12	10,3	24,6	12-21	-	-
0,075 (N°200)	5,4	6,5	6,7	5-8	8,7	7-10

Tabla N° 3.- Granulometrías de cada mezcla

Árido	Desgaste LA [%]	Lajas [%]	Agujas [%]	Peso esp. [g/cm ³]	Absorc. [%]	Polvo adh. [ml%]	Eq. Arena [%]	IP [%]
Áridos Gráníticos								
6-20	20,2	12,5	25,6	2,710	0,3	0,4	-	-
6-12	22,6	14,1	55,0	2,695	0,4	0,4	-	-
0-6	-	-	-	2,659	0,4	-	82	NP
0-3	-	-	-	2,655	0,4	-	76	NP
Áridos Basálticos								
6-20	10,3	29,4	46,5	3,003	0,8	0,6	-	-
0-6	-	-	-	2,878	2,0	-	68	NP
Áridos Naturales								
6-20 T	12,0	17,2	30,0	2,624	0,6	1,9	-	-
6-20 R	14,0	13,2	23,3	2,609	0,8	2,0	-	-
Arena	-	-	-	2,500	1,35	-	28	6,0

Tabla N° 4.- Características de los áridos

IV.3. Elaboración de las mezclas

Para la elaboración de las mezclas, todos los áridos se secaron en estufa a

105 °C ± 5 °C hasta peso constante antes de efectuar la composición de áridos de las mismas.

Para componer la granulometría de cada mezcla, los áridos gruesos se cortaron en al menos 3 fracciones y los áridos finos en 2 fracciones. Para obtener mayor homogeneidad en el análisis granulométrico, del material grueso se eliminaron la fracción retenida en el tamiz IRAM 19,0 mm y la fracción pasante en el tamiz IRAM 2,36 mm por representar menos del 2% del árido total. De forma análoga, se eliminó el material retenido en el tamiz IRAM 4,75 mm de los áridos finos.

La temperatura de elaboración fue adecuada a la tipología del asfalto empleado. El mezclado fue manual. Inmediatamente luego de elaborada cada mezcla, se las dejó en estufa acondicionada a la temperatura de elaboración durante 30 minutos como mínimo para favorecer la absorción del asfalto por parte del árido.

IV. 4. Ejecución de los ensayos

IV. 4.a. Contenidos de ligante

La determinación del contenido de ligante por medio del Horno de Ignición es relativamente sencilla: por diferencia de pesadas antes y después de la ignición se obtiene la pérdida del material volátil (asfalto y otros) de la muestra ensayada, esta diferencia respecto al peso de la muestra inicial, considerando el contenido de humedad de la mezcla y la constante de corrección, nos indica el contenido de asfalto, es decir:

$$\%A_H = 100 \cdot (P_M - P_A) / (P_M) - C_A - \%H \quad (\text{Ecuación 3})$$

Donde

% A_H: porcentaje de asfalto determinado por Ignición

P_M: masa de muestra

P_A: masa del material luego de la ignición

C_A: constante de corrección de asfalto

%_H: porcentaje de agua en mezcla

La metodología seguida para la determinación de las pesadas se las efectuó según el procedimiento propuesto en el Título VI (puntos 9 a 15). No se indican, en cambio, los valores entregados por el propio horno de Ignición (los informa por medio de un ticket y en una pantalla de LCD) pues se han observado en ocasiones grandes dispersiones.

La determinación de contenido de asfalto por lavado con solvente se efectuó según la norma VN-17-87.

IV. 4.b. Análisis granulométrico

El análisis granulométrico se efectuó sobre los áridos luego de haber sido extraído el asfalto aplicando la norma Norma IRAM 1540 (análisis granulométrico previo tamizado vía húmeda sobre el tamiz 0,075 mm).

IV.5. DETERMINACIÓN DE CONSTANTES DE CORRECCIÓN

IV.5.a. Determinación de constantes para contenido de asfalto

Aplicando la Ecuación 1 determinó la constante de corrección para cada caso (ver Tabla N° 5). Para cada mezcla, porcentaje de asfalto (D) y tamaño de muestra (TM) se determinaron sus contenidos de asfalto, de los cuales se informan su promedio (H), desvío estándar (σ) y la constante CA. La constante CA Adoptada para cada mezcla se indica en la última columna y es el promedio de todos los valores determinados para cada mezcla.

Mezcla	Diseño	Abson		Horno de Ignición (H)									C _A Adoptada
		TM = 1,0 kg		TM = 1,0 kg			TM = 1,5 kg			TM = 2,0 kg			
		A	σ	H	σ	C _A	H	σ	C _A	H	σ	C _A	
CAC D20 Granito CA30	4,50	4,56	0,00	-	-	-	4,45	0,01	-0,05	-	-	-	-0,01
	5,00	5,13	0,01	-	-	-	5,00	0,08	0,00	-	-	-	
	5,50	5,53	0,03	-	-	-	5,50	0,04	0,00	5,50	0,03	0,00	
CAC D20 Granito AM3	4,50	4,58	0,02	-	-	-	4,48	0,06	-0,02	-	-	-	0,02
	5,00	5,07	0,02	-	-	-	5,02	0,04	0,02	-	-	-	
	5,50	5,54	0,05	-	-	-	5,54	0,03	0,04	5,53	0,04	0,03	
MAC F10 Granito AM3	5,00	5,10	0,01	-	-	-	5,02	0,03	0,02	-	-	-	0,05
	5,50	5,53	0,02	-	-	-	5,55	0,05	0,05	-	-	-	
	6,00	6,04	0,02	-	-	-	6,07	0,03	0,07	-	-	-	
CAC D20 Basalto CA30	4,00	3,98	0,02	-	-	-	4,88	0,06	0,88	-	-	-	1,00
	4,50	4,55	0,08	5,64	0,09	1,14	5,47	0,05	0,97	5,52	0,03	1,02	
	5,00	4,97	0,02	-	-	-	5,99	0,03	0,99	-	-	-	
CAC D20 Rodado CA30	4,80	4,82	0,00	-	-	-	5,50	0,02	0,70	-	-	-	0,68
	5,30	5,31	0,01	6,00	0,11	0,70	6,00	0,04	0,70	5,96	0,05	0,66	
	5,80	5,81	0,05	-	-	-	6,47	0,02	0,67	-	-	-	

Tabla N° 5.- Determinación de constante de corrección para contenido de asfalto

IV.5.b. Determinación de constantes para análisis granulométrico

La bibliografía recomienda establecer constantes de corrección para distintas fracciones de árido: fracción gruesa, fracción fina y filler (material pasa tamiz 0,075 mm).

De la misma manera que se determinó la constante CA, se plantea la constante de corrección Ci para cada tamiz:

$$C_i = \%PA_{Hi} - \%PA_{Di} \quad (\text{Ecuación 2})$$

Donde

C_i: constante de corrección para el tamiz "i"

% PA_{Hi}: porcentaje acumulado que pasa el tamiz "i" (promedio de 5 determinaciones)

% PA_{Di}: porcentaje acumulado que pasa el tamiz "i" según fórmula de diseño.

A diferencia de lo que ocurre con la constante CA, la constante de corrección para cada tamiz puede ser positiva, negativa o nula.

En las Tablas N° 6 a, b, c y d se presentan los promedios y desvíos estándar de las granulometrías de cada mezcla y las constantes de corrección para cada tamiz.

Mezcla	Abertura Tamiz [mm]	Diseño	Abson General		Horno de Ignición (H)												C _i Adop.
					4,5%			5,0%			5,5%						
			TM = 1,0kg		TM = 1,5 kg			TM = 1,5 kg			TM = 1,5 kg			TM = 2,0 kg			
			D	A	σ	H	σ	C _i	H	σ	C _i	H	σ	C _i	H	σ	
CAC D20 Granito CA30	19 (3/4")	100	100	0,0	100	0,0	0	100	0,0	0	100	0,0	0	100	0,0	0	0
	12,5 (1/2")	82	81	1,2	82	1,0	1	82	0,9	0	82	1,0	0	83	0,2	1	0
	9,5 (3/8")	67	67	0,6	68	0,3	0	68	0,8	0	68	0,8	0	68	0,9	1	0
	4,75 (Nº4)	48	47	0,3	48	0,2	0	48	0,9	0	48	0,3	-1	48	0,5	0	0
	2,36 (Nº8)	33	33	0,2	33	0,1	0	34	0,8	0	33	0,2	0	34	0,5	1	0
	0,6 (Nº30)	17	17	0,5	17	0,1	0	17	0,4	0	18	0,2	1	17	0,4	0	0
	0,3 (Nº50)	12	12	0,3	12	0,1	0	12	0,3	0	12	0,2	1	12	0,4	1	0
0,075 (Nº200)	5,4	5,5	0,20	5,5	0,02	0,1	5,6	0,13	0,2	5,9	0,15	0,5	5,8	0,39	0,4	0,3	
CAC D20 Granito AM3	19 (3/4")	100	100	0,0	100	0,0	0	100	0,0	0	100	0,0	0	100	0,0	0	0
	12,5 (1/2")	82	82	0,8	82	1,1	0	82	0,7	0	82	0,7	1	83	0,6	1	0
	9,5 (3/8")	67	67	0,8	67	0,1	0	68	0,4	1	68	1,0	1	69	0,3	1	1
	4,75 (Nº4)	48	48	0,3	48	0,6	0	48	0,3	0	48	0,3	0	49	0,5	1	0
	2,36 (Nº8)	33	33	0,1	33	0,1	0	33	0,3	0	33	0,3	0	34	0,2	1	0
	0,6 (Nº30)	17	17	0,5	17	0,8	0	17	0,6	0	17	0,6	0	17	0,6	0	0
	0,3 (Nº50)	12	12	0,4	12	0,7	0	12	0,4	0	12	0,5	0	12	0,4	0	0
0,075 (Nº200)	5,4	5,4	0,26	5,7	0,24	0,3	5,5	0,17	0,1	5,5	0,40	0,1	5,5	0,16	0,1	0,2	

Tabla N° 6 a.- Determinación de constante de corrección de granulometría (CAC D20 con árido granítico)

Mezcla	Abertura Tamiz [mm]	Diseño	Abson General		Horno de Ignición (H)									C _i Adop.			
					5,0%			5,5%			6,0%						
			TM = 1,0kg		TM = 1,5 kg			TM = 1,5 kg			TM = 1,5 kg						
			D	A	σ	H	σ	C _i	H	σ	C _i	H	σ		C _i		
MAC F10 Granito AM3	12,5 (1/2")	100	100	0,0	100	0,0	0	100	0,0	0	100	0,0	0	100	0,0	0	0
	9,5 (3/8")	93	92	1,2	93	0,6	1	93	1,5	0	94	0,7	1	94	0,7	1	1
	6,35 (1/4")	54	54	0,5	57	0,9	3	57	0,5	3	57	0,5	3	57	0,5	3	3
	4,75 (Nº4)	29	29	0,6	32	0,6	3	32	1,3	3	32	0,4	2	32	0,4	2	3
	2,36 (Nº8)	21	21	0,1	22	0,7	1	22	0,6	1	22	0,3	1	22	0,3	1	1
	0,6 (Nº30)	14	14	0,6	15	0,3	1	15	0,3	1	15	0,1	1	15	0,1	1	1
	0,075 (Nº200)	8,7	8,9	0,4	9,5	0,4	0,7	9,4	0,3	0,6	9,1	0,2	0,3	9,1	0,2	0,3	0,6

Tabla N° 6 b.- Determinación de constante de corrección de granulometría (MAC F10 con árido granítico)

Mezcla	Abertura Tamiz [mm]	Diseño	Abson General		Horno de Ignición (H)												C _i Adop.			
					4,0%			4,5%						5,0%						
			TM = 1,0kg		TM = 1,5 kg			TM = 1,0 kg			TM = 1,5 kg			TM = 2,0 kg				TM = 1,5 kg		
			D	A	σ	H	σ	C _i	H	σ	C _i	H	σ	C _i	H	σ		C _i	H	σ
CAC D20 Basalto CA30	19 (3/4")	100	100	0,0	100	0,0	0	100	0,0	0	100	0,0	0	100	0,0	0	100	0,0	0	0
	12,5 (1/2")	89	89	0,2	91	0,9	1	91	1,0	2	91	0,4	1	91	0,7	2	91	0,5	2	1
	9,5 (3/8")	74	73	0,4	75	0,9	1	75	0,3	1	75	0,7	1	75	0,7	1	75	0,4	1	1
	4,75 (Nº4)	48	49	0,3	49	0,3	1	50	0,4	1	49	0,2	1	49	0,3	1	49	0,2	1	1
	2,36 (Nº8)	32	33	0,2	33	0,2	1	34	0,2	1	33	0,4	1	34	0,3	2	33	0,1	1	1
	0,6 (Nº30)	16	16	0,2	16	0,3	0	16	0,3	0	16	0,2	0	17	0,5	1	16	0,4	0	0
	0,3 (Nº50)	12	11	0,2	11	0,4	0	12	0,5	0	11	0,2	0	12	0,4	1	12	0,4	0	0
0,075 (Nº200)	6,5	6,8	0,15	6,7	0,38	0,2	7,2	0,43	0,7	6,8	0,21	0,3	7,8	0,18	1,3	7,1	0,34	0,6	0,4	

Tabla N° 6 c.- Determinación de constante de corrección de granulometría (CAC D20 con árido basáltico)

Mezcla	Abertura Tamiz [mm]	Diseño	Abson General		Horno de Ignición (H)												C _i Adop.			
					4,8%			5,3%						5,8%						
			TM = 1,0kg		TM = 1,5 kg			TM = 1,0 kg			TM = 1,5 kg			TM = 2,0 kg				TM = 1,5 kg		
			D	A	σ	H	σ	C _i	H	σ	C _i	H	σ	C _i	H	σ		C _i	H	σ
CAC D20 Rodado CA30	19 (3/4")	100	100	0,0	100	0,0	0	100	0,0	0	100	0,0	0	100	0,0	0	100	0,0	0	0
	12,5 (1/2")	85	85	0,5	85	0,7	0	85	0,7	0	85	0,8	0	86	0,1	1	85	0,4	0	0
	9,5 (3/8")	70	70	0,7	70	0,2	0	70	0,1	0	70	0,3	0	70	0,4	0	70	0,4	0	0
	4,75 (Nº4)	43	44	0,7	44	0,7	0	43	0,0	0	44	0,5	0	45	0,7	1	44	0,8	0	0
	2,36 (Nº8)	37	37	0,4	37	0,4	0	36	0,1	-1	37	0,5	0	35	0,4	-2	36	0,7	-1	0
	0,6 (Nº30)	32	32	0,2	31	0,1	0	31	0,2	-1	31	0,2	0	31	0,2	-1	31	0,2	0	0
	0,3 (Nº50)	25	25	0,2	24	0,3	0	23	0,4	-1	24	0,3	0	24	0,3	-1	24	0,3	0	0
0,075 (Nº200)	6,8	7,2	0,19	4,9	0,11	-1,9	4,7	0,18	-2,1	4,8	0,10	-2,0	4,2	0,30	-2,6	4,9	0,15	-1,9	-1,9	

Tabla N° 6 d.- Determinación de constante de corrección de granulometría (CAC D20 con canto rodado y arena natural)

IV. 5.c. Síntesis y análisis de los resultados

A continuación, se ofrecen algunas consideraciones respecto a las constantes obtenidas en cada caso.

CAC D20 con áridos graníticos con CA30 y AM3:

No se observan diferencias respecto a los valores de fórmula en el contenido de asfalto ni en las granulometrías (**Tabla Nº 6 a**). Tampoco existe influencia en el resultado por parte del tipo de asfalto utilizado ni por las proporciones en que ha sido empleado. Por consiguiente, no es necesaria la aplicación de constantes de corrección en ningún caso.

CAC D20 con áridos basálticos con CA30:

Es la mezcla con mayor diferencia respecto al porcentaje de asfalto formulado, la constante de corrección será 1,0 % para la muestra de 1,5 kg. Se observan pequeñas dispersiones ($\pm 0,1\%$) para los menores contenidos de asfalto y tamaños de muestra. La constante adoptada es $CA = 1,0\%$.

La gradación de áridos (**Tabla Nº 6 c**) posee diferencias respecto a la fórmula para las fracciones retenidas en el tamiz IRAM 2,36 mm o superior, que oscilan entre +0,9 y +1,3%. No parece haber influencia del tamaño de muestra ni del contenido de ligante. Se adopta +1% (para un nivel de confianza del 95% puede oscilar entre 0 y 2%) para esos tamices.

CAC D20 con áridos naturales con CA30:

En esta mezcla no se observa influencia del tamaño de muestra ni del contenido de ligante sobre la constante de corrección obtenida, la cual es 0,7% para todos los casos. Con relación a la granulometría (**Tabla Nº 6 d**) fundamentalmente se observan diferencias en el material que pasa tamiz 0,075 mm. Para las muestras de 1,5 kg sólo se requeriría una constante de corrección de -1,9%. Los valores obtenidos para los restantes tamices son nulos. Se concluye que para estos áridos en particular y esta composición no se necesitan constantes de corrección con excepción del material pasante por el tamiz 0,075mm.

MAC F10 con áridos graníticos con AM3:

Para el contenido de ligante valen las mismas consideraciones realizadas para las mezclas CAC D20 elaboradas con árido granítico. Se adopta $CA = 0,0\%$.

La granulometría (**Tabla Nº 6 b**) se ve modificada respecto a la fórmula en todos los tamices. Las diferencias van desde 0,6% en el relleno mineral hasta 3% en los de mayor abertura (IRAM 6,25 mm y 4,75 mm). Por consiguiente se sugiere utilizar constantes diferentes para cada caso analizado.

IV. 6. Mezclas de control de producción de plantas

Se analizaron resultados de mezclas elaboradas en tres plantas asfálticas, una del tipo tambor secador y dos discontinuas por pesadas. Las mismas son del tipo CAC D20 y CAC D12, estando compuestas con áridos graníticos, aunque el origen de estos difiere entre plantas pues los proveedores son distintos. En este caso, la comparación de resultados ha sido realizada con muestras reducidas por cuarteo (partidor de Jones), hasta obtener los tamaños necesarios para luego ser ensayadas en horno de Ignición y por el método Abson.

La Tabla Nº 7 sintetiza los resultados obtenidos. En ella se indican para cada planta la cantidad de muestras analizadas, el rango de tamaños de muestra (TM), el promedio de las constantes (C) y su desvío estándar (σ). En general puede observarse que las diferencias de contenidos de ligante y granulometrías son comparables con las obtenidas en laboratorio para las mezclas elaboradas con áridos graníticos (**Tablas Nº 2 y 6 a**).

Planta	1		2		3	
Cantidad de muestras	26		32		115	
TM [kg]	1,0-1,3		1,1 - 1,5 kg		1,0 - 1,5 kg	
Promedio/Des.Est.	C	σ	C	Σ	C	σ
%Asfalto	0,03	0,14	0,08	0,21	0,10	0,15
19 (3/4")	0	0,7	0	0,9	-	-
12,5 (1/2")	0	2,3	0	2,5	-	-
9,5 (3/8")	-1	2,8	0	2,8	-	-
4,75 (Nº4)	0	2,5	0	2,9	-	-
2,36 (Nº8)	0	1,7	0	2,3	-	-
0,6 (Nº30)	0	1,0	-1	1,5	-	-
0,3 (Nº50)	0	0,8	-1	1,1	-	-
0,075 (Nº200)	-0,1	0,61	-0,1	0,6	-	-

Tabla Nº 7.- Determinación de constantes en mezclas de control de producción

V.- CONCLUSIONES

Es necesario, para utilizar el horno de Ignición, efectuar un estudio pormenorizado del comportamiento de las distintas variables que pueden afectar el resultado final de contenido de ligante y la granulometría. En los entornos analizados, las constantes en general dependen del tipo de árido, pero no del tamaño de muestra ni del asfalto (tipo y contenido).

La constante de corrección para el contenido de ligante debe determinarse según las características del árido. En este estudio, las mezclas compuestas por agregados que poseen mayor absorción de agua, presentan constantes de corrección más altas. Se deben determinar constantes de corrección granulométrica en función de las características del árido y su composición granulométrica en cada tipo de mezcla. Áridos del mismo origen poseen un comportamiento diferente según el tipo de mezcla en que se los emplee. En los agregados graníticos de la MAC F10 la alteración debida a la ignición se ha manifestado en las constantes de corrección granulométrica; en contraposición, la granulometría de las mezclas CAC D20 con idénticos áridos no muestra incidencia de dicha alteración y no necesita corrección. Los resultados obtenidos en las mezclas elaboradas en laboratorio son similares a los obtenidos del análisis efectuado sobre las mezclas de control de producción, por lo tanto se concluye que la metodología aplicada es válida. Se observa que las dispersiones obtenidas en las mezclas de laboratorio son relativamente bajas si se las compara con las obtenidas en los ensayos de las muestras de planta.

VI.- PROCEDIMIENTO PROPUESTO PARA DETERMINAR LAS CONSTANTES Y RECOMENDACIONES

El siguiente es un procedimiento sugerido para la determinación de las constantes de corrección y la posterior determinación del contenido de asfalto utilizando hornos de Ignición. Este procedimiento no es una norma. Está basado en el presente trabajo, y este, a su vez, en las normas citadas en la bibliografía, las cuales se describieron sucintamente en el Título III (Antecedentes).

Equipamiento mínimo

- 1) Horno de Ignición.
- 2) Balanza 6100 g con sensibilidad al 0,1 g.
- 3) Serie de tamices normalizados IRAM.
- 4) Otros elementos comunes de laboratorio

Elaboración de muestras

- 5) Elaborar 4 muestras con la composición granulométrica de la fórmula adoptada, el contenido óptimo de asfalto (%AREAL) y los aditivos, si los hubiera.
- 6) Como tamaño de muestra puede adoptarse el indicado en la Tabla N° 1, o los utilizados en este trabajo. Respetar procedimientos habituales de elaboración de mezclas en laboratorio, poniendo especial atención al armar la composición granulométrica (separar los áridos gruesos y finos en distintas fracciones de los mismos).
- 7) Inmediatamente al finalizar el mezclado, se recomienda llevarla a estufa acondicionada a una temperatura intermedia entre la de elaboración y la de compactación. En estas condiciones, mantenerla un tiempo que permita la absorción de asfalto por parte del árido (20 minutos como mínimo). Esto también se recomienda como procedimiento general al elaborar mezclas para una dosificación.
- 8) Retirar de la estufa y dejar enfriar.

Ejecución del ensayo

- 9) Con cada una de las muestras elaboradas proceder de la siguiente manera, siempre con protección térmica adecuada:
- 10) Determinar el peso de la bandeja (PB) y el peso de la bandeja más muestra (PB+M), ambas a temperatura ambiente (también puede hacerse en caliente).
- 11) Introducir la muestra en la bandeja en el horno y comenzar al proceso de ignición. La temperatura del horno al iniciar el proceso debe ser mayor a los 375 °C. Verificar que la temperatura del horno durante la ignición se eleve a 540 °C como mínimo.
- 12) Puede utilizarse un tiempo fijo para finalizar la ignición (30 minutos son suficientes para eliminar el asfalto para tamaños de muestra menores o iguales a 2000 g). También es válido el procedimiento que detiene la ignición automáticamente cuando tres intervalos consecutivos de 1 minuto la diferencia entre pesadas no excede el 0,01% de la masa inicial de la muestra
- 13) Finalizada la ignición, se retira la muestra inmediatamente.
- 14) Se pesa la bandeja más la muestra sin asfalto (PB+A) a temperatura ambiente (también puede hacerse en caliente constatando que la temperatura sea la misma que la del punto 10).
- 15) El contenido de material eliminado por la ignición se calcula como sigue:

$$\%A_H = 100 \cdot (P_{B+M} - P_{B+A}) / (P_{B+M} - P_B) \quad (\text{Ecuación 2})$$

Determinación de las constantes de corrección

- 16) Se determina la constante (CA) de corrección para asfalto como sigue:

$$C_A = \%A_H - \%A_{REAL} \quad (\text{Ecuación 1})$$

- 17) Luego se efectúa el análisis granulométrico según norma IRAM 1540 y se determinan las constantes para granulometría como la diferencia, en cada tamiz, de los pasantes acumulados promedio de áridos provenientes de horno y la fórmula.

Controles de producción

- 18) Una vez determinada la constante, la ecuación a aplicar en la determinación de contenido de asfalto en controles de producción será:

$$\%A_{REAL} = \%A_H - C_A - \%H \quad (\text{Ecuación 3})$$

Nota: la nomenclatura de las Ecuaciones 1, 2 y 3 se han indicado previamente en este trabajo.

Para control de producción, puede ahorrarse mucho tiempo si las pesadas para determinar contenido de asfalto se hacen en caliente. En ese caso, la constante de contenido de asfalto también debe determinarse con pesadas en caliente. Utilizar para controles de producción tamaños de muestra similares a los utilizados en la determinación de las constantes, dado que se observan leves variaciones al modificar el tamaño de la muestra, aunque esto no es definitivo. En el mismo sentido utilizar temperaturas de ignición similares a las utilizadas en la determinación de las constantes. Los coeficientes obtenidos en este trabajo valen para las mezclas y las combinaciones de áridos aquí expuestas, por lo que solo deben tomarse a modo orientativo y no como constantes de corrección de otras mezclas.

VII.- BIBLIOGRAFÍA

- (1) Castro Fernández, P. (2003): Evaluación estadística de métodos para determinar el contenido de asfalto y la granulometría de mezclas asfálticas. Revista Infraestructura Vial, Volumen 5, N° 3, pag. 19-25, Costa Rica.
- (2) Prowell, B. D., Carter, C. B. (2000): Evaluation Of The Effect On Aggregate Properties Of Samples Extracted Using The Ignition Furnace. Virginia DOT.
- (3) Hurley, G. C., Prowell, B. D. (2003): Evaluation of Infrared Ignition Furnace for Determination of Asphalt Content. Transportation Research Board 2003 Annual Meeting CD-ROM, U.S.A.
- (4) Hurley, G. C., Prowell, B. D. (2005): Refinement Of The Hot Mix Asphalt Ignition Method For High Loss Aggregates. NCAT Report 05-05, Estados Unidos.
- (5) Taha, M. Y. (2009): Evaluation Of Ignition Method For Determining Asphalt Content Of Hot Mix Asphalt Mixtures. Al-Rafidain Engineering Vol.17 No.3
- (6) Li, Yu (1992): Determination of Asphalt Content and Aggregate Gradation of HMA by Ignition Heating. Thesis for Degree of Master of Science, Auburn University, Alabama, Estados Unidos.
- (7) ASTM D 6307 (2004): Standard Test Method for Asphalt Content of Hot-Mix Asphalt by Ignition Method. Annual Book of ASTM Standards, Estados Unidos.
- (8) Ariz 427 (1999): Asphalt Binder Content of Asphaltic Concrete Mixtures by the Ignition Furnace Method (An Arizona Method). Arizona, Estados Unidos.
- (9) California Test 382 (2003): Determination of Asphalt Binder Content of Bituminous Paving Mixtures by the Ignition Method. California, Estados Unidos.



SUPERCEMENTO
SOCIEDAD ANÓNIMA INDUSTRIAL Y COMERCIAL



UNA SOLUCIÓN PARA CADA NECESIDAD DE LA INGENIERÍA

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

OBRAS HECHAS.

CÓRDOBA ARRANCA EL AÑO CON TODAS LAS LUCES.

Más seguridad. Más turismo. Más producción.

*Juan Schiaretti inauguró 3 nuevas
obras históricas para Córdoba.*



Autopista Córdoba - Carlos Paz

ILUMINACIÓN TOTAL.



860 nuevas columnas de luz,
en más de 20 Kms.

**Avenida Circunvalación
(Ciudad de Córdoba).**

ILUMINACIÓN TOTAL.



Más de 30 Kms. de luminaria.

**Ruta Provincial E 55
(Camino a La Calera).**



Iluminación total del tramo entre la Rotonda
"El Tropezón" y la Estación de Peaje.

**Córdoba
Entre todos**

**GOBIERNO DE LA
PROVINCIA DE
CÓRDOBA**

CONSTRUCCIÓN DE BASES Y SUBBASES DE SUELO CEMENTO

AUTORES

Ing. Eduardo Marcolini - Instituto del Cemento Portland Argentino

Ing. Diego Calo - Instituto del Cemento Portland Argentino

INTRODUCCIÓN

En los últimos años se han construido más de 1.500 km de bases y subbases de suelo cemento, bajo pavimentos de hormigón ejecutados con pavimentadoras. Si bien nuestro país tiene una larga tradición en el empleo de suelo cemento como material de uso vial, a fines de la década del '70, a la par de la disminución de protagonismo de los pavimentos de hormigón como alternativa estructural, comienza también a perder vigor la utilización de bases cementadas, en la construcción de carreteras. Esta discontinuación en la ejecución de suelo cemento, sumado a la carencia general de capacitación y entrenamiento en la especialidad vial, producto de años de desinversión en el sector caminero, han generado una marcada necesidad de conocimientos e instrucción de técnicos y operadores de equipamiento relacionado con esta actividad.

La reinscripción de los pavimentos rígidos a mediados de los años '90, de la mano de nuevas tecnologías constructivas, han marcado el regreso también de las bases cementadas; acompañadas además por el ingreso de nuevos equipamientos y tecnologías para su construcción.

Producto de estos numerosos antecedentes constructivos, en los cuales el Instituto del Cemento Portland Argentino ha tenido una activa participación, son esta serie de comentarios y recomendaciones relacionadas con la construcción de bases cementadas. Cuya objetivo primordial es dar a conocer y transferir estas ricas experiencias, compartidas con empresas constructoras, vialidades, consultoras, proveedores de equipos, etc.

GENERALIDADES

El suelo cemento es una mezcla íntima de suelo pulverizado, cantidades medidas de cemento portland y agua, compactada a alta densidad. El suelo cemento compactado (no confundir con suelo tratado o estabilizado con cemento), contiene suficiente cemento como para conformar una estructura resistente y durable, y el grado de humedad necesario para una adecuada compactación y para la hidratación del cemento. Este material tendrá el contenido mínimo de cemento que permita garantizar la resistencia requerida en las especificaciones técnicas y cumplimentar además los ensayos de durabilidad por humedecimiento y secado y congelamiento y deshielo según normas

No es el objetivo de este escrito profundizar en las características ni las condiciones deseables de los materiales componentes de una mezcla de suelo cemento, ni en su dosificación. Si hay que remarcar que para los fines de este documento, el término "suelo" se utiliza en su más amplio significado desde el punto de vista vial; es decir que se entiende por tal "a cualquier material natural y/o artificial, o mezcla de ellos, de cualquier granulometría, con las propiedades mínimas exigibles para un suelo de uso vial; utilizado para la ejecución de capas cementadas". El que mezclado con las cantidades de cemento determinadas en laboratorio y el agua necesaria para alcanzar la humedad óptima de compactación, permitirá la elaboración de un suelo cemento compactado o suelo cemento propiamente dicho, con

las condiciones y exigencias requeridas en las especificaciones.

La construcción de un suelo cemento de estas características requiere de una adecuada planificación y logística, que permita asegurar las cantidades y dotaciones de los diversos componentes, predeterminadas en laboratorio; así como la reproducción en escala de obra de las condiciones de ejecución referentes a granulometrías de los materiales, mezclado, compactación, terminación y curado de la capa terminada, dentro de los plazos de trabajabilidad recomendados.

El propósito fundamental de este documento es enumerar una serie de indicaciones y sugerencias relativas a las mejores prácticas para la construcción de bases y subbases de suelo cemento, muchas de las cuales pueden encontrarse en la bibliografía específica sobre el particular, en tanto que otras surgen de experiencias y casos particulares en obras de nuestro país, que sin embargo pueden resultar de utilidad en otras aplicaciones. Varias de ellas pueden parecer obvias y elementales, sin embargo la experiencia muestra que la reafirmación de conceptos nunca resulta infructuosa.

CONSTRUCCIÓN DE SUELO CEMENTO

Como se ha esbozado precedentemente, para la ejecución de bases y subbases de suelo cemento destinadas a servir de soporte a pavimentos rígidos, se requiere la adopción de una serie de medidas dirigidas a asegurar la buena calidad de esta capa estructural antibombeo. Los factores fundamentales a considerar, una vez definidos los materiales a utilizar, se pueden resumir en:

- contenidos de cemento y humedad adecuados para alcanzar las características de resistencia y durabilidad especificadas, determinadas previamente en laboratorio. En obra se seleccionarán los equipos y metodologías apropiados que aseguren el cumplimiento de ambas condiciones;
- mezclado preciso y uniforme de todos los materiales intervinientes, correctamente dosificados y con las características requeridas en cuanto a granulometría, pulverizado, homogeneidad, espesores, etc;
- compactación adecuada en el camino, ejecutada dentro de los plazos de manejabilidad recomendados, que garantice la obtención de las densidades predeterminadas en los estudios de laboratorio y la uniformidad en todo el espesor de la base y;
- curado apropiado de la capa terminada que permita mantener las condiciones de humedad durante el tiempo mínimo prescrito, de forma de asegurar la correcta hidratación del cemento y la obtención de las resistencias potenciales de la mezcla proyectada.

La correcta selección de equipos, tecnologías, métodos y prácticas de construcción permitirá cumplir con las premisas enunciadas. Hay dos grandes tipos de metodologías de ejecución de suelo cemento, diferenciados principalmente por el tipo de equipos utilizados en el mezclado de los materiales:

- **MEZCLADO IN SITU**
- **MEZCLADO EN PLANTA CENTRAL**

La adopción de una u otra tecnología de mezcla dependerá del tipo y envergadura del proyecto, de los equipos y la logística que se dispongan, de las características y origen de los materiales a utilizar, etc, etc.

Para el mezclado en el camino existen en la actualidad modernos y potentes equipos recicladores - reclamadores (reclaimers), capaces de producir suelo cemento de elevada calidad por su alta eficiencia y uniformidad en la pulverización y mezcla de materiales (foto 1). Por otra parte se adaptan perfectamente a las nuevas técnicas de construcción de pavimentos de hormigón, pues aportan elevadas producciones diarias, acordes a los requerimientos de los trenes de pavimentación de encofrados deslizantes. Sin embargo estas altas prestaciones en la pulverización y mezclado deben estar complementadas con una metodología de carga, dosificación y distribución de materiales adecuada, que garantice la calidad y uniformidad de la capa cementada; y un riguroso control de espesores del tratamiento.



Foto 1: Equipos recicladores – reclamadores en la construcción de bases de suelo cemento

La utilización de mezclado en planta central permite un mayor control sobre la dosificación de materiales intervinientes y una adecuada uniformidad de mezcla. No obstante esto deberá acompañarse con distancias y equipos de transporte apropiados, para evitar demoras en la construcción de capas cementadas; y además con metodologías de distribución en el camino que garanticen un nivel de calidad acorde con los requerimientos.

En líneas generales se puede pensar que la elección de una u otra técnica de mezclado estará determinada por varios factores, entre otros por el tipo y cantidad de fracciones o suelos que intervienen en la mezcla de suelo cemento. Cuando se trabaja con suelos granulares, en especial si son producto del aporte de varias fracciones, será más conveniente el mezclado en usina central. En casos de suelos de prestamos, mas finos, aún con el aporte de un suelo o arena correctora, y siempre que se pueda contar con equipos y métodos adecuados para la dosificación de cemento y/o correctores; la adopción de mezclado in situ con recicladores de potencia adecuada, aparece como posible.

En adelante se hará mención a ambas metodologías de mezclado de suelo cemento por separado, en tanto son comunes las cuestiones referidas a compactación, corte y sellado final, tareas de curado y algunos detalles constructivos.

• Mezclado en el camino (recicladores-reclamadores)

Preparación previa de la cancha

- El primer paso lo constituye la carga del suelo sobre la subrasante compactada y nivelada, en los volúmenes y cantidades necesarios para obtener el espesor de proyecto de la capa de suelo cemento terminada (en función del porcentaje de suelo que interviene en la mezcla). Para esta tarea, se deberá considerar un sobreespesor para el corte y perfilado de la capa, del orden del centímetro, de manera de asegurar que haya “corte” en todos los puntos de la cancha, lo cual contribuye a una mejora en la terminación superficial. Es importante remarcar que el cálculo de la dotación de cemento en el camino, se debe efectuar sobre el espesor teórico de la base más la revancha mencionada. De otra forma si computáramos cemento solo para el espesor de proyecto, estaríamos incorporando realmente un porcentaje de ligante inferior al requerido por los estudios.

- Extendido, perfilado, precompactación y corte a cotas de proyecto (mas revancha por corte mencionada anteriormente) del suelo para la subbase. Si la carga de suelo se mide en volumen (método usual), se deberán determinar las densidades obtenidas en el proceso de precompactación, a fin de calcular el coeficiente de esponjamiento del material referido a la máxima densidad obtenida en el ensayo Proctor del mismo.

- Las tareas topográficas previas de conformación y corte de canchas para la ejecución de suelo cemento, deberán ejecutarse con la máxima precisión posible, atento a que de éstas depende tanto la dosificación del suelo en la mezcla; como la uniformidad de distribución en la cancha.

En sectores con espesores de corte por encima de las tolerancias especificadas (máximo 1 a 1,5 cm), y asumiendo que la subrasante aprobada esté en la cota proyectada, estaríamos en presencia de una carga excesiva de suelos para la construcción de la capa o una valoración incorrecta del porcentaje de esponjamiento de la mezcla. Cualquiera de estas situaciones trae aparejado un menor contenido efectivo de cemento (el cálculo de la distribución de cemento en cancha, como se dijo, se efectúa con el espesor teórico de la base más la revancha para corte mencionada) o un consumo innecesario de ligante. La ejecución de canchas de prueba permite realizar los ajustes necesarios para corregir este tipo de desvíos en la valoración de los aportes de materiales.

Por otro parte, la presencia de zonas con cotas inferiores a las de diseño, se “corregirá” con aporte de mezcla de suelo cemento excedente del corte de sectores altos. Es evidente que si las tareas de corte y perfilado final de la capa se realizan fuera del intervalo de tiempo recomendado para la conclusión del suelo cemento (estimativamente 2 / 3 horas), el material de aporte habrá dejado de ser un suelo cemento propiamente dicho, para ser apenas un suelo “corregido” o “estabilizado” con cemento. Produciendo en consecuencia, una capa superficial debilitada, de escaso espesor y mal adherida, susceptible de bombeo. Como recomendación básica deberá observarse que todo el producto de “corte” sea desechado a banquinas, no pudiendo utilizarse para el relleno de zonas bajas; salvo que dicha operación se realice dentro del plazo de manejabilidad, y se tomen además, los recaudos suficientes en cuanto a escarificado de la superficie a recubrir, humectación adecuada del material y compactación dentro de los plazos admisibles.

- Dependiendo del tipo de suelo que conforma la capa puede ser necesaria una escarificación y pulverización del mismo, previo a la distribución del cemento. En los suelos friables en general puede prescindirse de esta operación, no así en suelos cohesivos que requerirán un enérgico proceso de pulverización para obtener una granulometría acorde con un eficiente proceso de mezcla de suelo, cemento y agua. En general los suelos muy húmedos son difíciles de pulverizar, pero se roturan fácilmente cuando pierden parte de la humedad; por el contrario materiales cohesivos demasiado secos también son difíciles de pulverizar, pero se mejoran rápidamente con un pequeño humedecimiento (en suelos arcillosos por lo general se consigue un buen pulverizado con humedades 2 ó 3 puntos por debajo de la óptima).

- Ajuste de la humedad natural del suelo a tratar con cemento: esta operación puede ser necesaria en el caso de cargar suelos de la traza o de yacimientos con elevados contenidos de humedad (mayor que la humedad óptima de compactación), para lo cual será preciso airear el suelo para ajustar a la humedad conveniente de trabajo. Como regla general se acepta que suelos arenosos aún con porcentajes de humedad cercanos a la óptima, pueden ser mezclados de manera eficiente; mientras que en suelos cohesivos lo recomendable es tener humedades, previo al mezclado, de 2 ó 3 puntos por debajo de la óptima. En cualquiera de los casos se recomienda uniformar la humedad de la cancha a ejecutar en una misma operación, previo a la distribución del ligante.

- Si se utiliza un “suelo corrector” para la subbase, que por lo general se extenderá sobre el material a corregir, en las cantidades especificadas para la mezcla; puede resultar necesario hacer un premezclado de ambos, con el mismo equipo reciclador u otro medio eficiente, y reconformar luego la capa antes de la distribución del cemento. La incorporación de un suelo fino, con alguna plasticidad, podrá requerir un ligero pulverizado previo para aumentar la eficiencia de la corrección, además de evitar la permanencia de terrones de suelo aún después del paso del reclamador.

- Otra solución bastante usual es la corrección del suelo a tratar con arenas naturales. En estos casos la distribución del material granular, se hace sobre el suelo cargado, precompactado y “cortado” a cabeza de estacas, mediante el uso de equipos que descargan y enrasan los volúmenes previstos. Para esta finalidad es frecuente la participación de terminadoras de asfalto, distribuidores de áridos, pavimentadoras, etc (foto 2); que permiten el aporte de un espesor de material determinado en todo el ancho de la cancha, en una o más pasadas del equipo. También en estos casos resulta recomendable hacer un premezclado de ambos materiales, en especial si la carga de los mismos se adelanta a la ejecución del suelo cemento, de tal manera que se pueda precompactar y sellar el suelo mezcla, evitando el ingreso de agua de lluvia a las capas inferiores. Aún cuando la distribución de la arena se realice en la misma jornada de construcción del suelo cemento, la premezcla puede ser necesaria para facilitar el desplazamiento de los neumáticos de los equipos de construcción, que de otra forma se torna dificultosa.

- El ajuste en obra de todos los parámetros mencionados (sobreesesores, necesidad de pulverizado previo, humedad previa, etc) se realiza de manera más eficiente con ejecución de canchas de prueba, en el inicio de los trabajos o cada vez que las características y proporcionamiento de los materiales varíen de manera significativa.



Foto 2: Distribución de arena con extendedora de asfalto

• Distribución del cemento

- La descarga del cemento se realiza generalmente a granel, sobre la cancha pre-cortada, utilizando equipos o dispositivos de distribución de diversas características, aunque lo usual en nuestro país, es que dosifiquen en volumen. Estos pueden ser desde camiones tolvas con descarga mecánica a tornillo y distribución neumática, hasta dispositivos de arrastre que se acoplan a un camión volcador preparado especialmente (caja tolva cerrada), que distribuyen en el ancho del equipo mediante cintas o sinfines. En la mayoría de los casos el proporcionamiento se efectúa descargando la cantidad requerida, mediante la regulación de una abertura y/o la velocidad del camión, de manera de colocar una dotación de cemento predeterminedada sobre la cancha. Es recomendable que el equipo distribuidor cuente con algún elemento o mecanismo que pueda ser calibrado o regulado (apertura, velocidad, etc), de manera que haya cierta repetibilidad en la dotación descargada (fotos 3 y 4).

- La técnica que consiste en descargar una determinada cantidad de cemento (en general, la capacidad del equipo distribuidor) en un ancho y largo dado, en función del tenor de ligante por m²; no es una práctica adecuada, por cuanto no se puede garantizar uniformidad entre diferentes puntos o fajas. Siendo este tipo de distribución bastante azarosa y dependiente del operador o encargado de la descarga (por ejemplo, uso de camiones motohormigoneros); y sólo garantiza el total de cemento a consumir en una cancha dada, aunque no la uniformidad en cada punto.

- En cualquier circunstancia se deben extremar las precauciones en el uso de estos equipos distribuidores, y es recomendable realizar tramos de prueba, que permitan controlar y calibrar todas estas cuestiones, a fin de encontrar el procedimiento que garantice los mejores resultados. Además, los controles frecuentes de la cantidad de cemento aportada en las canchas, permitirán perfeccionar los mecanismos y metodología de graduación del ligante, hasta obtener la uniformidad adecuada. Estas verificaciones se realizan muy sencillamente mediante el uso de una lona o chapa de superficie conocida (usualmente 1 m²), colocada sobre la cancha, previo al paso del equipo de distribución. El control se efectúa mediante el pesado del cemento recuperado de este elemento.

- Siempre es conveniente la colocación de estacas o estacones bien visibles delimitando el ancho efectivo del tratamiento, para ayudar al operador del equipo de distribución. También puede resultar conveniente formar un pequeño caballete de suelo contiguo a la línea de estacas para contener los “derrames” de cemento por fuera del ancho de tratamiento. Esta sencilla operación (ejecutada en forma rápida con la cuchilla de una motoniveladora), es recomendable en todos los casos para evitar también el desplazamiento del ligante por acción del neumático del equipo reclamador.



Foto 3: Distribución de cemento poco adecuada y confiable



Foto 4: Distribución de cemento precisa y uniforme

- Siempre es conveniente la colocación de estacas o estacones bien visibles delimitando el ancho efectivo del tratamiento, para ayudar al operador del equipo de distribución. También puede resultar conveniente formar un pequeño caballete de suelo contiguo a la línea de estacas para contener los “derrames” de cemento por fuera del ancho de tratamiento. Esta sencilla operación (ejecutada en forma rápida con la cuchilla de una motoniveladora), es recomendable en todos los casos para evitar también el desplazamiento del ligante por acción del neumático del equipo reclamador.

- Cualquiera sea el método de distribución del cemento a granel (distribuidores mecánicos, camiones volcadores con dispositivos de dosificación, etc), se tratará que el recorrido de caída libre del material, sea el mínimo posible, por cuanto en ese momento se producen las mayores pérdidas de cemento (especialmente en días de viento). Para este fin se dotará a los equipos distribuidores de “baberros” o bandejas, mangas de lona, etc, para minimizar las pérdidas por este motivo.

- La incorrecta dosificación del cemento, en especial la falta de uniformidad, se advertirá claramente en los controles de Laboratorio, puesto que acusarán dispersiones importantes en los valores de resistencia, en especial en probetas moldeadas con mezcla del camino.

- La incertidumbre en la distribución del cemento, por falta de confiabilidad del equipo distribuidor, siempre trae aparejado un mayor costo, puesto que con el fin de asegurar los valores mínimos de calidad requeridos (que se controlan principalmente por resistencia a compresión), se hace necesario aumentar el tenor de ligante para compensar la elevada dispersión en los resultados. En proyectos de gran magnitud el sobrecosto por este motivo supera ampliamente la inversión que significa un equipo apropiado para la dotación del cemento.

• Mezclado en cancha



Foto 5: La falta de solapes adecuados entre las distintas fajas de trabajo del reciclador, puede generar juntas longitudinales de material sin tratar

- Completada la distribución del cemento, y verificada la uniformidad de la cantidad incorporada en todo el ancho de la capa, se procede a iniciar la mezcla de suelo, cemento y agua con el equipo reciclador, en franjas longitudinales acordes con el ancho del rotor del equipo y teniendo en cuenta que deberán efectuarse solapes longitudinales de al menos 10 / 20 cm de ancho, para evitar juntas sin tratamiento (foto 5). El ancho del tambor mezclador determinará la cantidad necesaria de pasadas para la ejecución del ancho proyectado. Rara vez este valor arrojará un número entero de franjas, por lo cual será necesario trabajar con solapes longitudinales mayores. Siempre resultará más sencillo y confiable construir con franjas del mismo ancho efectivo (deducido el ancho de los solapes), comenzando por una de las fajas laterales.

- En la mayor parte de los casos se distribuirá el cemento en todo el ancho de la “cancha” antes de comenzar el proceso de mezcla con el reciclador. Cuando se utilizan equipos distribuidores que puedan garantizar la uniformidad de descarga en todo su ancho de trabajo, podrá iniciarse la mezcla con el reclamador aun antes de haber completado la descarga de cemento en todo el ancho de tratamiento. Sin embargo en estos casos nunca se iniciaran las operaciones de mezcla antes de haber completado la primera faja de distribución del cemento, e iniciada la segunda en una longitud suficiente para evitar que el distribuidor se interponga en el camino del equipo mezclador. Esto asegura además que no quedan franjas o zonas intermedias entre dos fajas, sin cemento.

- Una vez que se inician los trabajos de mezclado en el camino, deberán evaluarse los resultados detrás del tambor mezclador, a fin de comprobar las condiciones de pulverización y mezcla de los materiales. Estos controles mediante tamizado de la mezcla obtenida, determinarán la necesidad de efectuar ajustes previos de la humedad del suelo, a fin de encontrar aquel tenor de humedad más adecuado para alcanzar la máxima eficiencia en la pulverización. O la necesidad de realizar un premezclado y pulverizado en seco, con el cemento ya distribuido, sin la incorporación de humedad todavía; así como efectuar los ajustes necesarios en el equipo reclamador (regulación de velocidad de avance, apertura de compuerta), etc.

- La cantidad de agua a incorporar a la mezcla será la necesaria para alcanzar la humedad óptima de compactación del suelo cemento, o un valor cercano a ella. Para efectuar el cálculo del agua a incorporar deberán realizarse determinaciones previas de la humedad del suelo existente a tratar. La cantidad de agua a agregar surgirá como diferencia entre la humedad óptima obtenida en Laboratorio para la mezcla de suelo cemento y la humedad que aporta el suelo (considerar que el aporte de agua del suelo no se computa al 100% pues éste constituye un porcentaje inferior en la mezcla); se tendrá una buena aproximación sumando 2 puntos a la diferencia de humedades, para compensar el efecto de la adición del cemento seco.

- La mayor parte de estos equipos poseen un sistema hidráulico que permite incorporar la humedad directamente dentro del tambor mezclador, de tal manera que entrega el material (mezcla de suelo/s, ligante y agua) listo para su compactación. Es decir que determinada la cantidad de agua a incorporar se calibrará el equipo (velocidad de avance, caudal de la bomba, etc) para alcanzar la humedad óptima de compactación en la mezcla. Tener en cuenta que en los solapes longitudinales de las distintas franjas de trabajo del equipo, la cantidad de agua incorporada puede exceder sobradamente la necesaria si no se toman algunas precauciones mínimas, dando lugar a la formación de baches. La forma más sencilla de resolver este inconveniente es, como se ha expresado anteriormente, trabajar con franjas de igual ancho efectivo, obturando los picos aspersores ubicados en un ancho igual a la diferencia entre el ancho total del tambor y el efectivo de trabajo; a uno de los lados del rotor. De esta manera se incorpora humedad sólo en una de las dos pasadas del reciclador en los solapes.

- En aquellos casos en que no sea posible incorporar el agua en la cámara de mezcla, se podrá agregar la humedad necesaria regando directamente sobre la cancha. Esta operación no debe realizarse nunca sobre el cemento distribuido en la superficie, para evitar la formación de “grumos” o terrones que difícilmente sean pulverizados por el mezclador. Por el contrario, en estos casos será necesaria una primera pasada “en seco” del equipo para mezclar el suelo y el cemento (no olvidar que a partir de este momento se deberá iniciar el conteo del tiempo de ejecución de la capa, pues el suelo contiene humedad suficiente para comenzar la hidratación del cemento); para recién en una segunda pasada mezclar la humedad aportada por los camiones regadores delante del mezclador.

- Luego del paso del equipo reciclador se efectuarán comprobaciones de la humedad de la mezcla en el Laboratorio de campaña, en base a los cuales se harán los ajustes necesarios en la calibración del equipo mezclador si la humedad medida no se condice con la óptima de compactación.

- El ensayo de compresión manual (o método del “muñeco” o “terron”) para estimar el contenido de humedad de un suelo, puede resultar de suma utilidad para efectuar los ajustes necesarios en la incorporación de agua a la mezcla. Si bien este tipo de ensayo de inspección visual permite estimar la humedad con bastante aproximación, no puede considerarse como reemplazo de los ensayos de laboratorio, pero seguramente reducirá a un mínimo las determinaciones de humedad con los métodos convencionales de laboratorio.

- El otro aspecto importante en el uso de las reclamadoras es el control del espesor del tratamiento. Estos equipos trabajan “copiando” la cancha, ya que permiten regular la profundidad de penetración del tambor mezclador respecto al plano de apoyo de los neumáticos de la Reclamadora. Nuevamente la precisión en las cotas de las superficies a tratar precortadas, será fundamental para garantizar el espesor final de la base; además de la correcta calibración, operación y control del equipo reciclador. Cuando,

por los motivos apuntados precedentemente, sea necesaria una premezcla en seco de los materiales, se prestará especial cuidado en el control de espesores, como consecuencia del esponjamiento que se produce en la mezcla; lo que definirá una profundidad de inserción distinta del tambor.

- Aunque habitualmente no resulta necesario, si debiera realizarse un perfilado de la mezcla entregada por el reciclador, se deberá evitar el tránsito excesivo de la motoniveladora sobre el material suelto, formando “planos” o “franjas” selladas por los neumáticos difíciles de compactar.

• Mezclado en Planta Central

- El mezclado de suelo cemento en Planta central tiene la ventaja de tener un buen control sobre la dosificación de los materiales intervinientes, si se efectuó una correcta calibración de la misma en el inicio de la construcción (foto 6). De cualquier manera, la metodología requiere la adopción de algunas precauciones mínimas para lograr una mezcla eficiente de los materiales componentes, en especial si se trabaja con suelos finos.



Foto 6: Mezclado en planta central

- Cuando se trabaja con suelos granulares por lo general no habrá dificultades para su manipulación y mezclado en Planta. En cambio en suelos finos cohesivos será necesaria la preparación previa del suelo, mediante pulverizado hasta obtener granulometrías y humedades acordes con las especificadas. En estos casos será conveniente preparar acopios suficientes de materiales con granulometría y humedad controladas. Es aconsejable colocar además, cribas o zarandas en las tolvas de alimentación de la Planta, para limitar el tamaño máximo de los suelos al especificado.

- Previo al inicio de los trabajos se debe efectuar una calibración adecuada de la planta mezcladora. Estas en general son de flujo continuo y dosifican por volumen, mediante la regulación de una abertura de compuerta, velocidad de cintas o tornillos alimentadores, caudalímetros, etc. Esta regulación del equipo de producción debe controlarse periódicamente, y es necesario además realizar calibraciones para distintas humedades de los materiales, en tanto variaciones en el tenor de agua, determinarán modificaciones en el proporcionamiento de materiales secos.

- Es conveniente que la provisión de cemento al mezclador se asegure con silos de capacidad adecuada, y que estén dotados de aireadores o sopladores que garanticen un flujo uniforme de material. Es importante además el control visual de ingreso de los distintos materiales al mezclador, para detectar rápidamente cambios o interrupciones en el flujo de cada componente, que alteren las proporciones de la mezcla.

- En el transporte a las canchas, deberán reducirse al mínimo las pérdidas de humedad por evaporación, equipando a los camiones con lonas u otras coberturas adecuadas. Limitando por otra parte el tiempo total de transporte a 30 minutos como máximo. Se recuerda que el plazo de manejabilidad en este caso, debe contabilizarse a partir de la mezcla del cemento con el resto de los materiales.

- La distribución de la mezcla en camino se efectuará con equipos distribuidores o extendedoras de pavimentos, trabajando en el mayor ancho posible. En caso de distribuir con un único equipo, en dos o más fajas, se acortará la longitud de las canchas de manera de limitar el lapso transcurrido desde la distribución de una faja y la adyacente a 25/30 minutos como límite aconsejable, para evitar juntas constructivas longitudinales.

- La descarga en montones a encaballetar y distribuir con motoniveladoras, es una práctica poco recomendable por la desigual densificación que se logra en la mezcla extendida, entre las zonas compactadas por los neumáticos de la moto y aquellas que no han sido afectadas. Además de la dificultad que supone la reposición de la humedad perdida por evaporación en la mezcla (que alcanza valores importantes en este tipo de procesos), en estos movimientos de distribución.

• Compactación del suelo cemento

- Una vez finalizado el proceso de mezcla o extendido del suelo cemento (con cualquiera de los métodos descriptos anteriormente) se procederá de inmediato a la compactación y terminación de la capa.

- Se verificarán en este momento las condiciones de la mezcla en lo que refiere a humedad y granulometría, para efectuar los ajustes que resulten necesarios en el proceso de construcción, previo al ingreso de los equipos de compactación.

- La humedad de la mezcla en el inicio de la compactación, deberá estar cercana al contenido óptimo determinado previamente en el ensayo de Humedad – Densidad en Laboratorio. En mezclas de suelo cemento es preferible un ligero exceso de humedad que la falta de ella.

- Algunos suelos presentan ciertas dificultades en los procesos de terminación (bacheo) cuando se trabajan con humedades cercanas a la óptima, lo que obliga a compactarlos en la rama seca (con una mayor energía). Como regla general “se recomienda mantener el más alto contenido de humedad que permita la consolidación y terminación sin que se observen fisuramiento superficial, ondulaciones, huellas o desplazamiento del material durante las operaciones de compactación y terminación”.

- Como ya se adelantó parcialmente en los párrafos anteriores, el ensayo final de pulverización se realiza previo al ingreso de los equipos de compactación. La granulometría de la mezcla de suelo cemento será tal que el 100 % del material pase el tamiz IRAM 25 mm (1”), y más del 80 % pase por el tamiz IRAM 4,8 mm (N° 4), excluidas las partículas de grava o piedra. Este ensayo determinará la necesidad de realizar ajustes en los procesos previos de mezcla, si no se cumplen las condiciones especificadas.

- La compactación se realizará con los equipos usuales en obras de movimiento de suelos, tales como rodillos “pata de cabra”, rodillos metálicos lisos o aplanadoras, o rodillos neumáticos; escogidos en función del tipo de suelo que se pretende compactar, chequeando su eficiencia en canchas de prueba.

- No debe demorarse el inicio de los trabajos de compactación cualquiera sea el o los equipos que se utilicen. Es menester señalar que los trabajos de compactación concluyen sólo cuando el último de los equipos afectados a esta tarea es retirado de la cancha, usualmente el compactador neumático. Cualquiera sea el equipo que inicia la compactación, aún cuando lo haga inmediatamente detrás del reciclador o del material extendido, no significa que hayamos eliminado todo retardo en la densificación hasta tanto no se efectúe el rodillado final de la capa. En este aspecto es recomendable insistir nuevamente con la importancia de concluir la ejecución de capas de suelo cemento dentro de plazos tolerables, preferentemente un límite de 2 horas para la finalización de los trabajos de compactación. Esta limitación garantizará que hayamos construido un verdadero suelo cemento compactado (caso contrario estaremos ante un simple suelo estabilizado con cemento), de buena calidad en todo su espesor; y con resistencias acordes a las potencialmente obtenibles en el Laboratorio para el tenor de cemento adicionado. Un retardo de 2 horas desde la incorporación del cemento hasta la finalización de la compactación de la mezcla, puede significar una pérdida de resistencia del orden de 10 a 15 % respecto a la potencial, si la compactación hubiera sido realizada inmediatamente.

- Cuando se utilizan compactadores “pata de cabra” es condición esencial que el material se encuentre suelto, para que los tacos del equipo puedan llegar hasta el fondo de la capa e ir compactando gradualmente. Si las patas no penetran lo suficiente se deberá roturar el suelo con equipos adecuados (rastras, escarificadores, etc).

- El uso de rodillos “patas de cabra” suele traer aparejadas algunas dificultades en la terminación superficial de las capas de suelo cemento, puesto que estos siempre dejan una capa superior suelta (de 2 o 3 cm), que no logran “cerrar” por el tipo de compactación y amasado que producen, la que además habrá perdido las condiciones óptimas de humedad. Si bien la densificación de la capa se completa con un compactador de ruedas, en estos casos es sumamente importante que, previo al ingreso del rodillo neumático, se realice un ligero escarificado y humectación de este material suelto, a fin de lograr una capa de espesor suficiente, que resulte firmemente adherida y densamente compactada, al resto de la estructura. En muchas oportunidades puede resultar más adecuado disminuir el número de pasadas del pata de cabra, buscando compactar sólo la parte inferior de la base, y completar la densificación requerida con rodillos neumáticos, de manera de cerrar rápidamente la estructura, garantizando una buena terminación superficial. Siempre que sea posible por el tipo de suelo, es preferible utilizar compactadores de superficie lisa, tales como rodillos metálicos, aplanadoras o directamente rodillos neumáticos, puesto que permiten mantener la humedad de la mezcla durante el proceso y aseguran una mejora en la terminación superficial. En general es posible alcanzar los porcentajes de densificación requeridos, aún con estos equipos que compactan en superficie, para los espesores habituales de las capas de suelo cemento (usualmente de 15 a 20 cm).

- Durante el proceso de compactación se deben efectuar riegos ligeros de agua, a fin de reponer las pérdidas de humedad por evaporación y manipuleo; en especial cuando se trabaja con patas de cabra, que producen un desecamiento de la capa superficial que se mantiene suelta.

- El método utilizado para la terminación final del suelo cemento depende de las características del suelo y de los equipos utilizados para la compactación. Para producir una superficie de alta calidad deberán observarse dos exigencias fundamentales: mantener la humedad óptima de trabajo y remover cualquier plano de compactación formado por el paso de los equipos usados en la construcción, en especial si se utilizan “patas de cabra” o motoniveladoras para la distribución.



Foto 7: Sellado final con rodillos neumáticos

- En líneas generales, se puede decir que cualquiera sea el equipo de compactación utilizado, se obtendrá una buena terminación del suelo cemento “sellando” la capa superficial con rodillos neumáticos (foto 7). La superficie obtenida debe quedar lisa, densa y húmeda; libre de grietas, rebordes y planos de compactación.

• **Corte y perfilado final del suelo cemento**

- Completadas las operaciones de compactación y terminación de la capa de suelo cemento se procederá al corte y perfilado final a los niveles de proyecto, con motoniveladoras o equipos cortadores “trimmers” (foto 8). El material producto del corte se desechará, retirándolo a las banquetas. Luego de las operaciones de corte se efectuarán riegos ligeros superficiales.

- En algunos casos se prefiere compactar la capa a un 90 / 92 % de la densidad requerida, e inmediatamente iniciar el corte y perfilado final de la base, con el objeto de aumentar la eficiencia de los equipos de “corte”; para luego completar la compactación y sellado final de la capa con rodillos neumáticos. Por supuesto que estas operaciones deben efectuarse dentro del plazo de trabajabilidad, y el corte a cabeza de estaca debe contemplar un pequeño huelgo para compensar la diferencia por finalización de la densificación.

- En ocasiones, cuando se utilizan equipos trimmer, suele efectuarse el corte de la cancha al día siguiente de su construcción, sobre todo de los últimos tramos ejecutados. Esta práctica no parece recomendable, no sólo por la baja de rendimiento y mayor consumo de elementos de desgaste del trimmer; sino porque además tiene la gran desventaja de impedir la terminación y curado de la cancha dentro de los plazos máximos de construcción. Para atender esta situación es necesario mantener la humedad del suelo cemento, mediante riegos frecuentes, hasta que se pueda completar el corte y curado; y además asegurar un espesor de corte mínimo, de manera de poder eliminar la capa superficial que pueda haber sufrido las consecuencias de desecamiento por pérdida de humedad.

- Las mismas premisas señaladas en los trabajos de compactación, pueden expresarse con respecto a las demoras en el corte y perfilado final de la

capa, que deberán ejecutarse dentro de los plazos tolerables mencionados anteriormente. Una estructura de suelo cemento compactado, al menos en sus primeras horas hasta que la hidratación del cemento de inicio al proceso de endurecimiento, no se diferencia de una capa de suelo común; es decir se trata de una estructura susceptible de deformaciones por el tránsito de equipos de construcción. Las cargas aplicadas por los neumáticos de la motoniveladora durante las tareas de perfilado final, cuando aún el suelo cemento no tiene resistencia suficiente, tenderán a “romper” las estructuras ya formadas durante los procesos de hidratación del cemento, conspirando contra la calidad de la base de suelo cemento. De allí la importancia de fijar límites al tiempo total insumido por el proceso constructivo.

- Las demoras en la compactación y en el perfilado de canchas, suelen estar emparentados con una incorrecta estimación de la capacidad de producción de los equipos involucrados. En especial cuando se utilizan equipos recicladores para la mezcla, el equipo crítico en la construcción, y que por lo tanto será quien regule el ritmo de trabajo, suele ser la motoniveladora. Puesto que el reclamador es apto para entregar producciones sustancialmente mayores, su máximo rendimiento solo podrá alcanzarse aumentando la dotación de equipos de perfilado (motoniveladora), o recurriendo a equipamientos de mayor rendimiento (trimmers). Cuidando además de no desatender las tareas de topografía, que suelen incidir sobremanera en las demoras indicadas.

- Aun cuando los equipos seleccionados sean los adecuados, no debe incurrirse en una sobrevaloración de la capacidad de producción del equipamiento afectado, puesto que esta práctica traerá aparejada deficiencias constructivas tales como, juntas frías entre fajas contiguas, compactación y acabado final tardío, corte y perfilado final de canchas a tiempos excesivos, etc. A fin de evitar este tipo de complicaciones es recomendable trabajar con canchas cortas, que permitan cumplimentar todas las operaciones necesarias para la ejecución de bases cementadas dentro de los plazos de manejabilidad especificados. Y en todo caso si la capacidad de producción lo permite, hacer varios tramos en la jornada, escalonando la utilización de los diversos equipos durante el día; y una vez que se ha comprobado en sucesivas producciones que los tiempos disponibles permiten agregar nuevas canchas.



Foto 8: Trimmers en la construcción de bases cementadas

- Respecto a las tareas topográficas de nivelación de canchas para el corte final, si el mismo se efectúa con motoniveladoras, se recomienda la colocación de estacas de nivelación en perfiles cercanos, no más de 10 a 12 mts de separación longitudinal, y al menos cinco estacas por perfil, con el objeto de brindar al operador referencias firmes y seguras en el corte del perfil transversal, acordes con el ancho de trabajo de la cuchilla del equipo. Esta mayor densidad de estacas, respecto a otras metodologías tradicionales en la construcción de capas especiales, garantizará la obtención de la precisión necesaria en el acotamiento final de la base, acorde con los requerimientos de los equipos de pavimentación de Alto Rendimiento.

- Si el perfilado final se ejecuta con Trimmers, equipos cortadores que trabajan con sensores de línea y nivel, referidos a un hilo guía, es recomendable que la separación entre los "pines" sobre los cuales se posiciona la línea, no supere los 8 a 10 m. entre si. Además de un minucioso trabajo de nivelación del hilo guía, acorde con la elevada precisión en el corte, que son capaces de entregar estos equipos de gran producción y rendimiento.

- En este aspecto es importante resaltar que las pavimentadoras de encofrados deslizantes trabajan con sensores de línea y nivel que "leen" la cota objetivo (cota de rasante de proyecto) sobre un hilo guía. De esta manera, generan un plano virtual a nivel de proyecto, absolutamente independiente de las cotas de la superficie de apoyo, es decir "no copian estrictamente la cancha". De tal forma que un corte deficiente de canchas afectará notablemente la calidad y economía de la obra. Cotas de base en exceso, se traducen en menor espesor final del pavimento (debilitamiento estructural mas penalización económica), puntos bajos implican mayores espesores a los proyectados (sobreconsumo de materiales de elevado costo).

- Finalizada la jornada de trabajo se deberá formar una junta vertical de construcción perfectamente definida, ya sea efectuando un corte con la motoniveladora o con el reciclador en forma transversal, para lograr una junta de alineación y borde perfectamente definido (foto 9).



Foto 9: junta de construcción bien resuelta, se genera un plano vertical bien definido

- Cuando se trabaja con reclamadora es una práctica bastante usual iniciar la construcción de la próxima cancha, hincando el tambor mezclador volviendo unos centímetros sobre la jornada anterior, buscando garantizar que no queden sectores sin tratamiento. Pero de esta manera se comete el error de "formar" una junta con borde redondeado por la sección del tambor, de forma tal que la capa tendrá en esta zona un espesor variable, que se romperá fácilmente en el extremo más delgado. Por eso se recomienda el corte vertical de la junta de construcción. La forma más conveniente de trabajar en estos casos es retirar el suelo próximo al corte, dejando el sector de la junta libre durante la ejecución del tramo siguiente, y solo volver a colocar el suelo tratado (terminadas las operaciones de mezcla, con la humedad de compactación) en el lugar de la junta cuando se inicien las operaciones de compactación.

• Curado del suelo cemento

- El suelo cemento compactado y terminado contiene suficiente humedad para la adecuada hidratación del cemento. Con el fin de retener esa humedad, inmediatamente después de su terminación se efectuará un riego bituminoso de curado, en las cantidades y tasas especificadas en el Proyecto (por lo general de 0,50 a 1,20 lts/m²). El curado de las capas de suelo cemento, mediante la aplicación de riegos asfálticos, permitirá mantener la humedad de la mezcla, a fin de garantizar la correcta hidratación del cemento, y obtener además, una superficie de igual calidad y resistencia que el resto de la estructura.

- En este aspecto, debemos recordar que la principal causa de fallas en capas de suelo cemento, es la disgregación del material estabilizado por pérdida de humedad de la estructura o deficiente terminación superficial. Aun en canchas recién ejecutadas, pequeñas demoras en la aplicación de riegos de agua en espera de la aplicación del riego asfáltico (no más de 20 a 30 minutos), generan rápidamente la formación de capas superficiales totalmente resacas y disgregadas, de espesores considerables (del orden del centímetro).

- Por otra parte, en suelos granulares, con escasa proporción de finos y de estructuras abiertas y permeables, muy sensibles a la pérdida de humedad por filtración y percolación, tampoco es recomendable mantener constantemente la aplicación de riegos de agua ("lavado" de cemento hacia el interior de la capa), durante tiempos excesivos; por lo que será necesario realizar la imprimación asfáltica dentro de plazos mínimos.

- Debemos insistir que la finalidad de la base de suelo cemento es brindar aporte estructural y una superficie resistente a la erosión, evitando la presencia de materiales sueltos, susceptibles de bombeo. Por esta razón es importante hacer hincapié en las recomendaciones de ejecución, fundamentalmente respecto a la terminación superficial que reciba el suelo cemento, que deberá proveer una capa superior con densidad y resistencia adecuada.

- Previo al riego asfáltico de curado, deberá procederse a efectuar un energético barrido y soplado de la superficie, que permita eliminar los restos de material suelto en la capa de suelo cemento (foto 10). Caso contrario se estará ejecutando un riego asfáltico sobre una capa de material suelto, susceptible de "bombeo", que además produce un debilitamiento estructural del paquete.

- En el momento de la aplicación del riego bituminoso, el suelo cemento deberá encontrarse suficientemente húmedo, con todos sus poros saturados. Es una práctica recomendable realizar riegos de agua inmediatamente antes de la aplicación de la imprimación asfáltica, para evitar que el residuo asfáltico penetre en la capa compactada, debilitando la estructura. No se debe imprimir sobre charcos o con agua superficial, sino con los poros de la capa saturados (foto 11).



Foto 10: barrido y soplado de la superficie, previo al riego de curado



Foto 11: curado efectuado sobre la superficie seca y mal preparada

- En las juntas de construcción, el riego asfáltico debe aplicarse exactamente hasta la junta, para evitar zonas defectuosas por curado ineficiente, distribuyendo arena en el sector, a fin de garantizar que el riego asfáltico no se levante con el paso de los equipos de construcción de la cancha siguiente.

- Es importante destacar que los trabajos tendientes a mantener las condiciones de humedad de la base de suelo cemento, que garanticen la integridad estructural de la capa, deben ser valorados en su justa medida, fijándoles al igual que al resto de las etapas constructivas, límites de tiempo precisos, para su protección con materiales asfálticos. Exigiendo además: mantenimiento de la humedad superficial, un correcto trabajo de barrido y soplado con equipos adecuados para tal fin, con el objeto de eliminar todo material suelto, y la aplicación de riegos de agua previo a la ejecución del riego asfáltico, para asegurar la saturación de poros de la capa.

- No obstante lo señalado precedentemente, si por algún inconveniente surgido en la ejecución de un tramo, no se puede realizar el riego de curado inmediatamente después de terminada la construcción del tratamiento, se deberá mantener la humedad superficial de la capa con frecuentes.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los conceptos expresados en este documento son solamente una guía con las mejores prácticas para lograr bases de suelo cemento de buena calidad, basadas en las experiencias recogidas a través de los años, en diversas obras realizadas en el país, con diferentes equipamientos y metodologías constructivas. Sustentados además en criterios y fundamentos contenidos en bibliografía de la especialidad.

A modo de resumen final se pueden señalar las siguientes premisas esenciales:

- Adoptar contenidos de cemento conservadores para la construcción de bases cementadas, atendiendo a las sustanciales diferencias entre las condiciones de obra y las determinaciones en laboratorio. En general se acepta que en obra se requiere incrementar el porcentaje en peso de cemento establecido en los ensayos de dosificación en al menos 1%, dependiendo de las condiciones particulares de ejecución de la capa (equipamiento, clima, etc.).

- Diseñar y adoptar una adecuada logística para la construcción de capas de suelo cemento, atendiendo los aspectos relacionados con una correcta selección de los equipos de construcción, provisión y dosificación de los materiales componentes, y un esquema de seguimiento y control apropiado, que asegure los mejores resultados de calidad.

- Respetar las reglas del arte de la construcción con materiales cementicios, respetando los tiempos de manejabilidad y manteniendo las condiciones de humedad de las mezclas; tan sensibles a estos parámetros.

- Efectuar las tareas de curado dentro de los márgenes de tolerancia recomendados para estos trabajos con bases cementadas, a fin de alcanzar las resistencias potenciales del conjunto de materiales en uso, y sobre todo mantener la calidad e integridad de la superficie de la capa.

- Independientemente de la metodología constructiva que se adopte para la ejecución de bases de suelo cemento, es relevante obtener una superficie de tratamiento lisa, húmeda, de alta densidad y resistencia, libre de grietas y materiales sueltos o débilmente adheridos. Muchas veces no alcanza con utilizar equipamiento suficiente y adecuado, dosificar con precisión apropiada, mezclar con alta eficiencia y compactar a elevadas densidades; si no se efectúa una terminación correcta de las capas cementadas. Un suelo cemento con la densidad y resistencia requerida no basta si estas características no se cumplen en todo el espesor de la misma.



Foto 12: canchas de suelo cemento terminadas y curadas

- Es necesario recordar que una falla en la superficie de una base de suelo cemento, aún en escasos milímetros, es suficiente para iniciar un proceso de erosión y deterioro prematuro de un pavimento rígido, por fenómenos de bombeo. Por esto es importante remarcar que se debe invertir el máximo esfuerzo por lograr una adecuada terminación superficial del suelo cemento, de la misma calidad y características del resto del espesor, utilizando equipos y técnicas apropiadas; y mantenerlas en el tiempo hasta su protección mediante un curado conveniente y en tiempo.

- Es importante insistir con la singular importancia que debe atribuirse a esta capa estructural de los paquetes rígidos, encargada de: proporcionar la superficie de apoyo de la calzada de hormigón, firme, homogénea y con una adecuada resistencia a la erosión durante el período en servicio previsto.

BIBLIOGRAFÍA

- Soil-Cement Construction Handbook – Portland Cement Association
- Guide to Cement-Treated Base (CTB) – G. Halsted, D. Luhr; W. Adaska – Portland Cement Association
- Construcción Pavimentos de suelo cemento. Manual - ICPA
- Manual de Construcción de Suelo Cemento – IMCYC.

El aditivo para mezclas tibias de asfalto

- Se obtienen reducciones de temperatura de fabricación y compactación en aproximadamente 40°C.
- Fácil incorporación en el tanque de asfalto.
- Es un agente tensioactivo líquido. No es una parafina.
- Dosificación entre 0.3 y 0.6 % en el ligante.
- Se mantienen las propiedades mecánicas y volumétricas de una mezcla convencional.
- No modifica la viscosidad del asfalto.



REPRESENTANTES EXCLUSIVOS DE CECA

Vetek S.A. ▪ Av. Libertador 5480 ▪ Piso 11º ▪ C1426BXP
Buenos Aires ▪ Argentina ▪ Tel: (54 11) 4788-4117/ 0277
www.veteksa.com.ar ▪ www.ceca.fr
email: info@veteksa.com.ar

EVALUACIÓN TÉCNICA – ECONÓMICA DE PROYECTOS DE CAMINOS DE LA RED TERCIARIA. REGIÓN LITORAL ARGENTINA. EL MODELO RED DEL BANCO MUNDIAL.

AUTORES

Ings. Rosana Cassan(*), Daniel Marconi(*), Jorge Páramo(*), Hugo Poncino(*)(**) y Andrés Pugliesi(**), Gabriel Macedo(*)

(*) Laboratorio Vial del IMAE, Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura, U.N.R.

(**) Ityac S.A. Ing. Tosticarelli y Asoc. S.A.

RESUMEN

La transitabilidad en caminos de calzada natural durante períodos de lluvias, es un problema significativo en zonas rurales de la Región Litoral Argentina, tanto para el sector rural, condicionando significativamente la explotación de los recursos naturales, como para los urbanos periféricos. Las características de sus suelos, finos y de elevada plasticidad, los hace prácticamente intransitables en días con condiciones climáticas adversas. El Laboratorio Vial del IMAE ha realizado numerosos aportes en lo que se refiere al desarrollo de soluciones técnicas que garanticen la transitabilidad permanente.

Para llevar a cabo las tareas de mejoras y mantenimiento, resulta indispensable planificar adecuadamente las mismas. Debe disponerse de información confiable, la cual deviene fundamentalmente de conocer el estado de los caminos y el tránsito que circula por ellos, mediante relevamientos sistemáticos.

Generalmente los recursos para generar las mejoras son escasos, por lo que deben utilizarse criterios adecuados para optimizar su aplicación. Es necesario entonces, recurrir a herramientas informáticas de planificación técnico-económica que auxilien la toma de decisiones.

El presente informe intenta contribuir a los avances sobre este último tema. Para ello, se ha adaptado una metodología para análisis y evaluación económica de proyectos de mejoras y tecnologías de mantenimiento en caminos de calzadas naturales (Modelo RED) desarrollado por el Banco Mundial

1. INTRODUCCIÓN

La evaluación económica de un proyecto consiste fundamentalmente en una comparación entre el beneficio que traería aparejado su realización, con los costos e inversiones que el mismo demanda. Para ello es necesario comparar una situación base sin intervención mejorativa alguna, con otra u otras con proyecto, y determinar que sucedería en cada situación. Para el caso que se trata en este informe, proyectos para caminos de la red terciaria por los cuales circulan personas que viven o desarrollan sus actividades en la zona y producción muchas veces perecedera, es importante tomar en cuenta los beneficios sociales que trae aparejado el proyecto. Por este motivo se considera que la evaluación se debe realizar desde un punto de vista que abarque tanto el criterio técnico-económico como el social.

Las posibles soluciones técnicas para brindar transitabilidad permanente están desarrolladas y enunciadas en diversos trabajos publicados por

el Laboratorio Vial del IMAE. Estas soluciones fueron planteadas a partir de dos requisitos ineludibles: bajo costo inicial y mantenimiento simple. Siempre contemplando el impacto ambiental y la necesidad de preservar los sistemas naturales de drenaje (1). Para las involucradas en un determinado proyecto, corresponde realizar una evaluación de la inversión para la construcción de cada una de ellas y del mantenimiento necesario para conservar las obras en el período de tiempo analizado.

En lo referente a la evaluación técnica de caminos de la red terciaria de esta región, personal técnico de la Dirección Provincial de Vialidad de Santa Fe ha realizado y publicado trabajos y propuestas tendientes a lograr una metodología para evaluar y clasificar la red de caminos rurales, determinando el estado de la calzada, del drenaje, del tránsito y estableciendo un nivel de importancia de cada uno de los caminos analizados (2)

Desde el punto de vista de la evaluación económica del proyecto, los indicadores utilizados para determinar su viabilidad son el **Valor Actual Neto (VAN)** y la **Tasa Interna de Retorno (TIR)**.

El VAN es el valor presente de un determinado número de flujos de caja futuros, originados por un proyecto. Para ello se deben actualizar mediante una tasa, la de descuento, los movimientos de caja futuros; restándole a este valor la inversión inicial, se obtiene el valor actual neto del proyecto. Al elegir entre distintos proyectos, es apropiado elegir aquel que tenga mayor VAN. Si su valor es mayor a cero, el proyecto es rentable, considerándose el valor mínimo de rendimiento para la inversión.

La TIR de una inversión, está definida como la tasa de interés con la cual el valor actual neto (VAN) se hace igual a cero. Es un indicador de la rentabilidad de un proyecto, a mayor TIR, mayor es la rentabilidad del mismo.

Estos indicadores facilitan la evaluación de cada una de las soluciones o proyectos propuestos, permitiendo su comparación y orientando a la toma de decisión sobre como alcanzar los mejores resultados.

Es importante al momento de realizar la evaluación, contemplar distintas opciones que garanticen la solución del problema. El hecho de plantear más de una opción técnica conduce a mejorar el proceso de optimización de los recursos disponibles o adjudicables.

Una herramienta muy utilizada para el análisis y evaluación económica de proyectos viales, es el modelo Highway Development and Management Model (HDM-4) desarrollado por el Banco Mundial. En los casos de caminos de bajo volumen de tránsito, en general no pavimentados, este modelo no está particularmente adaptado, principalmente por no reflejar todos los beneficios (externalidades positivas) asociados a las inversiones en estos caminos, y por requerir datos de entrada que no son sencillos de obtener, como ser propiedades de los materiales de la superficie, y datos del tránsito específicos. (3)

Es por esto que el Banco Mundial desarrolla un modelo específico para la evaluación técnico - económica de caminos de bajo volumen de tránsito. El mismo adopta para la valoración del proyecto el excedente del consumidor, que consiste en cuantificar la disminución de los costos de operación de vehículos y tiempo de los usuarios del camino, como una forma de determinar el cambio en éstos, como consecuencia de las mejoras derivadas de la ejecución del proyecto. Este modelo tiene la particularidad de estar personalizado según las características y necesidades de los caminos no pavimentados con un volumen de tránsito entre 50 y 300 vehículos por día. Considera adecuadamente además, la alta incertidumbre en los datos de entrada del modelo, particularmente del tránsito y las condiciones de los caminos no pavimentados.

2.OBJETIVOS PLANTEADOS. EL MODELO RED

Los objetivos buscados en el presente trabajo son: verificar el funcionamiento y adaptación de un mecanismo de toma de decisiones, utilizando una herramienta que permita establecer la definición y justificación económica de mejoras y tecnologías de mantenimiento en caminos de calzada natural, de la red terciaria. Para tal fin se utiliza el **Modelo de Evaluación Económica de Caminos de Bajo Volumen de Tránsito** (RED por sus siglas en inglés) desarrollado por el Banco Mundial, adaptándolo a las condiciones de tránsito y clima de la Región Litoral Argentina. El estudio abarca el análisis de las implicancias técnicas, económicas y sociales, aplicándolo a manera de ejemplo, para la evaluación de una red vial local en el ámbito municipal.

3. DESARROLLO

3.1. Zona de aplicación o estudio

Los caminos involucrados en este estudio, son aquellos que resuelven los problemas locales de transporte, constituyen el acceso directo a la propiedad rural y a la producción agroganadera, permitiendo la vinculación con los centros poblados.

Los tramos que integran la red de caminos en zonas rurales, tienen una longitud reducida y un volumen de tránsito muy bajo. Como característica principal en los caminos que abarca este estudio, puede mencionarse el déficit en infra-estructura y la baja frecuencia en el mantenimiento. La consecuencia inmediata es la imposibilidad de brindar un servicio adecuado a los usuarios, tanto en el transporte de personas como de la producción, limitando la accesibilidad de las zonas rurales y aumentando el costo de transporte, y en consecuencia, de la producción.

En general, los usuarios privilegian la realización de mejoras en los caminos principales de cada zona, pretendiendo sólo un mantenimiento mínimo en los que utiliza cada productor para llegar a ellos.

3.2. Enfoque metodológico

Para lograr el objetivo planteado, se requiere en primer lugar la recolección de datos de la red vial a considerar. Para ello es necesario contar con información sobre la totalidad de caminos que la componen, disponer de mapas o planos de la zona, evaluar la longitud de cada camino y su estado, la producción y la población de las áreas linderas a ellos, el tránsito que circula y la época del año en la que se transportan productos perecederos, si así fuera.

A partir de estos datos, es posible la clasificación de la red de la siguiente manera:

Por su tránsito:

- Caminos principales: conformada por aquellos de mayor longitud de la red terciaria analizada, utilizados por diversos productores para transportar los productos de sus establecimientos. En muchas ocasiones estos caminos comunican además, centros urbanos.
- Caminos secundarios: utilizados por un menor número de usuarios. Generalmente son de menor longitud y comunican a los establecimientos productivos con los caminos principales.

Por su funcionalidad:

- Tránsito permanente: aquellos por los que circula producción perecedera durante todo el año.
- Tránsito estacional: cuando la producción perecedera que circula abarca sólo una o varias épocas definidas del año.
- Tránsito no comprometido: cuando la producción que circula no es perecedera.

Los pasos siguientes consisten en determinar el conjunto de caminos a los que se les debe exigir transitabilidad permanente (en este aspecto es imprescindible interactuar con los usuarios de los caminos), la evaluación del estado de los mismos, haciendo hincapié en la forma de la evaluación y los deterioros a evaluar, y por último, las posibles soluciones técnicas.

Estas últimas, las soluciones técnicas propuestas en este trabajo, se ajustan a los caminos de bajo volumen de tránsito de la Región Litoral Argentina. Están integradas en su mayor parte por materiales locales (suelos, arenas), estabilizados según los casos con escorias, cal, cemento, emulsión asfáltica, teniendo siempre presente el objetivo de obtener bajos costos, calidad adecuada y métodos constructivos y de mantenimiento flexible, entendiendo por esto la adaptabilidad de distintos medios mecánicos disponibles en la zona de influencia a cada caso. Abarcan desde la conformación del camino mediante abovedamiento de la calzada y banquina y saneamiento de las cunetas, hasta la construcción de capas de suelos estabilizados y tratamientos asfálticos, según los casos. Las características de las mismas en cuanto a espesor y/o anchos se determinan en función del tránsito. Cada solución se corresponde con las acciones de mantenimiento y frecuencia de las mismas.

En lo que se refiere la evaluación económica de las posibles acciones a realizar en el camino, el RED, como todos los modelos de análisis beneficio - costo, ha sido diseñado para asignar los recursos de la manera más eficiente posible. Para ello se comparan los beneficios y los costos a valores actuales de cada una de las alternativas analizadas. El objetivo es determinar la que resulte con mayores beneficios.

La principal simplificación del RED en relación al HDM, es considerar un nivel constante de servicios, durante la etapa de análisis, para los casos con y sin planes de mejoras. Mientras que los modelos HDM incluyen ecuaciones

de deterioro del camino, el RED utiliza el concepto de niveles de servicio medio, que es considerado razonable para caminos de bajo volumen de tránsito debido a las siguientes razones: (3)

- Dificultad en medir o estimar la rugosidad de los caminos no pavimentados.
- Cambios estacionales en la condición del camino y en la transitabilidad.
- Dificultad en determinar las frecuencias de operaciones de nivelación pasadas y/o futuras.
- Naturaleza cíclica de la condición del camino bajo una determinada política de mantenimiento.
- Conveniencia en definir niveles de servicio para caminos de bajo volumen de tránsito con parámetros distintos a los promedios anuales de rugosidad y espesor de la capa de mejorado o estabilizado.

El RED evalúa tres alternativas técnicas de conservación y mejoras para un camino con calzada natural, las cuales difieren tanto en la inversión inicial como en las acciones de mantenimiento posterior. Estas tres alternativas se comparan con una cuarta, denominada Alternativa Cero, que consiste en dejar el camino en la situación actual en cuanto a infraestructura, realizando un mantenimiento mínimo. Para ello es necesario definir una serie de parámetros relacionados con las condiciones del camino, del tránsito, de la región (topografía, clima), algunos indicadores tanto técnicos como económicos del país, y cuantificar cada una de las mejoras a analizar.

En cuanto al tránsito permite distinguir entre el tránsito normal que circula por el camino en la condición actual, su correspondiente tasa de crecimiento, el tránsito generado debido al decrecimiento de los costos de transporte, el tránsito inducido por el desarrollo económico local y por último, el tránsito derivado de caminos alternativos.

Brinda además la posibilidad de evaluar otros beneficios derivados de la realización de cada una de las mejoras propuestas. Se pueden calcular los derivados de servicios sociales (salud, educación, recreación), de impactos ambientales, o de la propia actividad productiva, ya que las mejoras posibilitan por ejemplo, el acceso a la aplicación de nuevas o mejores tecnologías, a nuevos o a más amplios mercados.

A partir de esto el RED analiza las implicancias económicas, evaluando la tasa interna de retorno (TIR) y el valor actual neto (VAN) de cada alternativa propuesta, identificando así la más conveniente en términos económicos. El análisis se puede realizar a nivel proyecto de un camino o evaluar una red de caminos. Los principales beneficios que contempla son la reducción de los costos operativos de vehículos y del tiempo que se insume al disminuir las demoras por el mejor estado de los caminos. Los mismos son calculados a partir de funciones que relacionan costos operativos de vehículo y velocidades con la rugosidad del camino, personalizada para un país determinado. (3)

Una vez obtenidos los resultados, el RED ofrece la posibilidad de realizar un análisis de sensibilidad de cada uno de los parámetros de entrada principales. Para ello evalúa cada parámetro por separado pudiendo ser incrementado o disminuido en el porcentaje deseado, y el modelo recalcula los indicadores económicos. Por ejemplo, puede determinar como variaría el VAN o la TIR para un aumento del tránsito normal en un 10%, o para una disminución del mismo. Un análisis similar puede efectuarse para otros veinte parámetros, en distintos porcentajes, y para cada una de las alternativas de mejoras consideradas.

Otra posibilidad que ofrece es evaluar el porcentaje en que puede modificarse cada uno de los parámetros de entrada principales de cada alternativa, para obtener un VAN igual a cero o una TIR igual a la tasa de descuento. Esto permite apreciar el impacto de cada parámetro en los

beneficios del proyecto. Por ejemplo, puede calcular la máxima inversión o el mínimo tránsito que puede circular por el camino para que el proyecto siga siendo aceptable.

3.3. Aplicación del Modelo

Para aplicar el modelo de evaluación propuesto, es necesaria la adecuación del mismo a las condiciones de la zona en estudio. Para ello se cuantifican una serie de parámetros referidos al clima, topografía, flota de vehículos que circula, y otros indicadores técnicos y económicos. También es necesario proponer las alternativas de mantenimiento y mejoras, calculando sus respectivos costos.

3.3.1. Parámetros de entrada

Se detallan algunos de los parámetros de entrada más significativos del modelo y los valores adoptados para su aplicación en la zona en estudio.

- Duración de la estación húmeda: 30 días.
- Tasa de descuento: 12%
- Período de evaluación: 20 años
- Tipo de terreno: llano
- Indicador de condición de camino: rugosidad.
- Costo Operacional de los Vehículos (VOC): Para definir la relación entre los costos operativos y las velocidades de los vehículos con la rugosidad del camino, se utilizaron ecuaciones del HDM-4. Los datos de la flota de vehículos introducidos en el modelo son los brindados por Vialidad Nacional.
- Rugosidad: los valores en términos del Internacional Roughness Index (IRI), de ambas estaciones, fueron establecidos a partir de correlaciones entre IRI y velocidad de circulación, utilizadas por el Banco Mundial (4) (Figura N° 1). Estos valores fueron comparados con datos de mediciones realizadas en caminos rurales de similares características.

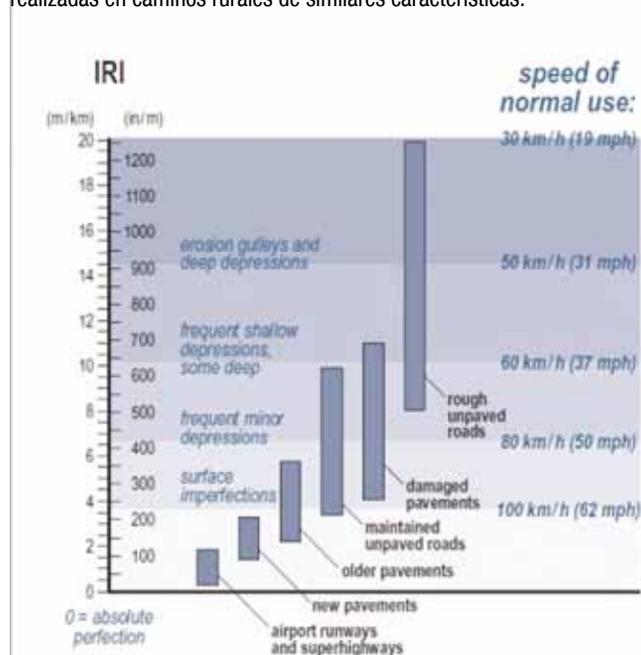


Figura N° 1: Rugosidad en función de la Velocidad de circulación

3.3.2. Alternativas analizadas.

La variedad de materiales y técnicas constructivas, ofrece una amplia gama de soluciones. La hipótesis de bajo costo inicial, impone el **máximo aprovechamiento de materiales locales**, entendiendo como tales a aquellos de **origen no comercial**. La estabilización del suelo que integra el camino, aparece como el medio apropiado para dar una primera respuesta positiva. Las mejoras dependen del uso del camino, la evolución del tránsito, la disponibilidad de recursos, entre otras variables, ya sea en cuanto a resistencia y durabilidad, como a confortabilidad.

La elección de los procesos constructivos y del mantenimiento, dependen principalmente del equipamiento disponible. (1)

A continuación se proponen, y a modo de ejemplo, tres alternativas frecuentemente utilizadas en la región en estudio, las cuales difieren notablemente tanto en la inversión inicial como en la calidad y el confort que brindan a los usuarios.

Alternativa 0: Mantener el camino en la condición actual, con mantenimiento mínimo.

Alternativa 1: Realizar nivelaciones cada 45 días: contempla la conformación del perfil transversal y longitudinal con aporte de suelo en las zonas más bajas. Las tareas de mantenimiento previstas consisten en la recomposición superficial del camino ocho veces por año.

Alternativa 2: Mejorar el camino mediante el tratamiento del suelo del lugar con cal en quince centímetros de espesor, más una capa de suelo-escoria-cal en quince centímetros de espesor. Las tareas de mantenimiento y conformación del perfil transversal requieren una frecuencia menor al caso anterior (dos por /año). Se prevé también el aporte de material estabilizado en la mitad del espesor inicial cada ocho años.

Alternativa 3: A la mejora propuesta en la Alternativa 2, se adiciona un tratamiento bituminoso superficial simple como capa de rodamiento. El mantenimiento previsto es menor que en los casos anteriores, y comprende la realización de una cierta cantidad de superficie de bacheo de las zonas deterioradas. Se prevé la reconstrucción íntegra del tratamiento en la mitad del período evaluado. (Nota Nº1)

Los volúmenes de materiales para la construcción de cada alternativa en los caminos analizados se calculan mediante un relevamiento visual realizado desde un vehículo en movimiento. Las inversiones necesarias para cada alternativa y los costos financieros de mantenimiento, se obtuvieron de trabajos similares en la zona de estudio y se reflejan en la Tabla Nº 1.

Alternativa	Inversión inicial(*) (1000\$/Km)	Mantenimiento(*) (1000\$/Km/año)
0 – Condición actual	0	8
1 – Mayor frecuencia de mantenimiento	30	19
2 – Mejora mediante estabilizado	300	20
3 – Mejora y tratamiento bituminoso	430	25

Tabla Nº 1: Costos financieros de inversión y de mantenimiento para cada alternativa

La rugosidad adoptada para cada solución y el estado resultante del camino se indican en la Tabla Nº 2.

Alternativa	Rugosidad (IRI)		Estado del camino	
	Estación seca	Estación húmeda	Estación seca	Estación húmeda
0 – Condición actual	17	23	malo	muy malo
1 – Mayor frecuencia de mantenimiento	10	18	regular	muy malo
2 – Mejora mediante estabilizado	6	6	bueno	bueno
3 – Mejora y tratamiento bituminoso	3	3	bueno	bueno

Tabla Nº 2: Rugosidad adoptada y estado del camino para cada alternativa

4. APLICACIÓN DEL MODELO. ALGUNOS EJEMPLOS.

4.1. Ejemplo 1: Camino de la red terciaria con bajo tránsito

Se toma como ejemplo de aplicación un sector del Gran Rosario, cuya actividad principal es la producción en huertas y quintas. También se encuentran en esta zona establecimientos ganaderos y fábricas de ladrillos. Los caminos son destinados casi exclusivamente al transporte de la producción comercial de la zona.

Este sector se ubica entre dos centros urbanos, por lo que, cuando los caminos están en buenas condiciones, son utilizados en menor medida, como alternativa de comunicación por los vecinos del lugar debido a su menor distancia de transporte. Esto lleva aparejado que al plantear una mejora en ellos, haya que considerar un probable crecimiento del tránsito en los caminos principales de la zona. La evaluación del tránsito se realiza en base a los establecimientos productivos establecidos en la zona y al volumen de producción que circula por los caminos en estudio. Esto ocurre por no haberse dispuesto de registros con datos del mismo. Se considera ese tránsito como constante en toda época del año, y se aumenta el número de automóviles en la estación seca considerando que cuando el camino está en condiciones de transitabilidad aceptables es utilizado como camino alternativo por vecinos de las zonas urbanas que vincula.

Se realiza un análisis a nivel proyecto de uno de los caminos principales de esta zona. El tránsito actual del mismo se compone de automóviles, para el transporte de personas que desarrollan sus actividades en la zona y vehículos de carga para el transporte de la producción. El mismo es de aproximadamente 70 vehículos diarios distribuidos en la forma que se indica en la Tabla Nº 3.

Tipo de vehículo	Tránsito diario inicial (veh/día)		Tasa de crecimiento del tránsito (%)
	Estación seca	Estación húmeda	
Automóvil	25	10	2
Camioneta	25	25	2
Autobús	0	0	--
Camión mediano	20	15	2

Tabla Nº 3: Tránsito actual y tasa de crecimiento

Nota Nº1: Cuando la formación de polvo provoca inconvenientes o cuando el objetivo es mejorar lo ya existente proveyendo impermeabilización, es factible la construcción de cubiertas asfálticas delgadas o, más específicamente, un tratamiento bituminoso superficial.

Su finalidad es impermeabilizar la superficie sobre la que se aplica, proveer resistencia a la abrasión del tránsito y proporcionar una superficie más confortable. Normalmente se considera que estas capas no aportan capacidad estructural adicional.

Existen distintos tipos, según sea la superficie sobre la cual se apliquen y la finalidad que persigan. Entre ellos, el Tratamiento superficial tipo simple consiste en una aplicación de material bituminoso seguida de una distribución de agregado pétreo. (1)

Mediante el empleo del modelo para la comparación económica de las alternativas evaluadas, se obtienen los resultados del VAN y de la TIR expresados en la Tabla N° 4:

Alternativa sin Proyecto	Posibles Alternativas de Proyecto			
	Alternativa 0	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Condición actual		Mayor frecuencia de mantenimiento	Mejora mediante estabilizado	Mejora y tratamiento bituminoso
Valor Actual Neto (VAN) (millones de \$)	0,000	<u>0,037</u>	-1,553	-2,530
Tasa Interna de Retorno (TIR)		14%	-1%	-4%

Tabla N° 4: VAN y TIR para cada alternativa

Se observa que la única alternativa con valor actual neto positivo es la **Alternativa 1**: mantener el camino en la condición actual, aportando suelo en las zonas más bajas y realizando un mantenimiento mediante nivelaciones y limpieza de cunetas con mayor periodicidad. Para esas condiciones, las alternativas en las que se evalúan mejoras, no son económicamente viables debido a que los resultados del VAN son negativos. Esto implica que los beneficios de la inversión son menores que su costo.

Ahora bien, es necesario analizar las siguientes situaciones:

1° Situación: la alternativa 1 (nivelaciones cada 45 días) puede resultar difícil de cumplir para el organismo encargado del mantenimiento de este camino, por su gran exigencia. Si ocurre esto y las reparaciones superficiales se realizan en forma más espaciadas, la rugosidad resulta mayor a la prevista en el análisis correspondiente. El modelo utilizado tiene la posibilidad de estimar la sensibilidad de los resultados al variar en más o en menos los parámetros de ingreso. Analizando esto se obtiene que si la rugosidad de la alternativa 1 aumenta en un 15%, el VAN toma valores negativos (-0,118) y la TIR disminuye a 5%, por lo que deja de ser una solución aceptable.

2° Situación: Por tratarse de un camino que además de utilizarse para transportar la producción de los establecimientos comerciales a los que sirve, comunica dos centros urbanos, se estima que la construcción de mejoras (alternativas 2 y 3) traerían aparejado un aumento significativo en este último tipo de tránsito debido a que se brinda transitabilidad permanente en toda época del año. El mismo derivaría de caminos que vinculan los esos puntos pero con mayor recorrido, igualando además, el tránsito de la estación húmeda con el de la estación seca. La alternativa 3 al mismo tiempo, mejora sensiblemente el confort en la circulación, evitando la formación de polvo.

Es entonces que se analiza nuevamente cada alternativa introduciendo tránsito derivado de camino alternativo. Los valores de tránsito de cada alternativa y los resultados obtenidos a través del análisis con el modelo RED, se indican en Tabla N° 5.

Tipo de vehículo	Tránsito diario inicial (veh/día)		Tránsito derivado de camino alternativo (veh/día)		
	Estación seca	Estación húmeda	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Automóvil	25	10	--	10	40
Camioneta	20	20	--	15	30
Autobús	0	0	--	--	2
Camión mediano	20	15	--	--	--
Valor Actual Neto (VAN) (millones de \$)			0,013	-0,828	<u>0,180</u>
Tasa Interna de Retorno (TIR)			13%	6%	13%

Tabla N° 5: VAN y TIR considerando tránsito derivado

Ahora puede observarse que para los valores de tránsito derivados propuestos, la alternativa 3 (mejora con un tratamiento bituminoso superficial) es una opción practicable, con un VAN positivo, siendo la TIR del 14%. No ocurre lo mismo con la alternativa 2, que sigue arrojando valores negativos del VAN.

En la Figura N° 2 se comparan el Valor Actual Neto y el Valor Actual de Costos de la Repartición, para todas las alternativas propuestas, considerando el tránsito derivado para las alternativas 2 y 3. Este gráfico corresponde a una de las hojas de salida del RED en la que resume los resultados obtenidos.

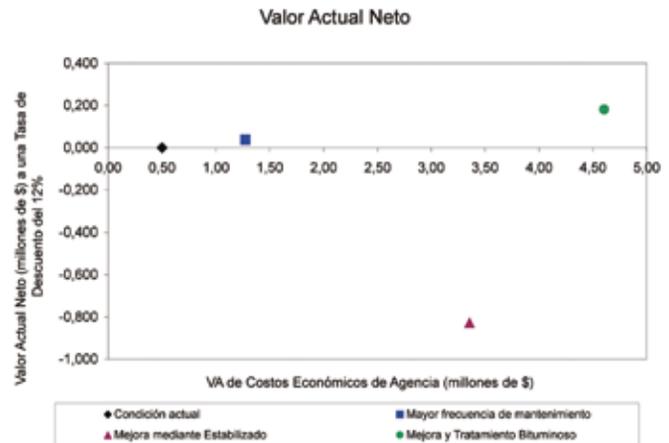


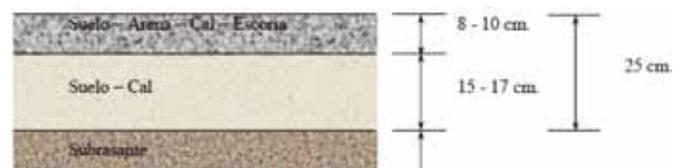
Figura N° 2: Valor Actual Neto vs. Costos Económicos considerando tránsito derivado

El modelo posibilita analizar las máximas variaciones admitidas en los parámetros de entrada para que el proyecto siga siendo justificado (VAN = 0). Analizando esto para la Alternativa 3, puede apreciarse que el proyecto seguirá siendo viable aún si se modificaran las siguientes situaciones:

- el tránsito normal fuera un 11% menor y la tasa de crecimiento un 32% menor,
- la rugosidad del camino sin proyecto para la estación seca fuera un 9% menor al establecido,
- la rugosidad del camino con proyecto fuera hasta un 50% mayor al establecido,
- el costo de inversión del proyecto fuera un 6 % superior, y si el de mantenimiento un 13 % superior.

Nota N° 2: La estructura a construir consiste en la apertura de la caja para la compactación de la subra-sante, y en la construcción de una sola capa estabilizada, pero con materiales heterogéneos estratificados en profundidad. Esta capa está compuesta de una parte inferior de suelo-cal y una superior de suelo-cal-arena-escoria. La misma se realiza mediante una primer estabilización con 4% de cal hidráulica hidratada en 20 cm., luego y sin compactarla se retiran unos 5 cm para ser mezclados aparte con la escoria 0 - 10 o en su defecto granular triturado de origen granítico y tamaño máximo 10 o 12 mm, luego se vuelven a depositar en su lugar y, por último se compacta todo junto con rodillos neumáticos.

La mezcla de los 5 cm de suelo - cal con la escoria o el agregado pétreo granular, termina produciendo una capa de mayor espesor, de alrededor de 8 a 10 cm.



El suelo a utilizar será el del lugar, una vez extraída la primera capa de origen vegetal

Otro beneficio no cuantificado en este análisis que trae aparejada la adopción de la Alternativa 3 al evitar o minimizar la formación de polvo, corresponde a la atención de salud y al confort de la población a la que sirve el camino y/o que desarrollan sus actividades en la zona, mejorando su calidad de vida. Asimismo y al tratarse de un camino que sirve una zona donde la principal producción deriva de quintas, disminuye los gastos necesarios para la comercialización de estos productos, ya que se reduce notablemente la cantidad de polvo adherido.

3º Situación: otra opción que brinda el modelo es evaluar la máxima inversión permitida para obtener una solución que justifique económicamente al proyecto. Seguramente al modificar la inversión ya no se van a obtener los resultados técnicos planeados, por ejemplo, si se disminuye el monto invertido, seguramente aumentará la rugosidad de la solución propuesta, o se modificarán los costos de mantenimiento. Pero de todas maneras, es una buena herramienta para poder proponer otras alternativas.

A partir de esta opción se decidió variar la Alternativa 2 (mejora con estabilizado) para el tránsito original del camino sin suponer un aumento significativo del mismo por la mejora, evaluando una solución más económica. Se propone la construcción de una sola capa estabilizada de aproximadamente veinticinco centímetros de espesor, pero con materiales heterogéneos estratificados en profundidad. Esta capa está compuesta de una parte inferior de suelo del lugar, estabilizado física y/o químicamente (arena y cal), y una superior de estabilizado granular tratado con bajo porcentaje de cemento. (Nota N° 2)

El costo de esta solución se estima en 170\$/metro lineal. Se prevé un mantenimiento mediante dos perfilados en la zona de camino y dos limpiezas de cu-netas anuales. Se prevé además un aporte de estabilizado granular cada ocho años, en aproximadamente cuatro centímetros de espesor, lo cual da como resultado un costo de mantenimiento de 12\$/metro lineal. Se estima que la rugosidad será algo superior que la indicada anteriormente para la Alternativa 2, principalmente en la estación húmeda (IRI = 8).

Analizando esta nueva alternativa con el modelo RED, se obtienen los resultados indicados en la Tabla N° 6, los cuales son económicamente aceptables.

Valor Actual Neto (VAN) (millones de \$) (*)	0,000
Tasa Interna de Retorno (TIR)	12%

Tabla N° 6: VAN y TIR para una alternativa más económica

4.2. Ejemplo 2: Camino de la red terciaria con mayor tránsito

A continuación se analiza un camino actualmente de calzada natural en la misma zona, con condiciones similares en cuanto a suelo que lo compone y costo de mejoras. Es un camino rural por el cual circula la producción de la zona que sirve el camino, muchas veces perecedera, pero el tránsito es algo superior al ejemplo anterior: aproximadamente 150 vehículos por día. En la Tabla N° 7, se indica la composición del mismo.

Tipo de vehículo	Tránsito diario inicial (veh/día)		Tasa de crecimiento del tránsito (%)
	Estación seca	Estación húmeda	
Automóvil	25	10	2
Camioneta	65	65	2
Autobús	0	0	--
Camión mediano	60	60	2

Tabla N° 7: Tránsito actual y tasa de crecimiento

Debido al mayor tránsito, se incrementan los costos de mantenimiento en un 20% y la rugosidad de la alternativa 1 en un 10%.

Evaluando el camino con el modelo RED, se obtienen los resultados indicados en la Tabla N° 8

	Alternativa sin Proyecto	Posibles Alternativas de Proyecto		
	Alternativa 0	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
	Condición actual	Mayor frecuencia de mantenimiento	Mejora mediante estabilizado	Mejora y tratamiento bituminoso
Valor Actual Neto (VAN) (millones de \$) (*)	0,000	0,404	0,066	-0,576
Tasa Interna de Retorno (TIR)		33%	12%	9%

Tabla N° 8: VAN y TIR para cada alternativa

En este caso con mayor tránsito, la Alternativa 1 sigue siendo la más conveniente, con un mayor VAN y también mayor TIR. Pero para esta situación, la Alternativa 2 también toma valores positivos de VAN y la TIR es del 12%, lo cual refleja una situación económicamente viable. No así la Alternativa 3 que refleja un VAN negativo. En la Figura N° 3 se comparan el Valor Actual Neto y el Valor Actual de Costos de la Repartición, para todas las alternativas propuestas.

Si se analiza la situación en la que pueda resultar difícil el mantenimiento con la periodicidad que analiza la Alternativa 1, se obtiene que si la rugosidad de la ésta aumenta en un 12%, el VAN toma valor cero y la TIR 12%, con lo cual hace es ahora comparable con los resultados de la Alternativa 2.

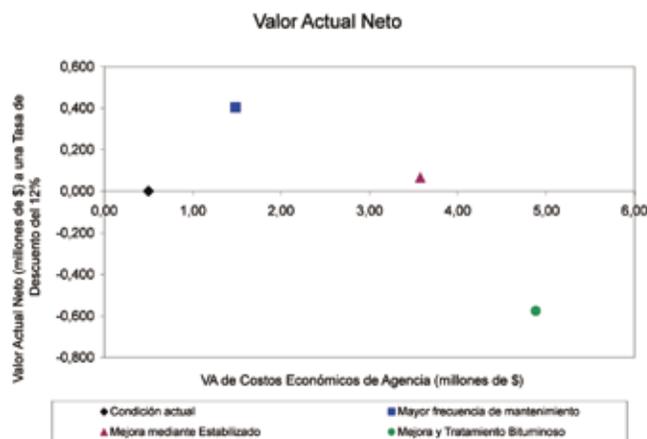


Figura N° 3: Valor Actual Neto vs. Costos Económicos

5. CONSIDERACIONES FINALES

- a. Se ha aplicado el modelo RED de evaluación económica para caminos de bajo tránsito, en caminos de calzada natural con distintos volúmenes de tránsito pertenecientes a la región litoral argentina
- b. Mediante la resolución de algunos ejemplos a nivel proyecto se ha podido verificar la potencialidad del modelo. Se considera que es una herramienta de gran utilidad para la definición y justificación económica de mejoras y tecnologías de mantenimiento de este tipo de caminos.
- c. Los primeros resultados obtenidos impulsan la necesidad de contar con la evaluación técnica de los caminos de toda o gran parte de la red terciaria de la región. La misma permitiría la aplicación del modelo y en consecuencia, la obtención de importante información para la definición y justificación económica de los proyectos en caminos de calzada natural.
- d. Se considera además como muy interesante en este tipo de análisis, la posibilidad de contar con un equipo multidisciplinario para evaluar todos los aspectos vinculados al proyecto. A saber, aspectos técnicos, de impacto ambiental, económicos y sociales.
- e. Por último se destaca la importancia de implementar programas de mejora y mantenimiento sostenidos en el tiempo, optimizando el nivel de transitabilidad y seguridad y beneficiando tanto a los sectores productivos como a los usuarios en general. Queda demostrado además, que la correcta implementación de estos programas produce un significativo beneficio económico a mediano y largo plazo.

6. BIBLIOGRAFÍA

- (1) Páramo J., Cassan R. "Manual de Diseño para Pavimentos de Bajos Volúmenes de Tránsito. Región Litoral Argentina". 9º Congreso Ibero-Latinoamericano del Asfalto. 1997.
- (2) Ings. Acuña J. P., Ermaccora E., David M., M.M.O. Mordini M. "Metodología para la Evaluación y Categorización de la Red de Calzadas Naturales en la Provincia de Santa Fe". III Provil de las Américas. 2002.
- (3) Archondo-Callao Rodrigo, "Modelo de Evaluación Económica de Caminos de Bajo Volumen de Tránsito. Guía para el Usuario & Casos de Estudio (Ver-sión Preliminar)". 2004.
- (4) University of Michigan Transportation Research Institute, Volume 33, Number 1. "Measuring and Interpreting Road Roughness Profiles". 2002.

Agradecimiento: Al Ing. Rodrigo Archondo Callao por la colaboración recibida para la aplicación del Modelo RED.



EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL EN CARRETERAS: USO DE LOS SIG PARA LA GENERACIÓN DE INFORMACIÓN DE BASE EN LOS ESTUDIOS AMBIENTALES

AUTORA
Ing. Msc. Cecilia CORNERO

INTRODUCCIÓN

La Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) es una alternativa que permite la evaluación y prospección de las condiciones ambientales de un ecosistema, cuando este es sometido a cambios inducidos por las actividades que en él se desarrollen. Tener una buena noción de lo que podría pasarle a estos ecosistemas con la ejecución de un proyecto de desarrollo es una prioridad para la planificación y gestión ambiental del territorio.

Para una gestión ambiental coherente, es necesario identificar e interrelacionar las diferentes interacciones que generan los ecosistemas cuando una perturbación se produce.

Las carreteras pueden actuar como un polo de atracción que lleva a cambios estructurales del paisaje como el uso del suelo, contaminación hídrica, deforestación, alteración de la diversidad mediante la pérdida de especies endémicas en flora y fauna, afectaciones a la salud humana y efectos sobre la sociedad. La relación de estos impactos puede ser heterogénea en el espacio y en el tiempo.

Los estudios ambientales para la integración del medio natural al diseño y construcción de proyectos lineales requieren visiones integradoras y holísticas. Para ello, es necesario aportar información en términos cuantitativos que permitan **mediciones espaciales y temporales de variables biológicas, económicas, sociales que pueden ser afectadas por el desarrollo de un proyecto.**

Es por ello que resulta imprescindible que la metodología de trabajo tradicional sea complementada con tecnologías informáticas que permitan revelar de manera efectiva la situación real de la región, que servirá como base para definir las gestiones apropiadas para el diseño de carreteras a partir del estudio del impacto ambiental.

La integración de las variables e indicadores geográficos en la EIA de temas tan complejos como los relacionados con la construcción de carreteras, se torna necesaria debido a la propia naturaleza de ciertos fenómenos que requieren de un enfoque integral georreferenciado.

Las nuevas técnicas geoespaciales, como son los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y la Teledetección, amplían las posibilidades de estudio y correlación de hechos posibles de georreferenciar y cartografiar de manera precisa.

El Paradigma Geotecnológico como nueva forma de comprender la realidad a través de las Tecnologías de la Información Geográfica (TIG), la Geografía Global como campo disciplinario que sustenta esta nueva visión, y la CiberGeografía como el estudio que comprende las amplias relaciones entre lo real y lo virtual, están revolucionando el análisis geográfico del siglo XXI (Buzai, G. 2001).

En este trabajo se presenta una propuesta metodológica que incorpora a estas nuevas herramientas geoespaciales para la generación de información de base (mapas ambientales) utilizada en los procesos de EIA en proyectos viales. Así, los componentes ambientales pueden ser representados espacialmente, y la variable temporalidad puede ser incluida en el proceso evaluativo para actividades de seguimiento.

IMPACTO AMBIENTAL EN INFRAESTRUCTURAS LINEALES

La conservación de la diversidad biológica (biodiversidad) ha aparecido recientemente como una de las incumbencias ambientales más importantes a nivel mundial (Diamantini and Zanon 2000).

La disminución del hábitat es la principal amenaza para la conservación de la biodiversidad. Esta reducción del hábitat ocurre fundamentalmente cuando un ecosistema natural es convertido en un sistema artificial.

Las infraestructuras lineales son una de las principales presiones para el hábitat natural mundial y se caracterizan por una serie de impactos tales como la pérdida directa del hábitat y la pérdida indirecta del hábitat. La primera se refiere a la reducción del área total de un tipo de hábitat causado por la presencia de la infraestructura, por ejemplo, por el cambio de la cobertura original del suelo por una superficie artificial. La segunda, se refiere tanto a la fragmentación del hábitat (desintegración de un hábitat en unidades más pequeñas y aisladas) como a la degradación de los ecosistemas (ej.: la alteración biofísica de un ecosistema producida por los ruidos, la contaminación del aire y agua, la iluminación artificial, etc.) (Geneletti 2006).

Estos impactos son causados tanto por el espacio ocupado por las infraestructuras, como por el uso de las mismas (ej.: el tránsito en una ruta), y por lo tanto son comunes a todas las infraestructuras lineales (rutas, ferrocarriles, conductos, canales, etc.).

La fragmentación del hábitat tiene dos efectos principales sobre las especies: (1) el tamaño del fragmento puede ser tan pequeño que deje de ser un soporte viable para las poblaciones de especies más sensibles, (2) puede ser que el resto de los fragmentos queden tan aislados que sea imposible que los animales puedan desplazarse de uno a otro, corriendo peligro de extinción. Es por ello que este impacto se ha convertido en uno de los peligros globales más importantes para la diversidad biológica.

LAS CARRETERAS Y LA ECOLOGÍA

La combinación de las terminologías Carreteras y Ecología, denominada Ecología de carreteras o Road Ecology- investiga la relación entre el medio ambiente natural y el sistema carretero -infraestructura vial y tránsito.

Las infraestructuras de transporte y contribuyen a la disminución en la cantidad y la calidad del hábitat natural.

Los diferentes ecosistemas no reaccionan igual ante los mismos usos, y por lo tanto, es importante el reconocimiento de sus características en los estudios del medio físico, biótico y socioeconómico e institucional. Conocer la situación preoperacional es importante para poder prever las alteraciones que se pueden producir en el medio, y además, constituye una fuente de datos que permite evaluar, luego de realizada a obra, las magnitudes de aquellas alteraciones que fueron difíciles de cuantificar, pudiéndose aplicar medidas correctoras a posteriori según los resultados del programa de seguimiento y control.

Cabe mencionar algunos datos de investigaciones sobre los factores de una carretera que influyen en la mortalidad de la fauna:

- El volumen de tránsito condiciona la mortalidad por atropello y el efecto barrera de la infraestructura. Carreteras con tránsito inferior a 1.000 veh/d son permeables a la mayoría de las especies, mientras que autopistas con tránsito superior a 10.000 veh/d son impermeables a la mayoría de las especies, tabla 1 (Iuell et al. 2003).

Con una baja intensidad de tránsito (<2.500 veh/d), la proporción de accidentes que sufre la fauna es inferior a la proporción de animales que logran cruzar una carretera. Con una intensidad media (2.500 - 10.000 veh/d), el número de animales atropellados es alto, disminuye la proporción de los que logran cruzar con éxito y aumenta el número de animales ahuyentados por la infraestructura. Con una alta intensidad (>10.000 veh/d) se reducen los accidentes de la fauna, pocos logran cruzar con éxito y aumenta el número de animales ahuyentados, figura 1.

Tabla 1. Relación volumen de tránsito - efecto barrera en los mamíferos. (Iuell et. al, 2003)

Volumen de tránsito	Permeabilidad
Inferior a 1.000 veh/d	Permeable a la mayoría de las especies.
1.000 a 4.000 veh/d	Permeable a algunas especies pero evitada por las especies más sensibles.
4.000 a 10.000 veh/d	Las barreras, el ruido y el movimiento pueden ahuyentar a algunos animales. Otros tratan de cruzarla y son atropellados.
Superior a 10.000 veh/d	Impermeable a la mayoría de las especies.

- Otros efectos ecológicos que afectan de forma negativa a la biodiversidad son: la contaminación química, ruidos y vibraciones y las molestias visuales por la iluminación.

Los efectos ecológicos que producen las carreteras -desde su construcción- sobre la fauna ocurren en diferentes tiempos. La pérdida de hábitat es el efecto más inmediato.

Los sistemas ecológicos muestran un desfase -tiempo de retardo- desde que tiene lugar la degradación del hábitat hasta que se detectan los efectos ecológicos completos.

En la figura 2 (Forman et al. 2003) puede observarse la reducción del tamaño de la población de la fauna en función del tiempo producido por cuatro efectos ecológicos y el tiempo de retardo para los efectos acumulativos. Después del desfase, el tamaño de la población es normalmente pequeño con grandes fluctuaciones en un cierto plazo.

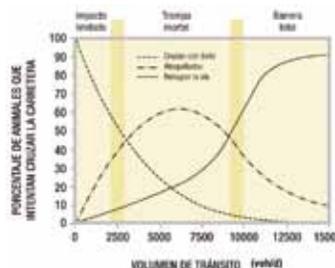


Figura 1. Mortalidad de la fauna por atropello en función del volumen de tránsito (Iuell et al. 2003).

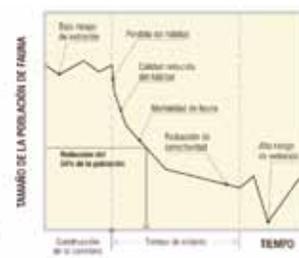


Figura 2. Efectos ecológicos de carreteras sobre la población de la fauna y tiempo de retardo (Forman et al. 2003)- Modificado.

CARTOGRAFÍA Y SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

La cartografía temática o integrada es una forma de inventariar los componentes del medio que conduce a la expresión gráfica de los datos de forma tal de permitir una visualización instantánea global de los mismos.

La necesidad de disponer de datos geográficos actualizados, y de responder a exigencias cada vez mayores en cuanto a la calidad de la información que no pueden ser satisfechas por las técnicas clásicas de la cartografía, han impulsado el desarrollo de sistemas informáticos que permiten automatizar en gran medida los procesos cartográficos.

Se puede hablar de una evolución de "mapas como dibujos" a "mapas como base de datos" (MOPT 1992) en los cuales entra a jugar el nivel de complejidad de estos últimos con capacidades de análisis y manipulación de datos que constituyen una base de apoyo para la toma de decisiones. La mayor efectividad de la cartografía como instrumento para los Estudios Ambientales proviene de la superposición de cartografías temáticas para obtener un impacto global.

Las herramientas informáticas más efectivas para realizar análisis espaciales son los SIG que permiten y facilitan la integración, análisis, gestión y representación de datos espaciales, posibilitando el reconocimiento de las relaciones espaciales y su clara expresión.

La aplicación de la tecnología SIG en la EIA se ha hecho apenas en los últimos años. Este método puede utilizarse como herramienta de soporte en las fases de la evaluación de impacto ambiental, por ejemplo como complemento de las matrices cuando existen variaciones espaciales de los impactos. Además, se puede utilizar como herramienta de seguimiento o monitoreo de impactos y gestión del proyecto.

El uso de técnicas geo-espaciales en los estudios de medio ambiente ofrece otras ventajas importantes en comparación con los procedimientos convencionales, tales como la identificación de la variabilidad espacial y temporal de los impactos.

Existen diversos medios para generar información geográfica, desde el tradicional trabajo de campo (insustituible todavía en muchas ocasiones), hasta los sensores terrestres (medidores de temperatura, humedad o polución atmosférica, estaciones de aforo, etc.), sistemas de geoposicionamiento global (GPS) y teledetección aérea o espacial (Chuvieco Salinero 2007).

PLATAFORMAS SIG DISPONIBLES, FUENTES DE INFORMACIÓN

1. Plataformas SIG disponibles

A continuación se citan algunos de los SIG más importantes del mercado, la dirección electrónica y los formatos que admiten cada uno de ellos:

- ArcGIS (www.esri.com) SIG vectorial y ráster
- Autodesk MapGuide (www.autodesk.com) SIG vectorial
- Envi (www.itvis.com) SIG vectorial y ráster
- Erdas Imagine (www.erdas.com) SIG vectorial y ráster
- Global Mapper (www.globalmapper.com) SIG vectorial y ráster
- Grass (grass.itc.it) SIG ráster
- gvSIG (www.gvsig.org) vectorial y ráster
- Idrisi (www.clarklabs.org) SIG ráster
- Kosmo (<http://www.opengis.es/>) SIG vectorial y ráster
- Mapinfo (www.mapinfo.com) SIG vectorial
- Microstation Geographics (www.bentley.com) SIG vectorial
- RiverTools (www.rivertools.com/) - SIG vectorial y ráster
- Spring (www.dpi.inpe.br/spring) SIG ráster

2. Fuentes de información

- Imágenes satelitales ópticas

En la tabla 2 se resumen algunos sensores ópticos que pueden utilizarse para la elaboración de estudios ambientales y sus características principales. Existe una correlación entre la resolución espacial de la imagen satelital y la escala cartográfica del mapa, tabla 3.

Tabla 2. Sensores ópticos y sus principales características.

Sensores	Resolución [m]	Tamaño de la escena [km]	Tiempo de revisita [días]	Bandas espectrales
Quickbird	0,7	16,5 x 16,5	1 a 4	Pan
	2,8	16,5 x 16,5	1 a 4	RGB e IRC
Ikonos 2	1,0	13,0 x 13,0	2,9	Pan
	4,0	13,0 x 13,0	1,5	RGB e IRC
Spot 1-2-3	10,0	60,0 x 60,0	26	Pan
	20,0	60,0 x 60,0	26	RG e IRC
Spot 4	10,0	60,0 x 60,0	3 a 4	Pan
	20,0	60,0 x 60,0	3 a 4	RG e IRC
Spot 5	2,5 o 5,0	60,0 x 60,0	3 a 5	Infrarrojo medio
	10,0	60,0 x 60,0	3 a 5	Pan
Landsat 5 TM	30,0	185,0 x 185,0	16	RG e IRC
	120,0	185,0 x 185,0	16	Infrarrojo medio
Landsat 7 ETM	30,0	170,0 x 183,0	16	Bandas 1-5 y 7
	60,0	170,0 x 183,0	16	Banda 6
CBERS 2	15,0	170,0 x 183,0	16	Banda 8
	20,0	113,0 x 113,0	26	Bandas 1 a 5
MODIS	80,0	120,0 x 120,0	26	Bandas 6 a 8
	160,0	890,0 x 890,0	26	Banda 9
MODIS	250,0	890,0 x 890,0	26	Bandas 10 y 11
	500,0		diaria	Bandas 1-2
	1.000,0		diaria	Bandas 3-7
			diaria	Bandas 8 a 16

Tabla 3. Relación Resolución espacial-Escala

Resolución Espacial	Escala Cartográfica
<1 m	1:2.000
2,5	1:5000
5 m	1:12.000
10 m	1:25.000
20 m	1:50.000
30 m	1:80.000
80 m	1:300.000
1.000 m	1:1.500.000

Fuente: http://imageryservices.com/im_guide.php

Las imágenes satelitales Landsat, Aster, MODIS Aqua, MODIS Terra pueden descargarse en forma gratuita en los siguientes servidores:

USGS (U.S. Geological Survey) <http://glovis.usgs.gov/>

GLCF (Global Land Cover Facility) <http://glcf.umiacs.umd.edu/data/>

- Modelos de elevación digital

En la ingeniería de carreteras, el modelo de elevación digital -DEM- se los utiliza para generar mapas de curvas de nivel, mapas de orientaciones (aspect), mapas de pendientes (slope), mapas de sombras (hillshade) y mapas de visibilidad (viewshed) del área de estudio de una obra a implementar.

En la actualidad, existen dos misiones de la NASA que proporcionan datos de elevación digital en forma gratuita. Estos modelos son: SRTM y ASTER GDEM.

SRTM (Shuttle Radar Topographic Mission)

Algunos servidores disponibles para obtener esta información son:

<http://glcf.umiacs.umd.edu/data/>

<http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/index.html>

<http://srtm.csi.cgiar.org/>

ASTER GDEM

El portal para descargar los datos es <http://www.gdem.aster.ersdac.or.jp>

- Infraestructuras de datos espaciales (IDE) - Servidores WMS

Entre algunos servicios definidos por el Open Geospatial Consortium - OGC-, se destacan: Servicios de mapas web (WMS), Servicio de entidades geográficas (WFS) y Servicio de coberturas (WCS).

El servicio Web Map Service -WMS-, es un estándar que permite la visualización de información geográfica en forma de imagen. En Argentina, existen IDEs en diferentes niveles: PROSIGA - IDERA a nivel nacional, ETISIG e IDE a nivel provincial que ofrecen servicios WMS.

- Otras fuentes de información

Fotografías aéreas, Sensores terrestres (medidores de temperatura, humedad o polución atmosférica, estaciones de aforo, etc.), Relevamientos, GPS.

METODOLOGÍA DE IMPLEMENTACIÓN DE LOS SIG PARA LA GENERACIÓN DE INFORMACIÓN DE BASE

Como aporte tecnológico a los Estudios Ambientales en Carreteras, se incorpora una propuesta metodológica que inserta a los Sistemas Información Geográfica en la generación de líneas de base ambiental para los procesos de EIA en proyectos viales (figura 3). El esquema metodológico plantea los pasos a seguir para llegar a realizar la cartografía de componentes ambientales (con dimensiones espaciales) involucrados en la realización de un proyecto carretero.

Se anexa la tabla 4 que brinda una ayuda de algunas herramientas disponibles para la elaboración de los mapas ambientales (insumos, plataformas y procesos), las que se han utilizado para la elaboración de mapas ambientales en aplicaciones reales.

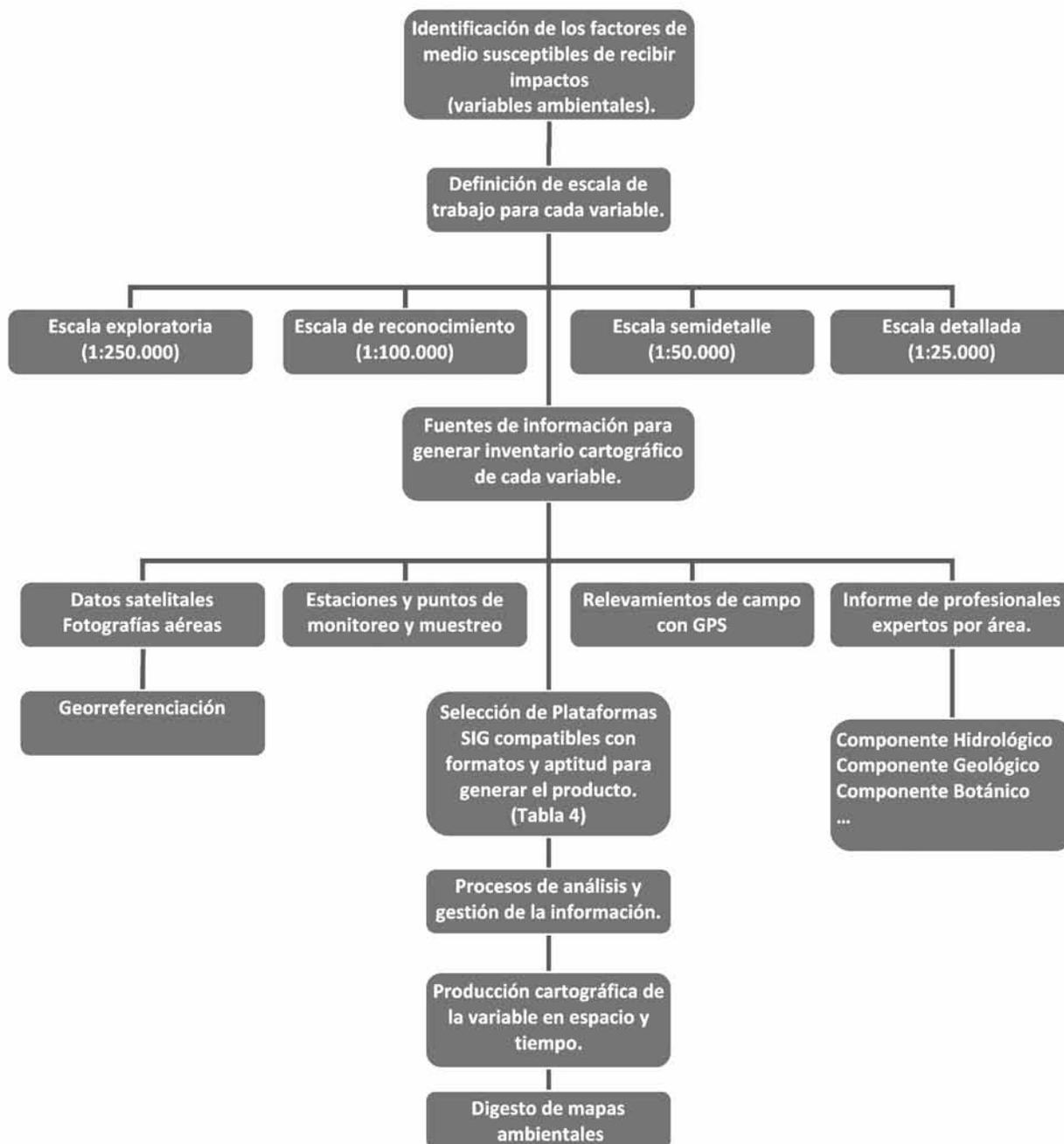


Figura 3. Propuesta metodológica para generar información de base ambiental para la EIA en proyectos viales

Tabla 4. Síntesis de insumos, plataformas y procesos para generar cartografía de variables ambientales

	INSUMOS	PLATAFORMAS	PROCESOS	VARIABLES
DATOS SATELITALES	Landsat, Ikonos, Quickbird, Spot, ...	ERDAS ENVI gvSIG ...	Poligonización de las coberturas mediante combinación de bandas (Protocolo Corine).	Cobertura vegetal Uso del suelo
	Landsat, Ikonos, Quickbird, Spot, ...	ERDAS ENVI GvSIG ...	$NDVI = (NIR-Rojo)/(NIR+Rojo)$	Normalized Difference Vegetation Index -NDVI-(densidad de coberturas vegetales).
	Landsat, Ikonos, Quickbird, Spot, ...	IDRISI Andes	Mediante un módulo denominado Modelo de evaluación del cambio del uso del suelo (LCM).	Mapas de cambios y predicción de uso del suelo
	Modis TRMM	NASA mediante el Programa GES DISC (Goddard Earth sciences Data and Information Services Center).		Temperatura superficial Precipitación diaria
	SRTM ASTER GDEM Modelo de Elevación digital	ArcGIS IDRISI GvSIG	Red de triángulos regulares -TIN-	Topografía Altitud Pendientes Exposición-Aspecto
	SRTM ASTER GDEM Modelo de Elevación Digital	ArcGIS IDRISI Rivertools GvSIG	Dirección del flujo - Acumulación del flujo - Redes de flujo - Delimitación de cuencas.	Hidromorfología Geometría de cuencas Jerarquía de cuencas (cuenca/subcuenca/microcuenca) Clasificación de ríos (Strahler-Horton).
SERVICIO WMS	Servicios de mapas web (WMS)	gvSIG Kosmo Grass ...		Mapas en formato de imagen (PNG, GIF o JPEG). La variable se localiza a través de una búsqueda por metadatos.
ESTACIONES Y PUNTOS DE MONITOREO	Datos tabulados de Estaciones Meteorológicas	ArcGIS IDRISI ...	Interpolación KRIGING, IDW, SPLINE	Clima Isohietas de precipitaciones medias anuales, mensuales Isotermas Velocidad y dirección del viento Radiación solar Humedad relativa
	Datos relevados de muestreos en campo de flora y fauna	ArcGIS ...	Definición de ecosistemas.	Flora y Fauna Distribución espacial, Diversidad y Riqueza de especies o comunidades de flora y fauna.
	Datos de ruido	ArcGIS ...	Interpolación KRIGING	Isohietas de ruidos

EJEMPLO DE APLICACIÓN EN UN CASO REAL

La presente aplicación corresponde a los estudios ambientales del medio físico (Hidrogeomorfología) del río Cullen para el proyecto del tramo San Sebastián - Hito 1 de la Ruta Nacional N° 3 en la Isla Grande de Tierra del Fuego.

Utilizando las herramientas descritas en los puntos anteriores, se elaboró el mapa hidrogeomorfológico del río Cullen con curvas de nivel y escurrimientos superficiales, permitiendo así complementar la descripción de este río que cruza la traza en Pr. 57+700.

Además, se confeccionó el mapa de la cuenca hídrica de este río y sus

parámetros físicos para la determinación del caudal de aporte para el dimensionamiento del puente carretero en el cruce con tal escurrimiento. Para la delimitación de la cuenca de derrame superficial se ha procesado el Modelo de Elevación Digital SRTM (Shuttle Radar Topography Mission— de 3 arcos de segundo, 90 m de resolución).

La delimitación de la cuenca de aporte, y el curso principal de agua se realizó con el software Idrisi. El área de la cuenca y la longitud del curso principal se obtuvieron vectorialmente mediante el software ArcGIS, y las pendientes mediante interpretación de las curvas de nivel.

Ingeniería y construcciones hidráulicas, civiles, viales y electromecánicas



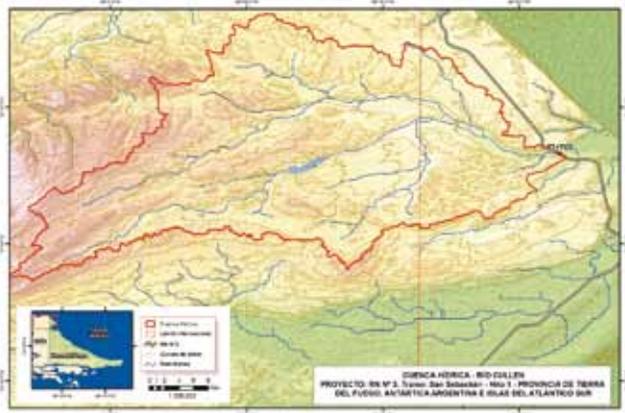
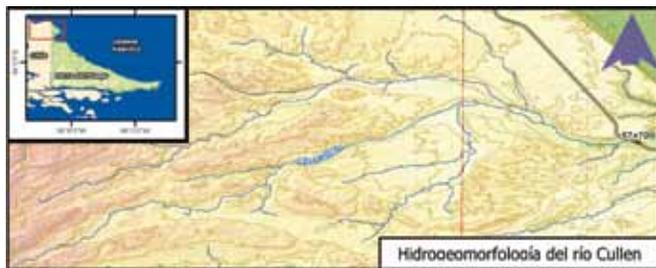
ELEPRINT S.A. OFICINA CENTRAL

Calle 123 N° 1810 esq. 69 (B1923EEA) Berisso, Pcia. de Bs. As.

Tel.: (54 221) 425-5159 | Fax: (54 221) 425-2391

eleprint@eleprintsa.com.ar | www.eleprintsa.com.ar





CONCLUSIONES

Los nuevos conocimientos y técnicas sobre el análisis espacial, pueden ser hoy desarrollados con tecnologías informáticas de última generación, como son los SIG y la Teledetección. Además, permiten la producción de nueva información a partir del análisis de los datos y mantenerla de forma sistematizada y actualizada.

La superposición de cartografías temáticas de diversas variables involucradas en un proyecto, permite generar mapas de zonas de susceptibilidad ambiental a determinados procesos (geológicos, hídricos, etc.), lo que constituye una herramienta estratégica a la hora de definir la traza de obra lineal.

Existen limitaciones en cuanto al uso de estas tecnologías, ya que exige el uso de plataformas informáticas con gran capacidad de proceso de información, software específicos y gran inversión de tiempo y esfuerzo. Sin embargo, el continuo avance de la tecnología SIG y Teledetección ha permitido el desarrollo de software de uso libre, lo que ha generalizado aún más su uso.

Existen recursos que pueden obtenerse fácilmente y a bajos costos de los cuales se puede extraer información geográfica.

Es posible obtener de un DEM descargado en forma gratuita desde internet: características del relieve de un área, escurrimientos superficiales, cuencas hídricas, pendiente y orientación del terreno, etc.

De acuerdo a la propuesta metodológica, es posible la elaboración de cartografías temáticas para el inventario ambiental utilizando fuentes de información de libre acceso por internet.

No obstante estos alcances, existen limitaciones en cuanto al uso de esta información de bajo costo, ya que a veces se exigen requerimientos para lo cual se demandan otras resoluciones (espaciales o espectrales) siendo necesario invertir para adquirir resultados más precisos.

Otras de las limitaciones a considerar en la producción de cartografía es la inversión inicial en capacitación del personal y el tiempo que requieren los procesos de búsqueda de datos, procesamiento digital y elaboración de mapas.

La metodología propuesta puede implementarse como una práctica rutinaria para producir cartografía en cualquier estudio que involucre variables de índole espacial. Esto permite complementar las cartografías disponibles de los distintos Organismos con cartografías de elaboración propia.

Esta propuesta metodológica, puede también ser empleada para generar datos espaciales para ser utilizados en la componente de ingeniería del proyecto, como puede ser la determinación de los parámetros físicos de las cuencas para los estudios hidrológicos, los aspectos climáticos para la definición de criterios de construcción, entre otros.

BIBLIOGRAFÍA

- (1) Buzai, G. D. (2001): "Paradigma Geotecnológico, Geografía Global y CiberGeografía, la gran explosión de un universo digital en expansión", *GeoFocus (Artículos)*, n° 1, p. 24-48.
- (2) Byron, H., J. Treweek, Veitch N., Sheate W. and Thompson S. (2000). "Road development in the UK: an analysis of ecological assessment in environmental impact statements produced between 1993 and 1997." *Journal of Environmental Planning and Management* 43: 71-97.
- (3) Chuvieco Salinero, E. (2007). "Teledetección ambiental. La observación de la tierra desde el espacio." Ariel Ciencia. 3 edición. Barcelona.
- (4) Diamantini, C. and B. Zanon (2000). "Planning the urban sustainable development The case of the plan for the province of Trento, Italy." *Environmental Impact Assessment Review* 20(3): 299-310.
- (5) Figueroa Casas A., Contreras Rengifo R. y Sanchez Díaz J. (1998). "Evaluación de Impacto Ambiental. Un instrumento para el desarrollo." Toro Corredor Editores, Ltda. Cali, Colombia.
- (6) Forman R., Sperling D., Bissonette J., and Winter T. (2003). "Road Ecology. Science and Solutions." Ed. Island Press. Washington.
- (7) Geneletti, D. (2006). "Some common shortcomings in the treatment of impacts of linear infrastructures on natural habitat." *Environmental Impact Assessment Review* 26(3): 257-267.
- (8) Iuell, B., Bekker G. J., Cuperus R., Dufek J., and Wandal B. L. M. (2003). "Fauna y Tráfico: Manual Europeo para identificar conflictos y diseñar soluciones."
- (9) MOPT (1992). "Guía para la elaboración de estudios del medio físico. Contenido y Metodología." Ministerio de Obras Públicas y Transportes. Monografías de la Secretaría de Estado para las Políticas del Agua y el Medio Ambiente. Madrid.

NOTA: El presente trabajo es una síntesis de la Tesis presentada y aprobada en la Carrera de Maestría en Ingeniería Vial en la Universidad Nacional de Rosario. Director: Phd. Apolinar Figueroa Casas (Colombia). Codirector: Ing. Mario J. Venezia (Argentina).

