

# 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](http://www.lomanegra.com.ar)



# Editorial

Por el Lic. Miguel A. Salvia

## UN NUEVO CICLO EN LA INFRAESTRUCTURA DEL TRANSPORTE

La presente edición de la Revista Carreteras, se enmarca en la celebración de un nuevo Día del Camino, hito anual en el cual confluye todo el sector vial y el conjunto del sistema de transporte y reflexionan sobre su futuro.

La celebración de este Día del Camino en el inicio de una nueva década resulta propicio para analizar el proceso iniciado en los últimos años y asumir el comienzo de un nuevo ciclo que deberá tender a desarrollar las obras de infraestructura necesarias, para consolidar el proceso de inversión, servir al crecimiento y la integración nacional, y generar un mecanismo de complementariedad entre todos los modos del transporte, de forma tal de optimizar y racionalizar el sistema de transporte del país.

El inicio de la década pasada mostro el agotamiento de los procesos de ajuste que utilizaban en general como variable del mismo, la reducción de la inversión pública en infraestructura, la demora en el inicio de proyectos y un bajo nivel de mantenimiento general.

Desanimados, los que integramos el sector vial, veíamos este proceso y advertíamos sobre los altos costos que la sociedad pagaría por esta política destructiva en el mediano y largo plazo.

La modificación del criterio de considerar gasto a la inversión pública en infraestructura y su transformación en el concepto de inversión reproductiva, generó la base para comenzar un profundo proceso de inversión en la infraestructura de transporte, que significó año tras año inversiones crecientes en particular en el sector vial, pero también en otras áreas vinculadas a la infraestructura y la operación del sistema de transporte.

El crecimiento de la inversión vial global, es decir considerando todos los componentes básicos del sistema, ha continuado la tendencia, y considerando la serie de inversiones de los últimos 30 años, se ha ubicado los tres últimos años, en las más altas del periodo.

Ello ha sido el fundamento de un profundo proceso de transformación del sistema de transporte y en particular del sector carretero, que ha permitido dar servicio a un parque que ha crecido en más del 60% en estos años, y un tránsito que ha demostrado un crecimiento mayor al sustancial aumento del producto bruto en la década.

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 un incremento en la tendencia a circular de los vehículos particulares y también un aumento de los kilómetros recorridos por el transporte de carga,

producto de la modernización y expansión de la actividad logística del país y el más racional e intensivo uso de las flotas.

Frente a esto, nos encontramos con una presión adicional sobre el 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.

Para explicitar este proceso de inversión, tal vez deberíamos preguntarnos: ¿cómo se hubiera perjudicado el país si este incremento fenomenal de tránsito y cargas se hubiera dado manteniendo las políticas restrictivas de la inversión?

Debemos celebrar la asignación de mayores recursos a la inversión vial y el inicio de un proceso de racionalidad en el manejo de éstas, que permitió atacar simultáneamente los aspectos generales del mantenimiento del capital existente y la instalación de una política de repavimentación, el completamiento de proyectos inconclusos durante años y la respuesta al crecimiento del país.

La pavimentación de 4.000 km. de la red Nacional, mejoras en las Redes Provinciales, la duplicación de los kilómetros existentes con categoría de Autopista y Autovía, y el avance de obras que entregaran una gran cantidad de kilómetros de duplicaciones de caminos nos permitirán la puesta en funcionamiento de un red de más de 4.300 kilómetros de esta categoría de caminos.

Hemos avanzado mucho, pero aun debemos lograr un sistema de transporte más eficiente, que fomente la intermodalidad y el desarrollo de los diferentes modos de transporte, de forma tal de aprovechar las ventajas y complementariedades de cada uno de ellos.

La importancia de constituir el sistema de transporte carretero, el centro de gravedad del sistema de transporte de país, obliga a desarrollar una acción que fomente la complementariedad con el modo ferroviario y fluvial de manera de potenciar a todo el sistema de transporte de mercancías y personas en su conjunto.



Por ello entendemos que iniciamos esta década con el aprendizaje del pasado reciente, que ha demostrado los beneficios económicos y sociales de haber mantenido altos niveles de inversión en el centro de gravedad del sistema de transporte, que también alcanza al resto de los modos de transporte.

Hoy el sector se encuentra frente a nuevos desafíos, que nos obligan a un salto de calidad en la elección y ejecución de las inversiones, consolidando un umbral más alto de inversiones, sabiendo que continuara el crecimiento y por ende la demanda sobre la infraestructura que le sirve de apoyo.

Hemos avanzado con inversiones menores al 0,4% del Producto bruto a cerca del 1%. Avanzar hasta el 1,5% del Producto Bruto Nacional en el sector vial es hoy una necesidad que permitirá abastecer a la economía del país de caminos transitables y seguros, así como asignar montos similares para los otros medios de transporte, en especial al ferrocarril.

En el estudio de crecimiento que la Asociación elaboro para esta década, con un horizonte de inversión vial y ferroviario adecuado y prudente, y asumiendo ese nivel de inversiones podríamos generar una nueva revolución en el campo del transporte.

Es necesario comprender que todos los modos deben crecer en inversión de forma tal de ofrecer a la sociedad sistemas racionales de transporte para que ésta se oriente hacia la más conveniente.

En ese sentido luego de resolver los pasivos atrasados por la desinversión tanto de mantenimiento como de desarrollo de proyectos necesarios, planear esta integración de los modos de transporte y proveer de infraestructura que abastezca a la demanda de cargas, a los nuevos desarrollos productivos, y a la integración nacional e internacional, evitando los sobrecostos de congestión, deberían ser los fundamentos de este nuevo y creciente ciclo de desarrollo de la inversión en infraestructura.

Tal como es su tradición, nuestra Asociación es optimista en la toma de conciencia de la importancia del transporte y su infraestructura, por lo que creemos que esa toma de conciencia debe expresarse en una creciente tendencia hacia altos niveles de inversión y racionales elecciones de proyectos.

Seguramente falta mucho para ofrecer un sistema que opere como tal, aun cuando las inversiones en la red en esta primera etapa, han servido de apoyo a la producción en general y han acompañado este importante incremento de tránsitos y cargas que debe soportar la misma.

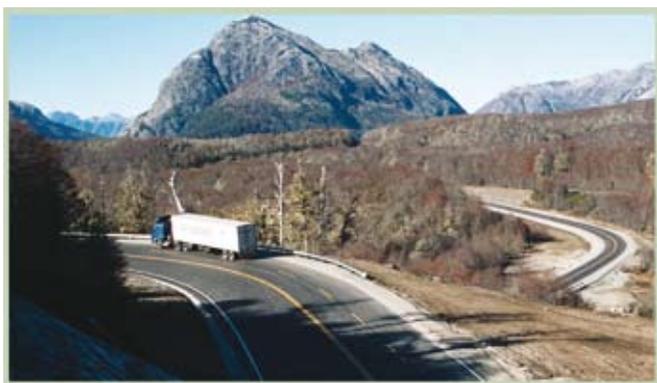
Es importante tener en cuenta que nuestro país necesita delinear una red troncal equilibrada y distribuida a lo largo y ancho del territorio nacional que permita un crecimiento homogéneo y equitativo de la vialidad a largo plazo

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.

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 las producciones nacionales.

El importante esfuerzo que implica la inversión 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 financiamiento de estas operaciones, de forma tal que todo el sistema vial sea coherente en sus políticas y sus inversiones.



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.

En cuanto a los proyectos en marcha para completar corredores y vinculaciones incompletas, pueden observarse obras que completan la red vial a lo largo y ancho del país, desarrollando proyectos demorados o 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 es muy importante la acción emprendida por la Dirección Nacional de Vialidad.

Ha habido también 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 acciones.

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.

Estos criterios racionales determinan la necesidad de efectuar inversiones con rentabilidad social económica de corto y mediano plazo, de modo tal que la ventajas reproductivas de la inversión puedan servir de base a futuros desarrollos del sistema de transporte.

Para ello es muy importante trabajar sobre parámetros claros que están definidos técnicamente en el mundo, pero adaptados a la Argentina de hoy. En ese sentido trabajar estudiando la capacidad futura en el mediano plazo de nuestros caminos en función de la composición del tránsito, en cuanto a camiones y vehículos livianos y al desarrollo de proyectos productivos en la zona de influencia, nos va a determinar potenciales niveles de tránsito de aquí a muchos años.

Debemos destacar el esfuerzo de la Dirección Nacional de Vialidad, que ha retomado su carácter de entidad rectora de la actividad vial y ha logrado una acción mancomunada con las provincias y los municipios.

Hemos compartido una charla con el Ing. Periotti, Administrador de la Dirección Nacional de Vialidad, donde se analiza este proceso y las perspectivas para el futuro a la luz del pensamiento de dicha Repartición. Una serie de imágenes de obras viales significativas ilustran la nota.

Nos quedan muchos caminos para hacer, unir definitivamente al país, generar las obras urbanas de circulación que este siglo plantea, modernizar nuestra red principal de caminos, definir una política de caminos rurales, en síntesis dar un salto de calidad de nuestras calles y caminos para servir al país y a sus habitantes. Calidad que contiene el compromiso con la seguridad vial en sus diversos aspectos, tema siempre presente en la Asociación, y consecuentemente en nuestra publicación.

Se incluye también en esta edición el lanzamiento del XVI Congreso Argentino de Vialidad y Tránsito a desarrollarse en Córdoba en octubre de 2012, que sin duda será tema central de próximas publicaciones. Otro de los eventos que se promociona y donde la Entidad es protagonista principal es el III CISEV-Congreso Iberoamericano de Seguridad Vial, a desarrollarse en Colombia el próximo año.

Un recuadro destacado muestra la celebración del 59° Aniversario de la fundación de la Asociación y el reconocimiento a empresas, instituciones y socios que nos acompañan desde hace más de 50 años.

Por ello en nuestras páginas, reflejamos el accionar de todo el sector vial, y también, aspiramos a ser un vehículo de conocimiento y transferencia tecnológica.

En particular esta edición presenta una serie de artículos relacionado con la Gestión de Puentes, los Riesgos de los mismos y un conjunto de artículos de desarrollo técnico, que mantiene esta idea de transferencia desarrollada en los más de 200 números de la Revista Carreteras.

Aspiramos a que este día del Camino recuerde la profunda modificación del panorama vial y del transporte del país, y en la continuación de estos criterios, el inicio de un ciclo que consolide y modernice definitivamente nuestra infraestructura del transporte.

Finalmente vaya un cálido saludo, en el Día del Camino a todos los miembros de la comunidad vial y del transporte que con su aporte y esfuerzo hicieron, hacen y continuaran haciendo grande a nuestro país.

**FELIZ DIA DEL CAMINO.**

## muchos caminos...

En más de 20 años de trabajo, hemos recorrido un largo camino... Ayudamos a mejorar la seguridad vial y a acortar las distancias con la construcción de 2.508 KM de rutas y autopistas en distintas provincias argentinas; levantamos 2.965 Mts. lineales de puentes, diseñamos y construimos 4 grandes circunvalaciones; construimos y mejoramos 4 pistas de aeropuertos....



ROVELLA CARRANZA

Desvío a Pescadores Km 8,9 - San Luis (D5700XAB) - Argentina - Tel.: 02652 - 536100  
Moreno 970 Piso 4 Of. 81 - C.A.B.A. (C1091AAO) - Argentina - Tel.: 011 - 4342 2845/46



### 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**  
 Prosecretario: **Ing. MIGUEL MARCONI**  
 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 Ejecutivo: **Ing. JORGE LAFAGE**  
 Director de Proyectos Especiales: **Arg. FERNANDO VERDAGUER**  
 Director de RRII y Comunicaciones: **ING. JUAN MORRONE**

# STAFF



### CARRETERAS

Año LV – Número 203  
 Octubre de 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](http://www.ferrograf-ctl.com.ar)  
 Boulevard 82 Nro. 535 La Plata.  
 Pcia. de Buenos Aires, Argentina.

[revista@aacarreteras.org.ar](mailto:revista@aacarreteras.org.ar)  
[www.aacarreteras.org.ar](http://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

Aderida 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



**GRANDES OBRAS DE NUESTRO PAÍS**

PÁGINA 16



**PROYECTO PUENTE RECONQUISTA - GOYA**

PÁGINA 28

# INDICE



Próximos Eventos	08	Declaración de México	61
Reportaje Ing. Nelson Guillermo Periotti	11	Breves	69
Grandes Obras de Nuestro País	16	<b>TRABAJOS TÉCNICOS</b>	
Grandes Puentes de Carreteras	24	1. Optimización de la resistencia al envejecimiento de los ligantes asfálticos	72
Proyecto Puente Reconquista - Goya	28	2. Análisis de los límites de rugosidad vigentes en los pliegos y propuesta de valores	81
59° Aniversario de la AAC	36	3. Ahuellamiento. Desarrollo de una metodología para el control en obra de mezclas asfálticas	87
Campañas de Seguridad Vial en municipios de la Pcia. de Bs. As.	39	<b>DIVULGACIÓN</b>	
XVI Congreso Argentino de Vialidad y Tránsito	41	1. Sistema Integral de Gerenciamiento y Mantenimiento de Puentes	94
El Nuevo Puerto la Plata	47	2. Pavimentos de Hormigón: Cuidados a edad temprana para garantizar el buen desempeño y una larga vida útil.	100
Tecnópolis	53	3. Acciones para optimizar la calidad hormigones de obras de arte	107
III CISEV	56		
Carta Argentina de la Seguridad Vial	58		



**59° ANIVERSARIO DE LA ASOCIACIÓN**

PÁGINA 36



**EL NUEVO PUERTO LA PLATA**

PÁGINA 47

# Próximos Eventos

## 2011

### Octubre

---

#### **16 al 20 de OCTUBRE**

18° Congreso Mundial de Sistemas de Transporte Inteligente-ITS  
Orlando, Florida, EEUU  
[www.itsworldcongress.org](http://www.itsworldcongress.org)

#### **19 al 21 de OCTUBRE**

8° Congreso de la Vialidad Uruguaya  
Montevideo, Uruguay.  
[www.auc.com.uy](http://www.auc.com.uy)

### Noviembre

---

#### **9 AL 12 DE NOVIEMBRE**

1ª Exposición Industrial y Minera de la Región Olavarría. Seminario y Conferencias.  
Olavarría, Pcia. de Buenos Aires, Argentina.  
[www.expolavarria.co.ar](http://www.expolavarria.co.ar)

#### **20 y 25 de NOVIEMBRE**

XVI CILA- Congreso Ibero Latinoamericano del Asfalto-.  
Río de Janeiro, Brasil.  
[www.ibp.org.br](http://www.ibp.org.br)

#### **22 al 24 de NOVIEMBRE**

Congreso Internacional de Carreteras. "Innovación en Infraestructura Vial".  
Moscú, Rusia.  
[www.irfnet.org](http://www.irfnet.org)

#### **29 de NOVIEMBRE**

59° Convención de la Cámara Argentina de la Construcción.  
Hotel Sheraton Retiro. Buenos Aires, Argentina.  
[www.camarco.org.ar](http://www.camarco.org.ar)

## 2012

### Febrero

---

#### **8 AL 11 DE FEBRERO**

International Builders' Show 2012, la mayor feria de nuevos productos de la industria de la construcción, se llevará a cabo entre el 12 y el 15 de enero en Orlando, Florida.  
[www.buildersshow.com](http://www.buildersshow.com)

### Junio

---

#### **13 AL 15 JUNIO**

5° Congreso Europeo del Asfalto  
Estambul- Turquía  
[www.econgress2012.org](http://www.econgress2012.org)

#### **12 AL 16 JUNIO**

III CISEV Congreso Ibero-Americano de Seguridad Vial.  
Bogotá, Colombia.  
[www.cisev.org](http://www.cisev.org)

### Octubre

---

#### **22 AL 26 DE OCTUBRE**

XVI Congreso Argentino de Vialidad y Tránsito  
Córdoba, Argentina  
[www.aacarreteras.org.ar](http://www.aacarreteras.org.ar)

Abriendo  
caminos  
para proyectar  
Argentina.

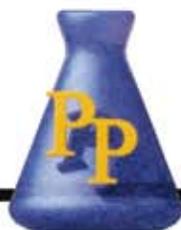


JCR S.A.

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](http://www.jcrsa.com.ar)



**PETROQUÍMICA**  
**PANAMERICANA S.A.**

## **DILUIDOS Y EMULSIONES ASFÁLTICAS PARA OBRAS VIALES**

TEL.(011) 4747-2358/4742-5378

(03487)430-050/430-111/435-425

PARQUE INDUSTRIAL ZARATE- Pcia. de Buenos Aires

[porelbuencamino@sion.com](mailto:porelbuencamino@sion.com)

# DIRECCIÓN NACIONAL DE VIALIDAD

4 de Octubre | DÍA DEL TRABAJADOR VIAL  
5 de Octubre | DÍA DEL CAMINO

*Esta fecha tan cara al sentimiento de quienes integramos la gran comunidad vial argentina es propicia para expresar el más cálido saludo a todos los hombres y mujeres de hoy y siempre, de todas las latitudes de nuestro extenso territorio que han brindado parte de su vida al servicio de esta sublime actividad de unir pueblos, desarrollar regiones y transformar la calidad de vida de los argentinos.*

**Ing. Néelson Periotti**

Adm. Gral. de la Dirección Nacional de Vialidad

RN40 - Prov. de Santa Cruz



Secretaría de Obras Públicas  
Ministerio de  
Planificación Federal,  
Inversión Pública y Servicios  
Presidencia de la Nación

**Vialidad  
Nacional**



*Ing. Nelson Guillermo Periotti*

## REPORTAJE EXCLUSIVO PARA LA REVISTA CARRETERAS NOS ABRE LA PUERTA DE SU DESPACHO EL ADMINISTRADOR DE LA DIRECCIÓN NACIONAL DE VIALIDAD, INGENIERO NELSON GUILLERMO PERIOTTI

### 1. Revista Carreteras: Que balance puede realizar del año 2011 en la celebración de un nuevo Día del Camino?

**Ing. Periotti.** Este nuevo aniversario del Día Internacional del Camino y del Trabajador Vial nos encuentra a los argentinos, frente a un escenario de obras e intervenciones sobre la red nacional, como nunca en la historia del camino en nuestro país.

Es un tiempo singular de la Vialidad Argentina a la luz de que luego de muchos años y a partir de una clara concepción política del Gobierno de la Nación sobre el sector, la actividad vial en todos sus niveles, se encuentra en la plenitud de su desarrollo.

El balance de nuestra gestión 2010 en la Dirección Nacional de Vialidad, debe ser conceptualizado en el marco de los más de 8 años de esta Administración General, evidenciando entonces, nuestra permanente voluntad de cambio de las políticas relacionadas con la infraestructura del camino.- Hoy todos los sectores del campo vial público y privado saben que por aplicación de una seria, responsable y racionalizada inversión, se pudo dar una rápida respuesta a las necesidades más críticas del camino y a la vez, se han dinamizado los proyectos de las grandes obras estructurales del territorio nacional.-

El balance es ampliamente favorable, si consideramos que la política vial nacional se ha transformado en verdadera política de estado y a partir de ello, las inversiones en la red nacional y en muchas rutas de las redes provinciales, se multiplican acompañando la evolución y el crecimiento del país en todos los aspectos.-

El balance de este tiempo de nuestra administración, es positivo, si consideramos que la vialidad argentina, hoy se encuentra íntegra y fehacientemente referenciada por Vialidad Nacional, por su condición de autoridad de aplicación de los casi 40.000 km. de la red nacional y por su recuperado prestigio de institución rectora del camino argentino

### 2. Revista Carreteras: Cómo considera la evolución de la Dirección Nacional de Vialidad durante su gestión y hacia donde estarán centradas las acciones en los próximos años? (incorporación de personal, de equipamiento, de tecnología, mejoramiento edilicio, nuevas unidades, etc.)

**Ing. Periotti.** La Dirección Nacional de Vialidad posee un presente fehacientemente vinculado a la consideración, que este proyecto concebido por el Poder Ejecutivo Nacional, le ha conferido a la institución.-

El sostenido crecimiento económico de Argentina a razón de más del 8 % anual durante casi 8 años y su vertiginosa evolución productiva en todos los aspectos, ha planteado exigencias viarias no previstas ni contempladas una década atrás y ello, constituye la razón fundamental de las importantes inversiones en obras de infraestructura vial, esencialmente en obras de ampliación de capacidad, que ha emprendido el Gobierno de la Nación.

Estas transformaciones están cambiando permanentemente el escenario de las rutas y caminos del país y ello ha impactado singularmente en la necesaria evolución de Vialidad Nacional, que ha recuperado su rol de institución rectora del camino argentino.

- Su recuperación institucional en todos los aspectos.
- La presencia actual y efectiva de Vialidad Nacional en todo el territorio.
- La modernización tecnológica con la incorporación de nuevo equipamiento e instalaciones en todas las áreas de la institución y la capacitación del recurso humano correspondiente.
- El volumen de intervenciones en la red nacional en ejecución simultánea.
- La apertura presupuestaria a las redes provinciales y municipales.
- La cantidad de obras finalizadas.
- El número de intervenciones en distintas instancias del proceso licitatorio.
- La cantidad de estudios y proyectos contratados y en elaboración por administración.

- La importante actividad de los 24 distritos viales en todas las áreas de su competencia.
- La dinámica desarrollada por nuestras gerencias y áreas dependientes de esta administración general.
- La incorporación de más de 3000 agentes y dentro de ese número, más de 700 profesionales
- La generación de acciones en conjunto con las provincias y municipios.
- La interrelación científico – tecnológica con las universidades del país.
- La extensión institucional evidenciada en múltiples acciones para la comunidad.

Son indicadores de su evolución institucional durante estos 8 años de gestión.

La DNV ha incorporado en los 24 Distritos equipamiento vial de última generación internacional y alta tecnología; con una inversión de 250 millones de pesos. Más de 400 unidades han sido distribuidas en todo el territorio, cubriendo de ese modo toda la red nacional intervenida por administración (9.000 km). A esta modernización del equipamiento hubo que complementarla con la incorporación de personal y capacitación pertinente del recurso humano.

Vialidad Nacional debe continuar en esa línea política – institucional de actualización tecnológica y operativa.

La institución ha crecido, acompañando el histórico plan de inversiones en obras de infraestructura vial que administra desde el año 2003 hasta la fecha.- El plan prevé continuidad y evolución durante los próximos años, por lo que es razonable pensar en la continuidad y evolución de la institución vial de la nación, en armonía con el plan a gestionar.

### **3. Revista Carreteras: Que conclusiones político - institucionales generó el modelo desarrollado?**

**Ing. Periotti.** Este presente, del que todos somos protagonistas, se logró porque existe un proyecto político nacional y un modelo económico de recuperación y puesta en valor del Estado al servicio de la comunidad, un proyecto político que se ha instalado a partir del año 2003 y se profundiza en el tiempo, que permite a partir de la dinamización de la economía aplicada a la obra pública para la transformación del país, la consecuente generación de trabajo y por fin, la verdadera y genuina inclusión social de los argentinos que necesitan.

### **4. Revista Carreteras: Cuál ha sido la influencia territorial de modelo aplicado ?**

**Ing. Periotti.** La República Argentina, necesita cristalizar y consolidar la infraestructura vial, afín con el sostenido crecimiento de la economía, que permita mejorar la calidad de vida y perfilar un país más competitivo, distribuyendo la inversión con criterio federal y a la vez desarrollando un claro perfil productivo.

Vialidad Nacional proyecta las obras , en armonía con el modelo del territorio plasmado en el “Plan Estratégico Territorial” que ha elaborado la Subsecretaría de Planificación Territorial de la Inversión Pública. Así, la configuración del territorio a través de nuevos ejes de articulación y desarrollo, que junto a los corredores radiocéntricos históricos y al surgimiento de corredores bioceánicos transversales, consolidan la conectividad interna del espacio nacional alcanzando a todos los núcleos productivos y permitiendo una eficiente comunicación de flujo de bienes, personas y servicios. La economía local y regional tiene, de esta forma, vías eficaces para la salida de sus productos hacia otras regiones del país o hacia el exterior, y la población accede a los bienes y servicios necesarios para garantizar una buena calidad de vida en un contexto de complementación e integración entre las distintas comunidades del territorio nacional.

### **5. Revista Carreteras. Cual es la situación hoy de los corredores viales**

**Ing. Periotti.** Los corredores viales entregados en concesión en abril del año pasado comprenden una extensión total de 7583 kilómetros y vinculan 13 provincias. Están conformados por rutas estratégicas tanto para el tránsito de las personas como para la actividad productiva del país, ya que por ellas circula el 75% del tránsito medio diario anual (TMDA) y el 90% de la producción agrícola y de las exportaciones. Con esta adjudicación se inició una nueva generación de concesiones viales que consolida el sistema de concesiones en la red vial nacional

#### **Nuevos Corredores Viales**

Los corredores viales están conformados por tramos de rutas que constituyen una red de infraestructura de integración territorial. Los nuevos contratos contemplan la explotación, construcción, mejoras, reparación, conservación , ampliación, remodelación, mantenimiento y administración de los corredores viales. Sumado a la prestación de servicios de seguridad e información a los usuarios, recibiendo por estas tareas el aporte de tarifas de peaje establecidas por el Estado Nacional. En algunos casos, las tarifas fijadas no alcanzan a cubrir los precios ofertados por estas tareas, por lo que se ha previsto complementar estos ingresos mediante subsidios que aporta el propio Estado Nacional. En otros, las tarifas fijadas exceden los precios ofertados por estos trabajos, entonces, las concesionarias abonarán un canon.

#### **Plan de Obras**

A diferencia del sistema de concesiones de corredores viales anterior, en los nuevos contratos las empresas concesionarias tienen a su cargo la **ejecución de obras** de ampliación o de rehabilitación en los corredores que les fueron adjudicados. El pago de estas obras es realizado directamente por el Estado Nacional bajo la modalidad de certificación de Obras Públicas por unidad de medida, respondiendo a la Ley de Obras Públicas N° 13.064. El total de obras a ejecutar por las concesionarias a lo largo de los 6 años de contrato, representa una inversión superior a los **once mil cien millones de pesos. (\$ 11.100.000.000).**



**6. Revista Carreteras. Existe un banco de proyectos viales para sostener el crecimiento del país?**

**Ing. Periotti.** La evidente demanda de obras de infraestructura en todo el territorio, supera permanentemente la capacidad de elaboración de proyectos. Todas las Consultoras desde hace 5 años tienen actividad plena y saturada sus posibilidades de desarrollo de estudios y proyectos.

Vialidad Nacional, a través de sus Distritos genera proyectos de obras puntuales, y de contratos de rehabilitación y mantenimiento (CREMA) y también ejecuta detrás de la necesidad.

**7. Revista Carreteras. Desde su visión, cuales son las perspectivas del Sector Vial Privado.**

**Ing. Periotti.** Desde la Dirección Nacional de Vialidad, en estos años de gestión, hicimos lo posible por amalgamar en nuestra voluntad de cambio de las políticas relacionadas con la infraestructura del camino, todos los recursos del sector vial público y privado para que con creatividad y una seria, responsable y racionalizada inversión, podamos dar rápida respuesta a las necesidades más críticas del camino, dinamizando las grandes obras viales en ejecución, reactivando las obras neutralizadas, dando sustentabilidad al sistema de gestión por contratos de rehabilitación y mantenimiento ampliando su alcance, concretando el lanzamiento de postergadas obras viales en todo el país y adaptando nuestra capacidad operativa para hacer frente a todas las obras necesarias y proyectadas, sobre los 9.000 km de la red de corredores viales concesionados.

El sector privado ha participado de modo especial en el desarrollo del emblemático plan de obras de infraestructura vial, de la actividad afín a la conservación del camino y de la consultoría de estudios, proyectos e inspección de obras, durante estos 8 años de nuestra administración. A la luz de la dinámica vial de este presente en todo el territorio y la consecuente demanda de infraestructura, no hay dudas del protagonismo y de la actividad del sector privado en el tiempo que viene. El presupuesto 2012 de Vialidad Nacional contempla cantidad y envergadura de obras, acompañando el crecimiento del país, que evidencia una auspiciosa responsabilidad del sector privado.

**8. Revista Carreteras. Expectativas para el 2012.**

**Ing. Periotti.** Las expectativas para el 2012, se centran en la finalización de obras trascendentes, como la Autovía de la R.N. N° 14, el desarrollo de más de 200 obras sobre las rutas concesionadas que conforman los ocho corredores viales, las obras de Autovías y Autopistas, licitadas y contratadas en 2011, actualmente en ejecución como las RN. N° 18, RN. N° 22, RN. N° 7, RN. N° 3, entre otras, el tercer anillo de la ciudad de Buenos Aires a través de la Autopista Presidente Perón, en fin estimamos superar si se toma desde enero 2003 a 2011 las más de 1200 obras por una inversión superior a los 50.000 millones de pesos.



## 8. Revista Carreteras. Como ve la Infraestructura Vial Argentina en el mediano Plazo.

**Ing. Periotti.** El Estado Nacional ha de considerar especialmente en el tiempo que viene, las inversiones correspondientes a las grandes obras de infraestructura vial que resuelvan la insuficiente capacidad de la red, a la luz del constante crecimiento de la economía.

Obras cómo: las que a continuación se detallan, serán priorizadas presupuestariamente a efectos de su concreción en el mediano plazo.

Autovía RN. N° 3 – San Miguel del Monte – Azul.  
Autovía RN. N° 3 – Circunvalación Bahía Blanca  
Autovía RN. N° 5 – Emp. RP. N° 41 – Acceso a Bragado  
Autovía RN. N° 7 – Luján – Junín  
Autovía RN. N° 7 – Junín – Lte. c/San Luis  
Autovía RN. N° 7 – Emp. RN. N° 40 – Uspallata  
Autovía RN. N° 205 – Emp. RN. N° 3 – Saladillo.  
Autovía RN. N° 33 – Bahía Blanca – Torquist  
Autovía RN. N° 32 – Rosario – Venado Tuerto  
Autovía RN. N° 11 – Santa Fe – San Justo  
Autovía RN. N° 11 – Rosario – Oliveras  
Autovía RN. N° A – 012 – Circunvalación exterior de la Ciudad de Rosario.  
Autovía RN. N° 34 – Rosario – Sunchales  
Autovía RN. N° 34 – La Banda – Fernández  
Autovía RN. N° 19 – San Francisco – Córdoba  
Autovía RN. N° 36 – Córdoba – Río IV  
Autovía RN. N° 158 – San Francisco – Río IV  
Autovía RN. N° 8 – Río IV – Limite c/San Luis – Villa Mercedes  
Autovía RN. N° 9 – Juárez Celman – Emp. RN. N° 60  
Autovía RN. N° 9 – Santiago del Estero – San Miguel de Tucumán.  
Autovía RN. N° 12 – Riachuelo – Paso de la Patria  
Autovía RN. N° 40 – Acceso Aeropuerto Mendoza – San Juan  
Autovía RN. N° 16 – Resistencia – Saenz Peña  
Autovía RN. N° 12 – Garupá – Puerto Iguazú.  
Complejo Reconquista – Goya  
Puente Santa Fe – Paraná

Desde el 2003 hasta el 2011 hemos construido aproximadamente 2000 Km. de autovías y autopistas y es necesario intervenir sobre 3000 Km. más, que implica un presupuesto que supera los 35.000 millones de pesos.



## 9. Revista Carreteras. Algo más que desee destacar o agregar?

**Ing. Periotti.** Este 5 de octubre, será sin duda, una fecha emblemática para la Vialidad Argentina. Un Día Internacional del Camino y del Trabajador Vial, impregnado de políticas claras para el sector, a partir de la concepción del Gobierno de la Nación sobre la obra pública. Este 5 de octubre, también aniversario 79 de nuestra Vialidad Nacional, constituye como siempre, una fecha muy cara al sentimiento de quienes integramos la gran comunidad vial argentina. Entonces, es propicia la ocasión para expresar el más cálido saludo a todos los hombres y mujeres de hoy y siempre, de todas las latitudes de nuestro extenso territorio que han brindado parte de su vida al servicio de esta sublime actividad de unir pueblos, desarrollar regiones y transformar la calidad de vida de los argentinos.

**Revista Carreteras, agradece especialmente  
al Ing. Nelson G. Periotti el reportaje brindado**



Shell Bitumen



# SHELL CARIPHALTE AM3

La fórmula ganadora  
para exigencias extremas.



# GRANDES OBRAS DE NUESTRO PAÍS

La Dirección Nacional de Vialidad en su ambicioso Plan de Inversiones destaca algunas obras, terminadas o en curso de ejecución, que por su magnitud e influencia socio-económica, constituyen verdaderos impactos regionales. Comenzando por la mágica Ruta 40, que vincula once provincias de tres regiones; la Obra del Bicentenario, la Autopista Rosario-Córdoba; la Autovía Ruta 14, principal trayecto del Mercosur; accesos a grandes ciudades y circunvalaciones de las mismas, son solo parte de la gran cantidad de obras viales encaradas por la DNV a lo largo y ancho del país. Una síntesis con las longitudes e inversiones en estas obras dan una idea de la enorme tarea que desarrolla.

## RUTA NACIONAL N°40



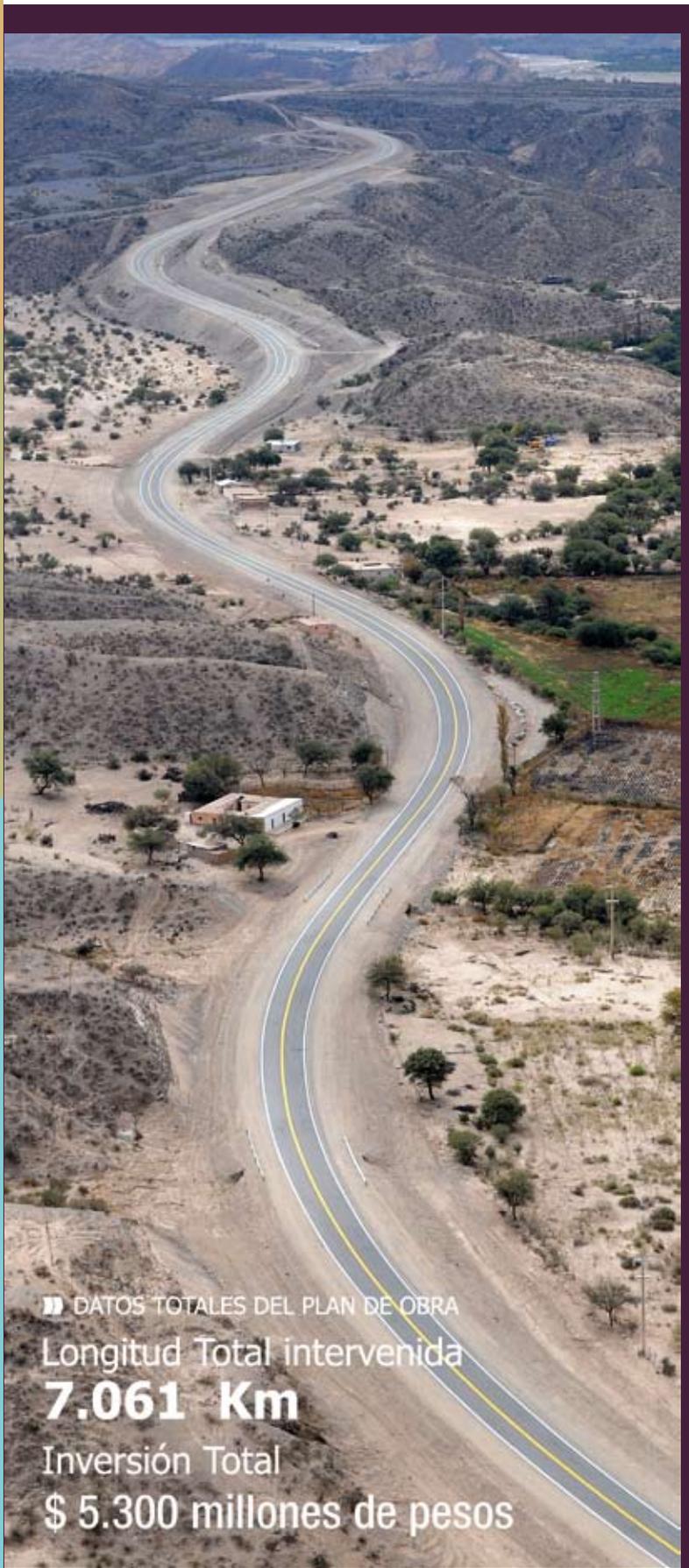
ZONA NORTE	La Quiaca Km 5.194
	Jujuy 459 Km
	<b>Km 4.731</b>
	Salta 349 Km
	<b>Km 4.382</b>
ZONA CENTRO	Tucumán 49 Km
	<b>Km 4.337</b>
	Catamarca 276 Km
	<b>Km 4.061</b>
ZONA CENTRO	La Rioja 294 Km
	<b>Km 3.767</b>
	San Juan 365 Km
ZONA SUR	<b>Km 3.402</b>
	Mendoza 583 Km
	<b>Km 2.819</b>
	Neuquén 681 Km
ZONA SUR	<b>Km 2.138</b>
	Río Negro 142 Km
	<b>Km 1.996</b>
	Chubut 573 Km
ZONA SUR	<b>Km 1.423</b>
	Santa Cruz 1.423 Km
	<b>Cabo Vírgenes Km 0</b>



**ZONA NORTE**  
1.529,4 Km

**ZONA CENTRO**  
1.343,32 Km

**ZONA SUR**  
4.188 Km



■ DATOS TOTALES DEL PLAN DE OBRA

Longitud Total intervenida

**7.061 Km**

Inversión Total

**\$ 5.300 millones de pesos**

# AUTOVÍA RN 14

GUALEGUAYCHÚ - PASO DE LOS LIBRE  
(Corrientes y Entre Ríos)

Inversión: 3.232 millones de pesos - Longitud: 449 km



# AUTOPISTA ROSARIO - CÓRDOBA

## Obra del Bicentenario

Inversión: 3.025 millones de pesos - Longitud: 312 km



# ACCESO PARQUE NACIONAL

## “Los Glaciares” - Santa Cruz

Inversión: 106 millones de pesos - Longitud: 30 km



## RUTA NACIONAL 95

Accesos a Villa Ángela (Chaco)

Inversión: 27 millones de pesos - Longitud: 7,41 km



## **RUTA NACIONAL 168**

Río Colastiné - Túnel Subfluvial (Santa Fe)

Inversión: 250 millones de pesos - Longitud: 9 km



## **AUTOVÍA RN38**

Sección III Concepción - Monteros (Tucumán)

Sección V Famallá - Ppio. Autopista (Tucumán)

Inversión: 340 millones de pesos - Longitud: 40 km



## **RUTA NACIONAL 9**

ACCESO SUR A JUJUY

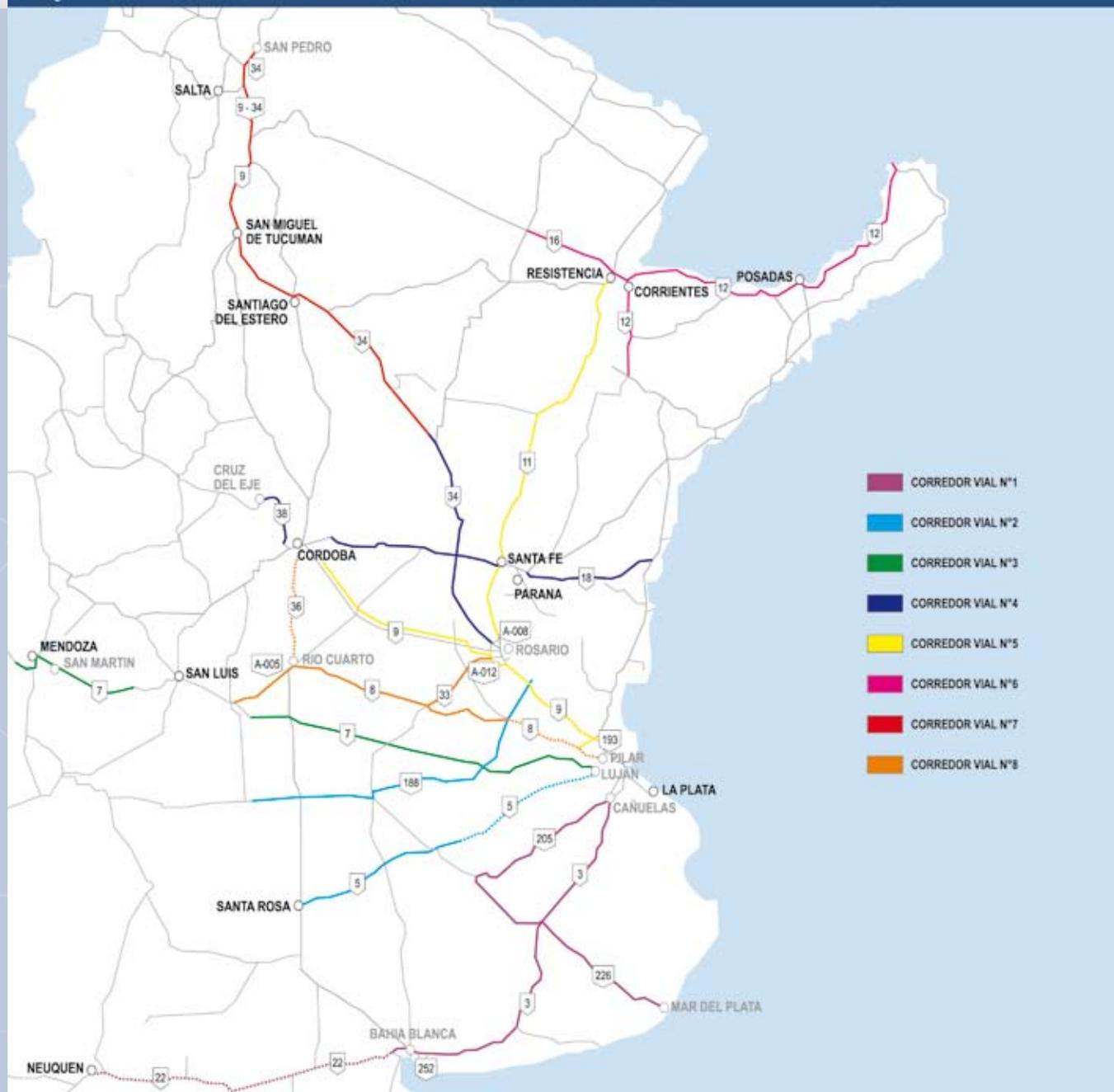
Inversión: 195 millones de pesos - Longitud: 10 km

# NUEVAS CONCESIONES DE CORREDORES VIALES

Inversión: 13.000 millones de pesos - 7.583 km

Han sido otorgados en concesión ocho Corredores Viales que vinculan 13 provincias y comprenden las Rutas Nacionales más transitadas del país.

ESQUEMA GENERAL DE LOS NUEVOS CORREDORES VIALES





# 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](http://www.icpa.org.ar)

# GRANDES PUENTES DE CARRETERAS: ANÁLISIS Y MONITOREO DE RIESGOS

Thierry KRETZ, Director, división de Ingeniería de Estructuras, Centro de Estudios sobre Transporte y Carreteras, Miembro Francés del Comité Técnico D3 'Puentes de Carreteras' de AIPCR

Fuente: Revista Routes-Roads N°350

Los grandes puentes de carreteras son bienes muy costosos que requieren monitoreo para evaluar y mitigar los riesgos y asegurar la vida útil muy prolongada para la cual están diseñados. En la actualidad, el análisis y el monitoreo de los riesgos de su estado es un componente integral de la administración de grandes puentes.

Este artículo describe los hallazgos de una encuesta realizada por el Comité Técnico D.3 'Puentes de Carreteras'. El grupo objetivo de la encuesta estaba integrado por propietarios y administradores de grandes puentes.



Foto 1 – Viaducto de Millau

## Respuesta a la encuesta

Se recibió un total de diez respuestas; la **tabla 1** incluye una breve descripción de los puentes más grandes considerados en este estudio.

TABLA 1 – PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE LOS GRANDES PUENTES ANALIZADOS

	<p><b>1- PUENTE GREAT BELT EAST</b> <b>Dinamarca</b> Puente este: 6.790 m, incluyendo el tercer puente colgante más grande (luz principal: 1.624 m); viga cajón de acero Puente oeste: 6.611 m; viga cajón de hormigón; longitud de luz: 110 m <b>Construido en: 1998</b></p>		<p><b>3- HARILAOS-TRIKOUPIS (RION-ANTIRION)</b> <b>Grecia</b> El Puente Harilaos Trikoupi (ex Puente Rion-Antirion) une la Grecia continental con el Peloponeso. Puente principal es atrantado de 5 luces, con 3 luces de 560 m y 2 luces laterales de 286 m. Vigas de acero compuesto - cubierta de hormigón. <b>Construido en: 2004</b></p>
	<p><b>2- VIADUC DE MILLAU</b> <b>Francia</b> Puentes atrantados con luces múltiples - Longitud de luz: 342 m; longitud total: 2.460 m - Viga cajón de acero <b>Construido en: 2004</b></p>		<p><b>4- AKASHI-KAIKYO</b> <b>Japón</b> Puente de suspensión de acero, ubicado sobre la AuKobe-Awaji-Naruto. Cuenta con 6 carriles para el tránsito. La longitud total es de 3.911 m con una configuración de luces que incluye una luz central de 1.991 m y dos luces exteriores de 960 m. La luz central es la luz más larga del mundo.</p>

## ANÁLISIS DE RIESGOS

Un análisis de riesgos, realizado explícita e implícitamente, es útil para determinar las directivas específicas necesarias a fin de obtener la esperada vida útil muy prolongada de los grandes puentes de carreteras y mitigar los peligros que pueden tener lugar durante su vida útil. El análisis de riesgos se basa en una lista de control de peligros a considerar, personalizada para el proyecto específico. Cada riesgo es evaluado según la probabilidad de peligro, la vulnerabilidad de la estructura y las consecuencias de los daños. Una lista de control de peligros típica se puede subdividir en tres categorías:

- Peligros que afectan la durabilidad de la estructura - Envejecimiento debido a la acción del medio ambiente: Físicos/mecánicos [congelamiento y deshielo, fatiga, contracción, deformación, relajación]; Químicos [carbonación, ingreso de cloruro, corrosión]
- Peligros que afectan la durabilidad de la estructura - Envejecimiento debido a materiales defectuosos o defectos en la ejecución: Materiales defectuosos [hormigón poroso (relación agua/cemento incorrecta), acero pretensado susceptible a corrosión por tensión]; Errores de ejecución [lechada defectuosa, recubrimiento de refuerzo insuficiente, impermeabilización defectuosa (curado del hormigón insuficiente, etc.)]
- Acciones accidentales: Naturales [terremotos, inundaciones, movimientos del suelo]; Impactos, incendios, vandalismo; Sobrecarga

Los riesgos se consideran en la etapa de diseño: decisiones respecto de los materiales más adecuados, además de los métodos de ejecución y la administración de la estructura. Estas decisiones aseguran alta durabilidad, facilidad.

El monitoreo es un componente necesario de la evaluación de riesgos. Los tres objetivos de un sistema de monitoreo son:

- asegurar que la estructura se comporte según lo esperado, durante la fase de construcción, bajo cargas de servicio y en caso de eventos extremos;
- controlar las propiedades y durabilidad de los materiales;
- detectar los peligros internos o externos que pueden afectar la estructura.

El monitoreo ofrece información complementaria para las inspecciones que se realizan en forma periódica.

A modo de ejemplo, la tabla 2 ofrece una presentación simplificada del análisis de riesgos aplicado al viaducto de Millau (Francia) y su monitoreo correspondiente.

**TABLA 2 – VIADUCTO DE MILLAU. ANÁLISIS DE RIESGO SIMPLIFICADO Y MONITOREO POSTERIOR Puentes Analizados**

PELIGROS	MONITOREO CORRESPONDIENTE
<b>Movimiento de suelos:</b> Deslizamiento de pendientes; Asentamiento general de un pilar; Asentamiento diferencial y rotación de un pilar; Desplazamiento lateral	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Geometría general de la estructura</li> <li>• Inclinação de pilares y pilones</li> <li>• Apertura de juntas de expansión</li> </ul>
<b>Comportamiento estructural anormal:</b> Deformaciones excesivas: deformación, contracción, resquebrajamiento; El comportamiento dinámico no se corresponde con la premisa del diseño; Vibraciones excesivas de los cables tensores, tensión de los cables tensores	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Relevamiento de la geometría general</li> <li>• Deformaciones locales en secciones expuestas a mucha tensión (medidores de deformación)</li> <li>• Apertura de juntas de expansión</li> <li>• Comportamiento dinámico de los cables (frecuencias y amortiguación)</li> <li>• Comportamiento dinámico de la estructura</li> <li>• Videovigilancia permanente desde la parte superior de los pilones</li> </ul>
<b>Envejecimiento rápido de los materiales:</b> Corrosión de un cable tensor; Fatiga de la cubierta ortotrópica de acero, grietas por fatiga; Corrosión del acero en el refuerzo del hormigón	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Monitoreo acústico de una selección de cables tensores</li> <li>• Control del ingreso de cloruro y carbonación en muestras de hormigón</li> </ul>
<b>Acciones externas excesivas o acumulativas:</b> Cargas excesivas de camiones; fatiga debido a cargas de camiones; Viento.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistema de peso dinámico para verificar las cargas excesivas y evaluar el daño por fatiga (daño lineal de Miner acumulativo)</li> </ul>
<b>Peligros para la facilidad de mantenimiento:</b> Viento; Hielo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Detectores de hielo</li> <li>• Anemómetros</li> </ul>
<b>Acciones accidentales:</b> Incendios, accidentes de tránsito; Vandalismo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Videovigilancia permanente</li> </ul>

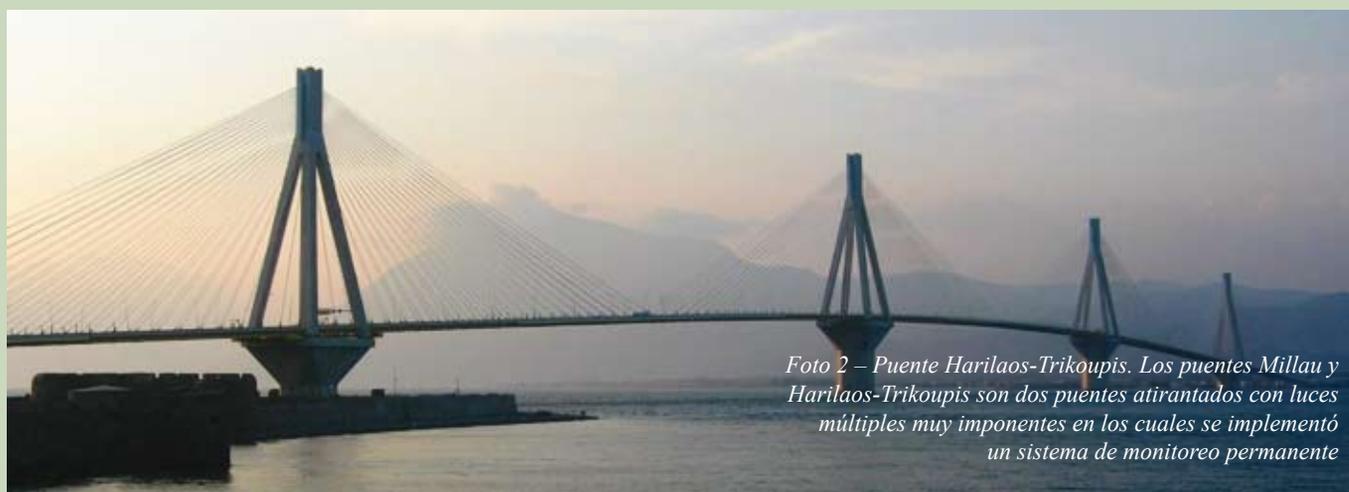


Foto 2 – Puente Harilaos-Trikoupis. Los puentes Millau y Harilaos-Trikoupis son dos puentes atirantados con luces múltiples muy imponentes en los cuales se implementó un sistema de monitoreo permanente

## SISTEMAS DE MONITOREO PARA GRANDES PUENTES

El objetivo principal del monitoreo es lograr un conocimiento preciso del estado del puente. Ayuda a actuar de manera preventiva antes de que se produzcan daños costosos. Para describir estas acciones, el comité técnico propone los términos “**Mantenimiento condicional**” y “**Mantenimiento para durabilidad**”. El sistema de monitoreo verificará en forma continua o a intervalos específicos el comportamiento estructural y los materiales y componentes constitutivos de la estructura.

Como se explicó anteriormente, el sistema de monitoreo está diseñado para realizar un relevamiento de los peligros: el mejor sistema no es el que tiene mayor cantidad de sensores, sino el que se ajusta para anticipar los riesgos, donde cada uno de los sensores y los datos son realmente necesarios y utilizados.

El sistema de monitoreo se puede describir claramente con una distinción entre:

- Monitoreo de la salud estructural: monitoreo del comportamiento estático y dinámico
- Monitoreo de la salud de los materiales: verificación de los materiales o componentes

En cualquier caso, se deben monitorear los parámetros físicos que afectan el comportamiento de la estructura. A saber:

- Temperatura (temperatura exterior, temperatura de los cables tensores, temperatura de los sensores dentro del hormigón en ubicaciones específicas) para determinar los campos de temperatura en diferentes secciones; estos datos son fundamentales para comprobar la solidez de la deformación y la geometría medida de la estructura;
- Humedad dentro y fuera de la viga cajón.
- Velocidad y dirección del viento (anemómetros en la parte superior de cada torre)

### Monitoreo de la salud estructural

Monitoreo de la salud estructural (SHM): incluye muchas técnicas diferentes, desde relevamientos geométricos hasta monitoreo de respuesta dinámica.

El monitoreo de la geometría de la estructura se puede realizar en forma periódica con dispositivos tradicionales (prismas ópticos, estación total) o en forma permanente con tecnología de GPS. Para pilares y pilones, es posible obtener desplazamientos con inclinómetros (o sensores de fibra óptica) ubicados a lo largo de pilares y pilones, con la integración de la curvatura sobre la longitud del miembro.

El monitoreo del comportamiento dinámico de la estructura es útil para estructuras grandes y flexibles, sensibles al viento o ubicadas en áreas sísmicas. Un monitoreo dinámico muy detallado también es una poderosa herramienta para detectar la modificación en la rigidez de la estructura ocasionada por partes potencialmente deterioradas de la estructura. Sin embargo, esa aplicación aún es una tecnología emergente, innovadora y costosa y no se puede recomendar a nivel general.

Para el Viaducto de Millau se realizó el monitoreo dinámico durante la inspección inicial de la estructura y se volverá a realizar en cada inspección importante. Un sistema de monitoreo dinámico continuo y más limitado se encuentra implementado en forma permanente y está integrado al sistema de vigilancia remota; este sistema se complementa con más sensores en cada inspección importante.

Los instrumentos del monitoreo dinámico incluyen medidores de deformación y acelerómetros con la sensibilidad y frecuencia de muestreo adecuadas.

Los resultados de un SHM permanente se almacenan e interpretan. Es habitual continuar con dos niveles de interpretación:

- Una interpretación automática y en tiempo real que verificará los principales resultados (desplazamientos, frecuencias, etc.), su correlación con los parámetros físicos (velocidad del viento, temperatura) y generará informes automáticos cuando se superen los niveles predefinidos e informes periódicos a solicitud.
- Una interpretación específica de los datos más graves registrados, realizada en forma periódica o después de un evento extremo (viento extremo, terremoto).

### Monitoreo de la salud de los materiales

El monitoreo de la salud de los materiales incluye todas las medidas tomadas para monitorear el estado de los materiales o componentes. El objetivo es ofrecer información para decidir las acciones de mantenimiento preventivo condicional, puesta en nivel u obras de reparación. El monitoreo específico puede incluir los siguientes aspectos:

- Monitoreo de las deformaciones locales de las secciones expuestas a mucha tensión: Si se eligen correctamente, los medidores de deformación que monitorean estas deformaciones también serán parte del monitoreo dinámico de la estructura. Los registros de las deformaciones en las piezas de acero también serán de gran utilidad para evaluar el deterioro por fatiga, con el enfoque acumulativo de Miner.
- Verificación de la durabilidad de la estructura de hormigón: Los bloques de hormigón vaciados en simultáneo con la construcción de la estructura se pueden ubicar y exponer en el mismo ambiente donde se coloca el hormigón para medir parámetros de durabilidad, tales como el ingreso de carbonación y cloruro. En el recubrimiento de hormigón se pueden embutir sondas de acero para verificar en forma periódica el ingreso de cloruro y la aparición de corrosión en el refuerzo.
- Monitoreo de los cables tensores: los cables tensores se pueden equipar con acelerómetros para verificar su tensión (calculada en base a sus frecuencias) y amortiguación. Algunos cables se pueden equipar con sensores acústicos y monitorear en forma permanente para detectar y localizar roturas en los cables.

TABLA 3 - SISTEMAS DE MONITOREO PARA GRANDES PUENTES

PUENTE	MONITOREO DE LA SALUD ESTRUCTURAL	MONITOREO DE LA SALUD DE LOS MATERIALES
<b>Storebaelt</b>	<p>450 dispositivos para evaluar el comportamiento de los materiales y la estructura</p> <p>Relevamiento geométrico: Desplazamientos de la superestructura (GPS)</p> <p>Monitoreo operativo:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Estaciones meteorológicas;</li> <li>• Descongelamiento en la carretera;</li> <li>• Volumen de tránsito;</li> <li>• Control de tránsito de barcos;</li> <li>• Sistemas de emergencia y señales de tránsito variables</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sondos de acero en el recubrimiento del hormigón (sistema de monitoreo de corrosión);</li> <li>• Fatiga en la cubierta de acero ortotrópica (medidor de deformación)</li> <li>• Los bloques de hormigón para evaluación fueron parcialmente sumergidos cerca del puente</li> </ul> <p>Monitoreo de componentes:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Movimientos de las juntas de expansión y amortiguadores hidráulicos</li> <li>• Posición de los cojinetes del puente (longitudinal)</li> </ul>
<b>Viaduc de Millau</b>	<p>El puente está equipado con un sistema de monitoreo que ofrece el monitoreo continuo de parámetros que representan su capacidad de servicio (evaluación de las condiciones de los materiales y estructurales), según se describe en el texto del presente artículo. Incluye:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Monitoreo geométrico (GPS)</li> <li>• Monitoreo dinámico</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Monitoreo del comportamiento y sustentabilidad de una muestra de los cables tensores</li> <li>• Verificación de la durabilidad de la estructura de hormigón sobre los bloques de hormigón</li> <li>• Medidores de deformación en la viga cajón de acero</li> <li>• Aberturas en las juntas de expansión</li> </ul>
<b>Charilaos Trikoupis (Rion-Antirion)</b>	<p>El sistema instrumentado contiene aproximadamente 100 sensores (300 canales) y es bastante similar al sistema del viaducto de Millau. Mediciones con muestreo de alta frecuencia generadas en períodos específicos, a solicitud y cuando se dispara un canal (cuando se superan los umbrales preestablecidos).</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Medidores de deformación en el anclaje inferior de los cables tensores</li> <li>• La pared de hormigón de sacrificio fue construida en la zona de marea para comprobar el envejecimiento del hormigón.</li> </ul>
<b>Akashi Kaikyo</b>	<p>Monitoreo dinámico + GPS para monitorear el comportamiento del puente por estación, día y hora. Los resultados se utilizan para confirmar la seguridad y el diseño.</p>	<p>Sistema de inyección de aire seco para los cables principales y los espacios donde se ubica el conjunto de soportes. Método electromagnético para identificar la corrosión interna de las cuerdas de suspensión.</p>

## Costo de un sistema de monitoreo para grandes puentes

Las respuestas que recibió el comité no incluían datos cuantitativos respecto del costo, confiabilidad y eficiencia de los sistemas de monitoreo. En base a otras fuentes de información, se espera que el costo se ubique entre el 0,1% y el 0,3% del costo de la construcción, según el tamaño del puente y los objetivos del sistema de monitoreo. La Tabla 3 presenta una reseña de los sistemas de monitoreo específicos utilizados en grandes puentes.

### REFERENCIAS

- PIARC TC D3 'Road bridges'/AIPCR CT D3 'Ponts routiers'- Large bridges Management – A publicar en el sitio web de PIARC en 2012/Publication sur le site internet en 2012
- Imed BEN FREDJ and al - Millau viaduct (France), Monitoring design and implementation. Fib Avignon 2004: concrete structures, the challenge of creativity
- Gilles Hovhanessian - Health Monitoring of Cable Stayed Structures, Experience and Implementation, IMAC 2005 EE.UU./États-Unis
- A. Chaperon - Risk based Approach of Life Cycle Management Systems - IABMAS Porto 2006 - Portugal

## Conclusión

Los últimos avances en los materiales de acero y hormigón y el conocimiento de sus procesos de envejecimiento permiten considerar una vida útil mucho más prolongada que la habitual, de cien años. Sin embargo, se deben alcanzar las tres condiciones descritas a continuación:

- Diseño de la estructura y elección de los materiales muy meticulosos, en base a un análisis de riesgos y la integración de las restricciones de gestión, incluyendo el reemplazo de todos los componentes cuya vida útil es limitada.
- Buena ejecución.
- Un enfoque moderno de gestión de bienes y técnicas de monitoreo para ofrecer información precisa sobre materiales, componentes, salud estructural y su envejecimiento.

Estas condiciones se alcanzaron en los grandes puentes descritos en este artículo. En términos más generales, los grandes puentes son bienes muy costosos construidos para un futuro sustentable. En realidad, la noción misma de ciclo de vida no es adecuada para estas estructuras y esperamos que estén en pie casi para siempre.

# PROYECTO PUENTE RECONQUISTA - GOYA

## Futuro cruce sobre el Río Paraná

por Ing. Tomás A. del Carril, Director del Proyecto Conexión Física Reconquista-Goya

### Estado del Proyecto

El Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios ya cuenta con el proyecto ejecutivo completo y listo para licitar, para futuro cruce sobre el Río Paraná a la altura de las Ciudades de Reconquista (Pcia. de Sta. Fe) y Goya (Pcia. de Corrientes). El proyecto que se refiere a una conexión vial entre puntos próximos a las referidas ciudades, fue elaborado por un Consorcio formado cinco firmas consultoras argentinas: CONSULAR, IATASA, GRIMAU, ATEC e INCOCIV y entregado a las autoridades en 2009. Unirá el Norte de la Provincia de Santa Fe con el sur de la Provincia de Corrientes, consituyendo la primera conexión física entre dichas provincias, mediante una doble calzada, con una extensión de 41 km, desde la Ruta Nacional N° 11, al Norte de Avellaneda, en Santa Fe, hasta la Ruta Provincial N° 27, unos 8 km al sur de Lavalle en Corrientes.

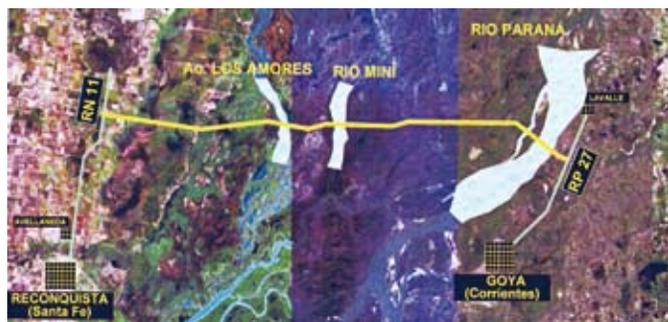


Fig.1 Localización de la Conexión Goya – Reconquista y ubicación del cruce principal sobre el Río Paraná.

La gran obra vial se extenderá sobre la planicie de inundación del río Paraná, una zona de islas y riachos que se inundan completamente durante las grandes crecidas. Se desarrolla mediante una sucesión de tramos en terraplén, 16 puentes, que en conjunto suman una

longitud de 4,2 km, y el cruce sobre el cauce principal y el canal navegable del Paraná que tiene una extensión de 3,9 Km. En la zona inundable, se destacan los puentes sobre los dos cauces permanentes de importancia: el Río Amores de 350m de longitud y el Paraná Miní de 385m de longitud. Este último, también es navegable por embarcaciones de pequeño porte. Completan el proyecto, los distribuidores de conexión, en los extremos del proyecto, con las rutas Nacional N° 11 y Provincial N° 27 (Fig. 1).

El presente artículo, se refiere al gran puente que permitirá el cruce del cauce principal y el canal de navegación actual del Río Paraná. Como es sabido, este gran río constituye un obstáculo natural para la integración de la Mesopotamia con el resto del país, que actualmente se puede cruzar mediante los puentes Resistencia – Corrientes, Rosario - Victoria y el complejo Zárate – Brazo Largo, a los cuales se suma el túnel subfluvial Paraná – Santa Fe.

El puente Reconquista – Goya, como se lo denomina comúnmente, está ubicado en un lugar geográfico estratégico para el transporte del país y del Mercosur, equidistante entre los cruces de Resistencia – Corrientes y Paraná – Santa Fe, y será, con sus 390m entre los ejes de sus pilas principales, el puente de mayor luz libre del país. Estará conformado por diferentes estructuras, a saber: un Puente Principal de 900 metros de longitud total (5 vanos), con sus tramos centrales atirantados, sobre el canal de navegación, y sus respectivos viaductos de acceso: del lado Oeste, con 2100 m de longitud, y Este, con 845m de longitud. La longitud total de las estructuras de este cruce, es de 3,9 km (Fig. 2).

La sección transversal consta de dos carriles en cada dirección, defensas de tránsito tipo New Jersey en la mediana y en los laterales, veredas y barandas peatonales (Fig. 3).

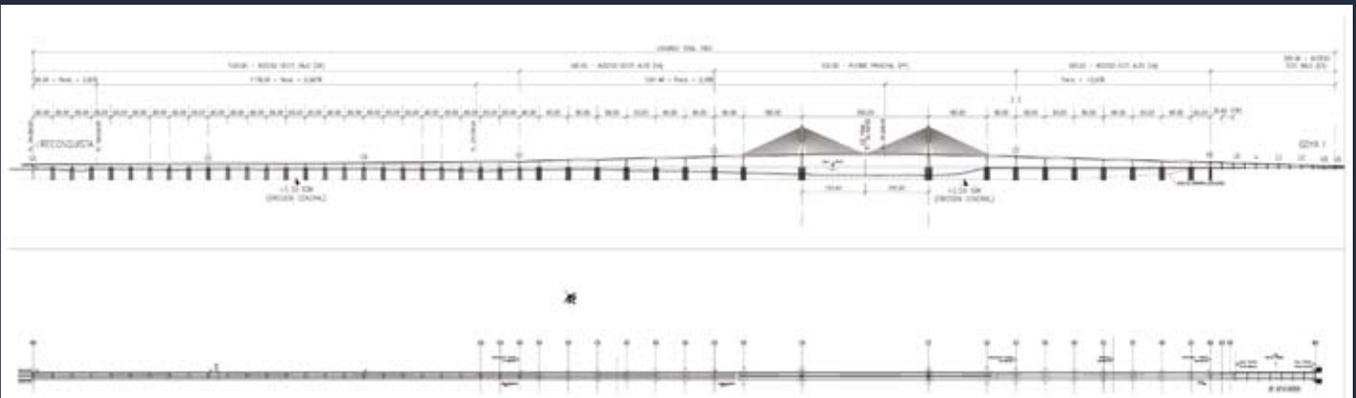


Fig. 2. Configuración global del nuevo cruce sobre el Río Paraná. el Río Paraná.



Fig. 4. Tren de barcas típico circulando por la Hidrovía.

## Gálibos y tráfico fluvial

De acuerdo con los Términos de Referencia del Concurso del Proyecto, se adoptó un gálibo vertical de 35 m y horizontal de 285 m, sobre el nivel de crecida máxima para un período de recurrencia de 1000 años. Este nivel permite evitar, dentro del gálibo previsto para buques, la colisión con castillos y mástiles de buques que, aunque actualmente son escasos en ese tramo de la Hidrovía, su tránsito puede incrementarse en el futuro. Por otra parte, los niveles inferiores de tablero, en correspondencia con los gálibos horizontales que requieren las barcasas, permiten evitar la colisión con los castillos de los remolcadores. Aisladamente, se consideró el impacto de la antena del remolcador en los tramos de viaducto adyacentes al puente principal.

Para la identificación de la embarcación de diseño de las obras de protección del puente se consideró conveniente realizar inicialmente una caracterización cualitativa de los principales tipos

de embarcaciones que conforman el tráfico fluvial en la zona de interés para el proyecto.

En ese sentido, en primer lugar (desde el punto de vista de su participación en el total de la carga transportada) debe mencionarse la existencia de los trenes de barcasas destinados al transporte de graneles sólidos (esencialmente granos, subproductos de la industria aceitera y minerales, fundamentalmente mineral de hierro, que constituyen los principales flujos en sentido descendente) y de graneles líquidos (tráficos de combustibles que circulan en sentido ascendente). Estos convoyes están constituidos por grupos de barcasas que llegan a contar con hasta 30 unidades, impulsados por remolcadores de empuje ubicados en la parte posterior de cada convoy (Fig. 4).



Fig. 4. Tren de barcasas típico circulando por la Hidrovía.

## La influencia del costo de las defensas contra choque de embarcaciones

La importancia de un estudio conjunto, surgió, por un lado, al comprobar que las defensas contra choque de embarcaciones tienen un alto costo constructivo, dado por el hecho de que se trata de conjuntos de pilotes con camisa de acero especial de importante espesor, concebidos para disipar la energía de los impactos mediante deformaciones plásticas. Para los análisis preliminares, se estimó, de acuerdo a la experiencia de otras defensas ejecutadas en el mismo río, que un pilote de Defensa tendría un costo de dos a tres veces superior al de un pilote normal de la estructura.

A su vez, considerando los criterios de AASHTO para el diseño de defensas contra choque de embarcaciones, la fuerza de diseño de las defensas se reduce al incrementarse la distancia al eje del canal de navegación, extinguiéndose totalmente su necesidad, cuando esta distancia alcanza las tres esloras de la embarcación de diseño.

Todo esto lleva a que resulte más económico ampliar la luz del Puente Principal y las de los viaductos en las proximidades del canal de navegación, reduciéndose con ello, en forma drástica, el número de pilas a defender y la dimensión de las defensas, y obteniéndose un costo menor para la obra en su conjunto. Otra consecuencia del alto costo de las defensas independientes llevó a diseñar lo que se conoce como Defensas Integradas, que consiste en dotar de pilotes adicionales a las fundaciones del puente principal y los viaductos, con el objeto de que puedan absorber el impacto de la embarcación de diseño trabajando dentro del rango elástico. Pese a incrementarse notablemente el número de pilotes y las dimensiones de los cabezales en estas fundaciones, se obtienen beneficios económicos en virtud del alto costo de las defensas independientes. También se logran beneficios adicionales por el hecho de diseñar Defensas Integradas: los pilotes que se utilizan también para fundar el puente, tienen una fuerte carga vertical y esto los hace más capaces a la hora de tomar esfuerzos horizontales por flexo compresión. Otra ventaja de las Defensas Integradas Respecto de las Independientes, es que éstas últimas quedan fuera de servicio luego de un impacto y deben ser reconstruidas, y durante todo el proceso que la reconstrucción implica para una obra pública, el puente se encuentra indefenso.

## Estudios de alternativas para las estructuras del cruce principal

Por primera vez en el país, se realizó un estudio de optimización de luces y tipología de un gran puente, atendiendo el problema en forma global al considerarse, entre los costos de obra, las defensas contra choque de embarcaciones juntamente con la infraestructura y la superestructura del puente. En la primera fase del proyecto ejecutivo, se realizaron análisis de diversas alternativas de conjuntos formados por el Puente Principal, los Viaductos Este y Oeste y las Defensas para las obras frente al eventual choque de embarcaciones.

Efectivamente, en los casos de los restantes puentes construidos sobre el mismo río, las luces de los puentes principales y viaductos, fueron establecidas antes de comenzarse los estudios detallados de geotecnia, socavación y navegación. Completado el proyecto e incluso después haberse concluido la construcción (exceptuando el caso de Rosario – Victoria, cuyas defensas se construyeron conjuntamente con el puente), fue atacado el problema de dotar a los puentes con sistemas de defensas contra choque de embarcaciones.

Aún cuando en el caso que nos ocupa se contó con el fuerte antecedente de un anteproyecto que recibió el Consorcio proyectista al iniciarse el contrato, desde el comienzo se vio la necesidad de redimensionar las luces de puentes y viaductos en la búsqueda de una solución optimizada global que contemplara las necesidades de la navegación actual y futura, las características geotécnicas del suelo de fundación y las evaluaciones preliminares de las erosiones esperadas en condiciones de la máxima creciente de recurrencia adoptada para el diseño, de recurrencia milenaria.

## Estudios de optimización de luces y configuración de las estructuras

Con el asesoramiento del estudio Leonhardt y Andra, de Alemania, que tuvo destacada participación en los proyectos y la construcción de los puentes Zárate-Brazo Largo, Encarnación-Posadas y Rosario-Victoria, se realizaron análisis comparativos de estructuras complejas compuestas por los viaductos, el puente principal y las defensas contra choque de embarcaciones. Se analizaron cinco variantes para el conjunto PP+V+D (Puente Principal + Viaductos + Defensas). Estos análisis, de carácter técnico económico, realizados para diferentes configuraciones, llevaron a adoptar una luz central principal de 390m, bastante mayor que la del anteproyecto del pliego licitatorio (cabe aclarar que el anteproyecto era sólo para dos carriles) y viaductos de aproximación de tres tipos diferentes.

Se denominaron Altos a los viaductos de aproximación que empalman directamente con el puente principal en sus extremos Este y Oeste. Su designación corresponde no sólo a su mayor altura sobre el pelo de agua, para permitir el paso de barcasas errantes desprendidas de un tren de barcasas luego de un hipotético impacto y de los remolcadores que las empujan, sino también por tratarse de estructuras de mayor magnitud e importancia que los viaductos Bajos, que se extienden hacia el oeste a una altura mínima sobre el agua y hacia el este sobre los terrenos secos de la costa correntina.



# 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@supercimento.com.ar](mailto:info@supercimento.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

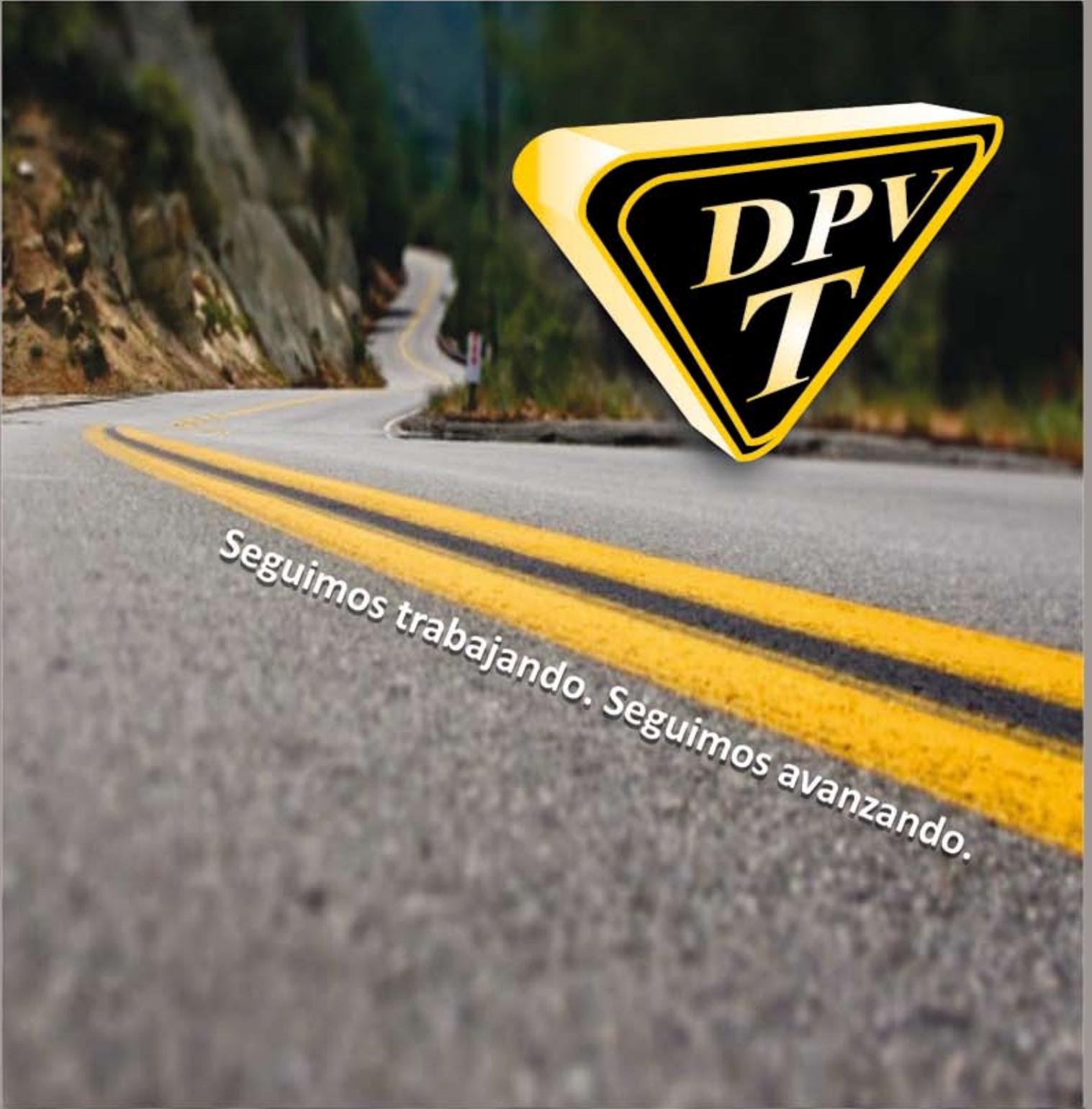
#### DEMARCAACION HORIZONTAL

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

#### SEÑALIZACION VERTICAL

FABRICANTE HOMOLOGADO  
DE SEÑALES **3M**





Seguimos trabajando. Seguimos avanzando.

Una vez que los estudios hidráulicos y geotécnicos, permitieron establecer los niveles de erosión, general y localizada, y las características de las fundaciones tales como diámetro y longitud de los pilotes, se evaluaron los costos de las mismas en cada alternativa y se llevaron a las ecuaciones de costo total conjuntamente con los costos de superestructuras y defensas. Para cada combinación de luces en las diferentes estructuras, se evaluaron los costos a fin de optimizar la topología de las mismas.

Estos análisis, arrojaron la conveniencia de adoptar un puente principal atirantado con superestructura tipo cajón y un solo plano de obenques en el centro, como se describe más adelante.

Para los viaductos altos, se adoptó una sección transversal tipo cajón de hormigón pretensado, a construirse por el procedimiento del empuje acompasado, con luces de 90m. Un diseño similar, pero con luces de 60m, se adoptó para el viaducto Oeste Bajo, en tanto que el viaducto Este Bajo se diseñó con luces de 35m y superestructura convencional de vigas prefabricadas y losas in situ, por tratarse de una estructura a construir sobre terreno seco y firme.

## Descripción de las estructuras

### Puente Principal

La alternativa de hormigón para el puente principal, prevé una superestructura formada por una viga continua de sección cajón postesada, de cinco tramos, con luces de 90 – 180 – 390 – 180 - 90 metros, totalizando una longitud de 930 m. La viga cajón se encuentra rigidizada por diafragmas, en coincidencia con las pilas y las torres o pilones (Fig. 5).

El tramo central y los dos laterales son soportados completamente por un conjunto de obenques colocados en el centro de la sección transversal del tablero y que concurren a sendos pilones que tienen forma de diamante. El hecho de poseer un solo plano de obenques llevó a utilizar una sección transversal tipo cajón por su gran rigidez a la torsión. Cada obenque se encuentra fijado a la viga de rigidez mediante un pórtico de acero que toma las cargas en los vértices de la sección cajón y la lleva a los obenques y, a través de ellos, a la parte superior del pilón.

Esta estructura presenta una notable innovación con respecto a la configuración usual de los puentes atirantados simétricos. En tanto que

es completamente frecuente que los puentes atirantados simétricos tengan tres tramos, como los cuatro puentes existentes sobre el río Paraná, en este caso, la viga de rigidez tiene cinco tramos. Esta configuración trae aparejadas dos importantes ventajas.

En primer lugar es posible eliminar los obenques de retención que introducen importantes esfuerzos de tracción en las pilas extremas de los puentes de tres tramos y obligan a diseñar una articulación compleja en estos apoyos. En lugar de los mencionados obenques de retención, se adopta una configuración de obenques que se extiende hacia los tramos extremos de la viga de rigidez, ahora de cinco tramos. Con ello se evita la tracción sobre la pila cercana al pilón y varias complicaciones que conlleva la transmisión de esa gran fuerza de tracción a las fundaciones con un dispositivo que, además, permita los desplazamientos longitudinales. Las bielas, generalmente de acero y de gran tamaño, que deben colocarse para tomar los obenques de retención, son elementos que requieren frecuente mantenimiento por sus partes móviles y constituyen también un elemento vital para la estabilidad del puente que debe protegerse especialmente de accidentes o daños de cualquier tipo. Al fijarse algunos obenques en los tramos primero y quinto, se utiliza la reacción de estos tramos para compensar las tracciones de los obenques que sustituyen a los de retención y la estructura es mucho más simple y presenta una completa simetría para los obenques y una redundancia estructural mayor, beneficiosa para la estabilidad del conjunto. Por otra parte requiere menor mantenimiento.

En segundo lugar, la experiencia ha demostrado que en los puentes tradicionales de tres tramos, se verifican rotaciones relativas de importante magnitud entre el extremo de la viga de rigidez y el tramo extremo del viaducto de aproximación. El dispositivo de junta que debe colocarse en dicho empalme de estructuras, resulta bastante complejo para permitir dicho giro relativo, grandes desplazamientos horizontales y tenga una sensación de confort para los usuarios. Con el diseño de la viga de rigidez de cinco tramos, el problema de las rotaciones entre el extremo de la viga de rigidez y el viaducto, se traslada hacia la pila extrema y se produce entre dos estructuras de longitud y rigidez similar, resultando mucho más manejable con dispositivos de junta más simples.

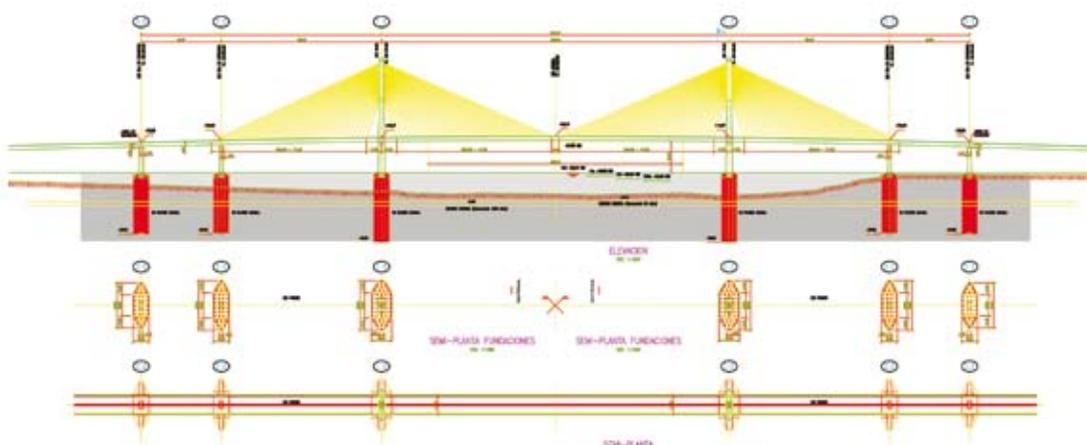


Fig. 5. Configuración del Puente Principal, alternativa de hormigón.

Los obenques convergen, en su parte superior, en el tope de los pilones con una configuración de tipo abanico y presentan una perfecta simetría respecto al eje de las torres.

Los pilones tienen forma de diamante y una altura total de 127m (Fig. 6). Su sección transversal es hueca y pentagonal y se apoya en un cabezal de 46 pilotes de dos metros de diámetro. Los cabezales tienen una forma de diamante en planta para ofrecer una sección en punta para que, ante un eventual choque de un tren de barcazas, se asegure que impacta una barcaza de frente y se produzca el desarmado instantáneo del tren, con lo cual la fuerza del choque sobre la pila queda minimizada. Ensayos hidrodinámicos realizados en los laboratorios de Ezeiza, del Instituto Nacional de Aguas (INA), permitieron evaluar los niveles que alcanzaría la socavación total en las pilas del puente, con lo cual mediante una interacción entre las

áreas de Geotecnia, Hidráulica y Estructuras del equipo de proyecto, se llegó a un diseño seguro de las fundaciones de cada pila.

Como resultado de los estudios, la fundación de todas las pilas se previó mediante pilotes perforados verticales de hormigón armado, de dos metros de diámetro y longitudes variables entre 60 y 72m, para empotrar sus extremos en un estrato, no socavable, de arcillas de consistencia muy firme. Las pilas de retención y transición tienen sección cajón con paredes de 50cm de espesor. En su parte inferior estarán rellenas con un hormigón pobre en una altura de 6,50m. para fortalecer el sector ante los eventuales choques de embarcaciones. En diseño ejecutivo se previó un procedimiento de montaje a fin de verificar la estabilidad de la obra en todas sus etapas constructivas, evaluando particularmente el comportamiento aeroelástico bajo la acción del viento, que suele acarrear problemas en ciertas etapas de la construcción de este tipo de puentes.

El sistema de construcción elegido por el proyectista, contempló un procedimiento constructivo mixto, previéndose la ejecución por empuje acompasado para los tramos laterales, hasta llegar al primer obenque del tramo central, para continuar con un procedimiento de avance en voladizos sucesivos, con dovelas prefabricadas u hormigonadas in situ, en el tramo central del puente principal (Fig. 7). El Comitente a través de la Unidad Técnica, solicitó, cuando el proyecto ejecutivo se encontraba en un estado importante de avance, la consideración de una alternativa con tablero mixto (vigas de acero y losas de hormigón) para el puente principal. En este caso, se adoptó una sección transversal abierta y pilones en forma de A con dos planos de obenques a ambos lados de la sección (Fig. 8).

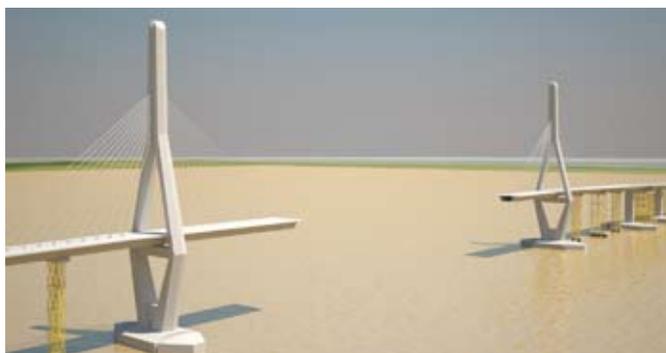


Fig. 7. Procedimiento constructivo previsto para el Puente Principal, alternativa de hormigón.



Fig. 8. Pílon y sección transversal de la alternativa mixta.

## Viaductos

Los viaductos de acceso al puente principal comprenden cuatro estructuras diferentes denominadas: Viaducto Oeste Bajo, Viaducto Oeste Alto, Viaducto Este Alto y Viaducto Este Bajo. Los tres primeros presentan similitudes desde el punto de vista de su concepción estructural, son vigas continuas de sección cajón y cuya construcción se ha previsto mediante el procedimiento de empuje acompasado. El Viaducto Oeste Bajo tiene una longitud total de 1.500m, compuesta por 25 tramos de 60m de luz cada uno. La longitud total se subdivide, mediante juntas de dilatación, en un tramo de 540m de longitud (9 vanos) y dos de 480m (8 vanos cada uno), constituyendo cada uno de estos tramos, una viga continua.

La superestructura es una viga de sección cajón trapezoidal de cuatro metros de altura, rigidizada transversalmente mediante diafragmas, sobre las pilas. Las vigas cajón tienen previsto un pretensado longitudinal interno y se dejarán vainas adicionales para un eventual refuerzo futuro o para el caso de que se produzca alguna falla en un cable durante la construcción que obligue a rechazarlo.

Las pilas presentan una geometría regular con secciones transversales tipo cajón rectangular parcialmente rellenas con hormigón pobre en su parte inferior y apoyan sobre cabezales de pilotes.

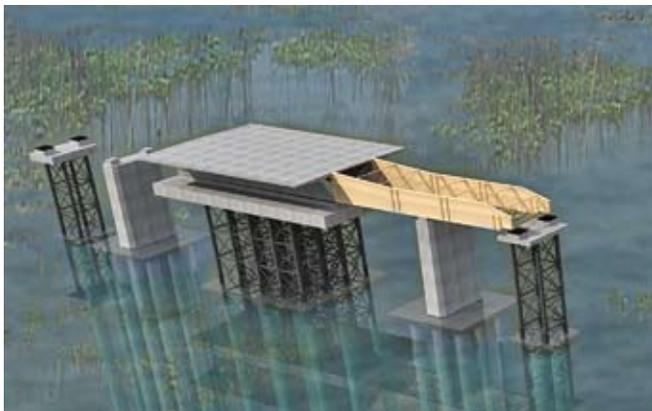


Fig. 9. El sistema constructivo de los Viaductos, por empuje acompasado.

Por su parte, los Viaductos Oeste y Este Altos, son completamente iguales, y simétricos con respecto al eje del puente principal. Se desarrollan en zonas donde se espera el paso de algunas naves y especialmente de barcas errantes en el caso de algún accidente de navegación. Tienen una longitud total de 600m cada uno, dividida en un vano de 60m entre las pilas extremas de empalme con los viaductos bajos y seis vanos de 90m hasta sus juntas con el puente principal. Cada uno de ellos constituye una viga continua de siete tramos, cuya construcción se ejecutará por empuje acompasado. La sección transversal de la superestructura es tipo cajón trapezoidal, rigidizada sobre las pilas con diafragmas y pretensada longitudinalmente en forma interna, también con vainas adicionales para un eventual refuerzo futuro.

Las pilas de estos viaductos Altos, tienen diferente número de pilotes, dependiendo de sus distancia al eje del canal de navegación, para configurar el sistema de defensas integradas que

se describió anteriormente. Los fustes de las pilas son de sección cajón rectangular y se encuentran rellenos en su parte inferior con hormigón pobre.

El último de los viaductos, denominado Este Bajo, consiste en una estructura de 245m de longitud total, conformada por un tablero de vigas prefabricadas postensadas de 34,7m de largo en siete tramos de 35m de longitud entre ejes de pilas.

Las fundaciones se realizan por medio de pilotes de 1,80m de diámetro excavados (tres por pila), con una extensión aproximada entre 25 y 30m.

El tablero se resuelve en dos mitades, cuatro vigas prefabricadas postesadas de sección "I" de 1,90m de altura, con una sola etapa de tesado, cada una y sobre ellas una losa de 20cm hormigonada in situ. Este tablero incluye una calzada bidireccional de 16.60 m. de ancho. El viaducto tendrá veredas peatonales en ambos costados del puente con un ancho útil de un metro. Bajo las veredas se previó la eventual colocación de conductos de servicios.

## Conclusiones

En el desarrollo de este proyecto ha quedado demostrada la importancia y verdadera necesidad de realizar estudios de optimización técnico económicos a fin de definir adecuadamente los tipos estructurales más convenientes y funcionales, antes de proceder a licitar las obras.

Estas tareas cobran una importancia primordial en los grandes proyectos de ingeniería. En ellos, es mandatorio contemplar distintas situaciones y parámetros básicos de diseño, para llegar a soluciones óptimas desde el punto de vista del costo global en la etapa de proyecto ejecutivo. Ya se cuenta con tristes experiencias en el país, de obras que han visto multiplicados sus costos y plazos por tener que resolver problemas de ingeniería que pudieron preverse con estudios más profundos antes de la construcción y que no se realizan en las etapas de factibilidad y anteproyecto.



# LA ASOCIACIÓN ARGENTINA DE CARRETERAS CUMPLIÓ 59 AÑOS DE SU FUNDACIÓN



La Entidad señera de la actividad vial en el país celebró un nuevo aniversario de su fundación, ocurrida el 21 de julio de 1952. La Asociación se desarrolló y creció bajo el lema “Por más y mejores caminos” y pasados ya 59 años continúa hoy vigente y sirve de estímulo para encarar estudios y proyectos tendientes a alcanzar ese objetivo.

El acto de recordación de tan sentida fecha fue la oportunidad propicia para que el Presidente, Lic. Miguel Salvia efectuara un breve balance de las acciones desarrolladas en el último año y los proyectos en marcha. Señaló que aun cuando se construyeron obras viales de magnitud todavía queda una larga tarea a desarrollar en aspectos tales como duplicación de calzadas, pavimentación de banquetas y especialmente en el mantenimiento de caminos rurales, razón por la cual la institución que preside continuara trabajando en la formulación de proyectos y planes para acercarles a los responsables de la infraestructura vial del país.

En el transcurso de la celebración se entregaron medallas y placas recordatorias a los socios individuales, instituciones y empresas que cumplieron 30 y 50 años de activo vínculo con la Asociación.

La empresa Bacigalupi y Distefano cumplió 50 años acompañando a la Asociación, recibió la placa recordatoria el Ing. Carlos Bacigalupi, miembro del Consejo Directivo.

Asimismo el Centro Argentino de Ingenieros recibió el reconocimiento por los 30 años como asociado. El Ing. Frúniz recibió la placa en nombre del Presidente del CAI Ing. Di Benedetto.

También cumplieron 30 años como socios individuales, los Ings. Francisco J. Maurmair, Enrique A. Berezovsky, Marcelo Herz y la Ingeniera Marta B. Pagola

El acto contó con la presencia del Administrador General de la DNV, Ing. Nelson Periotti, el Presidente del Consejo Vial Federal, Ing. Curto, el Presidente de la Cámara Argentina de la Construcción, Ing. Carlos Wagner, entre otros referentes del sector vial y del transporte.

Finalizando la celebración el Ing. Periotti tomó la palabra y efectuó un brindis por la Asociación Argentina de Carreteras y la vialidad nacional en su conjunto, extensivo también a los profesionales, técnicos y trabajadores que desempeñan tareas viales en todo el país.



“POR MÁS Y MEJORES CAMINOS”

# IMÁGENES DE LA CELEBRACIÓN



Ing. Frúniz en nombre del CAI



Ing. Francisco J. Maurmair

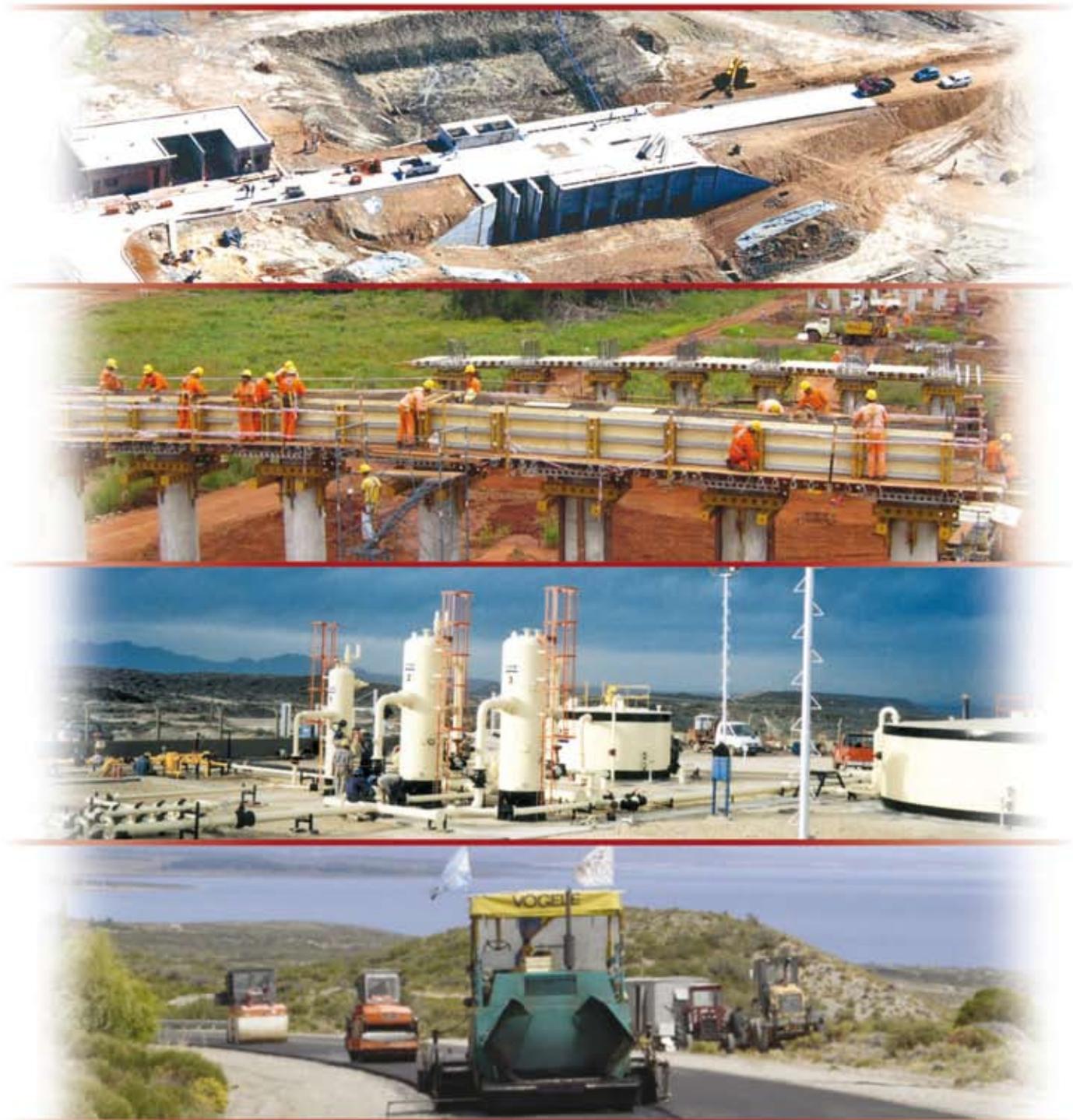


Ing. Carlos Bacigalupi de la Empresa Bacigalupi y Destefano



Ing. Nelson G. Periotti y Lic. Salvia en el brindis

# *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

**E**  
**ELEPRINT**

# CAMPAÑAS DE SEGURIDAD VIAL VINCULADAS CON OBRAS DESARROLLADAS POR LA DIRECCIÓN NACIONAL DE VIALIDAD EN MUNICIPIOS DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES.

En el marco del Convenio entre la Asociación Argentina de Carreteras y las empresas constructoras viales, y en cumplimiento de los ítems de seguridad vial incluidos en los contratos de obras se desarrollaron actividades de capacitación y difusión en Municipios donde la DNV lleva a cabo obras de infraestructura vial. Básicamente se desarrollaron charlas y presentaciones del Manual del Conductor de la Provincia de Buenos Aires. Estas presentaciones tienen por objetivo capacitar a los referentes locales y entregarles a las autoridades responsables una herramienta idónea para los jóvenes aspirantes a obtener la Licencia de Conducir. Se trata por este medio de capacitar y concientizar a la población, especialmente a los nuevos conductores, en la aplicación de las normas de tránsito vigentes. En todos los casos la comunidad recibe con particular beneplácito estas iniciativas. Es así como los medios radiales, televisivos y gráficos locales se hicieron eco de las acciones realizadas y reflejaron intensamente las presentaciones efectuadas.

En esta oportunidad se realizaron exposiciones similares en los Municipios de Bolívar, Carlos Tejedor y Pehuajo.

A continuación se reproduce un artículo del Diario La Mañana de Bolívar, incluido también en forma destacada en el portal de Internet del diario.

## SE ENTREGARÁN MANUALES PARA EDUCAR Y CONCIENTIZAR SOBRE TRÁNSITO Y VIALIDAD

La Secretaria de Hacienda, Susana Patti, junto con Fernando Verdaguer de la Dirección de Proyectos Especiales de la Asociación Argentina de Carreteras y el Director de Legales de la Municipalidad, Pablo Palacio, dieron detalles de la iniciativa que consiste en la entrega gratuita de manuales educativos para los conductores de tránsito y la comunidad en general.

El municipio y la asociación trabajaron en forma conjunta en la elaboración del manual que reúne las normas de tránsito actualizadas y un anexo que contiene todas las ordenanzas referentes al tema de nuestra localidad.

El manual será distribuido gratuitamente en las escuelas y en toda la ciudad.

“El tránsito y la educación vial siempre ha sido una preocupación en la comunidad, esperemos que esta sea una herramienta más de consulta permanente y que permita reforzar los conocimientos respecto de las normativas que existen en Bolívar”, señaló Patti. Por su parte, Verdaguer informó que el emprendimiento es una iniciativa de la Dirección Nacional de Vialidad y todas las obras que se proyectan actualmente tienen un componente de seguridad vial.

“En este caso en particular, el trabajo corresponde al componente de la obra de reparación y puesta en valor de la obra de la ruta 226 y se trabajó con el municipio en tareas en pos de la seguridad vial”, detalló el referente de la Dirección de Proyectos Especiales de la Asociación Argentina de Carreteras.

De esta manera, se llegó a la conclusión de que tener un manual del conductor es un reglamento muy importante para tener una mejor formación de todos los conductores, ya que hoy carece de su existencia y ningún instrumento guía su accionar, sólo se da por transmisión oral o práctica y error. “Nos parece que en el noventa por ciento de los casos hay un conflicto con el



conductor involucrado, si queremos apostar por la seguridad vial, que es un compromiso que tiene muy fuerte el municipio de Bolívar y la dirección Nacional de Vialidad, es importante desarrollar este manual”, fueron las palabras de Verdaguer. Los manuales ya están impresos y listos para distribuirse, son tres mil ejemplares acompañados de un cd para que pueda ser visto por la web y folletos y láminas de señales viales para poder llevar a cabo la instrucción de los futuros conductores.

Fernando Verdaguer interiorizó sobre el instructivo y puntualizó que se compone de once capítulos de los cuales hay dos más desarrollados especialmente para Bolívar que son los referidos a los motociclistas y a los peatones. “Indudablemente en este y en muchos lugares la moto llegó para quedarse y tenemos que dar soluciones a un modo que del punto de vista no es tan seguro como otros”, dijo.

Al final del manual se encuentran preguntas y respuestas para un sentido formativo y orientacional para que las personas puedan aprobar el examen al momento de requerir el carnet de conducir.

“Esperemos que este sea el primer paso que nos permita cumplir la meta que tenemos que es reducir los accidentes de tránsito a un 50 por ciento para el 2020”, finalizó Verdaguer.

Más adelante Pablo Palacio se refirió a la

utilidad de poder contar con un instrumento de este tipo, “sobretudo en el momento en que tomemos los descargos a los infractores y poder concientizarlos con la entrega de un manual”, dijo el director de legales, y agregó “hay mucha gente que cuenta con la licencia de conducir y hace mucho que no estudia las leyes de tránsito que en un sentido cambiaron y existe una gran diversidad a pesar de que hoy una ley nacional y una provincial están en una misma dirección”. También, destacó la importancia de que los conductores puedan tener compactado todo lo que refiere a la legislación, “incluyendo en los aspectos puntuales que hacen a nuestra comunidad a nosotros nos será muy útil y por supuesto pusimos a disposición toda la normativa para que forme parte de este manual”.

### CAPACITACIONES

Los dos colectivos más importantes son los nuevos conductores o los chicos de colegios secundarios. En otros municipios se implementaron que las chicas que aprueban el examen que se corresponde con el tema vial ya tienen aprobado el examen teórico de la licencia de conducir”, señaló el referente de la Dirección de Proyectos Especiales de la Asociación Argentina de Carreteras. A su vez, hizo hincapié que a partir del año que viene va a estar implementado en toda la provincia de Buenos Aires el registro único de tránsito, por lo cual todos los municipios obligatoriamente van a tener que capacitar técnica y prácticamente a los conductores. “Esta es una herramienta que pide la vocación de poder formar mejor a los conductores. Hasta ahora son muy pocos los distritos que forman de manera académica ya que comúnmente se da una charla de una hora y nada más. Creemos que eso es insuficiente y es mucho mejor tener conductores mejores formados para una mejor seguridad vial”.

# 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.gob.ar>



# XVI CONGRESO ARGENTINO DE VIALIDAD Y TRÁNSITO

22 al 26 de OCTUBRE 2012

CIUDAD DE CÓRDOBA . ARGENTINA

## PRESENTACIÓN DEL CONGRESO

Los Congresos Argentinos de Vialidad y Tránsito son un foro de intercambio de experiencias y debate destinado a todos los profesionales y técnicos que de una u otra manera desarrollan su actividad ligada al sector vial y del transporte por carretera, ya sea desde el sector público o privado y en el ámbito rural o en el urbano. Constituye además una gran oportunidad para que todos aquellos, que de forma directa o indirecta se hallen involucrados en la planificación, el diseño, la construcción, el mantenimiento, la gestión y la seguridad vial, se encuentren para contrastar experiencias y enriquecerse con el conocimiento de colegas de nuestro país y del extranjero. Es también una ocasión para que tanto funcionarios, empresarios y técnicos, locales como de países hermanos, puedan tomar contacto personal con el fin de afianzar la relación entre ellos y profundizar el conocimiento de las soluciones implementadas en los diferentes aspectos que abarca el amplio temario de estos Congresos.

## OBJETIVOS DEL CONGRESO

- Actualizar, incrementar y aumentar conocimientos e intercambiar experiencias entre profesionales del amplio campo del quehacer vial.
- Conocer y debatir los avances en las nuevas formas de gestión de las carreteras, la introducción de nuevas técnicas constructivas en las obras viales, intercambiar experiencias sobre los sistemas de mantenimiento, todo ello con el fin de optimizar los costos de construcción y conservación y lograr el menor costo de transporte.
- Crear un espacio adecuado para conocer las novedades en materia tecnológica y científica, a través de las Sesiones Temáticas del Congreso.
- Conocer las nuevas tecnologías en materia de proyecto, construcción y gestión de pavimentos, obras básicas y obras de arte, tránsito, transporte, medio ambiente y seguridad vial.

- Intercambiar opiniones sobre las alternativas más convenientes para la generación de recursos económicos y métodos de financiamiento.
- Debatir las formas de mejorar la integración vial entre los países de la región, aprovechando la presencia de colegas de países vecinos.
- Colocar al tema de la seguridad vial en la agenda social y política de la comunidad.
- Debatir soluciones que permitan la transitabilidad permanente en los caminos rurales y su impacto en el sistema productivo y logístico nacional.
- Debatir sobre el ordenamiento, planificación y gestión del transporte, ya sea de cargas o de personas, en zona rural como en las regiones urbanas.
- Intercambiar experiencias sobre la ínter-modalidad de los transportes y sobre la gestión de la logística.
- Presentar la séptima exposición vial, Expovial Argentina 2012, que instalada en el mismo ámbito, brindará a los asistentes la oportunidad de tomar contacto directo con fabricantes y proveedores en los rubros materiales, tecnología, equipos, software, servicios, etc.

## ANTECEDENTES

En los últimos 89 años los Congresos Argentinos de Vialidad y Tránsito han ido adquiriendo una importancia fundamental como foro de referencia en el sector vial y del transporte carretero como así también de todos aquellos aspectos relacionados directa e indirectamente con ellos. Hoy este Congreso ha adquirido sin lugar a duda un carácter internacional, como lo han demostrado las últimas ediciones ya que su convocatoria ha superado los límites geográficos de nuestro país por la participación de representantes internacionales provenientes de los cinco continentes.

El último Congreso realizado en el Gran Hotel Provincial de la Ciudad de Mar del Plata, ha reunido a más de 1.200 profesionales y técnicos, entre los que se destacaron importantes delegaciones de numerosos países. Durante el desarrollo del Congreso se han tratado y debatido más de 150 monografías, no sólo de nuestro país sino también de Brasil, Colombia, Cuba, Chile, España, Israel, Japón, Rumania, Rusia, Uruguay y Venezuela. Se debe mencionar, asimismo, las conferencias especiales brindadas por destacados especialistas nacionales y de países tales como Alemania, Bélgica, Colombia, Costa Rica, Chile, España, Estados Unidos de América, Italia, México y Uruguay.

Asimismo debemos subrayar el gran éxito alcanzado por la Expovial Argentina 2009, exposición vial que fuera visitada por más de 10.000 profesionales; contándose con más de 100 expositores tanto nacionales como extranjeros.



Carreteras - Octubre 2011



## ÁREAS TEMÁTICAS

A efectos de un mejor ordenamiento del desarrollo del XVI Congreso de Vialidad y Tránsito las actividades técnicas y científicas se llevarán a cabo en diversas áreas temáticas en las cuales los profesionales y técnicos tendrán la oportunidad no sólo de exponer sus experiencias y propuestas sino debatir con su pares sobre los diferentes aspectos de la carretera, el tránsito y el transporte en sus diferentes modalidades. Este foro de encuentro técnico tiene como finalidad fundamental impulsar la transferencia de tecnología entre diferentes sectores y/o entre países, promocionar la búsqueda de soluciones innovadoras que permitan superar los diferentes problemas a que se enfrenta el gerenciamiento de redes de carreteras, permitir la exposición de propuestas que tengan como fin la disminución del costo del transporte y el aumento de los niveles de seguridad en la operación de las carreteras, promocionar la necesidad de mejorar los niveles de transitabilidad de aquellos caminos marginales, disminuir los impactos de las diferentes actuaciones viales tendientes a preservar el ecosistema, favorecer las vinculaciones terrestres entre países de una misma región. Todos estos aspectos, y otros, tienen como finalidad contribuir al desarrollo económico global de los países. En igual sentido se podrá intervenir en las presentaciones y conferencias especiales de destacados profesionales de nuestro país y del extranjero con el fin de tomar contacto con las últimas novedades técnica en las materias y con las metodologías experimentadas y aplicadas tanto localmente como en otros países. Los temas a considerarse en el XVI Congreso Argentino de Vialidad y Tránsito se agruparán para su tratamiento en siete Áreas Temáticas, sin que la indicación de los diferentes temas en cada una de ella tenga carácter taxativo sino que configura un listado enunciativo.

### I. Gerenciamiento de Redes Viales

Dentro de esta Área se integrarán todos los temas que hacen a la operación de una red de carreteras en sus diversos aspectos y aquellos ligados a las herramientas necesarias para optimizar los recursos disponibles. Se considerarán los aspectos normativos que hacen a la legislación, el monitoreo, evaluación y asignación de tránsito, no sólo como una medida de la eficiencia de gestión sino como herramientas de una racional planificación, las diferentes metodologías para garantizar genuinas fuentes de recursos económicos, diferentes alternativas sobre el financiamiento vial, la interrelación entre el transporte carretero y otros medios, las necesidades de obras de integración regional, etc. La necesidad de alcanzar un alto grado de transitabilidad en la redes terciarias de los países en vías de desarrollo con el fin de mejorar la vinculación con los centros de producción, como así también la necesidad de mantener una continuidad de operación entre estas redes rurales y las redes secundarias y primarias, tienen suficiente identidad para que este tema sea debatido en profundidad. Esta Comisión abarcará también los temas que hacen a la problemática de los caminos rurales desde la definición de su función hasta la necesidad de estructurar un sistema que permita financiarlos en condiciones sustentables

### II. Transporte Carretero

Los temas que se incluyen en esta Área son los relacionados con el transporte carretero y tienen como finalidad lograr los niveles óptimos del mismo, tanto en el movimiento de personas como de cargas. Abarcarán los aspectos que hacen a la regulación del transporte, a los planes de transporte, a su economía, a la coordinación entre los diferentes modos de transporte y a la operación y equipamiento de los transportes de cargas.

### III. Proyecto de Carreteras

Todos los aspectos que hacen a un eficiente y seguro tránsito en las carreteras deben ser tenidos en cuenta desde el mismo momento en que se comienza a conformar el proyecto correspondiente. En esta Área se tratarán los temas directamente ligados al diseño geométrico de caminos, a los estándares de diseño, a las técnicas de diseño asistido por computadora y al diseño de todos los elementos que conforman como un todo la carretera como son las obras de arte, ya sean mayores o menores, que son parte fundamental en el diseño de una carretera, y requieren de nuevas tecnologías, tanto de proyecto como de construcción, para alcanzar un nivel eficiente de funcionamiento y una disminución de costos. En esta Área tendrán tratamiento todos los aspectos que hacen al diseño, construcción y conservación de puentes y túneles como así también las técnicas en los usos de materiales y métodos de evaluación y gerenciamiento de obras de arte.

La necesaria expansión de la infraestructura produce en casi todos los casos impactos negativos en el medio ambiente que son necesarios considerar, tanto a nivel de proyecto, como de operación, con el fin de prever las correspondientes medidas de mitigación, reparación y/o compensación. Este hecho no es ajeno a la infraestructura vial por lo cual se torna imprescindible su tratamiento en todos sus aspectos, abarcando en esta Área los diversos temas que hacen a la gestión ambiental.

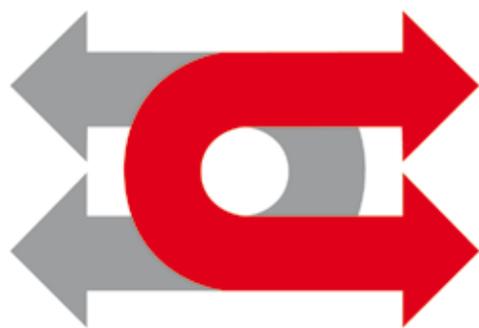
### IV. Seguridad Vial

Las altas tasas de siniestralidad que se han podido verificar en los últimos años en diferentes países de la región en general y en el nuestro en particular, como así también los diferentes factores involucrados, amerita que se analice, debata e intercambien opiniones sobre los diferentes aspectos que hacen a la Seguridad Vial. Es por eso que se ha considerado necesario el más amplio tratamiento de este tema, abarcando desde la legislación referida a la seguridad, las políticas y la educación, hasta las metodologías de relevamientos de datos y métodos analíticos, pasando por el tratamiento de los diferentes elementos viales que hacen a incrementar los niveles de seguridad actual.

### V. Pavimentos

Esta Comisión permitirá tratar todos los aspectos que hacen al diseño, construcción, conservación y rehabilitación de los pavimentos en sus diferentes tipos, como así también los diferentes aspectos relacionados con las obras básicas. Asimismo abarcará los temas que se refieren a la evaluación tanto de las características estructurales y superficiales como a la de los equipos para tales fines.





# 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](mailto:comercial@stacoargentina.com.ar) - [www.stacoargentina.com.ar](http://www.stacoargentina.com.ar)



CÁMARA ARGENTINA  
DE LA CONSTRUCCIÓN



# 75 años acompañando la construcción del País

Av. Paseo Colón 823 8º  
(C1063ACI) Ciudad de Buenos Aires. Argentina  
54 11 4361-8778 | [cac@camarco.org.ar](mailto:cac@camarco.org.ar)  
[www.camarco.org.ar](http://www.camarco.org.ar)



## VI. Vialidad Urbana

Debido al alto grado de motorización, las medianas y grandes concentraciones humanas deben enfrentarse actualmente a innumerables problemas relacionados con el tránsito, el transporte y la movilidad en las ciudades, lo que obliga a encontrar nuevos y más eficientes sistemas de ordenamiento y racionalización del tránsito y el transporte. El mejoramiento del movimiento de vehículos, como así también el correcto diseño de calles y la prioridad en su utilización permitirá evitar el agravamiento de la situación actual. En esta Área se facilitará la discusión de todos los aspectos relacionados con la vialidad urbana, la interrelación entre el tránsito urbano e interurbano.



## VII. Transporte Inteligente y Desarrollo Tecnológico

El gran desarrollo de los Sistemas de Transporte Inteligente en el mundo ha demostrado los beneficios derivados de ellos, no sólo en los aspectos meramente económicos, sino en los que se derivan del incremento de los niveles de seguridad en las carreteras, de la mayor información disponible para el usuario del camino, de la disminución de los tiempos de viaje y la erradicación de itinerarios ociosos. Esta Área permitirá exponer y debatir los últimos adelantos en la materia como así también la promoción de su utilización. Por otra parte los altos requerimientos que son necesarios alcanzar en la infraestructura y en su operación hacen necesario un sostenido desarrollo tecnológico, aspecto al que no se le ha otorgado la importancia suficiente en los países en vías de desarrollo. El desarrollo tecnológico con la investigación son dos herramientas fundamentales para insertarse en un nuevo mundo más globalizado y competitivo. En esta Área también podrán debatirse todos los aspectos que hacen al ingreso de nuevas tecnologías, a la promoción de la investigación aplicada y a la transferencia de tecnología tanto entre sectores como a nivel internacional.

## VIII. Medio Ambiente

El aumento de la emisión de gases efecto invernadero está teniendo repercusiones negativas en el medio ambiente mundial. Numerosas partes del planeta ya se están viendo afectadas por el cambio climático. El transporte, que sigue dependiendo en buena medida del petróleo, representa el 14% de las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero. Esto ha generado que se estén examinando en distintos foros el modo de reducir las mismas, y de qué forma la vialidad puede incidir en ello.

Asimismo debe considerarse el impacto que sobre el territorio tiene la construcción de nuevos caminos y el necesario cuidado y respeto ambiental que debe primar en toda obra.

La discusión en torno al medio ambiente y en lograr un desarrollo sostenible y sustentable del transporte estará presente en el Congreso incorporando una perspectiva nueva al análisis de la actividad.



Si se puede evitar, no es un accidente.

# NO ME MATES



**Un conductor alcoholizado  
que muere en un siniestro vial  
provoca 4 muertos pasivos.**



# EL NUEVO PUERTO LA PLATA: UN DIFÍCIL DESAFÍO PARA LA VIALIDAD ARGENTINA

Una importante iniciativa del gobierno de la Provincia de Buenos Aires para convertir el puerto La Plata en el mayor puerto de contenedores del país generará un importante crecimiento del tránsito en la región y exigirá la realización de importantes obras de infraestructura vial

## EL PUERTO LA PLATA

Nuestro país tiene un extenso litoral marítimo de más de 4000km., donde se emplazan numerosos puertos de diversas características y también una extensa red fluvial, compuesta por los ríos Uruguay y Paraná.

El Puerto La Plata se encuentra emplazado sobre la margen sud del Estuario del Río de la Plata a 10 Km. de la ciudad Capital de la Provincia de Buenos Aires, a 60 Km. vía terrestre y 37 Km. vía marítima de la Ciudad de Buenos Aires.

Su canal de acceso tiene una solera de 50m y un calado de 28 pies, con áreas de giro entre 170m en el dique de maniobras y 300m en el área de acceso Río Santiago

Actualmente tiene un espejo de agua de 309has. y una longitud de muelle de atraque de 3840m, contado con servicio de remolcadores y una zona franca anexa con 70 Has de extensión destinadas al uso comercial e industrial con 2300m<sup>2</sup> de oficinas y 23.525m<sup>2</sup> cubiertos



Imagen 1 – Ubicación puerto La Plata

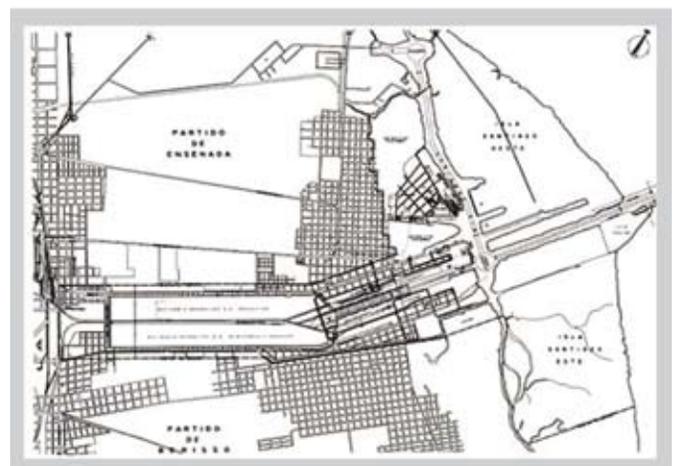


Imagen 2 – Plano de puerto La Plata

## HISTORIA Y DESARROLLO DEL PUERTO

La construcción del puerto La Plata comenzó en 1884 y finalizó en 1990 habiendo sido ejecutada la obra por la empresa Lavalle, Medici y Cia, que realizó las tareas de infraestructura, dragado y remoción de suelos.

A partir de 1904 se desarrolla en sus cercanías un importante movimiento de instalación de frigoríficos.

En 1925 se inaugura la destilería de Yacimientos Petrolíferos fiscales, que se desarrollo en terrenos originalmente destinados a la ampliación del puerto. Originalmente desarrollada en 80Has alcanza en la actualidad a ocupar unas 300Has.

En 1953 se inauguran las instalaciones del astillero naval de Río Santiago, actualmente en operaciones

A partir de 1960 comienza a instalarse en la zona un importante polo petroquímico y se instala la industria siderúrgica.

Desde esa época se incrementa notablemente en la zona la industria petroquímica.

En el año 1999 se creó el consorcio de gestión del puerto La Plata por decreto 1596 de la Provincia de Buenos Aires, ente publico, no estatal cuya misión es administrar y desarrollar el puerto La Plata.

## EL FUTURO DEL PUERTO LA PLATA

La actividad del puerto La Plata en la actualidad se basa fundamentalmente en el movimiento de combustibles líquidos, que es la parte mas significativa de su operación.

En menor medida el movimiento de arena y carbón se desarrolla en el mismo y un importante movimiento de exportación de productos petroquímicos.

Con mucha menos importancia se opera también en el transporte de vehículos y maquinarias, pescado y productos siderúrgicos.

Pero en la actualidad un cambio sustantivo se esta operando en la operación del puerto.

El puerto cuenta con dos importantes áreas hoy desocupadas, una en cada margen. La primera emplazada en el partido de Berisso y la segunda en la margen opuesta en Ensenada.

Sobre un área 41has. se desarrolla una ampliación del puerto para operar con contenedores en la primera de las zonas enunciadas, esto es en Berisso.

Esta terminal que tendrá una capacidad para operar con hasta un millón de contenedores al año se denomina terminal TECPLATA S.A., funcionando como una concesión con 30 años de plazo de explotación y contara con todos lo adelantos de la tecnología moderna.

La obra que esta en plena ejecución incluye la construcción de un nuevo muelle de 857m de longitud sobre el canal de entrada, construido 50 metros tierra adentro.

El diseño prevé una profundidad de 45 pies en la zona de amarre, previéndose la operación en el mediano plazo por buques de hasta 36 pies de calado.

Simultáneamente se desarrollan tareas de dragado para llevar el canal troncal a 34 pies y su ensanchamiento así como el de las áreas de giro.

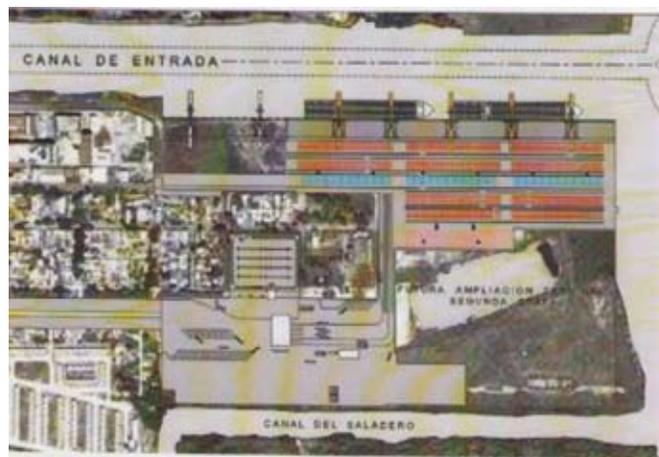
La obra, con un presupuesto de 242 millones de dólares esta planteada en tres etapas, estando su ejecución a cargo de la empresa DYCASA

En esta primera etapa que culminara en 2012, el muelle se extenderá en 600m., habiéndose adoptado la solución de pilotes de hormigón armado, perforados y hormigonados in situ de 1.10m para vigas carrileras y 0.80m de diámetro para los intermedios, formando pórticos de seis pilotes ubicados cada 6 metros entre ejes longitudinales Los pórticos se completaran con los cabezales que vincularan seis pilotes, los cuales se orientarán transversalmente al frente de atraque.

Incluirá la construcción las correspondientes playas con pavimentos aptos para la circulación de camiones y de estiba de contenedores, ejecutados en bloques intertrabados de hormigón.

La terminación de esta obra dará lugar a un cambio significativo en la cantidad y cualidad de la operación del puerto, a partir de su operación en el segundo semestre de 2012 y por supuesto tendrá un fuerte impacto en la red caminera que le da acceso y lo vincula a la ciudad de Buenos Aires, el conurbano y el resto del país.

Pero además ya se encuentra en proceso de licitación el área similar ubicada en Ensenada, con un proyecto de similares características. Esta área también de 41Has. prevé la construcción de un muelle de 600m de longitud en la margen opuesta del canal. Su inauguración se prevé para 2015 con una inversión de alrededor de U\$S 250 millones. A partir de esa fecha el puerto La Plata estará en condiciones de mover hasta 2.000.000 de contenedores al año, lo que lo transformará en el puerto de contenedores más importante del país.



Ampliación en construcción (Terminal Tecplata)

## LOS ACCESOS AL PUERTO

La principal vinculación existente del puerto La Plata con el resto del país es la autopista La Plata-Buenos Aires.

También constituye una importante vía de comunicación para el puerto la ruta provincial 6 y en un futuro lo será la hoy en construcción autopista Pte. Peron.

## AUTOPISTA LA PLATA-BUENOS AIRES

La autopista que actualmente finaliza su recorrido en el acceso a La Plata, cuenta con una ampliación en proceso de adjudicación, a las que nos hemos referido en artículo anterior en nuestro número 202. En resumen la obra licitada prevé la continuación de la autopista hacia la zona sur de la ciudad de La Plata, conectando con la autopista las rutas 13 (Cno. Rivadavia), 215 (Cno. Vergara), 10 (Av. del Petróleo) y finalmente las rutas 11 y en un futuro la ruta provincial 6. Se desarrollará como autopista hasta la Avenida del Petróleo, con algún tramo en viaducto y distribuidores a distinto nivel en sus vinculaciones. De esta forma enlazará a través del camino Rivadavia (RP. 13), que también es objeto de esta obra con el área portuaria de Ensenada y a través de la Avenida del Petróleo (RP 10) con el área portuaria de Berisso, que es la que inicialmente se desarrollará. Si bien estas obras resultan de suma importancia para la región, las mismas no resultarían suficientes para atender de manera eficiente los requerimientos del puerto ampliado. Aun una vez terminadas estas obras, existirán claras deficiencias en el servicio que prestarán.

En primer lugar los incrementos de los tráficos hacen que la autopista colapse diariamente en los horarios picos y en particular en fines de semana turísticos. El tránsito ha evolucionado y entre 2006 y 2009 tuvo un incremento del 17% para los tramos desde Buenos Aires hasta Hudson y del 23% desde Hudson a La Plata.

Los volúmenes oscilaban entre un TMDA de 26.500 y 99.000 en 2006 y en 2009 ascendieron a 35.600 y 118.600. Si a eso le adicionamos los más de 1000 camiones diarios que podrá generar el puerto con el transporte de contenedores, solo con la primera etapa, esto es a partir de 2012, la ampliación de la autopista, mediante la construcción de un tercer carril, en forma inmediata desde Buenos Aires hasta Hudson, se torna en una necesidad prioritaria e insoslayable.

## LA ACCESIBILIDAD AL PUERTO

Aun una vez superados estos inconvenientes la operación del nuevo puerto dejara de ser la ideal, toda vez que el acceso final al mismo, sea del lado Berisso como Ensenada se producirá a través de la trama urbana, pues tal como esta hoy la situación no existen posibilidades de materializar un acceso franco. Se han construido y se están ejecutando obras que mejoran la situación, pero siempre en algún punto el tránsito pesado deberá inmiscuirse en el tramado urbano.



Trama urbana en accesos a puerto

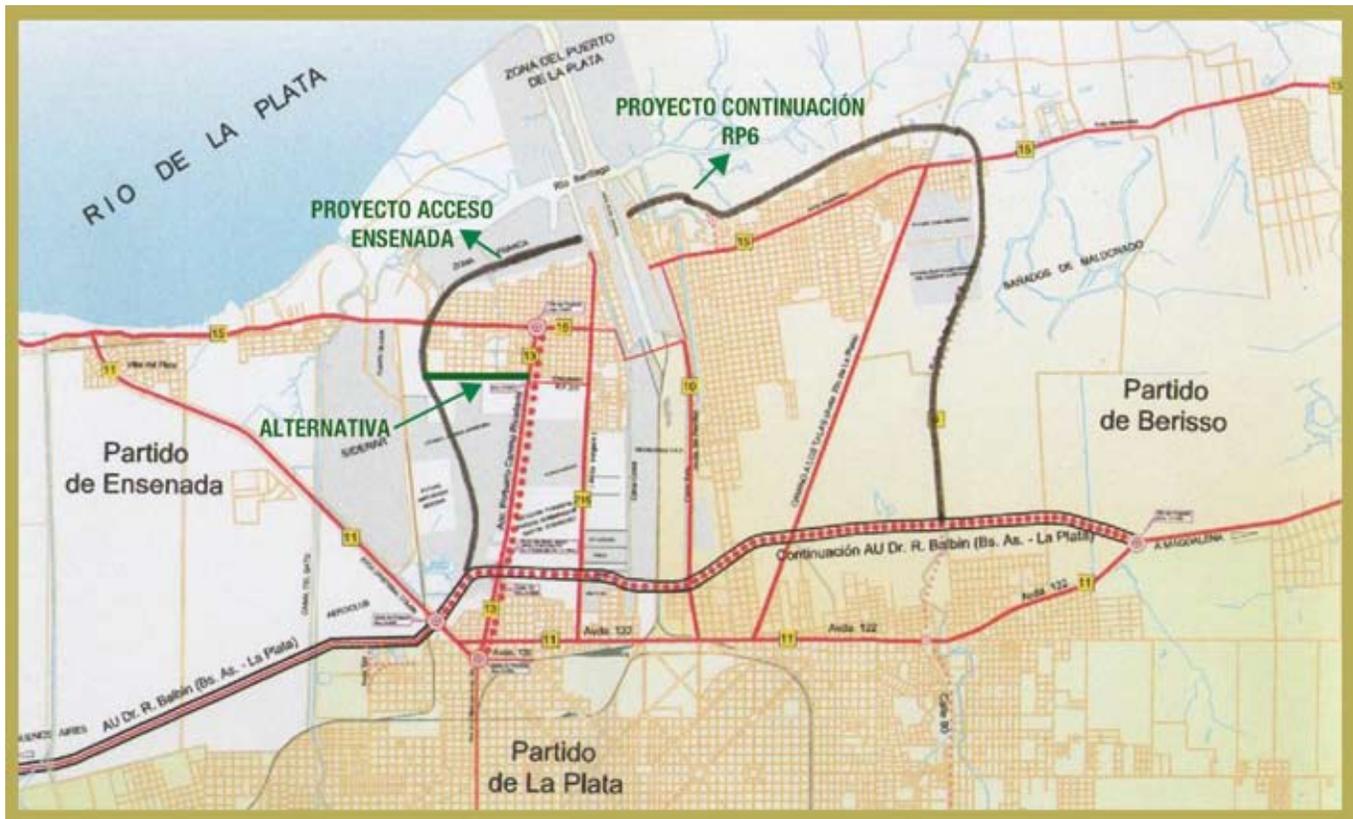
En Ensenada, a pesar de la vinculación realizada en zona suburbana por la Dirección de Vialidad de la Provincia entre las rutas 13 y 215, el ingreso finalmente se deberá hacer por la Avenida Cestino por zona netamente urbana.



Avenida Cestino (Ensenada)

En cuanto a Berisso, el tránsito deberá ingresar también por un tramo netamente urbano de la Avenida del Petróleo, con un cruce de difícil resolución en la RP 215, en el lugar denominado Puente Roma, donde existe una rotonda de diseño restringido al espacio limitado existente. La solución final para estos accesos, de forma tal de preservar el espacio urbano implica la construcción de dos obras de importancia.

Desde el lado norte, es decir el acceso al puerto lado Ensenada, debería proseguirse el trazado de la autopista por zona netamente rural orientado la traza hacia el arroyo Doña Flora y cerca de su curso ingresar en la zona ribereña, entre el Río Santiago y la planta urbana, vinculando con el camino ya construido de acceso a zona franca, constituyendo un acceso directo a la zona portuaria.



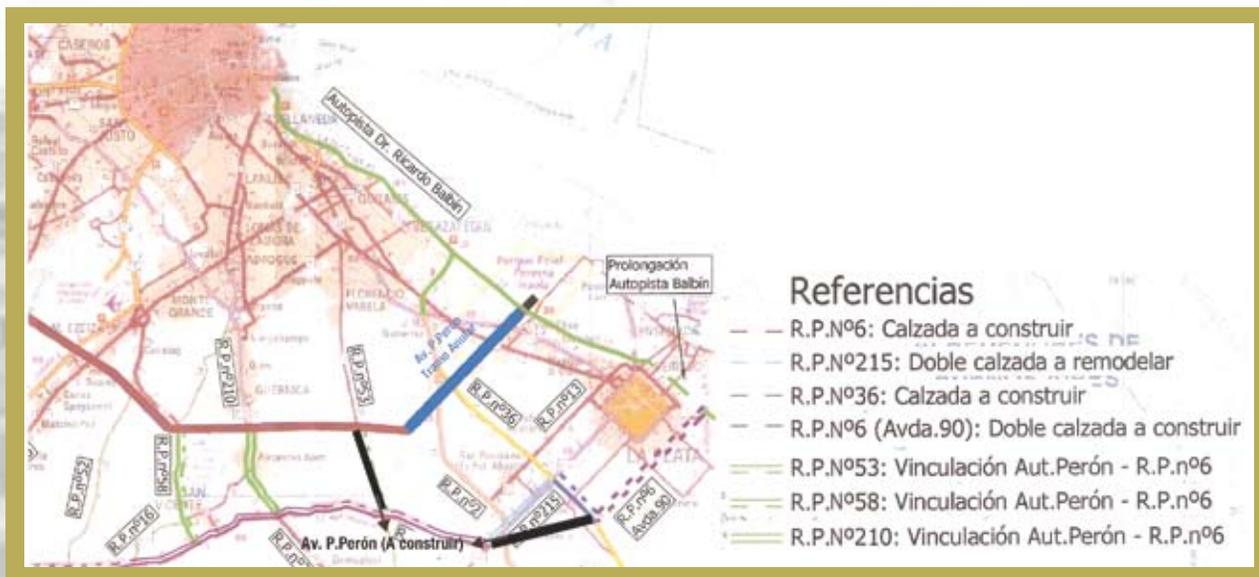
Una alternativa que hoy se estudia, de mucho menor costo y complejidad, consiste en prolongar la vinculación construida por la Dirección de Vialidad entra la ruta 13 y la 215, conformando una circulación a la localidad de Ensenada.

De igual forma el acceso a la zona sur, esto es lado Berisso, donde antes se concluirán las obras y entrará en operaciones el nuevo puerto, la solución pasa por concretar el tramo final de la ruta provincial 6 que transcurriendo por la zona sur de la ciudad de La Plata, sobre la calle 90, tras vincularse con la ruta provincial 11 y la prolongación hoy licitada de la autopista La Plata- Buenos aires ingrese al puerto por la zona ribereña, fuera de la zona urbana de Berisso, pudiendo servir asimismo esa obra como defensa costera de la ciudad, frecuentemente afectada por las sudestadas, constituyendo una importantísima obra vial e hidráulica. Esta última obra solo podrá ser concretada una vez concluidos los distintos tramos de la ruta provincial 6, cuyo trazado final aun hoy esta inconcluso.

## LA RUTA PROVINCIAL 6

La ruta provincial 6 constituye hoy el tercer cinturón de la ciudad de Buenos Aires, luego de la Gral. Paz y el camino de cintura (ruta provincial 4). Construida en los años 70, fue objeto de obras en la última década tendientes a convertirla en una autovía de dos carriles por sentido de circulación desde la ciudad de La Plata hasta su terminación en Zarate, en su empalme con la ruta nacional 12. Hoy se encuentra construida esa autovía entre la ruta nacional 7 y las proximidades de Zarate, restando ejecutar el empalme con la ruta nacional 12, en tanto que en el resto del trayecto solo en

algunos tramos parciales se ha materializado la obra de duplicación de calzadas. Ese empalme será construido próximamente por la Dirección Nacional de Vialidad con un costo de aproximadamente 80 millones de pesos. En la actualidad, la provincia de Buenos Aires se encuentra tramitando un bono que permite obtener fondos para concretar la terminación de esa autovía desde la ruta 215 hasta la ruta nacional 7, como asimismo continuar la obra desde la ruta provincial 36 por la calle 90 hasta la ruta provincial 11, con lo que la solución para el acceso a la terminal este del puerto estaría mas cercana. Esa obra tendrá un costo estimado de 1.100 millones de pesos y la ley que tramita en la Legislatura provincial habilita al Poder Ejecutivo a cancelar los certificados con un bono especial creado al efecto. Temporalmente la vinculación de este ultimo tramo con el trazado actual de la ruta 6 se produciría utilizando la ruta provincial 215 desde su empalme con la ruta 6 ( que es una vía de dos calzadas separadas de hormigón de 2 trochas cada una) hasta la ruta provincial 36 y por esta, convertida en autovía de dos trochas por sentido de circulación, hasta la calle 90 donde iniciaría la nueva traza. En su diseño final prevé continuar la autovía en un arco que cierre ambos puntos, dejando de lado esta solución transitoria.



Ruta 6 y Autopista Presidente Perón

## AUTOPISTA PRESIDENT PERÓN

Esta aun pendiente de resolución, al cierre de esta edición, la traza final de esta autopista a la que nos hemos referido en artículo anterior, en el tramo IV, esto es el que la vincularía con la autopista la Plata- Buenos Aires. Sin embargo, la oposición infundada de un pequeño grupo de vecinos a su desarrollo en proximidades del parque Pereyra Iraola, que constituye la única solución viable a su trazado, receptada por un juez federal, motivaría a la Dirección Nacional de Vialidad a desviar su recorrido. De esta forma, la autopista no se vincularía con la autopista La Plata-Buenos Aires, sino que proseguiría su trayecto hacia el sur de la ciudad de La Plata. En su intersección con la ruta provincial 53, continuaría sobre esta convertida en autopista y luego se desarrollaría sobre la ruta provincial 6, existiendo la posibilidad de que complete el arco pendiente de ejecutar entre la ruta 215 y la ruta 36, situación que no ha sido definida a la fecha. Contrariamente a lo que trascendió periodísticamente, la autopista finalizaría su recorrido en la ruta 53 y no se vinculará con la ruta 2. De esa forma se vería frustrada la posibilidad de vincular esta nueva autopista con la autopista La Plata -Buenos Aires y la futura cabecera del puente Buenos Aires-Colonia. No obstante ello, la nueva solución daría acceso al puerto La Plata, una vez completado el tramo faltante desde la continuación de la autopista, hoy en proceso de adjudicación, hasta la zona portuaria, obra que quedaría pendiente.

## CONCLUSIONES

Si bien las obras que se han ejecutado y las que se han licitado generan un mejor circulación de y hacia la zona portuaria, el gran desarrollo que la misma traerá y el volumen de tránsito que generara y sus características obligarán en el futuro a concretar importante inversiones, a efectos de alejar un movimiento de tránsito pesado intenso en zonas densamente pobladas.

A esto no debería ser ajeno el ferrocarril, toda vez que su aporte podría ser muy valioso a la hora de mejorar la situación.

El puerto de contenedores podría ser una herramienta fundamental para la concreción de un corredor Atlántico-Pacífico, vía terrestre.

# El orgullo y la experiencia de hacer caminos



 **Electroingeniería**

Una empresa de **GRUPOELING**

[www.grupoeling.com](http://www.grupoeling.com)

# TECNÓPOLIS



Está considerado un híbrido de parque científico, museo al aire libre y espectáculo basado en nuevas tecnologías que tiene la superficie de la Villette de Francia –la ciudad de la ciencia de París–, en la que se experimenta la relación del público con la ciencia. Una formidable cantidad de gente, donde prevalecieron los jóvenes, ya visito esta megamuestra, en la que además de los stands hay espectáculos, intervenciones, recitales y shows de todo tipo. Tecnópolis está dividido en cinco continentes. Tierra, Agua, Aire, Fuego e Imaginación. Algunos de los atractivos de cada continente son:

## CONTINENTE TIERRA



El ícono que representa a este continente es un cubo de 1.400 metros, descrito como “el sitio donde plantas electro-orgánicas e interactivas conviven con pequeñas biósferas encerradas en sí mismas, como minúsculos planetas, un espacio en el que los graffitis no se pintan, sino que crecen sobre las paredes.” En este continente está expuesta la cápsula Felix, con la que fueron rescatados los 33 mineros chilenos. Uno de los stands destacados de este continente es el de Vialidad Nacional, en el que se invita a visualizar, a través de un modelo 3D, la construcción de un camino de manera concreta. También se pueden conocer innovaciones sobre alimentación sustentable, ver orquídeas en distintos estadios o pasar por debajo del esqueleto de un dinosaurio de 116 millones de años y 14 metros de largo.

## CONTINENTE AGUA



Está representado por un edificio octaedro, con un témpano que emula a los hielos continentales y reproduce las extremas temperaturas de la Antártida. “Yacyretá, el fin de la historia” muestra un viaje al interior de la represa con sonidos que reproducen los de la naturaleza. En el espacio de AYSA se puede seguir todo el proceso tecnológico que hoy en día se pone en juego para que el agua potable llegue a las 10 millones de personas que son abastecidas por el servicio. Impacta el stand de Recursos hídricos, que de noche se transforma en una gran caja lumínica y donde, mediante dispositivos didácticos de última generación, se conocen los beneficios de la correcta administración del recurso esencial. Otro stand permite ver, aprender e interactuar con un modelo a escala real de la Casa del Agua, tal como las que se están construyendo actualmente en la región del Impenetrable chaqueño. El Túnel de la Biodiversidad pone a prueba todos los sentidos al recorrer el extenso territorio argentino y vivir sus regiones: la aridez del desierto, la inmensidad del océano y la exuberancia de selvas y bosques.



# TECNÓPOLIS

## CONTINENTE AIRE



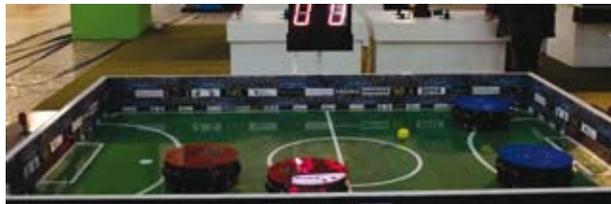
Contiene siete muestras sobre el desarrollo aeroespacial del país, como Argentina en el espacio, con maquetas en tamaño real de los satélites SAC-C, SAC-D y Saocom, y Tronador II, el primer lanzador espacial desarrollado en el país. En este continente se puede conocer el imponente Proyecto Tronador, la lanzadera que representa el futuro del plan espacial argentino. También el visitante puede sentarse en las butacas de un avión de Aerolíneas Argentinas a escala real, y hasta pilotarlo a través de un sorprendente simulador. El laboratorio Pierre Auger contiene hologramas, animaciones y un planetario ideado para personas videntes y no videntes que buscan acercarnos a las eternas preguntas sobre el origen del Universo. Además, se puede comprender el funcionamiento de la energía eólica, ver desarrollos de nanotecnología, y contemplar cuatro aviones que son orgullo de la tecnología argentina: el Pulqui I, Pulqui II, Pucará y Pampa.

## CONTINENTE FUEGO



Está simbolizado por un domo de acero y cristal, donde un simulador nuclear muestra a los visitantes el funcionamiento de una central atómica. En este continente se puede conocer el proyecto desarrollado en el Gran Colisionador de Hadrones de la Organización Europea para la Investigación Nuclear a través de un video 3D en una pantalla de 180 grados, llegar hasta el corazón de la energía nuclear en un recorrido que muestra el proceso que va desde la exploración y explotación minera del uranio hasta las aplicaciones de nucleoelectricidad y medicina nuclear, y vivenciar los procesos de entrenamiento de las tropas argentinas, a través de tres experiencias interactivas asombrosas: el simulador de vuelo Atlas II, el simulador de tanques Neonahuel y el simulador de tiro, todos ellos diseñados por el Ministerio de Defensa.

## CONTINENTE IMAGINACIÓN



Todo sorprende en este continente. La robótica y la nanotecnología se ve en diversas formas. Se puede jugar a un metegol manejando robots, manejar un simulador de F1, ver cohetes, misiles y prototipos de simuladores de entrenamiento de vuelo y tiro del Ministerio de Defensa, interactuar con hologramas, ver seres fantasmagóricos en tres dimensiones, habitar una imponente intervención de la Comisión Nacional de Bibliotecas Populares o transitar un recorrido interactivo y conceptual a partir de la selección de 200 piezas clave del arte argentino de los dos últimos siglos de nuestra historia, ingresar a un ambiente que simula la diminuta escala nanométrica o subirse a un camión con proyecciones 3D y conocer un robot especialmente diseñado para investigaciones biotecnológicas.

## ESPECTÁCULOS

Además, todos los días y en todos los horarios hay diversos espectáculos, puestas e intervenciones. La compañía Fuerzabruta realiza diariamente varias funciones de tres espectáculos: Industria nacional, la Pared de fuego (una sorprendente puesta en la que los artistas arrojan elementos metálicos en estado líquido y a más de 1200 grados centígrados sobre una pared, lo que genera un evento visualmente espectacular) y La globa. La compañía La Arena, de Gerardo Hochman, realiza funciones diarias de su show Avalancha. También hay muchos espectáculos para chicos, que mezclan el entretenimiento con la educación, como No es magia es ciencia, de Enrique Federman, o Urraka: música con objetos. Además se realizan recitales periódicamente de grupos de diversos géneros, en espacios como el galpón del Espacio Joven o entre las esculturas sonoras de León Ferrari.



La **Dirección Nacional de Vialidad** no podía estar ausente en esta formidable exposición. Es así como cuenta con un pabellón dedicado a exponer las obras emblemáticas desarrolladas en la última década. El espacio cuenta con un escenario, donde se desarrollan funciones de teatro dedicadas a un público infantil que interactúa con Vialito, simpático personaje de la DNV que enseña nociones de prevención y seguridad vial. Asimismo se muestran algunas de las actividades desarrolladas por la DNV referidas al programa de anticipación de nevadas en Mendoza y diversos registros de control de tránsito. En la parte exterior del pabellón, hay una muestra ejemplo de los equipos utilizados por la repartición. Dentro de este pabellón, hay un stand cedido a la Asociación Argentina de Carreteras, donde es posible ver en una enorme pantalla de leds las obras viales distinguidas por la entidad en los últimos años. También es posible apreciar ejemplos del programa de georreferenciación desarrollado por la Asociación para la DNV. En este caso en unos pocos minutos se puede ver todas las rutas y caminos del país con su tipología, señalización, etc. En el stand auxiliares convenientemente identificadas, distribuyen folletos ilustrativos de las actividades de la institución.



Desde 1908,  
excelencia en construcciones.

**ROGGIO**

BENITO ROGGIO E HIJOS S.A.

[www.broggio.com.ar](http://www.broggio.com.ar)



**Caminos del Río Uruguay**

# CAMINOS DEL RÍO URUGUAY

S.A. DE CONSTRUCCIONES Y CONCESIONES VIALES

## **Autopista Mesopotámica**

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

Visite nuestra página en la Web: [www.caminosriouruguay.com.ar](http://www.caminosriouruguay.com.ar)

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



# III Congreso Ibero-Americano de Seguridad Vial

## Colombia, Junio de 2012

### ► Antecedentes

El Instituto Vial Ibero-Americano (IVIA) promovió la realización del Primer Congreso Iberoamericano de Seguridad Vial, CISEV, cuya primera edición se celebró en San José de Costa Rica en mayo de 2008 y luego se efectuó el segundo evento en Buenos Aires, República Argentina, entre el 20 y el 22 de octubre de 2010.

En el II Congreso Iberoamericano de Seguridad Vial se designó a Colombia como sede del III CISEV bajo el liderazgo del Ministerio de Transporte y con la participación de la Corporación Fondo de Prevención Vial, de la Sociedad Colombiana de Ingenieros, de la Cámara Colombiana de Infraestructura y del Banco Latinoamericano de Desarrollo-CAF. Además, está previsto que se vinculen otras entidades nacionales de los países iberoamericanos y organismos internacionales que ya han tenido participación en los dos certámenes anteriores.

**EL CONTEXTO GENERAL DE LA SEGURIDAD VIAL:** En marzo de 2010, la Asamblea General de Naciones Unidas proclamó en su Resolución 64/255, el período 2011-2020 como el “Decenio de Acción para la Seguridad Vial”, el cual tuvo su inicio formal en mayo de 2011 bajo el liderazgo de las Naciones Unidas y cuyo objetivo general es estabilizar y, posteriormente, reducir las cifras previstas de víctimas mortales en accidentes de tránsito en todo el mundo antes del año 2020. Con este propósito se han vinculado diversos organismos internacionales y gran parte de los países del mundo han iniciado o fortalecido su actividad en pro de la seguridad vial.

**EL CONGRESO IBEROAMERICANO DE SEGURIDAD VIAL- CISEV** es uno de los eventos de mayor importancia en la región Iberoamericana y constituye un escenario para procurar soluciones eficaces, conocer e intercambiar información y conocimientos y, en especial, para promover políticas institucionales consensuadas en materia de seguridad vial que contribuyan a reducir el número de víctimas ocasionadas por accidentes de tránsito.



### ► Objetivos

Interesarse por los problemas de carácter técnico y científico en lo que respecta a la seguridad vial.

Promover la realización de estudios e investigaciones entre instituciones, centros de investigación, empresas, universidades y otras entidades vinculadas a la carretera, el tráfico y la seguridad vial en su conjunto, con el fin de lograr el desarrollo y establecimiento de medidas que reduzcan los accidentes de tráfico y atenúen sus consecuencias.

Intercambiar información sobre experiencias a nivel nacional e internacional en materia de seguridad vial.

Publicar y divulgar los trabajos técnicos presentados en el Congreso y las discusiones que los mismos originen.

Promover el desarrollo de las relaciones personales a fin de fortalecer los vínculos de amistad entre los técnicos Iberoamericanos y de otros países del mundo.



## ▶ TEMARIO ACADÉMICO DEL CISEV 2012:

## ▶ EJES TEMÁTICOS PARA EL III CISEV

Para estructurar el temario se consideraron los cinco pilares del Decenio Mundial de Acción para la Seguridad Vial:

- i) Gestión de la seguridad vial;
- ii) Vías de tránsito y movilidad más seguras;
- iii) Vehículos más Seguros;
- iv) Usuarios de vías de tránsito más seguros y
- v) Respuesta tras los accidentes.

También se tuvieron en cuenta las iniciativas por la seguridad vial de organismos internacionales como: la Organización Mundial de la Salud, la Organización Panamericana de la Salud, el Banco Mundial, el BID, el Banco Latinoamericano de Desarrollo, entre otras.

Reformas y cambio en infraestructura para mejorar la seguridad vial  
La formación de recursos humanos en Seguridad Vial mediante una formación reglada, ya sea mediante tecnicatura o estudio de grado universitario.

- Aspectos conceptuales del problema de la inseguridad vial: complejidad y herramientas para enfrentarlo.
- Institucionalidad y marco jurídico para la seguridad vial: agencias o entidades, normatividad legal, planes integrales, observatorios, vigilancia y control. Costos económicos y sociales. Transporte público
- Usuarios viales: usuarios vulnerables (peatones, ciclistas, motociclistas). Conductores: capacitación, licencias; vigilancia y modalidades de auxilio.
- Infraestructura vial y equipamiento: planeación, diseño, construcción, conservación y operación que garanticen seguridad a la movilidad. Tecnologías para gestión de tránsito, movilidad segura de usuarios vulnerables. Sistemas de transporte inteligente (ITS).
- Movilidad segura en vehículos: modernización parque automotor, homologación, tecnologías de seguridad pasiva y activa; regulación
- Participación sector salud: prevención, atención pre y hospitalaria del trauma. Atención y ayuda a la integración post-trauma.
- Participación de la sociedad civil: organizaciones no gubernamentales, organismos privados, instituciones y otros organismos que trabajan por la seguridad vial.
- Educación: formación de recursos humanos, Investigación y Desarrollo Tecnológico.





# CARTA ARGENTINA DE LA SEGURIDAD VIAL

Por iniciativa de IDEA-Instituto para el Desarrollo Empresarial en la Argentina, se conformó un grupo de trabajo del que participa la Asociación Argentina de Carreteras, cuyo objetivo principal es concientizar a la comunidad sobre la importancia de proteger la vida de las personas del flagelo que representan los siniestros viales. Una de las herramientas utilizadas para alcanzar ese objetivo es la firma de una carta compromiso por parte de empresas e instituciones tendientes a generar acciones cumplibles y medibles en los ámbitos de actuación de esas organizaciones. Para la redacción se tomó como base y ejemplo la Carta Europea de la Seguridad Vial, suscripta por la mayoría de las empresas que actúan en el continente europeo.

A continuación se da el texto, conceptos tomados en consideración, entidades que componen el grupo de trabajo, empresas e instituciones que ya firmaron la carta y la invitación a suscribir la misma.

El **Grupo de Seguridad Vial**, creado en el marco de **IDEA** -Instituto para el Desarrollo Empresarial de la Argentina, que reúne a organizaciones preocupadas y ocupadas desde hace mucho tiempo por el flagelo de los siniestros de tránsito, considera que:

» El tránsito en la vía pública es un hecho cultural y como tal una construcción colectiva, y que ha llegado el momento de proponer prácticas concretas que colaboren a la conformación de la conciencia ciudadana, como base para el desarrollo de una cultura de la prevención vial.

» El número actual de víctimas de siniestros viales en Argentina ha alcanzado un nivel altamente preocupante e intolerable moralmente, constituyéndose en una de las principales causas de muerte, lesiones, discapacidades y costos materiales de la sociedad.

» Es necesaria una actuación coordinada entre las numerosas partes que por diversos conceptos tienen responsabilidades en este ámbito.

» Existen medidas eficaces para alentar a los usuarios de la red vial a aplicar las normas de seguridad para reducir la exposición de los ciudadanos al riesgo de accidente y que la repercusión de tales medidas será tanto mayor cuantos más participantes intervengan en ellas,

» Debemos confiar en el sentido de la responsabilidad y la urgente toma de conciencia de las personas y las organizaciones,

» Las medidas en favor de la seguridad vial implican un alto rédito social y económico.

» A la par de reclamar el permanente rol del Estado en su "liderazgo natural" en la materia, adoptando medidas de fondo, debemos, como sector privado integrante de una sociedad, involucrarnos y asumir nuestra porción de responsabilidad social empresaria.

» Es importante no perder de vista la dimensión del problema y asumir que nuestra obligación y deber de ciudadanos es HACER ALGO YA.

La sanción de la Ley 26363, que crea la Agencia Nacional de Seguridad Vial, abre favorables perspectivas, las que se concretarán en la medida de que las organizaciones y su gente se comprometan a reducir las consecuencias de este grave problema que afecta a nuestra sociedad.

Por esta razón el **IDEA - Instituto para el Desarrollo Empresarial de la Argentina**, como integrante del Grupo de Seguridad Vial le invita a firmar la **CARTA ARGENTINA DE SEGURIDAD VIAL**.

La firma de la Carta Argentina de Seguridad Vial refleja el compromiso que se asume de implementar en el ámbito de la organización, por iniciativa propia, acciones concretas orientadas a la concientización en materia de seguridad vial, como así también de control de cumplimiento y sanción de incumplimientos, superando los meros requisitos reglamentarios vigentes.

Como firmante de la Carta se compromete a aplicar voluntariamente las medidas que se derivan de su responsabilidad y de sus actividades, a fin de alcanzar mayores progresos en materia de seguridad vial y en particular a llevar a la práctica en el ámbito de su organización al menos una de las acciones del siguiente listado orientativo:

#### CONCIENTIZACIÓN:

- Desarrollo de programas específicos e integrales de seguridad vial.
- Cursos de Capacitación para la buena conducción al personal de las compañías.
- Utilizar las carteleras disponibles en la empresa para campañas de concientización para combatir el flagelo.
- Inventario voluntario de personas de la empresa, familiares, amigos o conocidos por el personal, que han sufrido siniestros de tránsito.
- Propuesta a sus empleados para colocar un sticker en sus autos con leyendas preventivas en materia de comportamiento vial seguro (un mensaje por sticker).

#### ACUERDOS:

- Firma por los integrantes de la organización de un acta de buen ciudadano que se compromete a adoptar conductas seguras en el tránsito y a difundirlas en sus grupos de influencia.
- Acuerdos con los empleados para, de manera conjunta, establecer códigos de comportamiento en el tránsito, y de ser posible establecer sistemas de premios para quienes carezcan de siniestros de tránsito.

#### ACCIONES CON LA COMUNIDAD:

- Donar a las distintas ciudades y jurisdicciones del país equipamiento necesario para la seguridad vial (alcoholímetros, radares, chalecos, etc.).
- Contribuir al desarrollo de programas educativos en materia de seguridad vial.
- Concurso del conductor profesional como buen ciudadano respetuoso de las normas de tránsito.



#### Derechos y deberes del firmante de la CARTA ARGENTINA DE SEGURIDAD VIAL

Como signatario de la Carta Argentina de la Seguridad Vial usted pasará a ser miembro de la Comunidad en acción.

El compromiso que ha adquirido implica deberes y derechos:

- » La Carta Argentina de la Seguridad Vial contribuye al desarrollo de su responsabilidad social empresaria.
- » La Carta Argentina de la Seguridad Vial constituye una plataforma única que reúne a los signatarios y permite que intercambien ideas y experiencias.
- » Como signatario será usted un referente social que se involucrará en impulsar los principios de la Carta Argentina de la Seguridad Vial.
- » Se compromete a llevar a cabo las acciones concretas indicadas en su compromiso.

#### SOBRE EL GRUPO SEGURIDAD VIAL DE IDEA

Trabajamos para lograr un compromiso responsable que, desde diversos ángulos y a través de múltiples planes y acciones, ayude a reducir el impacto de los siniestros de tránsito.

La mesa de trabajo del **GRUPO SEGURIDAD VIAL DE IDEA** esta integrada por:

01. **AAC** - Asociación Argentina de Carreteras
02. **AACS** - Asociación Argentina de Compañías de Seguros
03. **AAPAS** - Asociación Argentina de Productores Asesores de Seguros
04. **ACA** - Automóvil Club Argentino
05. **ACARA** - Asociación de Concesionarios de Automotores de la Rep. Argentina
06. **ADIRA** - Aseguradores del Interior de la República Argentina
07. **AMCHAM** - La Cámara de Comercio de los Estados Unidos en la Rep. Argentina
08. **AVIRA** - Aseguradores de Vida y retiro de la Republica Argentina
09. **CESVI** Argentina - Centro de Experimentación y Seguridad Vial
10. **CPA** - Consejo Publicitario Argentino
11. **EMAVA** - Escuela de Manejo Avanzado
12. **Fundación Fleni**
13. **FUSERC** - Fundación sobre el Seguro y la Responsabilidad Civil
14. **IDEA** - Instituto para el Desarrollo Empresarial de la Argentina
15. **ISEV** - Instituto de Seguridad y Educación Vial
16. **Observatorio Social.**
17. **Programa de Prevención de Accidentes y Educación Vial**
18. **UART** - Unión de Aseguradoras de Riesgos del Trabajo

#### Se han propuesto como finalidad:

1. Colaborar al desarrollo de conductas ciudadanas que sirvan a mejorar la calidad de vida de los argentinos.
2. Posicionarse como referente privado de la seguridad vial en el ámbito comunitario y empresarial.

#### Para lograr la finalidad expresada asumen la responsabilidad de:

1. Planificar y desarrollar acciones que sirvan al desarrollo de conciencia ciudadana en materia de seguridad vial.
2. Promover la responsabilidad social empresaria en relación a la problemática de la seguridad vial.
3. Brindar elementos teóricos y técnicos necesarios para el desarrollo de políticas de prevención del riesgo vial.
4. Trabajar con la comunidad, con el sector empresario y con el sector gubernamental en iniciativas que sirvan al desarrollo de una cultura de la prevención vial.

#### Dicha responsabilidad implica la concreción de las siguientes acciones:

1. Elaboración de una CARTA ARGENTINA DE SEGURIDAD VIAL que convoque a empresas e instituciones a iniciar o profundizar acciones en beneficio de la seguridad vial.
2. Trabajar con la comunidad, con el sector empresario y con el sector gubernamental una serie de acciones que sirvan al desarrollo de una cultura de la prevención vial tales como:
  - Que toda acción de concientización sobre seguridad vial, llevada adelante por una jurisdicción, sea acompañada de manera sistemática y permanente con las acciones de control y sanción que las hagan creíbles.
  - Generar mensajes que contribuyan al desarrollo de conductas viales seguras, evitando los mensajes que impliquen conductas de riesgo vial.
  - Promover campañas publicitarias alentando el uso adecuado de la velocidad de los autos.
  - Promover campañas publicitarias tendientes concientizar sobre los riesgos del alcohol, con especial énfasis en los adolescentes.
  - Que las empresas de carga y de transporte público de pasajeros dispongan obligatoriamente el descanso físico y psíquico de sus empleados-conductores con el fin de evitar que la fatiga o el cansancio puedan generar siniestros viales.
  - Que la industria cultural -y específicamente los medios de comunicación- colaboren en generar conciencia en el cumplimiento de las normas de normas de seguridad vial.
  - Promover planes de efectivo cumplimiento para evitar la siniestralidad en autopistas.

... siempre  
construir una pasión, ayer, hoy y siempre...

el camino lo hacen  
quienes lo transitan

**esuco**  
*construir, una pasión*



## **LOS DIEZ OBJETIVOS DE LA DECLARACIÓN DE MÉXICO PARA LA SEGURIDAD VIAL**

Esta declaración incluye la coordinación internacional entre organismos públicos y privados y otras acciones encaminadas a promover la capacidad de gestión de la seguridad vial, además de realizar acciones para conseguir comportamientos más seguros de los usuarios así como una mejor movilidad de los vehículos, entre otras medidas. Los objetivos propuestos están encaminados a conseguir la meta propuesta de reducción de un 50% en el número de muertes por accidentes viales, establecida en la Declaración del Decenio de Acción para la Seguridad Vial 2010-2020 de la Organización de las Naciones Unidas.

### **2do Encuentro Iberoamericano y del caribe sobre seguridad vial**

### **Declaración de México para la Seguridad Vial: la ruta para salvar vidas en Iberoamérica y el Caribe.**

Las delegaciones de los países de Iberoamérica y del Caribe, reunidos en la Ciudad de México los días 12 y 13 de mayo para celebrar el Segundo Encuentro Iberoamericano y del Caribe de Seguridad Vial (EISEVI-2), a invitación del Gobierno de México y de la Secretaría General Iberoamericana, destacamos que:

1. Hemos examinado la situación y las implicaciones de la inseguridad vial en la región de Iberoamérica y el Caribe y para, sobre la base de la voluntariedad y habida cuenta de la especificidad de las realidades nacionales, profundizar los principios emanados del Primer Encuentro, celebrado en 2009 en Madrid, España.
2. En ese espíritu, hemos acudido a este segundo Encuentro con objeto de intercambiar experiencias, ponderar la articulación de estrategias y enunciar líneas de acción para atender y enfocar las múltiples aristas que resultan de los accidentes de tránsito.
3. Nuestros trabajos han girado a partir de cinco grandes ejes temáticos, cada uno de los cuales aborda una dimensión de una problemática que, en distintos grados, concierne al conjunto de países iberoamericanos y caribeños: gestión de la seguridad vial; infraestructura y seguridad vial; vehículos y transportes seguros; comportamiento seguro de los usuarios de las vialidades; y atención pre hospitalaria y rehabilitación.
4. En razón de que estos grandes rubros están sustantivamente entrelazados hemos identificado medidas que contribuyan a reducir significativamente los más de 142 mil decesos por causa de accidentes de tránsito que anualmente ocurren en nuestra región, y los cientos de miles de personas que sufren lesiones no mortales y de discapacitados que de ellos resultan.
5. Nuestras discusiones se han centrado también sobre la negativa incidencia que en nuestros países tiene la inseguridad vial en el producto interno bruto, en las asignaciones presupuestarias sectoriales, salud entre ellas, por lo general del orden del 2 al 3 por ciento del PIB.
6. Las propuestas y sugerencias de acción descansan en una ponderación de políticas, estrategias y acciones, susceptibles de instrumentación, con el fin último de contribuir a la reducción de costos humanos, de los daños a nuestras sociedades, a sus economías y, por ende, a su desarrollo. En ese sentido, destacamos el valor de la educación para conseguir los objetivos en el mediano y largo plazo.
7. Hemos pugnado también para que estos trabajos coadyuven a evitar que los accidentes de tránsito vehicular sigan siendo una de las tres principales causas de muerte de personas entre 5 y 44 años, y subrayar también que un alto porcentaje de los decesos, de las discapacidades y de los daños resultantes de la inseguridad vial son prevenibles.
8. En el tratamiento de los ejes temáticos que han orientado nuestros trabajos, hemos analizado los distintos elementos que contribuyen y propician los accidentes de tránsito, tales como el consumo de alcohol, exceso de velocidad, falta del uso de casco y de cinturón de seguridad, mecanismos de sujeción infantil. Hemos tomado en cuenta también la creciente proporción de accidentes de tránsito con consecuencias fatales que involucran a motociclistas.
9. Reconocimos que, si bien los determinantes, las condicionantes de la inseguridad vial así como los daños que de ellas resultan, tienen causas y orígenes diversos, su atención es de competencia multisectorial, en particular los ámbitos de salud pública, comunicaciones y transportes, seguridad y tránsito, justicia y educación, entre otros.



## DECLARACIÓN DE MÉXICO

10. En nuestros trabajos hemos subrayado la pertinencia de que las acciones para mejorar la seguridad vial se lleven a cabo de manera coordinada para maximizar su efectividad, y que las experiencias que constituyen buenas prácticas en un país puedan replicarse en otros, tomando siempre en cuenta las especificidades nacionales.

11. En este segundo Encuentro Iberoamericano y del Caribe de Seguridad Vial (EISEVI-2) pusimos particular énfasis en el carácter multisectorial de toda política en materia de seguridad vial y, por ende, en el papel del Estado en la instrumentación de políticas públicas, sobre la base de evaluaciones e insumos de carácter técnico-científico.

12. Nuestros trabajos tuvieron como referentes las distintas resoluciones, iniciativas y pronunciamientos en materia de seguridad vial, así como aquellas sobre temas conexos de la Asamblea General de las Naciones Unidas; de la Asamblea Mundial de la Salud; del Consejo directivo de la Organización Panamericana de la Salud; de la Organización Mundial de la Salud, Encuentros Iberoamericanos de Responsable de Tránsito y Seguridad Vial, los Principios de Madrid emanados del Primer Encuentro Iberoamericano y del Caribe de Seguridad Vial, entre otras.

13. Sobre la base de la intensa interlocución entre los participantes iberoamericanos y caribeños en éste y reconociendo que es indispensable adoptar medidas urgentes para enfrentar la situación de inseguridad vial, con todas sus graves consecuencias para los países de Iberoamérica y el Caribe:

### PROPONEMOS

a) Acoger la meta de reducción de 50% en el número de muertes por accidentes viales, establecida en la Declaratoria del Decenio de Acción para la Seguridad Vial 2011- 2020 de la Organización de las Naciones Unidas

b) Promover la coordinación internacional entre organismos públicos y privados con miras a atender en forma concertada los desafíos que la seguridad vial presenta en los ámbitos local, nacional y regional;

c) Establecer metas de reducción de muertos y lesionados por causa de accidentes de tránsito vehicular en Iberoamérica y el Caribe, y un sistema de seguimiento a través de indicadores de desempeño;

d) Exhortar a los organismos internacionales y hacer un llamado a los países de la región a aumentar el apoyo financiero para la seguridad vial;

e) Implementar estrategias y acciones específicas, en los siguientes ejes de actuación, a nivel nacional, y en su caso a nivel regional:

- Gestión de la seguridad vial
- Usuario
- Infraestructura
- Vehículos
- Atención pre hospitalaria

f) Promover la capacidad de gestión de la seguridad vial mediante:

- El fortalecimiento del marco jurídico e institucional;
- La creación o fomento de agencias líderes que impulsen estrategias y acciones, promuevan la creación de alianzas multisectoriales e interinstitucionales especializadas a nivel regional y nacional;
- La elaboración de planes y programas nacionales coordinados por las agencias líderes estableciendo prioridades de inversión a corto, mediano y largo plazo;



## DECLARACIÓN DE MÉXICO

- La realización de peritajes coordinados por las agencias líderes y la implementación de medidas correctivas derivadas de ellos.
  - Estrategias que, apoyadas en datos y evidencia científica, permitan monitorear y evaluar la eficacia de las medidas implementadas.
  - La creación, o impulso, y funcionamiento de observatorios de seguridad vial que provean información precisa, oportuna y clara para la toma de decisiones y fortalecer la capacitación e investigación en seguridad vial;
  - La creación o fortalecimiento de instancias específicas para la vigilancia vial en carreteras y zonas urbanas.
- g) Promover comportamientos más seguros de los usuarios de las vialidades y el cumplimiento de las leyes y reglamentos en materia de seguridad vial mediante:
- Campañas de comunicación e información en seguridad vial, así como desarrollar acciones enfocadas a la promoción de hábitos de conducción segura;
  - Sistemas sancionadores eficaces, ágiles y transparentes.
  - Programas de capacitación para conductores profesionales, con énfasis en las consecuencias y riesgos que trae el incumplimiento de las normas.
  - Procedimientos homogéneos, rigurosos y transparentes para la emisión de licencias de conducir.
- h) Mejorar la infraestructura vial que permita la circulación y movilidad segura a través de:
- La instrumentación de programas de atención y mejoramiento de puntos negros.
  - La habilitación de áreas de descanso en los principales ejes carreteros.
  - La planeación, diseño, construcción, operación y mantenimiento de la infraestructura vial;
  - Elaboración de mapas de riesgos en la infraestructura vial para la identificación de los segmentos de mayor peligrosidad;
  - Ejecución de medidas de bajo costo y alto impacto basadas en auditorías de seguridad vial; • Aplicación de tecnologías para la mejora de la gestión del tránsito; • Acciones a favor de una movilidad segura para los usuarios vulnerables.
- i) Promover la movilidad segura de los vehículos públicos y privados mediante:
- Programas de modernización del parque vehicular.
  - La incorporación de tecnologías de seguridad pasiva y activa y la homologación de estándares mínimos para la región;
  - La difusión de información a los consumidores;
  - La regulación, en la medida de lo posible, de los tiempos de conducción y descanso de los operadores de transporte público en zonas urbanas e interurbanas;
  - La verificación de las condiciones de salud de los conductores en operación.
- j) Fortalecer el sistema de atención pre y hospitalaria del trauma.

Las delegaciones de los países participantes en el Segundo Encuentro Iberoamericano y del Caribe de Seguridad Vial, deseamos dejar constancia de nuestro profundo agradecimiento a las secretarías de Salud, de Comunicaciones y Transportes, y de Relaciones Exteriores del Gobierno de México de México, por haber hospedado la segunda edición del este Encuentro que ha permitido dar continuidad a los trabajos emprendidos en febrero de 2009 en Madrid, España. Expresamos, igualmente, nuestro más sincero reconocimiento a la Secretaría General Iberoamericana, al Banco Mundial, al Banco Interamericano de Desarrollo, a las Organizaciones Mundial y Panamericana de la Salud, a la Dirección General de Tráfico de España, a la Fundación FIA, a la Fundación MAPFRE para la Seguridad Vial, y a la Federación Iberoamericana de Asociaciones contra la Violencia Vial, por su activa contribución al exitoso desarrollo de este Encuentro.

Ciudad de México, 13 de mayo de 2011.



## La Línea más completa de productos para SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL

MATERIALES TERMOPLÁSTICOS (Aplicación en caliente)  
PINTURA ACRÍLICA PARA REFLECTORIZAR (Aplicación en frío)  
MATERIAL TERMOPLÁSTICO PREFORMADO PARA SEÑALIZACIÓN



## INFORMACIÓN Y ASESORAMIENTO

CRISTACOL S.A. | Callao 1430 (B1768AGL) Ciudad Madero  
Provincia de Buenos Aires | República Argentina  
Te.: +54 11 4442-1423 / 1424 Fax: +54 11 4442-1158  
Email: [sales@cristacol.com.ar](mailto:sales@cristacol.com.ar) | [www.cristacol.com.ar](http://www.cristacol.com.ar)



# Vialidad de Buenos Aires Protagonista del Progreso Vial



5 de Octubre  
Día del Camino

y del Trabajador Vial



*Siempre en Obra*



[vialidad@vialidad.gba.gov.ar](mailto:vialidad@vialidad.gba.gov.ar)

[www.vialidad.gba.gov.ar](http://www.vialidad.gba.gov.ar)

0800-222-3822 (DVBA)



Dirección de  
**Vialidad**

Ministerio de  
**Infraestructura**

GOB. DANIEL SCIOLI

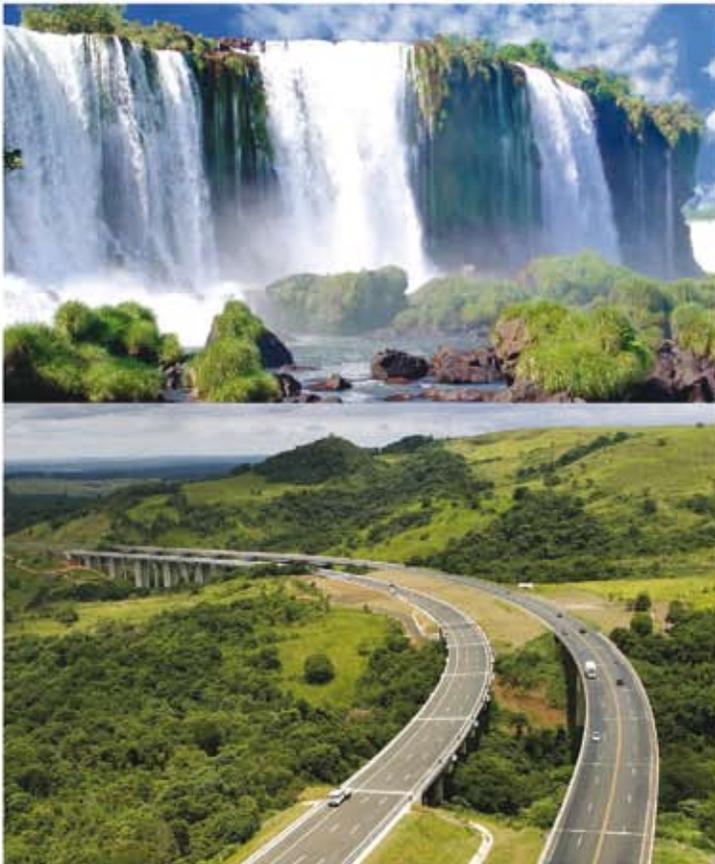
**Buenos Aires**  
LA PROVINCIA

# 7° Congreso Brasileño de Autopistas y Concesiones (CBR&C) Feria de Exhibición BRASVIAS Conferencia de IRF en Brasil y Cursos Certificados

**24-28 Octubre, 2011**

Cataratas de Iguazú (Foz do Iguaçu), Brasil

Un congreso que establecerá nuevos estándares de excelencia en la región, y contara con la participación de un **selecto grupo de expertos de prestigio internacional** del mas alto nivel. En este evento se presentarán las mejores y mas prestigiadas practicas internacionales, y se discutirán las soluciones y tecnologías mas aplicables a la región.



### **Beneficios para los participantes:**

#### **Sesiones Plenarias de Apertura y Clausura**

Conozca y aprenda de los líderes de la industria y le gobierno, incluyendo a altos funcionarios brasileños y dignatarios de Estados Unidos, la Comunidad Europea, Argentina, Chile, Canadá, Colombia y otros países.

#### **Sesiones Ejecutivas**

Escuche a los principales líderes de la industria y expertos de reconocido prestigio, tocando temas de gran interés a nivel mundial, regional y local.

#### **Sesiones Técnicas**

Aprenda de los mejores expertos e investigadores de la industria, presentando temas de interés altamente técnico y operacional.

- **Gestión de Pavimentos**
- **Gestión y Conservación Vial**
- **Aplicaciones de Seguridad Vial**
- **Protocolo NTCIP para Comunicaciones de ITS**

Para mas información, contacte a  
Haitham Saleh [hsaleh@irfnews.org](mailto:hsaleh@irfnews.org) o por teléfono al + 1 703 535 1001

**Recorreremos todos los caminos de nuestro país**

**FADEEAC**



***es* Transporte de Cargas**

**FEDERACION ARGENTINA DE ENTIDADES EMPRESARIAS  
DEL AUTOTRANSPORTE DE CARGAS**

Sánchez de Bustamante 54 (C1173AAB) Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina  
Tel/Fax: 54 11 4860-7700 - [fadeeac@fadeeac.org.ar](mailto:fadeeac@fadeeac.org.ar) - [www.fadeeac.org.ar](http://www.fadeeac.org.ar)



**VIALMANI S.A.**  
CONSTRUCCIONES

**Construcción Vial y Civil.  
Solidez y avance permanente.**

VIALMANI S.A.  
PERÚ N° 367 . PISO 11 . (C1067AAG)  
CAPITAL FEDERAL . BUENOS AIRES  
ARGENTINA.

TEL: 54.11. 4343.8711 (ROTATIVAS)  
FAX: 54.11. 4331.7028  
INFO@VIALMANI.COM.AR  
WWW.VIALMANI.COM.AR



# Breves

## ■ TECNICATURA SUPERIOR EN SEGURIDAD VIAL

La Agencia Nacional de Seguridad Vial, en convenio con la Universidad Tecnológica Nacional, auspicia el dictado de la Tecnicatura Superior en Seguridad Vial, destinada prioritariamente al personal de organismos provinciales, municipales y de las fuerzas de seguridad que realizan tareas de prevención, control de tránsito, emisión de licencias, campañas de educación vial, etc.

[www.seguridadvial.gov.ar](http://www.seguridadvial.gov.ar)

[centrodeformacion@seguridadvial.gov.ar](mailto:centrodeformacion@seguridadvial.gov.ar)

## ■ NUEVO ATLAS DE CUENCAS Y REGIONES HÍDRICAS SUPERFICIALES

Ya está disponible en la biblioteca de Recursos Hídricos (San Martín 320/322 C.A.B.A) el nuevo Atlas de Cuencas y Regiones Hídricas Superficiales de la República Argentina. Se trata de un DVD interactivo con una memoria tipográfica con mapas provinciales a escala y variada información de interés académico - profesional de otorgamiento gratuito.

Para obtener el DVD, los interesados deberán dirigirse a la biblioteca de la Subsecretaría de Recursos Hídricos. Dado el carácter limitado de la edición para el otorgamiento del DVD se le dará prioridad a las instituciones educativas, organismos y comunidades hídricas afines. El material del Nuevo Atlas estará disponible para consulta para toda persona que lo requiera.

[bibliohid@minplan.gov.ar](mailto:bibliohid@minplan.gov.ar)

## ■ ISEV. CURSOS VIRTUALES MODERADOS DE E-LEARNING DE EDUCACIÓN VIAL PARA DOCENTES

A partir de un Convenio de Colaboración, entre el Instituto de Seguridad y Educación Vial (ISEV) y el Portal Educ.ar dependiente del Ministerio de Educación de la Nación, se ha logrado ofrecer a todos docentes del territorio nacional, la posibilidad de realizar en forma "on line", el curso denominado "Educación para la seguridad vial: competencia social ineludible", al que se suma ahora el nuevo Curso "Estrategias didácticas para la educación vial".

[www.isev.org.ar](http://www.isev.org.ar)

## ■ LA AEC INSPECCIONA EL ESTADO DE CONSERVACIÓN DE LAS CARRETERAS ESPAÑOLAS

La mejora continuada de las carreteras españolas es un objetivo ampliamente compartido por todos los agentes, públicos y privados, del sector viario. Pero también es una cuestión que ocupa y preocupa a la Opinión Pública y, en definitiva, al conjunto de la ciudadanía. Evaluadores inspeccionarán el estado de conservación de unos 3.000 tramos de la red, de 100 metros cada uno, seleccionados al azar tanto en la Red de Carreteras del Estado como en la Red dependiente de las Comunidades Autónomas. Se evaluarán firmes, señalización vertical y horizontal, barreras de seguridad y balizamiento. El objetivo principal de este estudio es conocer el estado de los pavimentos y el equipamiento de la red viaria, así como determinar a cuánto ascienden las necesidades de inversión para que la red alcance un estado óptimo.

[www.aecarretera.com](http://www.aecarretera.com)

## ■ IV PREMIO INTERNACIONAL A LA INNOVACIÓN EN CARRETERAS "JUAN ANTONIO FERNÁNDEZ DEL CAMPO" 2011-2012.

Convocado por la Fundación de la Asociación Española de la Carretera (FAEC), esta cuarta edición dispone de una página web, creada con el fin de facilitar una mayor difusión de este certamen. En esta web pueden consultarse también íntegramente los trabajos premiados en las tres convocatorias anteriores, todos ellos editados por la FAEC.

[www.premioinnovacioncarreterasjafc.org](http://www.premioinnovacioncarreterasjafc.org)

## ■ UNIVERSIDAD POLITECNICA DE MADRID

Máster en Auditoría de Seguridad Vial y Movilidad. Octubre 2011-Julio 2012

Tiene carácter de Título Propio dentro de la Universidad y en este momento es único en España; el profesorado participante es personal docente experto de la Universidad, así como entidades y personas implicadas directamente en la Seguridad Vial. El master se plantea para analizar las medidas para la prevención de los accidentes de tráfico y estudiar el futuro de la Seguridad Vial en el mundo. Se analizará la problemática actual, la previsión futura y las posibles soluciones, intentando dar un enfoque integral pero objetivo que se plasme en un conjunto de directrices concretas.

[www.masterseguridadvial.com](http://www.masterseguridadvial.com)

## ■ INTERNATIONAL ROAD FEDERATION. "TRANSPORTE RURAL- VOLUMEN 2".

La IRF edita la segunda parte de su Boletín dedicado al Transporte Rural

Hoy en día, señala el editorial del Boletín, aproximadamente la mitad de la población del mundo vive en zonas rurales. De estos, se calcula que mil millones de personas todavía no tienen acceso a transportes confiables, según Informes del Banco Mundial. En resumen, los caminos rurales son fundamentales para el logro de los Objetivos de Desarrollo del Milenio de la ONU. El acceso a las carreteras es a menudo el factor determinante más importante de la productividad agrícola - por delante incluso de la calidad del suelo.

[www.irfnet.org](http://www.irfnet.org)

## COMITÉS ESPAÑOLES DE LA PIARC

Desde su creación en 1934, el Comité Nacional Español de la Asociación Mundial de la Carretera ha tenido una participación activa en los aportes de España a los Congresos Mundiales de la Carretera de la PIARC, desde el punto de vista técnico, en la elaboración de informes nacionales y presentaciones individuales, en la organización de la participación de España y en la coordinación de la cooperación de los comités técnicos españoles con sus contrapartes internacionales. En 1971, durante el Congreso Mundial de Praga, se formuló una observación respecto de la necesidad de institucionalizar estas tareas y aunar los esfuerzos de coordinación en nombre de todos los actores del sector vial de España, tanto de dominio público como privado. En respuesta a esta necesidad, se fundó la Asociación Española Permanente de los Congresos de Carreteras. En julio de 1986, este organismo cambió su nombre por la Asociación Técnica de Carreteras, o ATC, y mantuvo al comité nacional de la PIARC como el principal programa de actividades de la Asociación. La ATC estableció Comités Técnicos Españoles que reflejan las estructuras de los comités de la PIARC a nivel internacional, al tiempo que se enfocan en asuntos específicos del contexto español. Como regla general, el Presidente de este Comité Técnico Español es también designado como miembro del comité internacional en pos de asegurar la homogeneidad entre ambos organismos. Los comités técnicos pertenecientes a la ATC de España realizan una serie de publicaciones técnicas que sirven de referencia en los foros de carreteras realizados en España. Durante la jornada de trabajo organizada entre los dos Congresos Mundiales más recientes, **se realizaron esfuerzos especiales para garantizar la traducción al español de los informes de PIARC de especial relevancia para nuestros miembros, así como también para los profesionales de América Latina.**

La Asociación también auspicia, ya sea por iniciativa propia o a solicitud de diversas instituciones, una amplia gama de simposios, talleres, visitas de campo, entre otros. Este ímpetu brinda el marco adecuado para debatir cuestiones técnicas actuales de interés y capacitar al personal técnico.

## OBITUARIO

Juan Carlos Delgado, falleció el 8 de agosto.



### Cuando un amigo se va...

Deja un espacio vacío, que en el caso de Juan Carlos Delgado es un enorme lugar erigido a lo largo de más de cuatro décadas de labor fecunda y tesonera en el desempeño de actividades laborales en la Asociación Argentina de Carreteras y la Comisión Permanente del Asfalto. El conocimiento del sector vial tanto del ámbito oficial como privado, hizo de él un referente indispensable a la hora de desarrollar congresos y eventos organizados por las Entidades en las que trabajó. Su honestidad y hombría de bien le granjearon la amistad y confianza de todos que estuvieron junto a él. El bienestar de la familia fue su permanente preocupación, en tanto que sus compañeros de trabajo encontraron siempre en Juan Carlos la palabra de aliento y reconocimiento por las actividades emprendidas. En el año 2008 se retiró de la Asociación Argentina de Carreteras luego de 46 años de trabajo, oportunidad en que el Consejo Directivo de la Entidad le entregó una placa en reconocimiento a su incansable y fecunda labor. No fue menor la incidencia de la parte espiritual en su vida laboral, donde irradió envidiable paz y tranquilidad. Su memoria será permanente evocada por quienes tuvieron el orgullo y privilegio de compartir su afecto.



**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](mailto:info@homaq.com.ar)

Una empresa del Grupo **HOLDEC**

# Trabajos Técnicos

1. OPTIMIZACIÓN DE LA RESISTENCIA AL ENVEJECIMIENTO DE LOS LIGANTES ASFÁLTICOS: SÍNTESIS RETROSPECTIVA DE DIEZ AÑOS DE INVESTIGACIONES
2. ANÁLISIS DE LOS LÍMITES DE RUGOSIDAD VIGENTES EN LOS PLIEGOS Y PROPUESTA DE VALORES
3. AHUELLAMIENTO. DESARROLLO DE UNA METODOLOGÍA PARA EL CONTROL EN OBRA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS

# Divulgación

1. SISTEMA INTEGRAL DE GERENCIAMIENTO Y MANTENIMIENTO DE PUENTES
2. PAVIMENTOS DE HORMIGÓN: CUIDADOS A EDAD TEMPRANA PARA GARANTIZAR EL BUEN DESEMPEÑO Y UNA LARGA VIDA ÚTIL.
3. ACCIONES PARA OPTIMIZAR LA CALIDAD HORMIGONES DE OBRAS DE ARTE

# OPTIMIZACIÓN DE LA RESISTENCIA AL ENVEJECIMIENTO DE LOS LIGANTES ASFÁLTICOS: SÍNTESIS RETROSPECTIVA DE DIEZ AÑOS DE INVESTIGACIONES

*“En homenaje a la memoria del Sr. Juan Carlos Delgado”*

## AUTOR:

Dr. Ing. Hugo D. Bianchetto

## RESUMEN

Las especificaciones técnicas para mezclas bituminosas no consideran convenientemente el factor envejecimiento, pues caracterizan el comportamiento de los ligantes a partir de ensayos empíricos de simulación que únicamente tienen en cuenta sus propiedades intrínsecas, soslayando la interacción que se produce con los otros componentes del aglomerado, en especial los filleres “activos” de origen cálcico, cuyas cualidades benéficas en favor de la durabilidad son conocidas pero relativamente poco aprovechadas.

Se presenta a continuación una retrospectiva de las investigaciones que el autor viene desarrollando desde hace 10 años en la temática. Se trata de una revisión sucinta que abarca el empleo de nuevas técnicas para el estudio y ensayo de los efectos de la degradación de los ligantes asfálticos por envejecimiento, el análisis crítico de los postulados de la metodología SHRP y del método UCL ante esta problemática y una propuesta de procedimiento tendiente a optimizar la resistencia al envejecimiento de los ligantes asfálticos mediante la utilización racional de cal como filler.

Las experiencias han permitido esclarecer algunos fenómenos relacionados con el envejecimiento de los ligantes y establecer pautas y criterios de diseño a fin de potenciar la prevención ante este causal de deterioro prematuro de los pavimentos asfálticos.

## 1. OBJETIVO DE ESTE TRABAJO

Se pretende ofrecer una reseña sucinta de las experiencias que el autor, en ocasiones conjuntamente con otros tecnólogos e investigadores, ha venido llevando adelante, desde hace una década, con la finalidad de optimizar la resistencia al envejecimiento de los ligantes asfálticos y, por ende, de prolongar la vida útil de las mezclas bituminosas utilizadas para pavimentación.

La búsqueda se orientó preferentemente hacia la acción benéfica que los filleres activos de naturaleza cálcica ejercen para contrarrestar los mecanismos responsables del deterioro por envejecimiento en las mezclas asfálticas.

Se presentan los estudios y ensayos efectuados, como así también los resultados a los que se ha arribado y las conclusiones correspondientes, informándose además acerca de la actual línea de trabajo que se viene siguiendo como continuación de las investigaciones en la temática.

## 2. INTRODUCCIÓN

Tres razones principales motivaron el desarrollo de estas investigaciones, a comienzos del año 2001:

1) La experiencia personal recogida en la faz profesional, que por entonces sumaba de 15 años, en control de calidad de obras de pavimentación asfáltica en las que pudo percatarse la escasa importancia que se

otorgaba al “factor envejecimiento” de las mezclas bituminosas, desde las especificaciones técnicas y durante los procesos constructivos. La observación crítica permitió ponderar las consecuencias de tales omisiones, las cuales combinadas con políticas de conservación vial no del todo eficientes daban como resultado caminos en mal estado, con los consecuentes perjuicios económicos y de falta de seguridad y confort.

2) Los trabajos de laboratorio que el autor, conjuntamente con otros investigadores de la Universidad Nacional de La Plata y la Universidad Politécnica de Cataluña, llevaba adelante por aquellos años con el fin de experimentar diversas metodologías de estudio y de evaluación del envejecimiento de los ligantes bituminosos en laboratorio: el Método Universal de Caracterización de Ligantes, UCL(1)(2); el empleo del “rotovapor” como procedimiento de envejecimiento acelerado de los asfaltos en laboratorio, ensayando diversas variantes del mismo; y los, por entonces, incipientes estudios de las consecuencias del envejecimiento mediante ensayos reológicos y técnicas de análisis macromolecular. Tales experiencias preliminares se sintetizan en el punto III de esta comunicación.

3) El previo conocimiento de algunas de las ventajas que ofrecen ciertos filleres comerciales (cales, cemento Portland, polvo calizo) a favor de la resistencia al envejecimiento de las mezclas asfálticas, desde los legendarios trabajos de Ruiz<sup>(3)</sup> y de Ridgen<sup>(4)</sup> sobre las cualidades del medio continuo filler-betún, hasta las más recientes experiencias de Verhasselt<sup>(5)(6)</sup>, Petersen<sup>(7)(8)</sup>, Bell<sup>(9)</sup>, Agnusdei<sup>(10)</sup> y otros investigadores. Tales antecedentes, sin embargo, no eran adecuadamente usufructuados en Argentina, pues la mayoría de las mezclas asfálticas no incluían en su formulación la adición de estos materiales o, a lo sumo, lo hacían con fines granulométricos, sin valorarse mayormente su aporte en favor de la durabilidad.

A sabiendas que el asfalto es un material de origen orgánico y que, como tal, es susceptible de degradarse ante la oxidación y otros fenómenos como la pérdida de componentes livianos, se razonaba, por aquellos días iniciáticos de las investigaciones, que si se atacaban los causales físicos y químicos del envejecimiento era posible incrementar la vida útil de este material. La indagación a modo referencial de casos similares en otras ramas del conocimiento, menos con fines científicos que de simple curiosidad comparativa, alentaban el posible logro de progresos pero advertían acerca de las dificultades para alcanzarlos. Así, fue posible conocer los estudios de Aslan<sup>(11)</sup> en gerontología y de Hayflick<sup>(12)</sup> en biología molecular; lejos de pretender emular a tales eminencias, la lectura de sus investigaciones fueron estimulantes para las experiencias que, con fines tecnológicos y un alcance

mucho más modesto, se había decidido emprender. Dos hechos prácticamente anecdóticos pero reales, relacionados con estos investigadores, oficiaron de resorte impulsor: los 91 años de vida intensa y productiva que alcanzó la famosa gerontóloga rumana; y una frase del citado biólogo de la Universidad de California (“No sabemos prácticamente nada sobre las causas del envejecimiento”) que, en lugar de resultar desmoralizante, obró a modo de un incentivo adicional para los estudios que se había decidido emprender para tratar de conocer y combatir las causas que llevan al asfalto a perder prematuramente por envejecimiento varias de sus propiedades deseables.

### 3. EXPERIENCIAS PRELIMINARES (1999-2001)

Antes de encarar la línea de investigación propiamente dicha se habían practicado algunas experiencias con temas relativos al envejecimiento en el Laboratorio de Pavimentos e Ingeniería Vial (LaPIV) de la UNLP, algunos de manera conjunta con la Universidad Politécnica de Cataluña.

En 1999 se presentó en el X Congreso Iberoamericano del Asfalto, en Sevilla, una ponencia sobre la aplicación en la Argentina del Método Universal de Caracterización de Ligantes<sup>(13)</sup>. Se expusieron los resultados obtenidos y se concluyó que con tal procedimiento era posible caracterizar ligantes de una manera sencilla y sin requerir equipamiento sofisticado ni personal altamente calificado para la realización de ensayos; además, pudo apreciarse funcionalmente el comportamiento de los asfaltos envejecidos en las mezclas con mayor evidencia que en los ensayos intrínsecos tradicionales, porque el ligante en esta metodología está en contacto con los agregados pétreos y el filler, pudiendo ponerse de manifiesto la influencia de la naturaleza y las características de los otros materiales componentes. La simulación del envejecimiento se materializó con probetas zunchadas con malla de alambre y expuestas a 163°C en horno con ventilación forzada.

En 2000, en la 31ª Reunión del Asfalto, se reportaron los ensayos realizados a partir del método UCL con varios asfaltos modificados (con polímeros y con caucho) y con ligantes de penetración normalizados y también “subnormales”<sup>(14)</sup>; se percibieron divergencias importantes al correlacionar los resultados de envejecimiento de los ligantes modificados alcanzados con el método UCL respecto de los derivados de los ensayos tradicionales, también se pudo analizar cuali-cuantitativamente la diferencia de comportamiento entre los ligantes polimerizados y los convencionales (Figura N°1), y se observó además que 2 asfaltos convencionales de igual caracterización por penetración (“70-100”) presentaban comportamientos disímiles al envejecimiento cuando eran evaluados funcionalmente en las mezclas patrón empleadas.

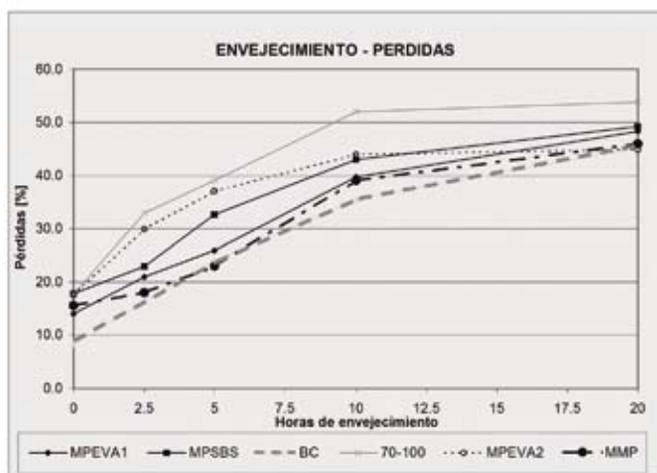


Figura N°1. Curvas de envejecimiento - Pérdidas en ensayo Cántabro<sup>(14)</sup>

En el mismo evento se expuso el trabajo “Envejecimiento de asfaltos convencionales y modificados por el Método del Rotovapor”<sup>(15)</sup>, en el cual se reportaron los ensayos de simulación sobre asfaltos convencionales y modificados con la técnica del evaporador rotatorio empleando distintos gases (aire, oxígeno, nitrógeno), concluyéndose que es una alternativa válida a los clásicos ensayos TFOT y RTFOT; la Figura N°2 muestra algunos de los resultados obtenidos con un asfalto modificado con polímeros SBS.

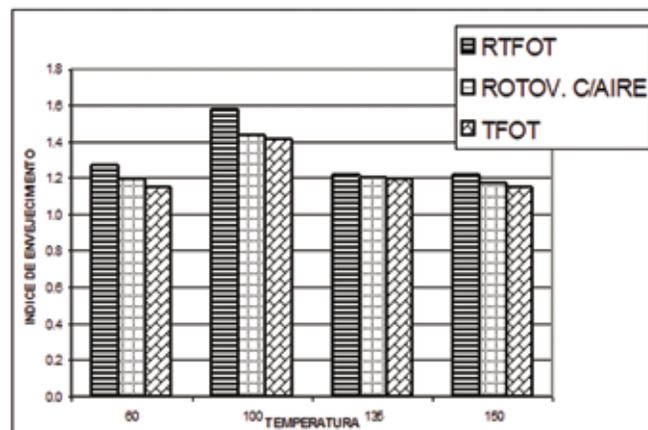


Figura N°2. Índice de Envejecimiento de un AMP-SBS<sup>(15)</sup>

En 2001 se continuó con el empleo del evaporador rotatorio, experimentándose con mayor cantidad de ligantes convencionales y modificados<sup>(16)</sup>. Se ratificó la propuesta de considerar este ensayo como alternativa a los de película delgada y complementariamente se comprobó el comportamiento distintivo de algunos ligantes modificados con polímeros al ser envejecidos, exhibiendo (inversamente a lo que sucede con los asfaltos convencionales) una merma de viscosidad producto de la rotura de sus cadenas moleculares poliméricas.

### 4. INVESTIGACIONES SISTEMÁTICAS DURANTE EL PERIODO 2001-2009

Desde 2001 las investigaciones se orientaron principalmente hacia la aplicación del método UCL para examinar el envejecimiento en los ligantes, la evaluación de los beneficios del uso de filleres en las mezclas y, adicionalmente, el empleo de técnicas de análisis macromolecular como procedimiento de estudio.

Las técnicas analíticas de Cromatografía por Permeación de Geles (GPC) y de espectroscopia Infrarroja (IR) habían sido poco exploradas en el ámbito de la Tecnología del Asfalto en nuestro medio. Su empleo significa una poderosa herramienta para comprender una serie de fenómenos asociados al envejecimiento de los ligantes. En 2002, en un trabajo presentado en la 32ª Reunión de la CPA<sup>(17)</sup> y liderado por el Ing. Larsen, los elugramas de la técnica de GPC revelaron los fenómenos de inestabilidad y degradación que sufre la red polimérica en los ligantes modificados envejecidos (Figura N°3), en tanto que los espectrogramas de la técnica IR permitieron detectar tanto la existencia de los polímeros en el seno del ligante base como la aparición de grupos funcionales producto del envejecimiento. Un año después se ponían en consideración nuevos avances en el tema, envejeciendo asfaltos modificados con polímeros con el RTFOT y con el PAV, analizando con GPC y complementando con ensayos dinámicos con el DSR<sup>(18)</sup>.

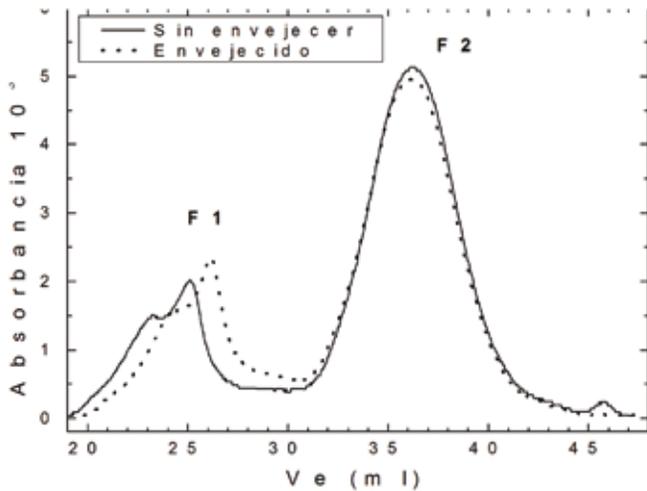


Fig. N°3. Efecto del envejecimiento sobre el perfil cromatográfico GPC (elugrama) de un asfalto modificado con polímeros SBS2<sup>(17)</sup>

También en 2002 se presentaron las primeras experiencias con el método UCL orientadas exclusivamente al estudio del envejecimiento de los ligantes. El procedimiento contemplaba originalmente la confección de las Curvas de Estado, realizando el ensayo Cántabro en seco, lo cual es ilustrativo de la susceptibilidad térmica del ligante en la mezcla patrón. Como variante asociada al análisis de los efectos del envejecimiento se propuso el concepto de Haz de Curvas de Estado, representando en un mismo gráfico las Curvas de Estado de probetas con distinto grado de envejecimiento en laboratorio<sup>(19)</sup>; Figura N°4. A partir de estas experiencias comenzó a materializarse la simulación del envejecimiento con la variante de someter a las probetas UCL a una temperatura de 80 °C en el horno con ventilación forzada y durante varios días. Adicionalmente, se introdujo otra variable: la elaboración de probetas UCL con la incorporación de fillers cálcicos, a fin de comenzar a discernir acerca de los beneficios de la inclusión de estos materiales sobre la resistencia al envejecimiento. Las proporciones de filler se expresan según el cociente de la concentración volumétrica Cv sobre su concentración crítica Cs; Figura N°5.

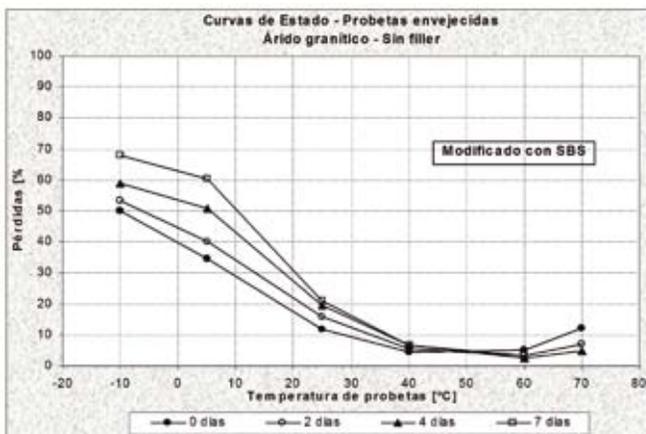


Figura N°4: Haz de Curvas de Estado, ligante modificado con SBS<sup>(19)</sup>

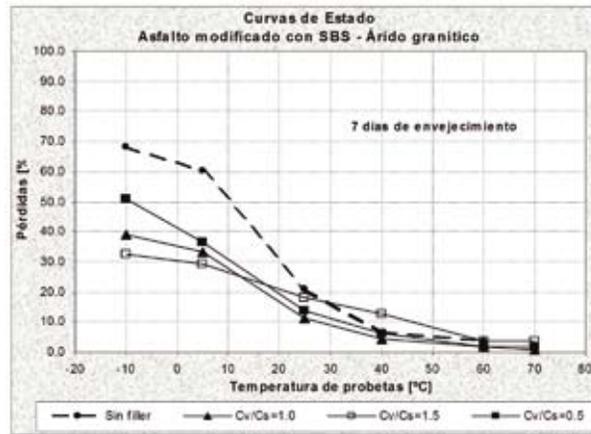


Figura N°5. Curvas de estado, envejecimiento a 7 días, distintas proporciones de cal cuantificadas según la relación Cv/Cs<sup>(19)</sup>

Las investigaciones de la Tesis Doctoral del autor<sup>(20)</sup> más otros estudios realizados a posteriori posibilitaron un análisis cuali-cuantitativo de las ventajas del empleo racional de fillers cálcicos para minimizar los efectos del envejecimiento y de la susceptibilidad térmica del asfalto. El ejemplo que sigue se efectuó sobre un ligante convencional 70/100 (también se experimentaron asfaltos modificados con polímeros EVA y SBS), moldeándose probetas con vacíos del orden de 28% y cal hidratada como filler en proporciones variables de la relación Cv/Cs, sometidas a diferentes tiempos de envejecimiento en laboratorio y de temperaturas de ensayo (desde -10°C hasta 70°C). Los "Haces de Curvas de Estado" permitieron evaluar cómo influyen las variables consideradas en la cohesión de las mezclas. En la Figura N°6 se exhiben los resultados de la mezcla patrón con proporciones variables de cal, para 0 y 7 días de envejecimiento (simulación de corto y largo plazo, respectivamente).

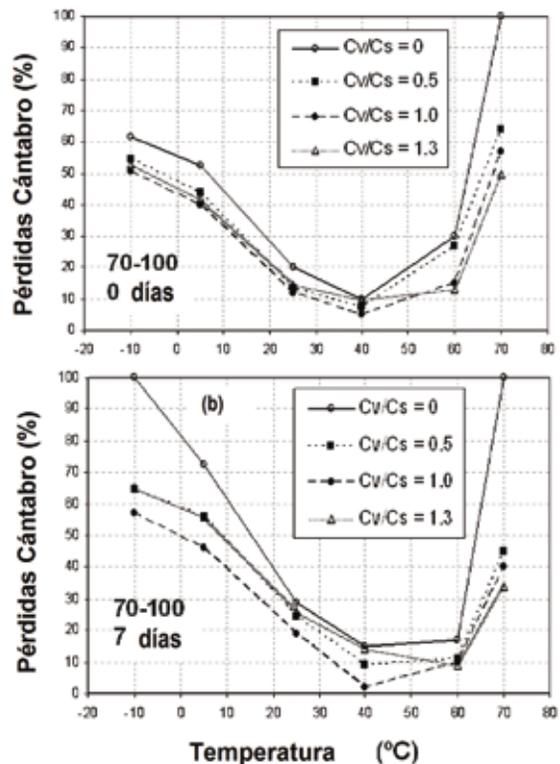


Figura N°6. Curvas de Estado, mezclas con asfalto convencional: efecto del contenido de filler sobre las pérdidas a 0 días y 7 días de envejecimiento<sup>(20)</sup>

Se observó en primera instancia el efecto de la susceptibilidad térmica: las pérdidas son relativamente pequeñas a temperaturas intermedias (entre 20°C y 50°C; debe interpretarse como “temperatura del pavimento”) pero aumentan hacia registros extremos: a bajas temperaturas se deben a la fragilización del asfalto, a altas temperaturas son producidas por su pérdida de consistencia.

También fue posible corroborar que, en líneas generales, la adición de un filler activo significa un claro beneficio para la funcionalidad de la mezcla, pudiéndose apreciar cómo en la mezcla sin filler las pérdidas se incrementan notablemente con el envejecimiento a temperaturas bajas, en tanto que en las mezclas con cal no “sobrefillerizadas” ( $Cv/Cs \leq 1$ ) tales pérdidas aumentan de una manera mucho más moderada. Para temperaturas elevadas, más de 50°C, las pérdidas disminuyen con el envejecimiento porque el ligante endurece y puede soportar mayores temperaturas antes de su ablandamiento. Una forma de evaluar las consecuencias del envejecimiento sobre mezclas en servicio a bajas temperaturas se muestra en la Figura N°7 “Pérdidas Cántabro vs. Concentración de Filler”, perteneciente a un paper presentado en un Meeting del TRB(21), con probetas ensayadas a -10°C, temperatura invernal frecuente en los extremos del planeta y en caminos de alta montaña.

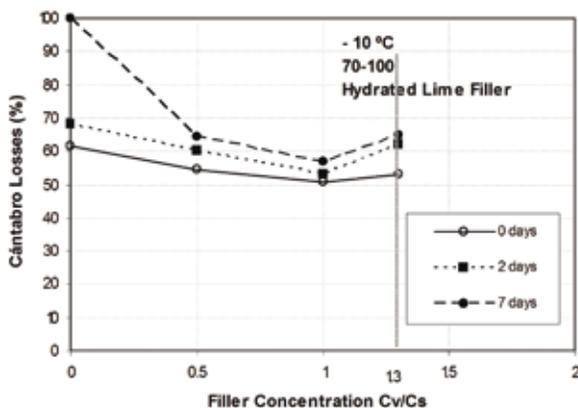


Figura N°7. Pérdidas Cántabro vs. Concentración de filler: mezclas UCL con asfalto 70/100 y cal, ensayadas a -10°C, con 0, 2 y 7 días de envejecimiento<sup>(21)</sup>

El análisis de la gráfica permite ver cómo disminuyen las pérdidas por disgregación a medida que se incorpora cal, efecto que progresa hasta una concentración igual a la crítica, pues al producirse sobrefillerización ( $Cv > Cs$ ) las pérdidas vuelven a aumentar. Nótese además que las probetas elaboradas con contenido óptimo de cal ( $Cv/Cs=1$ ) y envejecidas a largo plazo (7 días), sufren menos disgregación que las probetas sin filler no envejecidas (0 días). Véase además que las probetas sin cal no soportan la solicitud del ensayo Cántabro cuando están envejecidas (100% de pérdidas), mientras que en iguales condiciones de envejecimiento las probetas con contenido óptimo de cal exhiben un comportamiento aceptable (menos del 60% de pérdidas, límite propuesto en el método Cántabro para la aceptación del ligante), lo que equivale a decir que el asfalto, originalmente no apto para usar en la mezcla a -10°C, pasa a ser aceptable cuando se adiciona cal de manera racional.

Las experiencias expuestas demostraron la importancia de considerar la adición de filleres cálcicos en la dosificación de las mezclas asfálticas, valorándose su contribución a la resistencia al envejecimiento. Se propuso un criterio sencillo de diseño<sup>(22)</sup>, fundamentado en la aplicación del método UCL, que tiene en cuenta la adición de cantidades apropiadas de filler con objeto de favorecer la durabilidad sin comprometer otras cualidades deseables de las mezclas asfálticas en caliente, que se basa en las siguientes premisas:

- Incorporar filleres de aportación de naturaleza cálcica en la mayor cantidad posible pero compatibilizando con los conceptos de concentración crítica y con otras condiciones a tener en cuenta en el diseño (granulometría, vacíos).
- Ratificar  $Cv/Cs \leq 1$  como valor límite de la relación de concentración de filler en mezclas con ligantes convencionales, teniendo en cuenta los cambios que se experimenta con el envejecimiento, en concordancia con los corolarios de los clásicos estudios de Ruiz. El filler y todos los demás materiales de la mezcla deben cumplir con las especificaciones vigentes.
- Utilizar filleres con elevadas  $Cs$ , como el polvo calizo, cuando las exigencias granulométricas obliguen adicionar grandes proporciones de relleno, incluso complementando con el polvo de áridos de trituración, a fin de no sobrepasar la relación  $Cv/Cs$  límite. Contrariamente, cuando se necesiten pequeñas proporciones de filleres, conviene el empleo de cal hidratada.
- Seleccionado el tipo de filler de aportación a utilizar y definida la dosificación de la mezcla, corroborar la mejora de la resistencia al envejecimiento mediante ensayos que permitan analizar funcionalmente al asfalto (como el método UCL), y complementar con procedimientos y técnicas para el estudio del comportamiento intrínseco del ligante recuperado de las mezclas envejecidas en laboratorio. Paralelamente, la mezcla debe cumplir con todas las exigencias mecánicas y volumétricas de diseño habituales.

La propuesta se sustenta en la clasificación por grados sugerida en el método UCL, según la cual el ligante (o, dicho más apropiadamente, el mástico) es apto si, a la temperatura mínima de diseño para la región donde se emplaza la carretera en estudio, las pérdidas al Cántabro por fragilidad no superan el 60%; y, además, si a la temperatura máxima de diseño las pérdidas al Cántabro por inconsistencia no superan el 70%. Si no se dispone de un mapa zonal de temperaturas extremas del pavimento, las temperaturas mínima y máxima de diseño,  $TD_{min}$  y  $TD_{MAX}$  respectivamente, pueden establecerse utilizando el algoritmo dado por Superpave<sup>(23)</sup> a partir de los registros de temperatura ambiente, la latitud del lugar y el grado de confiabilidad adoptado.

El procedimiento a implementar consiste en determinar las Curvas de Estado de sendas mezclas patrón, una sin fillerizar y la restante con la adición de una proporción preestablecida del filler a evaluar; el árido a emplear es el mismo con el que se fabricará la mezcla a diseñar. Se considera un envejecimiento a corto plazo (mezclas sin envejecer) y a largo plazo (7 días de envejecimiento en estufa). La Figura N°8 y la Tabla N°1 ejemplifican un caso genérico: se debe verificar si, con un porcentaje predeterminado de filler, una mezcla se comportará adecuadamente dentro de las temperaturas máxima y mínima de diseño de la zona de obra, que para el caso son  $TD_{MAX}=+67^\circ C$  y  $TD_{min}=-5^\circ C$ .

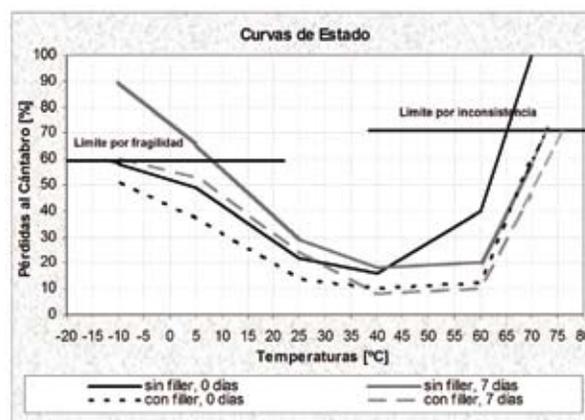


Figura N°8. Ejemplo de aplicación del primer criterio de diseño. Curvas de Estado de la mezcla con y sin filler, a 0 y 7 días de envejecimiento en estufa<sup>(22)</sup>

Tabla N°1. Ejemplo de aplicación del primer criterio de diseño <sup>(22)</sup>

Temperaturas (°C)	Condiciones de fillerización y de envejecimiento de la mezcla			
	Sin filler, 0 días (s/f,0)	Sin filler, 7 días (s/f,7)	Con filler, 0 días (c/f,0)	Con filler, 7 días (c/f,7)
De fragilidad, Tf	-12	+7	-18	-8
De inconsistencia, Ti	+65	+72	+72	+77
De diseño mínima, TD <sub>min</sub>	(+7) X		-8 ✓	
De diseño máxima, TD <sub>max</sub>	(+65) X		+72 ✓	

La mezcla sin filler ("s/f") y sin envejecimiento en estufa ("0" días) puede caracterizarse con las temperaturas Tf<sub>s/f,0</sub> y Ti<sub>s/f,0</sub> (de fragilidad, "f", e inconsistencia, "i", respectivamente). Al estar sometida a envejecimiento a largo plazo ("7" días) experimenta cambios y los valores extremos de temperatura pasan a ser Tf<sub>s/f,7</sub> y Ti<sub>s/f,7</sub>.

A bajas temperaturas, el envejecimiento degrada a la mezcla. En el ejemplo, para la mezcla sin filler se pasa de -12 °C en la condición sin envejecer a +7 °C cuando está envejecida a largo plazo, lo que significa que la mezcla, en principio apta hasta muy bajas temperaturas, después de envejecer sólo soportará hasta moderadas temperaturas mínimas, con serios peligros de fragilizarse en exceso cuando esté expuesta a una temperatura inferior a +7 °C según la casuística expuesta; por lo tanto, no cumple con la exigencia del ejemplo. La adición de filler (con filler, "c/f") produce una mejora del comportamiento a bajas temperaturas, pues disminuye la temperatura de fragilidad, tanto en la mezcla sin envejecer (Tf<sub>c/f,0</sub> = -18 °C) como en la envejecida a largo plazo (Tf<sub>c/f,7</sub> = -8 °C); ésta última es la condición más comprometida, que cumplimenta la exigencia pues a la TD<sub>min</sub> la mezcla sufrirá pérdidas menores a 60%.

A elevadas temperaturas, el estado crítico se da para mezclas sin envejecer, situación más dificultosa para el mantenimiento de la consistencia. En este caso se determina con la Curva de Estado, la temperatura de inconsistencia (65 °C) para la mezcla sin filler y sin envejecer, la cual es inferior a la TD<sub>max</sub> de la zona de obra, observándose que incumple por ende con la exigencia; contrariamente, la temperatura de inconsistencia correspondiente a la mezcla fillerizada y sin envejecer, 72 °C, es superior a la de diseño, verificándose la exigencia y corroborando los beneficios de la adición de filler.

Como corolario del ejemplo presentado, teniendo en cuenta la optimización de la resistencia al envejecimiento lograda y si además se cumple con los otros parámetros de dosificación, la mezcla con filler debería ser la adoptada.

Una derivación adicional de las experiencias efectuadas a partir de la adición de cal para optimizar la resistencia al envejecimiento lo muestra la Figura N°9(24); en ella se observa cómo aumenta la durabilidad de las mezclas al incorporar fillerés cálcicos (cal y polvo calizo), hecho reflejado en los crecientes días de sometimiento a envejecimiento en laboratorio necesarios para equiparar las pérdidas que se tienen en mezclas sin filler y sin envejecer; de aquí surgen varias conclusiones: la corroboración de la relación óptima Cv/Cs=1 para mezclas con ligantes convencionales; la revelación que dicho óptimo sería de Cv/Cs=1,2 a 1,3 para asfaltos modificados con polímeros, al menos desde la perspectiva de estas investigaciones y con los materiales empleados; y la confirmación que la cal suministra propiedades superiores respecto del polvo calizo desde el enfoque de la resistencia al envejecimiento.

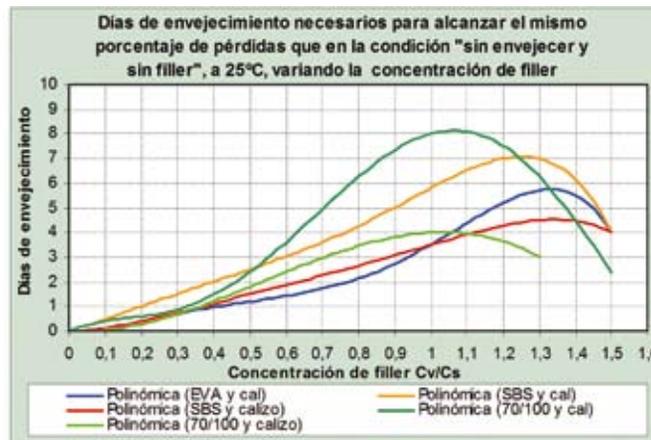


Figura N°9. Días de envejecimiento para equiparar las pérdidas en mezclas sin filler y sin envejecer vs. Cv/Cs de fillerés en mezclas UCL <sup>(24)</sup>

En 2007 se realizó una experiencia de campo <sup>(25)</sup>, de producción y puesta en obra de una mezcla asfáltica densa en el área metropolitana, elaborada variando su composición (con y sin el aporte de cal) y la temperatura de fabricación en planta (135 °C y 160 °C), a fin de evaluar la influencia de estas variables en el envejecimiento a corto plazo. La Figura N°10 ofrece los cambios registrados en el índice de envejecimiento (IE), observándose de manera notoria la influencia positiva tanto de la incorporación de cal como de la moderación de las temperaturas de elaboración de la mezcla.

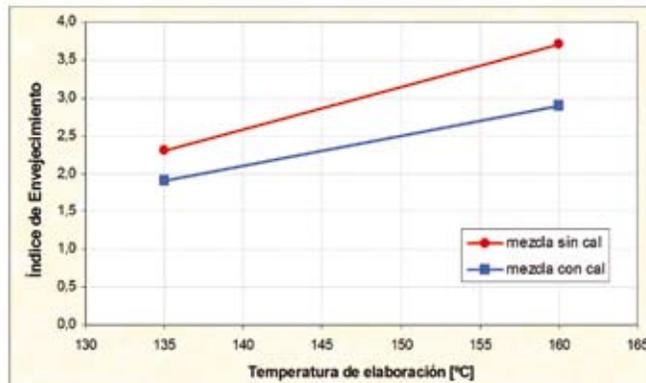
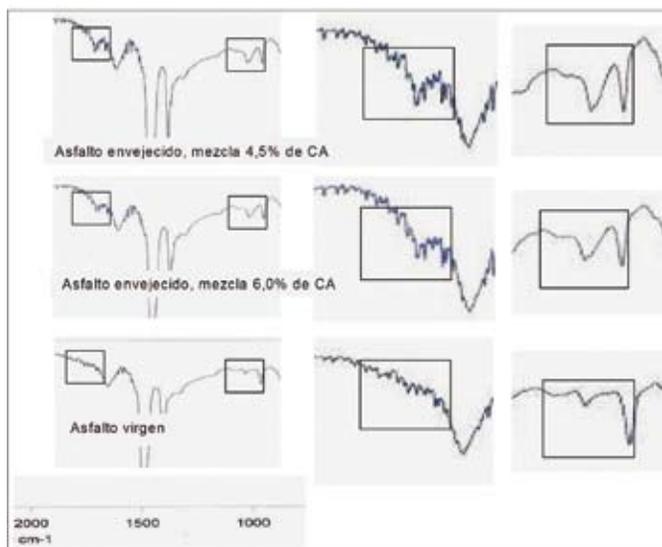


Figura N°10. Influencia del contenido de cal y de la temperatura de elaboración en el IE del asfalto, en el envejecimiento a corto plazo en las mezclas <sup>(25)</sup>

Se intentó de esta forma observar cómo funcionaba en la práctica la propuesta de la Comisión Permanente del Asfalto, que en sus Especificaciones Técnicas Generales de Concretos Asfálticos Densos, Semidensos y Gruesos en Caliente <sup>(26)</sup> incluyó en los criterios de dosificación una recomendación de utilizar un porcentaje mínimo de 1% de cal hidratada en peso en mezclas convencionales, y el empleo de hasta un 2% en peso de la mezcla de fillerés con Cs<0,22 (las cales hidráulicas tienen generalmente concentraciones críticas aún menores) en mezclas con ligantes modificados. Entre 2008 y 2009 se centró la atención en el desarrollo de mezclas drenantes con elevado contenido de vacíos, para lo cual se disminuyó el contenido de áridos finos, pero con una dotación elevada de ligante posibilitada por la incorporación de fibras para evitar el escurrimiento y el uso de cal como filler en la mayor proporción posible dentro de lo recomendable, proveyendo un mayor grosor de la película de ligante a fin de otorgar adecuada resistencia a la disgregación y al envejecimiento <sup>(27)(28)</sup>. La Figura N°11 compendia algunos resultados de espectroscopia IR del asfalto virgen y de muestras de ligantes recuperados de mezclas con 4,5% de asfalto (espesor medio teórico de película e<sub>p</sub> = 17,7 μm según el método de Saskatchewan <sup>(29)</sup>) y con 6,0% de asfalto (e<sub>p</sub> = 25,1 μm), envejecidas en laboratorio.

Figura N°11. Asfalto virgen y muestras recuperadas de mezclas drenantes envejecidas: detalles de IR, longitudes de onda 1030 cm<sup>-1</sup> y 1690 cm<sup>-1</sup> (27) (28)



Los espectrogramas muestran el efecto del envejecimiento y también la acción paliativa del incremento del grosor de la película bituminosa. Los detalles ampliados en la figura ayudan a una mejor observación: en la longitud de onda 1030 cm<sup>-1</sup> se observa cómo se acentúa la irregularidad de la curva que aparece en el ligante virgen, a medida que el asfalto envejece: hay un realce del “hombro” más marcado en la mezcla con 4,5% de ligante respecto de la mezcla con 6,0% de ligante. Similares consideraciones pueden hacerse respecto de las irregularidades que aparecen en 1690 cm<sup>-1</sup>.

La Figura N°12 exhibe la relación existente entre el porcentaje de asfalto, el espesor de la lámina de ligante que envuelve a los áridos (en μm) y el porcentaje de vacíos en las diferentes mezclas en estudio; también muestra cómo evoluciona el deterioro, cuantificado en la pérdida por disgregación en el ensayo Cántabro (en %) ante la situación más desfavorable de la simulación efectuada, que es la correspondiente al envejecimiento tras inmersión. En el caso presentado, tomado de una dosificación con la adición de fibras de celulosa que arrojó un porcentaje óptimo de asfalto de 5,5%, se obtuvieron vacíos considerables (superiores a 26%), pero a la vez un importante grosor de película bituminosa (cerca de 23 μm) que derivó en pérdidas apenas moderadas en el ensayo Cántabro (del orden de 25%) teniendo en cuenta el grado de agresión a que fueron sometidas las probetas previamente, pudiendo predecirse una buena durabilidad integral de la mezcla drenante.

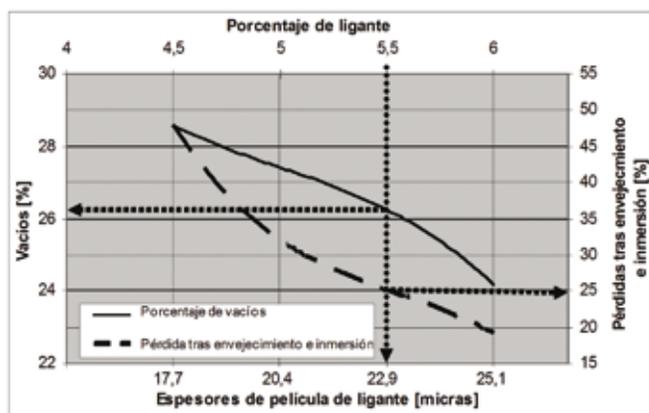


Figura N°12. Mezclas drenantes experimentadas. Relaciones entre % de ligante, % de vacíos, espesores de película bituminosa y pérdidas Cántabro de probetas tras envejecimiento e inmersión. Características de la dosificación adoptada (27)

## 5. INVESTIGACIONES ACTUALES Y PERSPECTIVAS FUTURAS

En 2009, la Universidad Tecnológica Nacional acreditó el Proyecto de Investigación y Desarrollo “Determinación del Grado de Comportamiento Funcional (GCF) de los ligantes asfálticos para pavimentos convencionales y de su evolución con el envejecimiento”<sup>(30)</sup>, que propone redeterminar el “Grado de Performance (PG)” definido por SHRP, a partir de consideraciones funcionales. La idea es establecer un Grado de Comportamiento Funcional, GCF, más representativo del comportamiento del asfalto en las mezclas y en el que se tendrá en cuenta la degradación que realmente sufre el ligante a causa del envejecimiento que experimenta en la mezcla, es decir, teniendo en cuenta la interacción con los otros materiales componentes del aglomerado bituminoso, en especial los rellenos minerales activos, como la cal.

La hipótesis que se formula es que el GCF, a diferencia del PG que es un valor intrínseco e invariable del ligante, puede mejorarse mediante la incorporación racional a las mezclas de filleres de naturaleza cálcica. La investigación está planteada como una prosecución de los estudios doctorales del autor y las herramientas a emplear son los ensayos previstos por SHRP para envejecer el ligante y evaluar su comportamiento, el método UCL, otros postulados del SHRP acerca de la simulación del envejecimiento de mezclas en laboratorio, ensayos mecánicos sobre las mezclas a estudiar y análisis macromolecular del ligante extraído de las diversas muestras a evaluar.

Como parte de este proyecto, se está trabajando estadísticamente en un modelo de predicción del envejecimiento del asfalto en las mezclas bituminosas a corto y a largo plazo basado en el método UCL. Un ejemplo preliminar son los resultados tomados de las Curvas de Estado de una mezcla patrón UCL con áridos graníticos de las sierras de Tandil, asfalto convencional 70/100 y sin filler: se apuntaron las pérdidas al Cántabro para distintas temperaturas dentro del rango de las “bajas” y las “medias”, y para cada grado de envejecimiento; Tabla N°2. Con los datos obtenidos se calculan los valores de la “Relación de Pérdidas Cántabro por Envejecimiento” (RPCE), definida en la Ecuación (1):

Tabla N°2. Resultados ensayos Cántabro

Temp. [°C]	Pérdidas al Cántabro [%]			
	0 d	2 d	4 d	7 d
5	53	60	65	72
25	20	24	26	28
40	10	12	13	14

$$RPCE = \frac{P_i - P_o}{P_o} \quad (1)$$

Con:

Pi: Pérdidas Cántabro probetas con “i” días de envejecimiento a temperatura Tj

Po: Pérdidas Cántabro probetas sin envejecimiento a temperatura Tj

A fin de poder relacionar cada RPCE con un único valor función de la temperatura de la probeta y del envejecimiento se propone una “temperatura equivalente” (Te) aplicando la Ecuación (2):

$$T_e = a \cdot T + b \cdot Env \quad (2)$$

Con:

T: Temperatura en grados centígrados

Env: Envejecimiento en días

$$a = 0,044; b = 1$$

Los resultados se representan en el gráfico de la Figura N° 13. Los datos se ajustan luego mediante una línea recta por el método de mínimos cuadrados. Los factores “a” y “b” se determinaron de manera de maximizar el coeficiente de correlación R<sup>2</sup>.

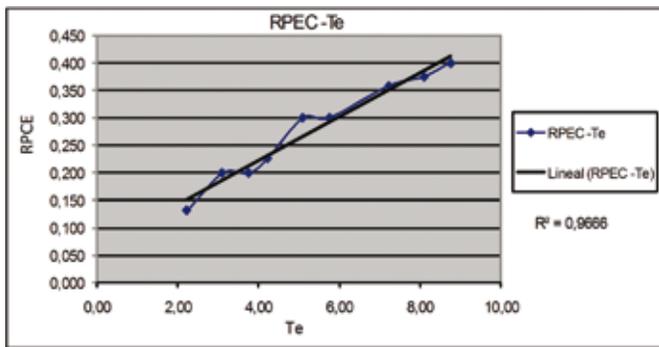


Figura N°13. Ejemplo de aplicación de la relación RPCE-Te, válido para temperaturas de ensayo “bajas” y medias”

En el ejemplo, se logra una relación regida por la Ecuación (3):

$$RPCE = 0,055 + 0,042 Te \quad (3)$$

Así, por caso, si se dispone de la temperatura de diseño mínima (TD<sub>mín</sub>) se puede predecir, para una mezcla de las características de la analizada, cuántos días de envejecimiento en laboratorio hacen falta para provocar un cierto nivel de pérdidas, por ejemplo, las correspondientes al límite de fragilidad propuesto por los autores del UCL, debiéndose sólo efectuar el ensayo Cántabro de probetas sin envejecer y a la citada temperatura. Se reitera que la Ecuación (3) es válida para temperaturas bajas y medias.

Se tiene:

T = TD mín (temperatura de diseño mínima)

Pi = pérdidas máximas Cántabro admitidas; p.ej. 60% del límite por fragilidad del UCL, o porcentaje menor si se quiere estar más del lado de la seguridad.

Po = pérdidas Cántabro del ensayo efectuado sobre probetas sin envejecer y a la temperatura T

Así, se despeja la incógnita “Env” (envejecimiento en días que provocará tales pérdidas a la temperatura de diseño mínima), pudiendo relacionarse con el “largo plazo” estimado por el método UCL (7 días) para tratar de prever si la mezcla alcanzará o no la vida de servicio prevista en el proyecto; Ecuación (4).

$$Env \text{ (días)} = \frac{\left( \frac{Pi - Po}{Po} \right) - 0,055 - 0,001848 T}{0,042} \quad (4)$$

Se está trabajando en la obtención de curvas RPCE vs. Te para mezclas UCL con diferentes porcentajes de cal, con el fin de determinar cuantitativamente los beneficios que se logran, tanto a bajas como a elevadas temperaturas.

Como ya se manifestó, estos ensayos con el método UCL son una parte de las experiencias programadas. El envejecimiento de mezclas densas en laboratorio siguiendo las indicaciones del proyecto SHRP, la recuperación del ligante en las diversas condiciones de envejecimiento y de aporte de filler para efectuar ensayos reológicos y de análisis macromolecular, el moldeo de probetas Marshall para el ensayo de fatiga a bajas temperaturas y de probetas para el ensayo de Wheel Tracking Test de deformaciones permanentes a altas temperaturas completan la batería de pruebas de laboratorio a partir de las cuales se determinarán los Grados de Comportamiento Funcional de los ligantes para las distintas mezclas a evaluar.

## 6. PRINCIPALES CONCLUSIONES OBTENIDAS HASTA LA ACTUALIDAD

- Las experiencias vinculadas con la simulación en laboratorio y la evaluación del envejecimiento de los ligantes empleando técnicas frecuentes en la práctica (TFOT, RTFOT, PAV, DSR, viscosidad rotacional) y otras metodologías no habituales (Rotovapor, UCL, análisis macromolecular) han permitido, junto con la profusa bibliografía consultada, un importante conocimiento de la temática y un avance en varios aspectos, dilucidándose ciertos aspectos que inicialmente no aparecían del todo claros acerca de cómo y por qué envejecen los ligantes y cuáles son sus reales consecuencias sobre las mezclas bituminosas.

- Las investigaciones con el método UCL, aplicando variantes originales al mismo como la inclusión de cal como filler en la mezcla patrón y la gráfica del “Haz de Curvas de Estado” que relaciona pérdidas Cántabro, temperaturas de ensayo y tiempos de envejecimiento en laboratorio, posibilitaron cuantificar los efectos del envejecimiento sobre la cohesión y la susceptibilidad térmica de los ligantes y ponderar los beneficios derivados de la inclusión racional de filleres cálcicos a las mezclas.

- Se corroboraron, desde otra óptica, los conceptos de concentración crítica para mezclas con ligantes convencionales (Cv/Cs < 1) y se reveló que, en principio, con ligantes modificados la concentración en volumen podría exceder a la crítica en algunas décimas (Cv/Cs < 1,2 a 1,3).

- Se propuso un criterio simple de dosificación que tuviese en cuenta el “factor envejecimiento”, incorporando filleres de forma tal de cumplir con los límites expresados en el párrafo anterior y determinando su eficiencia a partir de un estudio simple basado en el método UCL.

- Las experiencias de campo con mezclas con distintas proporciones de cal realizadas ratificaron los beneficios potenciales previstos y posibilitaron un análisis cuali-cuantitativo de sus beneficios a escala real.

- Estas y otras investigaciones en la temática derivaron en la inclusión, en los criterios de dosificación de las Especificaciones Técnicas Generales de Concretos Asfálticos Densos, Semidensos y Gruesos en Caliente propuestas por la Comisión Permanente del Asfalto, de la recomendación de utilizar un porcentaje mínimo de 1% de cal hidratada en peso de mezclas convencionales y del empleo de hasta un 2% de filleres con Cs < 0,22 (específicamente, la cal) en peso de mezclas con ligantes modificados.

- Complementariamente, las experiencias efectuadas sobre mezclas drenantes con alto contenido de vacíos y elevado porcentaje de asfalto, dotadas de una mínima proporción de áridos finos y con la incorporación de cal como filler y de fibras en su formulación, arrojaron resultados óptimos en lo relativo a durabilidad y, en particular, a la resistencia al envejecimiento lograda, gracias al aumento de grosor de la lámina de ligante que envuelve a los áridos y al uso de filleres cálcicos como agentes anti-envejecimiento.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Miró Recasens, R. (1994): Metodología para la caracterización de ligantes asfálticos mediante el empleo del ensayo Cántabro. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Cataluña, España
2. Pérez Jiménez, F.; Miró Recasens, R. (1995): Características mecánicas de ligantes asfálticos. Método UCL. Revista Rutas, Madrid, Nº 48, pp. 7-14
3. Ruiz, C. (1947): Sobre las propiedades mecánicas del sistema filler-betún. Segunda Reunión Anual de la CPA, Argentina, pp. 25-52
4. Ridgen, P. (1947): The use of fillers in bituminous road surfacing –A study of filler-binder system in relation to filler characteristics. J. Soc. Chem. Ind., Nº66, pp. 9-299
5. Verhasselt, A.; Choquet, F. (1993): Comparing field and laboratory ageing of bitumen on a kinetic basis. Transportation Research Record (TRR), Vol. 1391
6. Verhasselt, A. (2003): Short-and-long-term ageing of bituminous binders. 6th RILEM Symposium PTEBM'03, Suiza, pp.167-173.
7. Petersen, J.C. (1984): Chemical composition of the asphalt as related to asphalt durability: state of the art. TRR Vol. 999, pp. 13-30
8. Petersen, J.; Harnsberger, P. (1998): Asphalt aging. Dual oxidation mechanism and its interrelationships with asphalt composition and oxidative age hardening. TRR Vol. 1638, pp. 47-55
9. Bell, C.; Kliewer, J. (1995): Evaluation aging of asphalt mixtures. ASCE Transportation Congress.
10. Agnusdei, J.; losco, O. (2001): Durabilidad de mezclas asfálticas preparadas con ligantes modificados con polímeros. 11º Congreso Iberoamericano del Asfalto (CILA), Lima, Perú
11. Aslan, A. (1985): Contre la vieillesse. Les Editions Nagel, Ginebra.
12. Hayflick, L. (1996): How and Why We Age. (Reprint ed.). Ballantine Books, New York
13. Bianchetto, H., Nosetti, R.A., Larsen, D. (1999): Aplicación del Método Universal de Caracterización de Ligantes®, de la Universidad Politécnica de Cataluña, en la Argentina. 10º CILA, Sevilla, España
14. Bianchetto, H., Nosetti, R.A., Daguerre, L. (2000): Experiencias de laboratorio utilizando el Método Universal de Caracterización de Ligantes (UCL) en asfaltos argentinos convencionales y modificados. 31ª Reunión del Asfalto, Córdoba, Argentina
15. Larsen, D., Bianchetto, H., Nosetti, R.A. (2000): Envejecimiento de asfaltos convencionales y modificados por el Método del Rotovapor. 31ª Reunión del Asfalto, Córdoba, Argentina
16. Larsen, D., Bianchetto, H., Nosetti, R.A. (2001): Estudio del envejecimiento de cementos asfálticos en laboratorio: Método del Rotovapor. XIII Congreso Argentino de Vialidad y Tránsito,
17. Larsen, D., Bianchetto, H., Cortizo, M., Alessandrini, J. (2002): Análisis del envejecimiento a corto plazo de asfaltos modificados con polímeros SBS mediante técnicas de analítica macromolecular. 31ª Reunión del Asfalto, Tafí del Valle, Tucumán, Argentina
18. Larsen, D., Bianchetto, H., Cortizo, M., Alessandrini, J., Balige, M., Bisio, A. (2003): Análisis del envejecimiento de asfaltos modificados con polímeros SBS. 12º CILA, Quito, Ecuador
19. Bianchetto, H., Pérez Jiménez, F.; Miró Recasens, R. (2002): Un nuevo procedimiento para evaluar el comportamiento funcional de los ligantes bituminosos frente a los factores responsables del envejecimiento: el método UCL®. 31ª Reunión del Asfalto, Tafí del Valle, Tucumán, Argentina
20. Bianchetto, H. (2005): Criterios de diseño de mezclas bituminosas para pavimentos tendentes a optimizar su resistencia al envejecimiento. Influencia del tipo de ligante y del relleno mineral. Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Cataluña, España
21. Bianchetto, H., Pérez Jiménez, F.; Miró Recasens, R., Martínez, A. (2007): Effect of calcareous fillers on bituminous mix aging. Transportation Research Record Vol. 1998, pp. 140-148
22. Bianchetto, H. (2006): Aplicación de criterios para el diseño de mezclas asfálticas resistentes al envejecimiento considerando los beneficios de la adición de fillers cálcicos. 33ª Reunión del Asfalto, Mar del Plata, Argentina
23. Superpave (1993). Mix design manual for new construction and overlays. SHRP Asphalt Research Program, Final Report. Washington, EEUU.
24. Bianchetto, H. (2008): Incorporación de fillers cálcicos a las mezclas asfálticas: beneficios y limitaciones. 5º Congreso Venezolano del Asfalto, Paraguaná, Venezuela
25. Bianchetto, H., Asurmendi, A. (2007): Influencia de la temperatura de elaboración y del contenido de cal en la resistencia al envejecimiento de mezclas densas convencionales: un caso real. 14º CILA, La Habana, Cuba
26. Comisión Permanente del Asfalto, Subcomisión de Redacción de Especificaciones (2005): Especificaciones Técnicas Generales de Concretos Asfálticos Densos, Semidensos y Gruesos en Caliente
27. Bianchetto, H., Asurmendi, A. (2008): Experiencias en laboratorio con mezclas drenantes de elevada durabilidad. 34ª Reunión del Asfalto, Rosario, Argentina
28. Bianchetto, H., Asurmendi, A. (2009): Formulación de mezcla drenante con alto porcentaje de vacíos. 15º CILA, Lisboa, Portugal
29. Saskatchewan Highways and Transportation (2001): Asphalt film thickness determination. Standard Test Procedures Manual, STP 204-19
30. Bianchetto, H. (2009): Determinación del Grado de Comportamiento Funcional (GCF) de los ligantes asfálticos para pavimentos convencionales y de su evolución con el envejecimiento. Proyecto de Investigación y Desarrollo acreditado por la Universidad Tecnológica Nacional, Argentina (UTN 1261)

**+ CAMINOS**  
**+ PRODUCCION**  
**+ TURISMO**

• Más de 56 accesos construidos - Más de 600km de pavimento  
• Más de 2000 km de caminos rurales construidos y reconstruidos

[www.vialidadentrieros.gov.ar](http://www.vialidadentrieros.gov.ar)

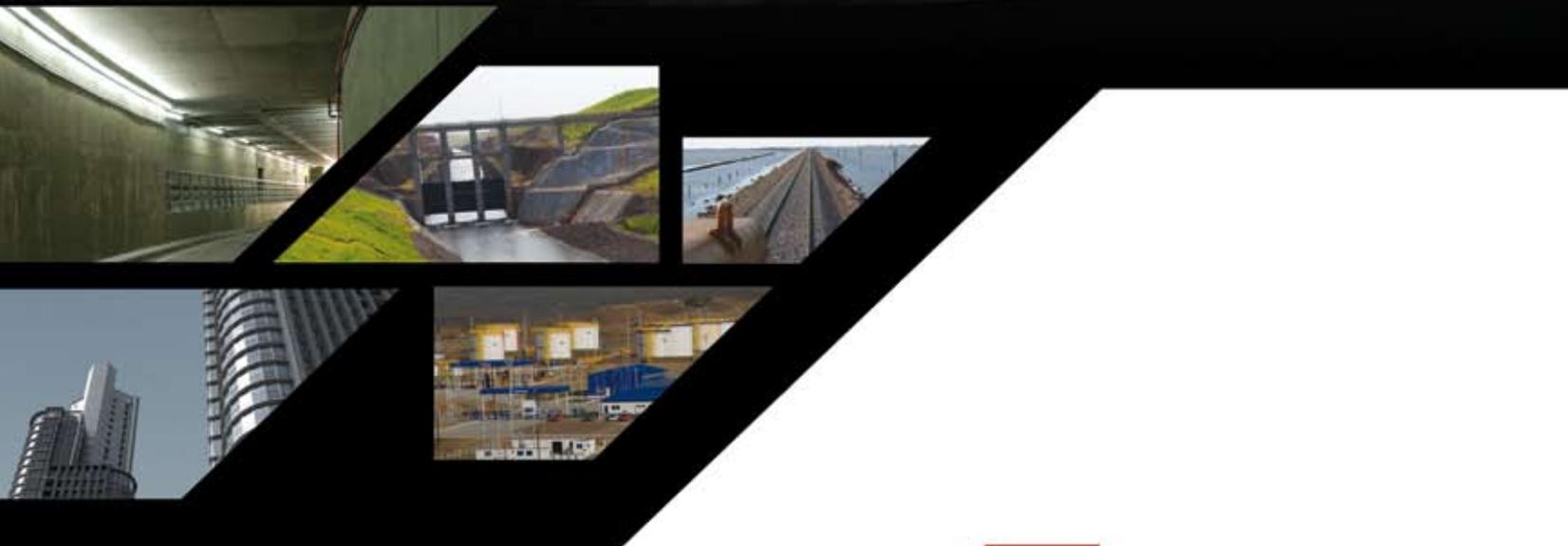


**Vialidad**

Dirección Provincial de Vialidad  
Ministerio de Planificación, Infraestructura y Servicios  
Tecnológicos



CADA OBRA FUE UN PROYECTO



Una empresa del GRUPO **ODS**

CONCRETAMOS DESAFÍOS

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

# ANÁLISIS DE LOS LÍMITES DE RUGOSIDAD VIGENTES EN LOS PLIEGOS Y PROPUESTA DE VALORES

## AUTORES:

Marta Pagola y Oscar Giovanon

## Resumen

La rugosidad de las calzadas pavimentadas es una de las características de la superficie indicadoras de la calidad de las mismas relacionada con el confort de circulación que experimentan los usuarios de la carretera. Este parámetro además tiene estrecha relación con los costos de operación que los usuarios tienen al usar la facilidad vial.

En los Pliegos de Especificaciones Técnicas se encuentran fijados los límites a respetar, en calzadas nuevas y en calzadas rehabilitadas. Los distintos organismos nacionales y provinciales con red de carreteras a su cargo tienen fijados límites propios, los cuales presentan diferencias.

En el presente trabajo se realizará un análisis de distintos Pliegos de Especificaciones Técnicas vigentes, y luego, en base a la experiencia acumulada en mediciones realizadas, se proponen nuevos valores límites de rugosidad expresados en IRI (m/Km) y que consideran si la obra es nueva o rehabilitada, como así también la categoría de la ruta.

## 1. INTRODUCCIÓN

La rugosidad o regularidad de la superficie es uno de los parámetros de control de la calidad de la superficie de las calzadas evaluable en forma no destructiva. La misma es un indicador del confort de circulación que la ruta ofrece a los usuarios, estado también muy relacionada con la seguridad de circulación.

Este parámetro puede valorarse en calzadas nuevas como control de la calidad inicial de la misma, dependiente de la calidad de construcción; y también en calzadas en servicio, de manera de brindar al usuario una adecuada calidad durante el período de vida de la carretera, y en este caso su evolución dependerá de la evolución de los deterioros superficiales y de la influencia de los factores del entorno. Entonces, la existencia de ahuellamiento, baches abiertos, y/o baches deficitariamente reparados en la calzada, motivarán una mayor variación de la rugosidad.

Existen distintos tipos de Especificaciones Técnicas (ET), para control de calidad de obra nueva, y para límite a verificar en calzadas en servicio en caso de rutas concesionadas, Figura 1. Dejando de lado las rutas concesionadas, el límite en servicio consiste también un parámetro relevante en los Sistemas de Administración de Redes Viales para la definición de obras o mejoras.

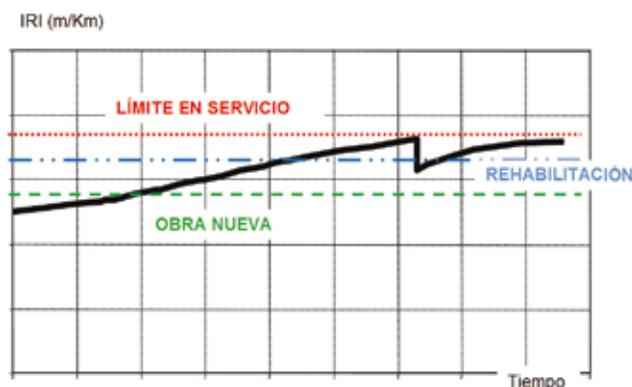


Figura 1. Distintos límites de calidad en rugosidad

Para la elaboración de dichas ET deben ser considerados una serie de aspectos técnicos y estadísticos, de manera que los valores fijados en las mismas sean adecuados para brindar la calidad deseada para los usuarios de la carretera, y la metodología de valoración represente lo más fielmente posible la realidad de la superficie.

## 2. ASPECTOS A CONSIDERAR EN LA FORMULACIÓN DE LAS ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

A continuación se presentan una serie de aspectos que debieran ser considerados o tenidos en cuenta al momento de preparar una Especificación Técnica:

### 2.1. Recepción de obra o valor a verificar durante el servicio

Son dos momentos muy diferentes en la vida de una carretera. Naturalmente, el valor de recepción de obra debe ser más exigente que el que se pedirá durante la vida en servicio de la carretera, de manera de brindar la mejor calidad posible a los usuarios. Se considera adecuada la diferenciación de estos niveles de exigencia según los tipos de rutas (autopista, 2 carriles).

El nivel de recepción estará condicionado fundamentalmente por el estado del arte de las técnicas constructivas, el estado previo de la calzada y la importancia de las obras a realizar.

El nivel final de servicio, si bien puede referenciarse partiendo de un análisis costo beneficio, su valor se ve influenciado por el grado de exigencia de los usuarios.

### 2.2. Unidad de medición

La unidad de medición debe ser clara. A partir de la definición del IRI en el año 1992 por el Banco Mundial, es imperativo el uso de la misma. Su adopción permite la valoración con equipos de diferente concepción y el intercambio de experiencias entre distintas organizaciones nacionales e internacionales.

### 2.3. Entorno rural o urbano

El entorno es un tema que merece sus consideraciones particulares. En vías urbanas la rugosidad es más difícil de valorar debido a las interrupciones motivadas al tránsito y a la existencia de elementos de la vía como semáforos, badenes y reductores de velocidad.

El control inicial de obra debe ser establecido en la ET, y para mantener la calidad ofrecida en servicio debe prestarse especial atención a las condiciones de calidad de las reparaciones a realizar (tapado de baches, rotura de cañerías, zanjas para paso de servicios).

Los límites de calidad establecidos pueden ser menos exigentes en entornos urbanos, dado que las velocidades de circulación son menores y diferentes las expectativas de los usuarios. Incluso, en condiciones particulares y por razones de seguridad, se fuerza la reducción de velocidad colocando reductores artificiales (lomos de burro o badenes) que aumentan intencionalmente el límite de rugosidad.

#### 2.4. Categoría del camino: autopista, dos carriles

Este punto es semejante al anterior, en lo referente a que la expectativa de calidad del usuario transitando por una autopista es mayor del que transita por una vía de dos carriles. Esto asociado a que una autopista implica mejores condiciones de servicio, control de accesos, menores deterioros, menor interferencia con otros vehículos.

Si bien una mayor exigencia implica en general un mayor costo de construcción, existirá también una mayor cantidad de usuarios beneficiados, justificando dicha exigencia.

#### 2.5. Tipo de superficie

No debiera existir diferencia de límites a exigir según el tipo de superficie de rodamiento, o sea se recomienda indicar los mismos valores ya sea que la superficie es de pavimento asfáltico, con tratamiento superficial o de hormigón. Esto se fundamenta en que al usuario que transita por la carretera no le interesa de que tipo o material está contruida, sus exigencias de calidad son las mismas.

Años atrás las técnicas constructivas utilizadas para pavimentos de hormigón hacían que la rugosidad de la ruta recién construida tuviera valores más elevados que los que podían lograrse en pavimentos asfálticos. Actualmente las técnicas han evolucionado mucho, y no se justifica aceptar mayores valores de rugosidad en este tipo de superficie.

#### 2.6. Longitud del intervalo de integración

En referencia al intervalo de integración, valor de longitud para el cual se expresa una medición individual, hay que tener presente que la rugosidad consiste en el valor acumulado de los saltos que experimenta el vehículo en una determinada longitud de integración la longitud en la cual se lo evalúa, expresado luego como acumulación en 1 kilómetro. O sea que si en 100 metros se acumulan 0,250 metros, la rugosidad será 2.5 m/Km. En este sentido, cuando se mide en intervalos de 100 metros y se indica el límite a controlar para intervalos kilométricos, el valor kilométrico se corresponde con el promedio de los diez valores hectométricos.

Este punto es de importancia al momento de fijar límites en las ET. Ya que estadísticamente existe una variación importante en análisis de resultados, no en el valor promedio del tramo de evaluado, sino en los límites fijados para uniformidad o dispersión (se comenta en el punto 2.9).

Se considera que es adecuado trabajar con intervalos de integración de 1 hectómetro, y fijar los límites de calidad en base a esos resultados, o sea sin acotar explícitamente los valores integrados por kilómetro.

#### 2.7. Longitud de los tramos de evaluación

Se considera que para cualquier longitud del tramo de evaluación puede aplicarse un análisis estadístico de resultados hectométricos, indicando porcentajes de valores independientes de la longitud del tramo a ser verificados, simplificando así el uso e interpretación de las ET.

#### 2.8. Huella de medición

Generalmente en las carreteras de dos carriles, la huella externa de cada carril es la más deteriorada desde el punto de vista de la rugosidad; este aspecto es variable cuando se trata de rutas con dos o más carriles por la menor influencia del borde de la calzada.

Los rugosímetros actuales realizan la medición en una o en ambas huellas, presentando resultados individuales para cada una de ellas. Se considera que el análisis de resultados debe ser realizado para cada huella en forma individual, no con el promedio de ambas huellas. En caso de decidir cual de las huellas debe ser medida, se considera que debe tomarse la huella externa del carril de medición.

#### 2.9. Uniformidad ó dispersión

Este aspecto pone de manifiesto la diferencia existente en resultados estadísticos según sea la longitud de integración. Para poner esto de manifiesto teóricamente se recurre a suponer que los resultados de rugosidad son una variable con distribución normal, resulta posible entonces válido el gráfico de la Figura 2 donde se comparan las curvas de distribución normalizadas referidas a una medición hectométrica y la que se obtendría para esa misma muestra si se analizaran las mediciones kilométricas.

Como se observa, existe coincidencia en el Valor Medio de los resultados, pero una marcada diferencia en la desviación o amplitud de la curva de distribución. Esto es lógico, ya que los valores kilométricos son obtenidos como el promedio de 10 resultados hectométricos, con lo cual resultados extremos son "planchados" o atenuados. En el análisis teórico con parámetros de distribución normal, la desviación estándar para valores kilométricos resulta igual a 0,32 veces el mismo indicador calculado para resultados hectométricos.

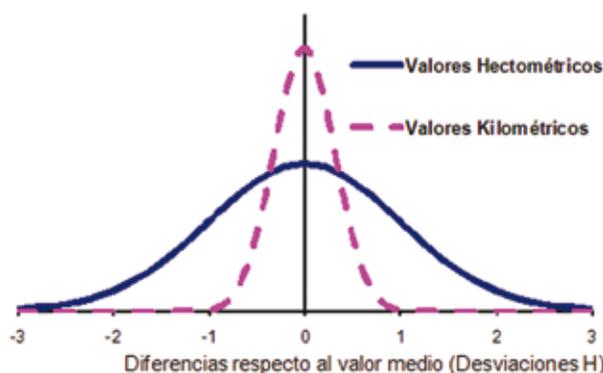


Figura 2. Distribución en frecuencias de rugosidades hectométricas y kilométricas respecto del valor medio.

Lo expresado en este ejemplo teórico se muestra aplicado a dos casos reales en las Figuras 3 y 4, en los que se comparan las distribuciones en frecuencia para una ruta en condición de recepción de obra y otra en servicio. En la tabla de la Figura 5 se resumen los indicadores obtenidos.

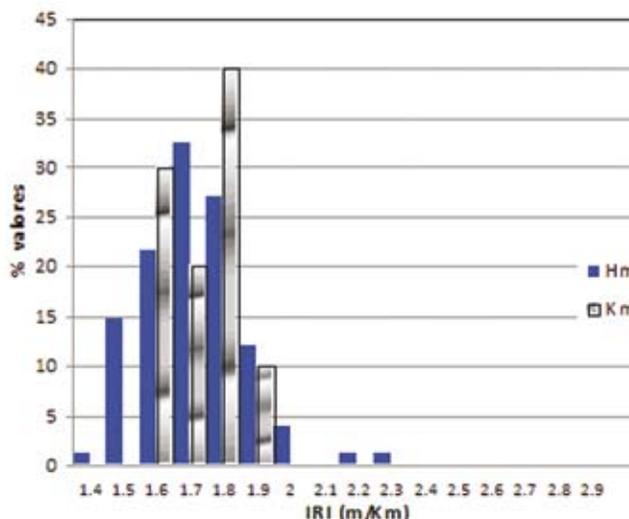


Figura 3. Distribución de resultados de recepción de obra

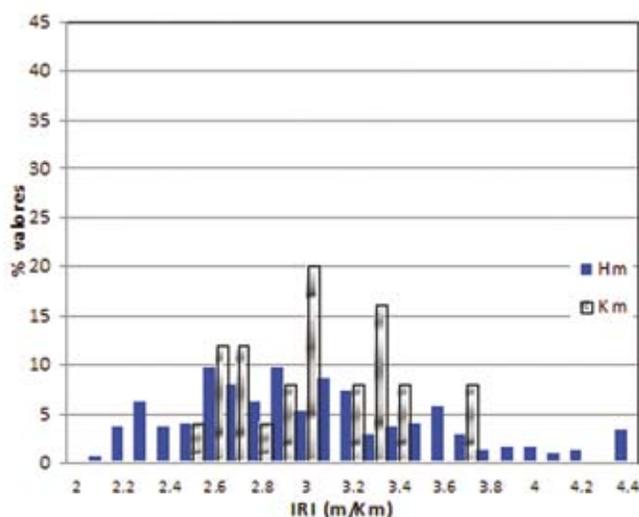


Figura 4. Distribución de resultados de ruta en servicio

Valores en IRI (m/Km)					
Caso		Valor medio	Valor mínimo	Valor máximo	Desviación standard
Recepción	Hm	1.7	1.4	2.3	0.15
	Km	1.7	1.5	1.8	0.09
Servicio	Hm	3.0	2.1	4.8	0.54
	Km	3.0	2.5	3.7	0.33

Figura 5. Indicadores estadísticos de resultados de rugosidad

### 3.ESPECIFICACIONES TÉCNICAS VIGENTES EN ARGENTINA

En nuestro país están en vigencia numerosas ET, las cuales presentan diferencias importantes. Se resumen a continuación algunas de ellas:

#### 3.1. Pliego de ET Generales de la Dirección Nacional de Vialidad, año 1998

- a. Validez: Obra nueva.
- b. Equipo: Rugosímetro tipo BPR.
- c. Unidad de medición: BPR, el valor de este parámetro se puede correlacionar mediante la correspondiente ecuación con el Índice Internacional de Rugosidad IRI, manteniendo las mismas exigencias.
- d. Longitud de tramos de evaluación: Se adoptarán tramos entre 2000 y 6000 m.; los que a su vez se subdividen en subtramos de 300 m. Sectores con irregularidades más acentuadas se consideran aparte del conjunto del tramo. Donde la Supervisión lo considere conveniente podrá reducir los subtramos hasta una longitud de 100 m, sosteniendo las mismas exigencias.
- e. Huella de medición: Estas determinaciones se efectuarán por carril o trocha, en el sentido que fije la Supervisión. Cada valor individual Ri corresponde al registro hecho en cada trocha entre las progresivas correspondientes. Sectores con irregularidades más acentuadas se consideran aparte del conjunto del tramo. Cuando se emplee rugosímetros de una rueda (BPR) se tomará como valor del subtramo el valor medio correspondiente a ambas huellas.

f. Longitud de integración: no se indica. Se deduce 100 m. por ser la menor longitud de subtramo.

g. Exigencia:

Mezcla asfáltica: El valor medio del tramo Rm deberá ser menor o igual a 1500 mm/km (1.7 m/Km IRI). Cuando Rm exceda de 2000 mm/km., corresponderá el rechazo del tramo.

Tratamiento Bituminoso: El valor medio del tramo Rm deberá ser menor o igual a 2500 mm/km (3.7 m/Km IRI). Cuando Rm exceda de 3200 mm/km., corresponderá el rechazo del tramo.

Hormigón: El valor medio del tramo Rm deberá ser menor o igual a 2800 mm/km (5.3 m/Km IRI). Cuando Rm exceda de 3600 mm/km., corresponderá el rechazo del tramo.

h. Uniformidad: Referido a Rm del tramo los valores individuales Ri de cada subtramo, no deberán exceder de 1.25 Rm aceptándose solo un subtramo cada 10 (o fracción) que no cumpla esa condición.

#### 3.2. Pliego Concesiones DNV 2010. Especificación Técnica Particular

a. Validez: Obra nueva.

b. Equipo: Se determinará mediante la utilización de equipos que permitan medir el perfil longitudinal en forma dinámica, homologados por la D.N.V.

c. Unidad de medición: En cualquier caso, si bien el equipo medirá en sus propias unidades, deberán ser éstas fácilmente correlacionables al IRI (Índice de Rugosidad Internacional).

d. Longitud de sección de evaluación: variable según corredor.

e. Longitud de integración de la rugosidad: 100 metros. Análisis de valores kilométricos para exigencia, y de valores hectométricos para uniformidad.

f. Huella de medición: Se determinará la deformación longitudinal de la calzada mediante mediciones que se realizarán en la huella más deteriorada de cada trocha.

g. Exigencia:

Mezcla asfáltica en caliente con asfalto convencional, mezcla asfáltica en caliente de bajo espesor con asfalto modificado con polímero, mezcla asfáltica densa o semi densa (CAC D20) con asfalto modificado: En la sección de evaluación los valores kilométricos de rugosidad deberán resultar menores o iguales a 1,8 m/Km (IRI) para obras nuevas y menores o iguales a 2,2 m/Km (IRI) para repavimentaciones.

Microconcreto asfáltico en caliente con asfalto modificado MAC F10, SMA10 y SMA19: El Índice Internacional de Rugosidad (IRI) medio de cada tramo debe resultar menor o igual a 2 m/Km.

Hormigón: En la sección de evaluación los valores kilométricos de rugosidad, deberán resultar menores o iguales a 3,6 m/km (IRI).

h. Uniformidad:

Mezcla asfáltica en caliente con asfalto convencional, mezcla asfáltica en caliente de bajo espesor con asfalto modificado con polímero, mezcla asfáltica densa o semi densa (CAC D20) con asfalto modificado: Solo se admitirá del total de mediciones hectométricas, un 10 % (cinco por ciento) por encima de la exigencia, y ninguna medición superior a 2,7 m/km (IRI), sin excepción.

Microconcreto asfáltico en caliente con asfalto modificado MAC F10, SMA10 y SMA19: En cuanto a las tolerancias será de aplicación el Apartado D.1.5.7.2.c) del Pliego de Especificaciones Técnicas Generales de la Dirección Nacional de Vialidad- Edición 1998.

Hormigón: Solo se admitirá del total de mediciones hectométricas, un 5 % (cinco por ciento) por encima de 3,6 m/km (IRI), y ninguna medición superior a 4,0 m/km (IRI), sin excepción.

### 3.3. Propuesta Comisión Permanente del Asfalto, año 2005

- a. Validez: Obra nueva.
- b. Equipo: no se indica.
- c. Unidad de medición: IRI (m/Km).
- d. Longitud tramos de evaluación: variable según el caso.
- e. Longitud de tramos de integración: 100 metros
- f. Huella de medición: En carpetas de rodamiento de calzadas multitrochas y rutas principales se debe determinar la deformación longitudinal de una de las huellas de cada carril según criterio de la autoridad de aplicación.
- g. Exigencia:  
Indicada para pavimentos asfálticos: mezclas asfálticas densas y semidensas en caliente de bajo espesor, micro concretos discontinuos en caliente, SMA y Concretos asfálticos drenantes; estas ET no abarcan pavimentos de hormigón. De acuerdo con la longitud del tramo analizado rigen las siguientes tolerancias, Figura 6:

Longitud del tramo analizado	% mínimo de valores iguales o inferiores a 2 m/km ( IRI), para L=100m
Mayor o igual a 30	95
Menor a 30 y mayor a 10	85
Menor a 10	80

Figura 6. Tolerancias Pliego Comisión Permanente del Asfalto

### 3.4. Pliego Concesiones DNV 2010. ET Generales. (1er llamado)

- a. Validez: Exigencia en servicio.
- b. Equipo: Se determinará mediante la utilización de equipos de alto rendimiento que permitan medir el perfil longitudinal en forma dinámica.
- c. Unidad de medición: En cualquier caso, si bien el equipo medirá en sus propias unidades, deberán ser éstas fácilmente correlacionables al IRI.
- d. Huella de medición: Se determinará la deformación longitudinal de la calzada mediante mediciones que se realizarán en la huella más deteriorada de cada trocha, a exclusivo criterio del Órgano de Control.
- e. Longitud de Tramos de evaluación: variable según corredor.
- f. Longitud de integración: no se indica, se infiere 100 m. Análisis de exigencias para resultados kilométricos.
- g. Exigencia:  
Exigencias para las calzadas nuevas y existentes a partir de su repavimentación:  
Calzadas con pavimento flexible. En el tramo evaluado, el CIEN (100%) por ciento de los valores kilométricos de rugosidad medida en m/km deberá resultar inferior o igual a 3,2 m/km (IRI).  
Calzadas con pavimento de hormigón. En el tramo evaluado el CIEN (100%) por ciento de los valores kilométricos de rugosidad medida en m/km deberá resultar inferior o igual a 3,6 m/km (IRI).  
Exigencias para las calzadas existentes antes de su repavimentación.  
Calzadas con pavimento flexible. Para un tramo continuo de longitud igual o inferior a DIEZ (10) kilómetros, el NOVENTA (90%) por ciento de los valores kilométricos de rugosidad medida en m/km deberá resultar inferior o igual a 3,2 m/km (IRI).  
Calzadas con pavimento de hormigón. Para un tramo continuo de longitud igual o inferior a DIEZ (10) kilómetros, el NOVENTA (90%) por ciento de los

valores kilométricos de rugosidad medida en m/km deberá resultar inferior o igual a 4,80 m/km (IRI).

### 3.5. Pliego Concesiones DNV 2010. ET General. (2do llamado)

- a. Validez: Exigencia en servicio.
- b. Equipo: Se determinará mediante la utilización de equipos que permitan medir el perfil longitudinal en forma dinámica, homologados por la D.N.V.
- c. Unidad de medición: En cualquier caso, si bien el equipo medirá en sus propias unidades, deberán ser éstas fácilmente correlacionables al IRI (Índice de Rugosidad Internacional).
- d. Huella de medición: Se determinará la deformación longitudinal de la calzada mediante mediciones que se realizarán en la huella más deteriorada de cada trocha, a exclusivo criterio del Órgano de Control.
- e. Longitud de Tramos de evaluación: variable según corredor.
- f. Longitud de integración: no se indica, se infiere 100 m.
- g. Exigencia:  
Exigencias para las calzadas nuevas y existentes a partir de su repavimentación:  
Calzadas nuevas con pavimento flexible. En el tramo evaluado, el CIEN (100%) por ciento de los valores kilométricos de rugosidad medida en m/km deberá resultar inferior o igual a 2,7 m/km (IRI). Para determinar la rugosidad en cada kilómetro se considerará el percentil 80 de los valores obtenidos en la medición.  
Calzadas nuevas con pavimento de hormigón. En el tramo evaluado el CIEN (100%) por ciento de los valores kilométricos de rugosidad medida en m/km deberá resultar inferior o igual a 3,6 m/km (IRI). Para determinar la rugosidad en cada kilómetro se considerará el percentil 80 de los valores obtenidos en la medición.  
Calzadas existentes a partir de su repavimentación. En el tramo evaluado, el CIEN (100%) por ciento de los valores kilométricos de rugosidad medida en m/km deberá resultar inferior o igual a 3,2 m/km (IRI). Para determinar la rugosidad en cada kilómetro se considerará el percentil 80 de los valores obtenidos en la medición.  
Exigencias para las calzadas existentes antes de su repavimentación: Esta medición se realizará a los fines estadísticos no recibiendo la CONCESIONARIA penalización por falta del cumplimiento de estas exigencias

### 3.6. Conexión Física ROSARIO - VICTORIA

- a. Validez: Exigencia en servicio.
- b. Equipo: Se determinará la deformación longitudinal de la calzada mediante mediciones con rugosímetro tipo BPR.
- c. Unidad: Unidad Internacional de Rugosidad (IRI).
- d. Longitud de evaluación: variable.
- e. Longitud de integración: 1 kilómetro.
- f. Huella de medición: Estas mediciones se realizarán en la huella más deteriorada de cada carril, a exclusivo criterio del Órgano de Control.
- g. Exigencia:  
Calzadas con pavimento flexible. De acuerdo a la longitud analizada, se exigirá un número mínimo de valores kilométricos de rugosidad (medida en metros por kilómetro), expresado como porcentaje del total de valores obtenidos para la longitud analizada, que deberá resultar inferior o igual a 3,00 m/km (IRI).  
Calzadas con pavimento de hormigón. Regirá idéntico criterio de medición que el especificado para los pavimentos flexibles, excepto que el valor kilométrico de rugosidad, deberá resultar inferior o igual a 4,80 m/Km (IRI).  
Número mínimo de valores exigido, Figura 7:

Longitud del tramo analizado en Km	% mínimo de valores Km iguales o inferiores a 3,00 m/Km ó 4,80 m/Km según corresponda por tipo de calzada
Mayor o igual a 30	95
Menor a 30 y mayor o igual a 20	90
Menor a 20 y mayor o igual a 10	85
Menor a 10	80

Figura 7. Exigencias Pliego Conexión Física Rosario Victoria

#### 4. ANÁLISIS DE LAS ET VIGENTES, CRITERIOS INVOLUCRADOS

Haciendo un análisis de las ET vigentes se observa una amplia variación en los criterios utilizados para su elaboración, algunos aspectos son:

- Validez: Es correcta la fijación de exigencias particulares diferenciadas para recepción de obra y ruta en servicio previa y posteriormente a la acción del concesionario.
- Equipo: La mayoría permite la medición con cualquier equipo de medición, siempre que se encuentre correctamente calibrado y homologado por la DNV. Excepto el Pliego de la DNV de 1998, que tiene varios años y en ese momento los equipos BPR eran los que estaban disponibles en la DNV.
- Unidad: Todos los pliegos coinciden en la utilización del IRI como unidad de medición de la rugosidad, y expresado en m/Km.
- Longitud de evaluación: Todos coinciden en que la longitud de los tramos a evaluar es particular del caso.
- Huella de medición: La mayoría indica que la medición se realizará en la huella más deteriorada de cada carril, quedando esto a criterio del Organismo de control, con excepción del Pliego de la DNV de 1998 en que se indica el promedio de ambas huellas.
- Longitud de integración: Existen diferencias, algunos indican 1 kilómetro y otros 100 metros, salvo el Pliego de la DNV de 1998 en que la longitud puede ser 300 metros o 100 metros.
- Exigencia: Los valores fijados difieren entre los diferentes Pliegos analizados. No solamente en el Valor medio, sino también en la uniformidad o dispersión aceptada. Esto último, en algunos Pliegos depende de la longitud del tramo de evaluación o del tipo de superficie de rodamiento. En otros casos se presenta una mezcla de criterios entre valor medio y dispersión, ya que el valor medio está expresado para resultados kilométricos y la dispersión para resultados hectométricos.

En algunos pliegos, la definición de las exigencias como un número de mínimo de valores que deben ser iguales o menores a un valor límite, esto concluye en la adopción de mayores exigencias porcentuales para mayores longitudes de los tramos de evaluación. Este hecho puede dar origen a especulaciones por parte del ente evaluado, planteando la subdivisión de un tramo de evaluación para lograr mayor número de resultados fuera de tolerancia. En la Figura 8 se ejemplifica con una especificación (descrita en el punto 3.6), para la cual si la longitud del tramo de evaluación es de 30 Km se toleran 2 valores excedidos, mientras que si ese mismo tramo fuera analizado como tres tramos de 10 Km se tolerarían en total 6 valores excedidos. Esta diferencia es aún más notoria si se analiza el número de valores aceptados como excedidos para el caso de longitud de integración hectométrica.

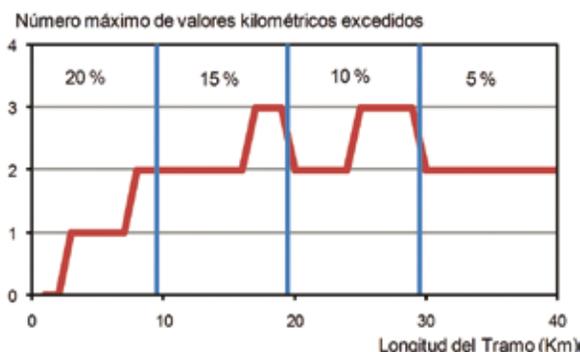


Figura 8. Número máximo de valores excedidos vs Longitud del tramo

#### 5. PROPUESTA TENTATIVA DE ESPECIFICACIÓN PARA RECEPCIÓN DE OBRA

Para la elaboración de esta Propuesta tentativa se han considerado: las distintas especificaciones vigentes, la especificación española indicada en el PG3, y la experiencia acumulada en mediciones de rugosidad.

- Equipo: Podrá ser utilizado cualquier equipo de medición que sea capaz de expresar sus resultados en IRI y que se encuentre calibrado y aceptado por la DNV.
- Unidad de medición: IRI, expresado en (m/Km).
- Longitud de evaluación: la que corresponda según el tramo considerado homogéneo a los fines del control de calidad.
- Huella de medición: Se considera que el análisis de resultados debe ser realizado para cada huella en forma individual, no con el promedio de ambas huellas. En caso de optar por operatoria del equipo de medición, se considera que debe estandarizarse la huella externa del carril de medición, siempre que el ente de control no explicito lo contrario.
- Longitud de integración: 100 metros
- Metodología: Se realizará la medición de rugosidad en toda la longitud del tramo a controlar, con una sola pasada del equipo respetando el rango de velocidades de operación especificado para el mismo en el manual de operación correspondiente. Estos resultados serán comparados con los valores de rugosidad admisibles. Si los valores medidos son menores o iguales a lo indicado, se considerará suficiente la medición realizada con una sola pasada del equipo. En aquellos casos en que el valor medido supere lo indicado previamente, se realizarán dos mediciones adicionales de la totalidad del tramo con el mismo equipo (para completar tres), y se informará luego el promedio de las mismas en cada intervalo. Estos resultados promedio serán comparados con los valores de rugosidad admisibles.
- Exigencia: Valen los mismos límites para todos los tipos de superficie de rodamiento. La rugosidad expresada en unidades IRI tendrá los límites indicados en la tabla de la Figura 9, para resultados individuales hectométricos.

% Hm del tramo	Obra nueva o repavimentaciones con más de una capa		Repavimentaciones con una sola capa	
	Autopistas y autovías	Otras	Autopistas y autovías	Otras
50%	? 1.5	? 1.7	? 1.7	? 2.0
100%	? 2.0	? 2.5	? 2.5	? 2.8

Figura 9. Límites admisibles de rugosidad, expresados en IRI (m/Km)

#### 6. CONCLUSIONES

En nuestro país están en vigencia numerosas Especificaciones Técnicas, las cuales presentan diferencias importantes. Esas diferencias se dan, no solo en los valores fijados como límites sino también en el criterio estadístico utilizado para analizar la aceptabilidad o no del tramo de evaluación. Se presenta una propuesta de Especificación para obra nueva que considera la importancia de la ruta, asociado a las diferentes exigencias que plantean los usuarios. Los valores indicados en la propuesta para repavimentación con una sola capa, podrán aumentarse sólo si la obra está planteada para corregir otros defectos superficiales y la economía de la obra no posibilita la realización de mejoras de mayor importancia; como ser mejorar una calzada deslizante en días de lluvia, obra que difícilmente pueda corregir la rugosidad de la ruta si el estado preexistente es muy deficitario.

#### 7. BIBLIOGRAFIA

- Pliego de Especificaciones Técnicas Generales de la Dirección Nacional de Vialidad de Argentina. Edición 1998.
- Pliego de Especificaciones Técnicas de la Conexión Física Rosario Victoria, OCCOVI. Propuesta de Especificaciones Técnicas de la Comisión Permanente del Asfalto de Argentina. Versión año 2005.
- Concesiones Viales 2010. Pliego de Especificaciones Técnicas Particulares. OCCOVI. Argentina.
- Concesiones Viales 2010. Segundo llamado. Pliego de Especificaciones Técnicas Particulares. OCCOVI. Argentina.
- Pliego de Especificaciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes. PG-3. España.



**FONTANA NICASTRO**

SOCIEDAD ANÓNIMA DE CONSTRUCCIONES

Desde 1946  
Construyendo en el País

# AHUELLAMIENTO. DESARROLLO DE UNA METODOLOGÍA PARA EL CONTROL EN OBRA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS

## AUTORES:

Angelone S., Martínez F., Cauhapé Casaux M., Andreoni R., Andreoni S. y Balestrini G.

## Resumen

El Laboratorio Vial del IMAE de la Universidad Nacional de Rosario, en forma continua desde hace más de 40 años, ha llevado a cabo el desarrollo e implementación de diferentes técnicas experimentales, metodologías de evaluación y sistemas de procesamiento y análisis aplicables a la caracterización de materiales viales, y particularmente a partir del año 2005 ha trabajado en la evaluación del comportamiento a deformación permanente de mezclas asfálticas mediante el ensayo de “Rueda cargada”. En publicaciones anteriores se presentó un estudio global del comportamiento a la deformación permanente de las mezclas asfálticas, se llevó a cabo un análisis comparativo de procedimientos de laboratorio para evaluar el ahuellamiento de mezclas asfálticas, y se midió la influencia de los factores de carga y de servicio en el ensayo de rueda cargada con vista al diseño de las mezclas asfálticas. En base a la experiencia recabada, y ante la ausencia de una normativa nacional, se propuso como metodología de ensayo en laboratorio la correspondiente a la norma BS EN 12697-22:2003, Parte 22 para probetas pequeñas.

En este trabajo se presenta un nuevo ensayo simple que permite realizar un control de laboratorio respecto a la susceptibilidad a la deformación permanente de mezclas asfálticas que durante la etapa de diseño de la fórmula de obra han sido verificadas con el ensayo de rueda cargada. Con este procedimiento que se propone, se valora la resistencia a la deformación permanente de las mezclas indirectamente mediante un ensayo de punzonado o penetración y su correlación con los resultados del ensayo de rueda cargada realizado previamente. El mismo utiliza probetas tipo Marshall convencionales o testigos calados ensayados con equipos normales en cualquier laboratorio de obra. Se describe el ensayo propuesto así como una metodología para su uso en el control de las mezclas asfálticas.

## 1. INTRODUCCIÓN

En el diseño y proyecto de la estructura de los pavimentos flexibles es imprescindible poder caracterizar cada uno de los materiales intervinientes.

Esta caracterización abarca dos aspectos: el físico y el mecánico. Poder saber a priori que comportamiento van a tener, por ejemplo, las mezclas asfálticas, ante cargas dinámicas, ante distintas condiciones de carga o factores de servicio, es fundamental para poder dimensionar cada una de las capas y predecir su vida útil.

Una de las fallas más frecuentes que se encuentra en los pavimentos es el ahuellamiento. Este último considera la acumulación de las deformaciones permanentes de todas las capas componentes de la estructura del camino, pero por su importancia relativa, los estudios y verificaciones se han concentrado sobre las mezclas asfálticas destinadas a las capas superiores

Uno de los ensayos más difundidos internacionalmente para diseñar las mezclas asfálticas en este aspecto, es el ensayo conocido como “Ensayo de Rueda Cargada” (ERC) o “Wheel Tracking Test” (WTT), que aunque no es capaz de predecir el ahuellamiento ni es el que más se ajusta a los desarrollos teóricos como lo son por ejemplo el ensayo de Creep Dinámico (DLC) o el Simple Performance Test (SPT), es una buena herramienta para establecer comportamientos de mezclas alternativas y caracterizar comparativamente su aptitud ante el ahuellamiento (1).

El Laboratorio Vial del IMAE diseñó, desarrolló y puso a punto, durante el año 2005, un prototipo del equipo de ensayo del tipo ERC o WTT que se muestra en la Figura 1, (2) (3). El equipo dispone de la versatilidad suficiente para que los ensayos se puedan realizar de acuerdo a la norma BS EN 12697-22:2003: Bituminous Mixtures for Hot Mix Asphalt. Part 22. Wheel Tracking Test de acuerdo al Procedimiento B para probetas pequeñas.



Figura 1: Vista general del equipo WTT del IMAE

## 2 CONTROL IN SITU

Las mezclas asfálticas son materiales excelentes para la construcción de pavimentos, pero para dadas características de clima, con temperaturas extremas y fuerte insolación, y para fuertes cargas del tránsito, su comportamiento puede ser crítico y se debe estar siempre atento para obtener buenos resultados. No sólo se debe atender este aspecto sólo en la etapa de proyecto de la estructura del pavimento y de las mezclas asfálticas en laboratorio sino también durante la ejecución del pavimento.

Desde este punto de vista es necesario corroborar que las propiedades que se le adjudican a la mezcla realmente se cumplan in situ. Por ello en la etapa de construcción de las capas de mezclas asfálticas del pavimento se requiere un control de calidad de los materiales colocados. Los ensayos nos permiten asegurar y controlar la calidad de las mezclas. En la aplicación del control se debe tener en cuenta, en primer lugar, las propiedades que se deben evaluar e inspeccionar en una mezcla, de acuerdo con su función estructural y funcional en el pavimento, y, en segundo lugar, seleccionar y aplicar los ensayos que estén relacionados con ellos. Además el empleo de los ensayos de control permitirá también defender la calidad del producto frente a terceros

En el presente trabajo nos abocaremos solamente a lo referido al comportamiento a la deformación permanente de las mezclas asfálticas. Además de los ensayos de control de las formulaciones de las mezclas y los materiales en forma individual, es necesario verificar, para este aspecto en particular, que las mezclas asfálticas cumplan con el Ensayo de Rueda Cargada con el fueron diseñadas. Por lo tanto se debe hacer una toma de muestras in situ con el fin de comparar sus propiedades in situ con los valores del ensayo de referencia de WTT de laboratorio.

Particularmente, la toma de una muestra de 300 mm de ancho por 300 mm de largo por 50 mm de espesor directamente de la capa asfáltica mediante calado es casi impracticable y conlleva un procedimiento muy engorroso. En vista a esta problemática se proponen dos metodologías distintas con el fin de llevar a cabo un control de calidad de las mezclas asfálticas en forma más expeditiva. Estas son:

- Calado de probetas y Ensayo de Rueda Cargada
- Calado de probetas y ensayo de Resistencia a la Deformación o Punzonado.

## 2.1 Control de calidad con el Ensayo de Rueda Cargada

Para el aseguramiento y control de calidad de la obra debe garantizarse la calidad de la muestra, es por ello que el procedimiento de toma de la misma debe ser accesible y estar relacionado con las acciones rutinarias de la obra.

La norma BS EN 12697-22:2003 de acuerdo al Procedimiento B para probetas pequeñas establece que el ensayo debe realizarse sobre una probeta de mezcla asfáltica de 300 mm de largo por 300 mm de ancho y 50 mm de espesor, compactada en laboratorio a densidad prefijada, bajo las siguientes condiciones:

- Temperatura de ensayo: 60 °C
- Una carga aplicada por la rueda de 700 N durante 10000 ciclos o cuando se alcanza una profundidad de huella H de 20 mm, lo que ocurra en primera instancia
- Un recorrido de la rueda de 230 mm
- Una frecuencia de carga de 26 ciclos/min
- Ciclo: dos pasadas de 230 mm de recorrido, una de ida y una de vuelta.

Durante el ensayo se adquieren, en forma automática, para todos los ciclos de carga los valores de las deformaciones sobre 43 puntos dentro de los 100 mm centrales del recorrido de la probeta, y se los promedia para la evaluación de la profundidad de ahuellamiento proporcional,  $PR_{aire}$ , y la pendiente media de ahuellamiento,  $WTS_{aire}$ , de acuerdo a las ecuaciones 1 y 2 respectivamente.

Se define la Profundidad de ahuellamiento proporcional,  $PR_{aire}$ , como la profundidad de la huella,  $H_i$ , respecto del espesor de la probeta, expresada en porcentaje  $\pm 0,1\%$ , para N ciclos de carga:

$$PR_{aire} = \frac{H_i}{h} \cdot 100 \quad [\%] \quad [1]$$

donde,  
 $H_i$  es la huella o deformación permanente promedio en función del número de ciclos aplicados  
 $h$  es el espesor de la probeta en mm.

Y la Pendiente de ahuellamiento,  $WTS_{aire}$ , se calcula como:

$$WTS_{aire} = \frac{H_{10000} - H_{5000}}{5} \left[ \frac{\text{mm}}{10^3 \text{ ciclos}} \right] \quad [2]$$

donde  
 $H_i$  es la profundidad de la huella para el ciclo i, en mm.

Por lo tanto y dado que fundamentalmente se mide la deformación sobre los 100 mm centrales se ha propuesto realizar una toma de muestra diferente considerando fundamentalmente que:

- tenga en cuenta las condiciones de ensayo indicadas en la norma citada
- la contención de los testigos sea adecuada y con el mismo material a ensayar para evitar confinamientos diferentes a los del proceso de caracterización de referencia de la mezcla
- la extracción de testigos fuera sencilla
- se aprovechen elementos de extracción de testigos habituales en las obras viales como lo son las “Caladoras rotatorias”, y no requiera de elementos especiales

### 2.1.1 Procedimiento de calado

El Procedimiento propuesto de toma de muestra o calado de probetas para el ensayo de Rueda cargada (Figura 2) consiste en calar 3 testigos de diámetro  $D = 150$  mm de acuerdo al siguiente procedimiento:

1. Trazar un segmento longitudinal AB con una longitud de 31 cm. Realizar una marca claramente visible en los puntos A y B. (Marcar con tiza grasa, para evitar que el agua borre la marca)
2. Trazar una perpendicular en el centro del tramo AB longitudinal, se obtiene el punto C.
3. El punto C corresponde al centro de la primera probeta a calar.
4. Calar las probetas laterales, siendo el borde de corte tangente a las rectas que pasan perpendiculares al segmento AB por los puntos A y B.

De esta forma se logra una probeta central entera y dos probetas parciales laterales. La probeta central es la que se somete al ensayo de acuerdo a la norma y se controla su calidad, mientras que las probetas laterales sirven de contención y reproducen las condiciones tanto in situ como en el ensayo de caracterización de la mezcla de referencia en laboratorio. En la Figura 3 se observa un ejemplo de cómo resultan los testigos calados.

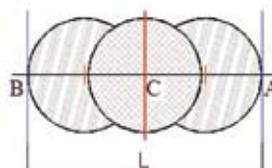


Figura 2: Esquema de calado de probetas



Figura 3: Vistas de probetas caladas

Al estar la estructura del pavimento compuesta por una sucesión de diferentes capas asfálticas, para poder ensayar cada uno de los diferentes materiales, luego en laboratorio, se las separa por aserrado tal como se observa en la Figura 4.



Figura 4: Testigos preparados para el ensayo

## 2.1.2 Ensayo de rueda cargada

Dado el formato especial y dimensiones que resultan del calado de los testigos se diseñó, construyó y puso a punto un soporte de contención de los mismos para poder sujetar a las probetas durante el Ensayo de Rueda Carga. El mismo consiste en un dispositivo metálico formado por dos piezas que ajustan las probetas y tienen refuerzos laterales con orificios que permiten fijar el mismo a la mesa móvil del equipo de ensayo. La Figura 5 muestra el dispositivo con las probetas colocadas y el conjunto completo durante el ensayo en ejecución y la probeta una vez finalizado el mismo.



Figura 5: Prototipo del dispositivo de sujeción y ensayo de rueda cargada

## 2.2 Control de calidad con el Ensayo de Resistencia a la Deformación o de “Punzonado”

Como se mencionó en la introducción están disponibles para valorar el comportamiento a la deformación permanente varios ensayos: WTT, SPT, DLC, etc., pero ninguno de ellos miden en forma estática y sencilla esta propiedad, requieren de equipos caros, sofisticados y en algunos casos los procedimientos de ensayo son bastante complejos.

De aquí la necesidad del desarrollo de una metodología a la que la mayoría de los laboratorios puedan tener acceso y que además que sea útil para el control del comportamiento de las mezclas asfálticas in situ, tarea que hasta el presente sólo ha sido parcialmente concretada. En el ensayo de rueda cargada persiste el inconveniente de la duración del mismo y la baja probabilidad de disponer del equipo en obra. También es conocido que los resultados de la estabilidad o la fluencia en el ensayo Marshall no correlacionan satisfactoriamente con los resultados de los ensayos mencionados (4).

El objetivo del presente trabajo está basado en la premisa de encontrar una herramienta sencilla y al alcance de la mayoría de los laboratorios que posibilite un rápido control de obra y que, a su vez, correlacione con los resultados del ensayo de rueda cargada, que es el que se está usando actualmente en nuestro medio.

Como un resultado del estudio de diferentes alternativas se planteó llevar a cabo un estudio experimental, basados en el trabajo realizado, a partir del año 2002 en la Universidad Nacional de Kangwon, en Corea, por el Dr. Kwang W. Kim (4), quien propone un ensayo estático de resistencia a la deformación o punzonado para la dosificación y comparación de mezclas asfálticas con vistas a su caracterización a la resistencia al ahuellamiento que califica con los requerimientos mencionados.

Esta resistencia a la deformación, denominada SD, es una propiedad que posee una mejor correlación con los parámetros de ahuellamiento, profundidad de huella y velocidad de deformación, que con cualquier otra propiedad de carga estática de mezclas de concreto asfáltico.

El ensayo para determinarla tiene la ventaja que se puede implementar en una prensa para ensayos Marshall con un cabezal de carga especial y se pueden usar probetas compactadas en laboratorio de tipo Marshall o calada in situ. Los resultados obtenidos en el estudio del Dr. Kim, para evaluar la correlación de la resistencia a la deformación (Sd) con otros parámetros de la mezcla asfáltica indicaron que este procedimiento es una aproximación aceptable del que se puede obtener información razonable respecto a la tendencia al ahuellamiento de una mezcla asfáltica.

### 2.2.1 Ensayo de resistencia a la deformación o de “Punzonado”

El objetivo de este ensayo de “Punzonado” es reproducir en laboratorio la carga inducida por el neumático a muy baja velocidad o casi estático, para un estado crítico de altas temperaturas (60 °C) y sobre todo considerar que la dirección de la aplicación de la carga sea la misma que se produce in situ respecto a la de compactación de la capa de mezcla asfáltica, tal como se esquematiza en la Figura 6.

Además, si se tiene en cuenta que una rueda transmite al pavimento una carga a través de una sección aproximadamente circular, y dado que la forma del neumático no es una superficie plana sino que éste tiene “hombros” o forma redondeada en sus bordes, y que esta situación influye en la distribución de tensiones de compresión y corte en la capa del pavimento (Figura 7), la misma situación debe reproducirse en laboratorio al aplicar cargas sobre una probeta de mezcla asfáltica con el fin de representar el mismo estado de tensiones impuestas in situ.

Para ello se diseña un vástago o cabezal de carga con una sección proporcional a la del neumático. Sus características provienen del análisis de sensibilidad de la Sd, efectuada en el estudio de Young S. Doh et al, 2007, del cual surge que tanto "D" como "r" son variables importantes en el análisis de sensibilidad, no siendo así el diámetro de la probeta, dado que no se encontraron diferencias significativas entre los resultados de la resistencia a la deformación para los diámetros de 150 o 100 mm. De ello se llega a que tanto para probetas de 150 mm o 100 mm de diámetro las dimensiones más apropiadas para este vástago son un diámetro "D" de 40 mm y bordes con una curvatura correspondiente a un radio "r" de 10 mm (Figura 8).



Figura 8: Diferentes vástagos estudiados por Young S. Doh et al.

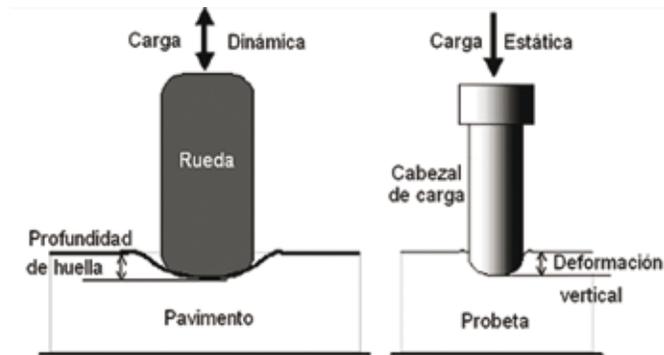


Figura 6: Comparación de las formas del neumático y el cabezal de carga

Otra variable significativa es la velocidad de aplicación de la carga. Inicialmente el ensayo se llevó a cabo a una velocidad de carga de 50.8 mm/min correspondiente a la velocidad del ensayo Marshall, luego Sung Hyun Baek et al, 2009 (5) en su investigación analiza la variación de los valores de Sd dentro de un rango de velocidades de carga entre 10 y 70 mm/min, concluyendo que la velocidad donde mejor correlaciona el valor de la resistencia a la deformación con los resultados del ensayo de rueda cargada es para 30 mm/min, y que Sd disminuye a medida que se reduce la velocidad de carga.

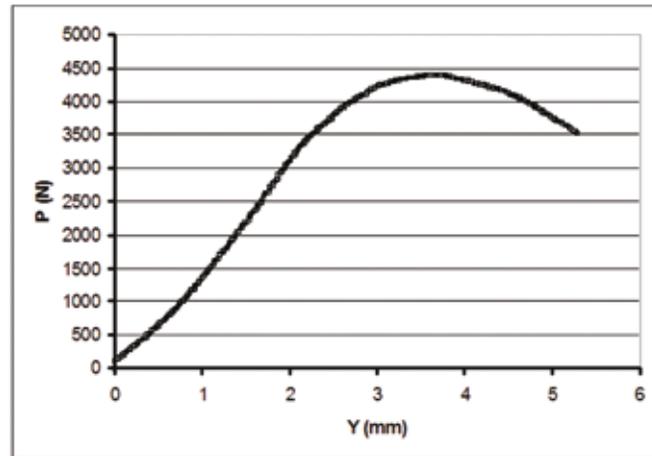


Figura 9: Curva carga vs deformación del ensayo de punzonado

## 2.2.2 Cálculo de la resistencia a la deformación Sd

Una vez obtenida, de la curva de la Figura 9, la carga máxima P que produce la falla, es posible calcular la resistencia o tensión de deformación como:

$$S_d = \frac{P}{A_p} \quad [3]$$

El área transversal (Ap) del vástago, para D y r determinados, es variable en función de la profundidad que penetra el mismo dentro de la probeta, por lo tanto Ap es una función de la deformación "y" que sufre la probeta, variando entre un mínimo que corresponde a y = 0 hasta un área máxima para y = r, ecuación (4).

$$A_p = \frac{\pi}{4} \left[ D - 2 \left( r - \sqrt{2 \cdot r \cdot y - y^2} \right) \right]^2 \quad [4]$$

Para el caso particular de D= 40 mm y r=10mm, el área resulta

$$A_p = \pi \left[ 10 + \sqrt{20 \cdot y - y^2} \right]^2 \quad [5]$$

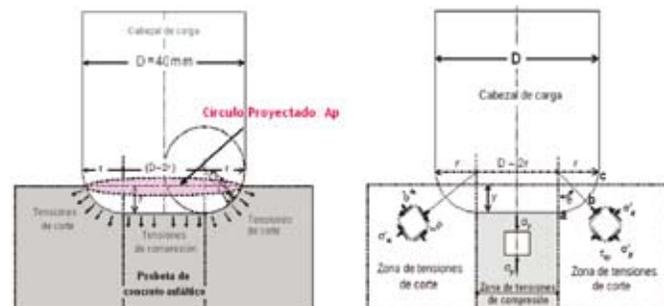


Figura 7: Sección del vástago de carga

Por lo tanto, el ensayo consiste en aplicar a una probeta de mezcla asfáltica una carga, a una velocidad establecida, hasta alcanzar la rotura de la misma a 60 °C de temperatura: el vástago se introduce en la mezcla asfáltica provocando una deformación "y" cuando se aplica la carga P; se registra la evolución tanto de la carga como de la deformación "y" durante el ensayo tal como se muestra en la Figura 9.

Remplazando en la ecuación (3) resulta:

$$S_d = \frac{0,32P}{\left[10 + \sqrt{20 \cdot y - y^2}\right]^2} \quad (6)$$

Donde:

- Sd: Resistencia a la deformación en (MPa);
- P: máxima carga de falla (N);
- Ap: área del círculo proyectado
- D: Diámetro (mm) del cabezal de carga
- r : radio (mm) de curvatura en la base del cabezal de carga
- y = deformación vertical (mm.) de la probeta para  $y < r$ , mientras que para  $y > r$ ,  $y = r = 10$ .

### 2.2.3 Programa experimental

El Laboratorio Vial del IMAE diseñó, desarrolló y puso a punto un prototipo del equipo de ensayo de punzonado que se muestra en la Figura 10, en él se observa que el mismo consiste en dos platos de acero paralelos, en el inferior, en bajo relieve, están indicadas las posiciones para ubicar tanto probetas de 100 y 150 mm indistintamente, mientras que en el superior se adosa un tubo de acero que permite guiar al vástago de carga durante el ensayo para que el mismo no se desvíe.

El conjunto se ubica en la prensa Marshall para la aplicación de la carga. La adquisición de datos se realiza en forma electrónica y luego son volcados automáticamente a una planilla de cálculo.

Como el fin de esta investigación es la propuesta de un control expeditivo en obra de las mezclas asfálticas se propone como velocidad de aplicación de cargas la correspondiente al ensayo Marshall, 50.8 mm/min, más allá de lo informado en el punto 2.2.1. Esto evita la descalibración de la prensa y la posibilidad del uso simultáneo de la misma para ambos ensayos.



Figura 10: Dispositivo y Cabezal de ensayo

Para satisfacer el objetivo planteado se diseñó un plan experimental donde se estableció que para cada mezcla asfáltica o para una misma mezcla y distintos grados de compactación se efectuara el siguiente protocolo (Figura 11):

1 Las mezclas asfálticas se compactan en probetas de 300 mm x 300 mm x 50 mm, de manera de garantizar que para ambos ensayos tengan las mismas condiciones de para una misma mezcla, por duplicado.

2. Se lleva a cabo el ensayo de rueda cargada de acuerdo a la norma BS EN 12697-22:2003: Bituminous Mixtures for Hot Mix Asphalt. Part 22. Wheel Tracking Test de acuerdo al Procedimiento B para probetas pequeñas, en dos líneas, central y lateral, sobre una misma probeta.

3. Se calcula la Profundidad de ahuellamiento proporcional, PRAire (ecuación 1) y la Pendiente de ahuellamiento, WTSaire (ecuación 2), y se los promedia para cada probeta, de manera que se obtienen dos valores para cada condición de ensayo.

4. Sobre la mitad de la probeta no ensayada se calan dos probetas de 100 mm de diámetro cada una.

5. Las probetas obtenidas se mantienen durante 30 minutos en un baño de agua a 60 °C y luego se las ensaya en la prensa Marshall con una velocidad de 50.8 mm/min.

6. Se calcula la Resistencia a la deformación, Sd (ecuación 6), se promedian los resultados de ambas probetas.

7. Se establece la correlación entre los resultados obtenidos



Figura 11: Secuencia de ensayos

### 2.3 Análisis de resultados

Se sometieron a los ensayos de rueda cargada y resistencia a la deformación, siguiendo el protocolo establecido, un total de 12 mezclas, para algunas de ellas se varía su grado de compactación en un rango amplio entre el 90 % y el 100% de la densidad Marshall de referencia, a los efectos de manifestar la influencia de este parámetro en el estudio y confirmar la posibilidad de un control en laboratorio. A título de ejemplo se analiza el comportamiento que presenta una mezcla asfáltica compuesta por agregados basálticos con asfalto modificado y variando el grado de compactación de la mezcla. En la Figura 12 se correlacionan los resultados obtenidos de la Profundidad de ahuellamiento proporcional, PRAire a través del ensayo de rueda cargada luego de 10000 ciclos de carga respecto a la Resistencia a la deformación, Sd. Se observa que es una mezcla que para la condición del 100% de densidad tiene un buen comportamiento a la deformación permanente, pero la deformación aumenta al disminuir el grado de compactación. También se muestra que existe un buen grado de correlación (R2= 89%) entre los valores de PRAire y Sd. Con la misma metodología se presenta en la Figura 13 la comparación para el total de muestras ensayadas, se evidencia la misma tendencia general que para una mezcla en particular.

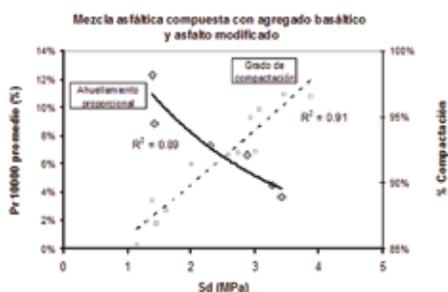


Figura 12: Comparación de la Profundidad de ahuellamiento proporcional, PRaire, versus la Resistencia a la deformación, Sd, para distintos grados de compactación de la mezcla

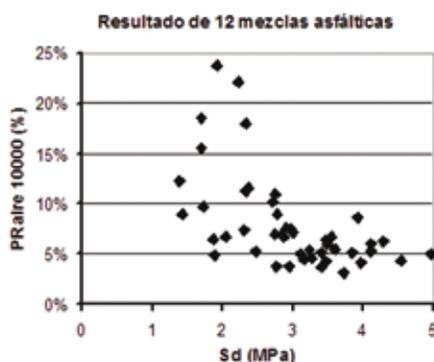


Figura 13: Comparación de la Profundidad de ahuellamiento proporcional, PRaire versus la Resistencia a la deformación, Sd, para las 12 mezclas asfálticas

## 2.4 Verificación in situ

Con el fin de proceder a la verificación de la metodología presentada se aplica para una de las mezclas asfálticas estudiadas ambos procedimientos, por lo tanto se calan del pavimento probetas de acuerdo a la Figura 2 y probetas de 100 mm de diámetro al lado de las anteriores. Se llevan a cabo entonces los ensayos de rueda cargada y el de punzonado respectivamente. Los resultados alcanzados se muestran en la Tabla 1, y en la Figura 14 se comparan con los obtenidos mediante el ensayo de probetas confeccionadas en laboratorio, de acuerdo a lo expresado en el punto 2.2.3. Se aprecia que los valores registrados cumplen con los de referencia de diseño.

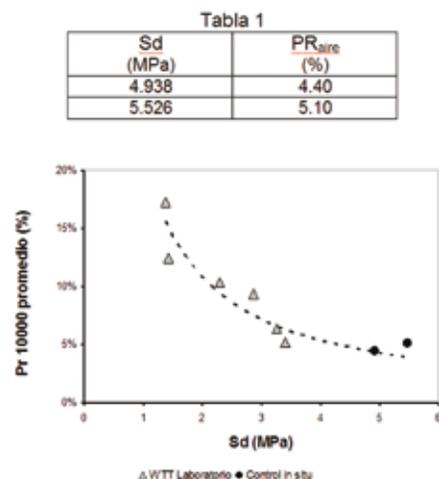


Figura 14: Verificación in situ

## 3 CONCLUSIONES

En el presente trabajo se han presentado dos metodologías de toma de muestras y control de la calidad de las mezclas asfálticas a la deformación permanente:

- Calado de probetas y Ensayo de Rueda Cargada
- Calado de probetas y ensayo de Resistencia a la Deformación o Punzonado.

Ambas son posibles de ponerse en práctica en forma inmediata. Para la primera es necesario el uso de un equipo más complejo como el de rueda cargada y la duración del ensayo es de más de 10 horas, mientras que la segunda es menos dificultosa, se puede implementar en obra y la duración del ensayo es equivalente a la de la estabilidad Marshall.

En cuanto a la confianza en los resultados obtenidos con vistas a un control "pasa - no pasa" de la mezcla asfáltica, es necesario manifestar que con la primera metodología se tiene un respaldo mayor que con la segunda por el momento.

Los resultados obtenidos en el estudio para evaluar la correlación de la resistencia a la deformación (Sd) con la Profundidad de ahuellamiento proporcional del ensayo WTT de las mezclas asfálticas estudiadas indicaron que este procedimiento es una aproximación aceptable que brinda información razonable respecto a la tendencia al ahuellamiento de una mezcla asfáltica. Pero es necesario recabar mayor información del ensayo de punzonado propuesto, antes de ser usado como una herramienta de control in situ, por el momento puede considerarse como un "ensayo de alerta" y obrar en consecuencia.

## 4 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) Deformación Permanente de Mezclas Asfálticas. S. Angelone, Miter F. Martínez, E. Santamaría, E. Gavián y M. Cauhapé Casaux, Reporte Técnico de la Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura de la UNR, RT-ID 06 02, agosto 2006. Página Web de la FCEIA-UNR.
- (2) Análisis Comparativo de Procedimientos de Laboratorio Para Evaluar El Ahuellamiento de Mezclas Asfálticas. Silvia Angelone, Fernando Martínez y Marina Cauhapé Casaux. XXXIV Reunión Anual del Asfalto, ISBN 978-950-630-022-7/978-950-630-024-1 – Mar del Plata – 2006.
- (3) Influencia de los factores de carga y de servicio en el ensayo de rueda cargada. S. Angelone, F. Martínez, M. Cauhapé Casaux, R. Andreoni y D. Lostumbo. 14º Congreso Ibero-Latinoamericano del Asfalto, Cuba, 2007 y XXXV Reunión Anual del Asfalto, Rosario, 2008.
- (4) Framework for developing a static strength test formeasuring deformation resistance of asphalt concrete mixtures. Young S. Doh, Kyong K. Yun, Serji N. Amirkhanian, Kwang W. Kim, Construction and Building Materials 21 (2007) 2047–2058
- (5) Optimum loading speed for deformation strength test of bitumen mixtures. Sung Hyun Baek, Jim C. Kim, Young S. Doh y Kwan W. Kim. Advanced Testing and Characterization of Bituminous Materials - The 7th Int. RILEM Symposium - Taylor y Francis Group, London, Greece. 2009



## Gobierno Provincial

Ministerio de Obras y Servicios Públicos  
Dirección Provincial de Vialidad

### **OBRAS INAUGURADAS POR LA DIRECCION PROVINCIAL DE VIALIDAD DE CORRIENTES**

Antecedentes de las Obras del PROSAP "Proyectos de Mejoramiento de Caminos en Áreas Rurales Productivas" lote N° 1 y N°. Préstamo: BID N° 899/DC - AR 1(50% Financiamiento Fuente 10 - Tesoro Provincial y 50% Financiamiento dle BID).

#### **Organismos Intervinientes:**

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos (SAGPyA). Ministerio de Producción Trabajo y Turismo de la Pcia. Programa de Servicios Agrícolas Provinciales (PROSAP). Ministerio de Obras y Servicios Públicos de la Pcia. Dirección Provincial de Vialidad (Unidad Ejecutora). Licitación Pública Nac. N° 01/07 aprobada por Resolución N° 048/I/09 (DPV), ratificada por Decreto N° 306/09 del Poder Ejecutivo Provincial.

#### **Objetivo de las Obras:**

El objetivo principal de la ejecución de estas obras básicas fue mejorar las Rutas Secundarias, donde se encuentran distintas colonias, ubicadas en los lotes N° 1 (Departamento de San Roque) y Lote N° 2 (Departamento Goya), mejorando las condiciones de transitabilidad, permitiendo una salida más directa hacia la Ruta Nacional N° 12, que conecta en el trayecto Sur, hacia los grandes centros urbanos nacionales y los Viaductos Nacionales N° 12 y 118, y en el trayecto Norte, comunica en forma más dinámica hacia los centros de consumo de la Capital de nuestra Provincia y la zona del NEA, permitiendo que los productos agrícola-ganaderos sean comercializados en forma más eficiente y equitativa, favoreciendo el desarrollo de la economía provincial y para que en el futuro se establezcan emprendimientos similares.

#### **Obra: Lote N° 1: Departamento San Roque.**

Trabajos Ejecutados:

- San Roque – Colonia Pando: Longitud: 29,50 Km.
  - Limpieza de terreno.
  - Terraplén con compactación especial.
  - Señalización Vertical.
- Colonia Pando – Colonia Laurel: Longitud: 11,3 Km.
  - Limpieza de terreno.
  - Terraplén con compactación especial.
  - Colocación de alcantarillas de caños de H° A°
  - Señalización Vertical.
- Colonia Laurel – Aña Cuá: Longitud: 7,00 Km.

d) Aña Cuá – Ruta Nacional N° 118 Longitud: 10,00 Km.

En ambos tramos se llevaron a cabo:

- Terraplén c/compactación especial.
- Colocación de alcantarillas de caños de H° A°
- Señalización Vertical.

En este lote se construyeron 26 alcantarillas transversales y 71 accesos a distintos establecimientos.

Empresa ejecutora: U.T.E. VIALCOR-GEC S.A.

**MONTO TOTAL DE OBRA: \$ 8.200.000 (Pesos ocho millones doscientos mil).**

#### **Obra: Lote N° 2- Departamento Goya**

En los distintos tramos se realizaron las siguientes tareas:

- Tramo R.P.N° 54-R.N.N° 12 a A° Rosales-Parajes Tres Bocas
  - Alcantarilla tipo Z-2912 -I - DNV- - • Retiro del Puente Bailey.
  - Terraplén con Compactación Especial
  - colocación de Caños c/cabecales de H° A°
  - Señalización Vertical
- Tramo R.P.N° 61 - Cañada Poí -Paraje Pago Redondo-
  - Terraplén c/Compactación Especial.
  - Construcción de 2 (Dos) Alcantarillas.
  - Colocación de Caños
  - Construcción de Alambrado
  - Señalización Vertical
- Tramo. R.P. N° 58 -R.N. N° 12 a Paraje Invernada Norte
  - Terraplén c/Compactación Especial y Abovedamiento reforzado.
  - Colocación de Caños c/cabecales de H° A°
  - Señalización Vertical.
- Tramo R.P.S/N° -R.N.N° 12-a Paraje San Isidro
  - Terraplén c/Compactación Especial y Abovedado -Reforzado
  - Colocación de Caños c/Cabecales de H° A°
  - Señalización Vertical.
- Tramo R.P. S/N° -R.N.N° 12 a Paraje San Martín
  - Terraplén c/Compactación Especial y Abovedado Reforzado
  - Señalización Vertical.
  - En este lote se construyeron 32 alcantarillas transversales

**MONTO TOTAL DE OBRA: \$ 2.698.749,34 (Pesos dos millones seiscientos noventa y ocho mil setecientos cuarenta y nueve con 34/100).**



# SIGMA PUENTES. SISTEMA INTEGRAL DE GERENCIAMIENTO Y MANTENIMIENTO DE PUENTES

## AUTOR:

Eduardo Castelli

## I. INTRODUCCIÓN

Gerenciamiento de Puentes: qué es y para qué sirve

Un Sistema de Gestión de Puentes (SGP) es una herramienta que permite implementar estrategias para conocer, conservar, reparar y/o refuncionalizar las obras de arte mayores de una red vial. El SGP permite a los responsables de la toma de decisiones seleccionar la alternativa de mínimo costo y máxima eficacia, que brinde un adecuado nivel de seguridad y servicio, a partir de las disponibilidades presupuestarias, identificando los fondos necesarios a futuro y jerarquizando las intervenciones a realizar en cada momento.

Al conocer mejor el estado del stock de puentes se puede extender su vida útil a un costo menor, gracias a la oportuna detección de los defectos estructurales, de servicio o atribuibles al obstáculo atravesado, mediante las inspecciones y relevamientos, permitiendo así un rápido diagnóstico y tratamiento eficaz y, por ende, ahorros importantes en el mantenimiento y reemplazo planificado de estructuras existentes.

El SGP de la Dirección Nacional de Vialidad es denominado SIGMA-Puentes (Sistema Integral de Gerenciamiento y Mantenimiento de Puentes) y nace a fin de conquistar de manera gradual y sostenida las metas descritas a continuación.

## Objetivos del SIGMA-Puentes

Los beneficios principales que pueden alcanzarse a partir de la implementación y explotación de un SGP son:

1. OPTIMIZAR INVERSIONES en conservación y rehabilitación.
2. JERARQUIZAR las INTERVENCIONES en función de los créditos presupuestarios existentes u otros condicionantes.
3. PREVER las ACTUACIONES ante contingencias graves (inundaciones, sismos, tornados, etc.) al disponer de información actualizada y fiable.
4. MEJORAR los DISEÑOS FUTUROS, a partir del conocimiento exhaustivo de las deficiencias y el desempeño en vida útil de los puentes existentes.
5. FACILITAR la EJECUCIÓN de POLÍTICAS de CONSERVACIÓN y GESTIÓN.

Inicialmente, el objetivo está orientado a delimitar el estado de situación, es decir la depuración de datos del conjunto de estructuras mayores, el registro de sus características, y el monitoreo y diagnóstico de su estado. Andando el tiempo, y con el aumento graduado de las acciones proactivas, el éxito del SGP se manifestará en la paulatina disminución de las acciones reactivas (conducentes a obras de emergencia de alto costo directo e indirecto). En el largo plazo, Vialidad Nacional contará con toda la información relevante de sus obras de arte digitalizada, con evaluación de su estado y jerarquización de prioridad de atención, así como proyectos y presupuestos para distintos esquemas de actuación. A toda esta información podrá accederse vía Internet, mediante permisos para distintos niveles de usuarios.

El objetivo final a lograr es un cambio hacia una cultura preventiva en el mantenimiento vial. Bajo esta premisa debemos evolucionar, y a ello se han enfocado los esfuerzos institucionales desplegados por la actual gestión.

## II. HERRAMIENTAS del SIGMA-Puentes

Para la consecución de estos objetivos, la DNV dispone de tres instrumentos fundamentales que se mencionan en forma resumida seguidamente:

### a. SIGMA-P: el Software específico

Fue desarrollado por especialistas de la Universidad Nacional de Córdoba, y sigue los lineamientos típicos de estos programas. El Sistema diseñado cuenta con cinco módulos interrelacionados, a saber:

1) El primer módulo, llamado Módulo de Inventario, almacena la información de los puentes. En esta instancia se ordena y sistematiza la información guardándola en una base de datos, dejándose establecidas las características geométricas, constructivas y de entorno del puente sin juzgar su estado de conservación.

2) El segundo módulo permite cargar los datos obtenidos durante distintas inspecciones realizadas a los puentes. Las auscultaciones podrán ser rutinarias o especiales, mención aparte de la inspección inicial, en donde se completará cualquier dato faltante del módulo anterior. El Módulo de Relevamiento generará un informe de la inspección realizada, el cual será estudiado por uno o más especialistas.

3) Estos profesionales son los encargados de relacionar la segunda fase con la tercera: Módulo de Evaluación. El Evaluador asignará una puntuación al puente siguiendo la metodología propia del Sistema. Junto con la calificación emitida, se genera un documento con la justificación de la misma, incluyendo propuestas de actuación.

4) A partir del informe del Evaluador, el área de costos elaborará un presupuesto para ejecutar las obras de reparación o mantenimiento del puente, discriminando los ítem y sus cantidades asociadas, lo cual se vuelca en el cuarto Módulo de Costeo.

5) El objetivo de la última etapa (denominada Módulo de Gerenciamiento) es establecer un orden de prioridades para la asignación de recursos, sea para el reemplazo o la ejecución de las tareas de reparación y mantenimiento para un dado conjunto de puentes. El ranking se obtiene ordenando de menor a mayor los puentes de acuerdo a su calificación global, obtenida en el Módulo de Evaluación.

En el primer artículo citado en la bibliografía puede encontrarse una descripción más extensa de esta aplicación.

b. Estructura del SIGMA-Puentes: los Recursos Humanos y Equipamiento  
Actualmente se está implementando una organización específica dentro de la Casa cuyas principales acciones serán:

- Actualizar y mantener el inventario, ejecutar relevamientos y programar la conservación ordinaria.
- Ejecutar las inspecciones rutinarias y/o contratación de inspecciones principales y/o especiales.
- Monitorear el comportamiento hidráulico y estado de conservación y seguridad de las obras de arte mayores
- Elaborar diagnósticos y propuestas de actuaciones (proyectos).
- Servir de nexos para gestionar la mitigación de afectaciones ambientales (hidráulicas) a las obras de arte.

- Elaborar términos de referencia, cómputos y presupuestos, y/o pliegos para contratar servicios de conservación o reparación.
- Diligenciar el encaje presupuestario y programación de actuaciones por tipo de gestión.
- Supervisar las obras de reparación y/o refuncionalización de puentes y brindar asistencia a las inspecciones de obras en construcciones de nuevos puentes.

Para ello, se ha previsto una estructura conformada por “Unidades Operativas” en dos niveles: Oficinas Zonales y Grupos Distritales.

La diferencia entre estas Unidades Operativas reside en el grado de dedicación de sus integrantes y equipamiento dispuesto para la tarea, en función de la cantidad de estructuras a gestionar y las posibilidades de los Distritos. Este funcionamiento inter-jurisdiccional presenta semejanzas con otro emprendimiento de la Casa (CECOT) y sirve a una irradiación más eficaz de la metodología, aprovechando recursos y capacidades a fin del logro gradual de los objetivos.

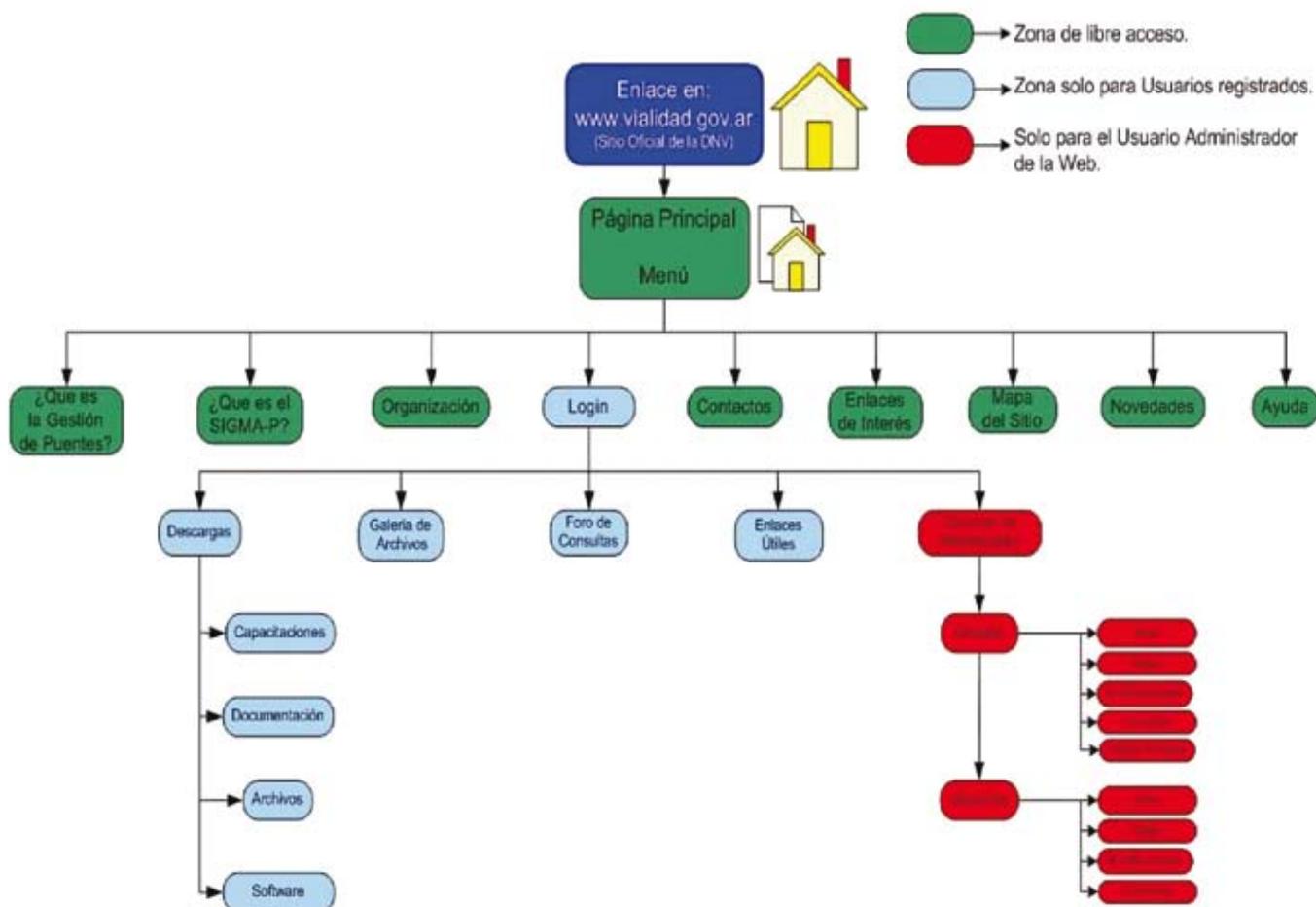
Los Encargados Zonales responden a un Coordinador General que reporta al Subgerente de Puentes y Viaductos. También se dispone de otros colaboradores internos, como ser Evaluadores y Referentes Informáticos, de modo tal que la organización institucional está incardinada en la Gerencia de Obras y Servicios Viales, pero distribuida a los fines prácticos y a tenor de los principios de gestión de la calidad basada en procesos.

c. itio Web del SIGMA-Puentes: la Plataforma de Comunicación

Diseñado íntegramente en la Oficina Zonal Piloto del Tercer Distrito (Tucumán), es el instrumento de intercambio de recursos, conocimientos y reservorio de archivos excedentes al SIGMA-P para la comunidad de usuarios del Sistema, la Subgerencia de Puentes y otros interesados. Su descripción es el objetivo específico de este trabajo, lo cual se logra en el siguiente acápite.

Apelando a una metáfora explicativa, podríamos decir que si el SIGMA-Puentes fuera una Empresa Vial, el software SIGMA-P sería un activo fundamental de la misma (p/ej. la planta asfáltica), mientras que el Sitio Web constituiría la infraestructura de dicha Empresa (instalaciones edilicias, obradores y depósitos) en donde reside el know how y se dirige la producción. Puede agregarse finalmente, y antes de entrar en el desglose de características y funciones del Sitio Web, que la constructora imaginaria a que aludimos contaría también con otra gama de equipos, tal y como el SIGMA-Puentes dispone de otras herramientas auxiliares para sus fines, verbigracia, mapas CAD interactivos con hipervínculos de acceso a información básica de los puentes, planillas Excel normalizadas con resúmenes de estado, estudios de TMDA por puentes, plan director de campañas, etc. Todos estos elementos accesorios también encuentran albergue en el Portal de servicios bajo Internet, constituyéndose en la plataforma de avíos y comunicación integral del Método.

### III. DESCRIPCIÓN DEL SITIO WEB



El árbol de navegación de la carilla anterior muestra que el ingreso formal a la Página Web se realiza a través de un enlace en el Sitio oficial de la DNV, y que existen tres zonas diferenciadas de servicios:

- Zona de Acceso General
- Área de Usuarios Registrados
- Funciones de Administración (sólo para el Webmaster)

La primera es de ingreso irrestricto (todo público), mientras que la segunda requiere habilitación. La tercera permite la gestión de grupos y usuarios, así como la actualización de contenidos, y no es visible para el navegante. Dado que esta última representa la trastienda administrativa, no se detallan sus funcionalidades.

Entrando al Sitio, el aspecto de la Home Page (Página de Inicio) es el siguiente:



El Top dinámico muestra la imbricación institucional del SIGMA-Puentes en Vialidad Nacional a través de la Subgerencia de Puentes y Viaductos, y resalta mediante secuencia de imágenes la interacción entre las estructuras y los agentes que velan por su conservación.

Se destaca una botonera derecha (vertical) animada en Flash, con las secciones de acceso general, y otra botonera horizontal que es activada mediante el logueo de visitantes provistos de contraseña, y que permite ingresar a la zona de mayor potencia útil.

En el cuerpo central se dispone un extracto de novedades que posibilita acceder al detalle de las mismas, constanding la fecha de última actualización a fin de lograr un seguimiento de contenidos.

En la esquina inferior derecha está emplazado el banner animado que sirve de hipervínculo a la página de descarga del soft SIGMA-P.

La Home contiene también utilidades típicas de Portales:

- Establecer como Página de Inicio
- Agregar a "Favoritos"
- Recomendar el Sitio

Finalmente, en la zona inferior se dispone de una botonera replicada para que los motores de búsqueda genéricos "indexen" el Sitio y prescindir eventualmente de la disponibilidad del Flash.

## 1. ZONA DE ACCESO LIBRE

Sirve a los fines de la difusión institucional y la divulgación técnica, contemplando como navegantes factibles a personas provenientes de distintos ámbitos:

- Reparticiones Técnicas del Estado Nacional o Provinciales
- Universidades (docentes, alumnos e investigadores)
- Entidades o instituciones afines al rubro vial (p/ej. AAC)
- Empresas Constructoras y Consultoras
- Interesados en la temática en gral.

Provee para ello, con las características inherentes a Internet (disponibilidad las 24 hs., los 365 días del año, en todo el orbe) de los siguientes contenidos:

1.1. Información acerca del gerenciamiento de puentes en general y el Método SIGMA-Puentes en particular, incluyendo video explicativo y publicaciones ampliatorias.

1.2. Presentación descriptiva del software SIGMA-P y su esquema operativo, con posibilidad de bajar diapositivas Powerpoint y artículos sobre el particular.

La filosofía adoptada para estas áreas fue la de brindar información sencilla y resumida en pantalla, y disponer de archivos digitales con mayor densidad para el lector ávido de profundizar.

Mediante vistas de pantalla (screenshots) se puede apreciar, aunque en forma "estática" y parcial, el aspecto de dichos sectores:



Las infografías, diagramas y fotografías son en todos los casos ampliables para una mejor visualización. Los documentos están protegidos contra cambios y contienen fecha de revisión.

### 1.3. Descripción de la organización de la DNV para la implementación del Sistema

Sección que contiene el organigrama de funciones y datos específicos de cada zona del país, con cartografía e información regional producida por los Encargados Zonales (avance de tareas, datos generales de las estructuras, plan director de campañas, actividades de capacitación, etc.).

### 1.4. Agenda de contactos en todo el país

Mapa animado con los datos para identificar y localizar a Jefes de Distritos y Encargados Zonales o Distritales en cada jurisdicción, así como autoridades en Casa Central.

### 1.5. Guía con enlaces de interés relacionados con la materia

Pensada como directorio de páginas afines a la tarea, con una breve referencia de las mismas. Ejemplos de enlaces:



- ✓ Centro de Investigación de los Reglamentos Nacionales para las Obras Civiles (CIRSOC)
- ✓ Comisión Nacional de Regulación del Transporte (CNRT)
- ✓ Subsecretaría de Recursos Hídricos de la SEOP
- ✓ Instituto Argentino de Normalización y Certificación (IRAM)
- ✓ Asociación Argentina de Ensayos No Destructivos (AAENDE)

### 1.3. Cartelera para publicación de novedades

Compilado de noticias sobre eventos y novedades del Portal y la organización. Aparecen en orden cronológico inverso, y pueden ampliarse. En general, cada tópico se acompaña de una o dos fotografías y alude a algún resultado concreto provechoso para difundir.

### 1.4. Árbol del Sitio

El diagrama de flujo a que se ingresa es activo, es decir que da acceso real a los componentes de la Página, orientando eficazmente al internauta. Además, distingue los contenidos anidados en zona restringida (útil para promocionar el registro de visitantes).

### 1.5. Elementos de ayuda

Configuración recomendada para una óptima visualización, descarga de visores y datos del Webmaster, con sede en el 3er. Dto. (Tucumán) de la DNV, donde está emplazado el servidor y la base de datos.

## 2. ZONA PARA USUARIOS REGISTRADOS

Los agentes del SIGMA-Puentes poseen contraseñas que habilitan el ingreso a esta área, aunque está previsto que contra una simple solicitud vía correo electrónico, pueda autorizarse a personas ajenas con algún interés particular, para que en forma temporaria accedan a búsquedas y downloads.

Los servicios a que vincula la botonera superior horizontal, tras reconocimiento del usuario, se describirán a continuación.

### 2.1. Descarga de recursos

Es un completo reservorio de archivos (in crescendo constante) clasificados según su origen y/o temática:



Como se aprecia en el fotograma, los rubros son:

#### 2.1.1. Apuntes de capacitación

Aquí se dispone de la última versión aprobada de los instructivos y planillas del Método, que se difunden en los cursillos de capacitación en distintas etapas. Además de los manuales y protocolos, existe todo un pack de archivos digitales para realizar tareas concretas diseñados, mantenidos y actualizados siguiendo los preceptos de la familia de Normas ISO 9000.

#### 2.1.2. Documentos de desarrollo para usuarios

Primer sector que contiene el back up de documentación originado en el 1er. Convenio UNC – DNV para el desarrollo del Sistema, con las características operativas del programa SIGMA-P y la descripción completa de cada Módulo.

#### 2.1.3. Documentos de desarrollo para administradores

Segundo sector con el producido del 1er. Convenio UNC – DNV, orientado a la programación del SIGMA-P y a su sustento documental. Para abrir estos archivos se requiere clave ad hoc.

#### 2.1.4. Archivos de la DNV

Biblioteca digital que reúne algunos recursos no específicos de obras de arte, pero relacionados con la materia. Ejemplo de esto serían los “Manuales de Diseño Vial Seguro”, las “Normas de Ensayo” o el “Código de Tramos”. Así mismo y principalmente, encontramos en versión digital importantes recursos para la gestión de puentes, como las “Bases para el Cálculo de Puentes”, planos tipo, compendio de Especificaciones Técnicas Particulares, detalle de pesos totales permitidos en puentes, y mucho más.

### 2.1.5. Normativa y Reglamentos

Contra autorización pertinente, está previsto publicar aquí compendios o referencias de Normas locales, como es el caso del Reglamento CIRSOC 201 vigente y el proyecto de nueva edición para el mismo, y también internacionales (p/ej. ACI, AASHTO), que muchas veces ayudan a los profesionales a paliar el déficit de pautas en la aplicación de nuevas tecnologías o trabajos específicos de reparación y uso de materiales especiales.

### 2.1.6. Archivos de Vialidades Provinciales

Desde los albores en la implementación del SIGMA-Puentes se compartió la iniciativa con otras reparticiones viales y el Consejo Vial Federal. Existen antecedentes interesantes en el desarrollo y aplicaciones de SGP, por ejemplo el "G-Puent" de la Dirección de Vialidad de Buenos Aires, cuyos adelidos han facilitado material que se dispone en este sector.

### 2.1.7. Otros archivos

Papers y publicaciones, la mayoría de origen internacional, seleccionados por su utilidad formativa para los Relevadores y Evaluadores del Método. Aquí se encuentra, por ejemplo, el compilado de documentos BRIME (Bridge Management in Europe), de libre difusión.

### 2.1.8. Software

Fuente de aplicaciones Freeware o Shareware, que son necesarias o convenientes para la tarea del SIGMA-Puentes: Máquina Virtual JAVA, programas para comunicación online, editores de imágenes, etc.

## 2.2. Galería de archivos

Es el alma máter de este desarrollo, dado que viene a cubrir la necesidad de la comunidad SIGMA-Puentes de disponer en forma organizada y ubicable, del enorme caudal de información devenida de la tarea de vigilancia y gerenciamiento de los puentes, que en gran parte excede a la aplicación SIGMA-P (mayor cantidad de fotografías y de mejor resolución) o no corresponde al mismo (videos, planos CAD), pero resulta invaluable para tareas de evaluación, proyecto y formación.

Hasta la publicación del Sitio, no existía un reservorio de archivos digitales sistematizado en lo tocante a puentes de la DNV. A través de esta herramienta, que consta de un potente buscador (programado en PHP) que interactúa con una base de datos (MySQL), puede realizarse consultas dirigidas o búsquedas con parámetros lógicos.

Los campos parametrizados son:

- Distrito: 24 opciones + Casa Central (podrían agregarse otras reparticiones).
- Ruta: todas las de la RVN (pueden incorporarse más).
- Fechas: limita el período en que se generó el fichero.
- Tipo de archivo buscado: fotos, planos, memorias, películas, hoja de cálculo, en editable o freezeado, etc. A diferencia del SIGMA-P cualquier tipo de archivo puede ser bajado.
- Obstáculo: obra de arte de la RVN (pueden incorporarse además de los puentes: alcantarillas, túneles, badenes, sifones, muros de sostén, etc.).
- Claves: 4 campos asociativos (operadores lógicos and/or) para acotar la búsqueda. Existe un elenco de unas 36 abreviaturas que deben respetarse, y de acuerdo a un instructivo básico (sólo una carilla de guía) se aclara la nomenclatura a emplear (palabras prefijadas para determinados componentes de la obra, o tipo de defectos). Se proscriben el uso de algunos caracteres (diéresis, acentos) en el nombre de los archivos, para evitar errores.



#### Ejemplos de abreviaturas a emplear:

- ✓ Fe Exp. → armadura expuesta
- ✓ JDilatacion → junta de dilatación
- ✓ AAbajo → aguas abajo
- ✓ Desp. → desprendimiento

#### Ejemplos de claves sin abreviar:

- ✓ Pilotes
- ✓ Desagues
- ✓ Fisuras

Ejemplos de búsquedas en "Galería de Archivos":

- Caso 1: (ilustrado ut supra) devolverá como resultado imágenes tomadas entre el 2 de Enero de 2006 y el 14 de Septiembre de 2009 que muestren pilas obstruidas por arrastre vegetal (solamente puentes del 3er. Dto.).
- Caso 2: "Fisura" + "Viga Bancada" arrojará como respuesta cualquier fotografía de esos elementos donde la afección no sea mayor de 3 mm. (en cuyo caso es "Grieta").
- Caso 3: Ruta 38 + Videos + "Creciente": sólo mostrará clips de filmaciones registrados en la ruta indicada, referidos a inundaciones o avenidas, pudiendo refinarse mediante intervalo de fechas o Distrito.
- Caso 4: Obstáculo "A. El Sueño" es el que se refleja en la toma de pantalla siguiente, y está devolviendo todo lo que consta en base de datos de un determinado puente, en este ejemplo, sobre el arroyo El Sueño (identificador del SIGMA-P N° 1543). El número permite "enlazar" la información del Sitio Web con el programa de gerenciamiento



Los resultados se muestran en thumbnails pequeños, en las páginas secuenciales que sea necesario. Cuando se trate de planos Autocad o Memorias, Certificados y otros documentos, se previsualiza el símbolo correspondiente. Los videos indican primera-mente el peso (para advertir el monto de información a bajar).

El índice delineativo de cada resultado consigna: ruta, progresiva, obstáculo, fecha y descripción de tema que trata el archivo.

Sólo si el usuario clickea la descarga de una miniatura, transferirá el archivo completo original, asumiendo los tiempos de transmisión propios de Internet.

Existen múltiples posibilidades y combinaciones más para pesquisar los datos, sirviendo la presente descripción como un indicativo de la potencia y el abanico de opciones que se habilita con la implementación de esta herramienta, que no queda confinada a una estación de trabajo, ni requiere en el equipo del cliente instalaciones de ningún tipo, sino que se navega y opera como cualquier Sitio en la red.

### 2.3. Foro de consultas

El acercamiento a las pautas de gestión de la calidad implica un crecimiento desde la eficacia (cumplir con los objetivos) hacia la eficiencia (hacerlo con menos recursos, p/ej., en menos tiempo). Desde el inicio del SIGMA-Puentes, la Oficina Zonal Piloto advirtió que luego de los cursos de capacitación básica (tareas preliminares, Módulos de Inventario y Relevamiento) y on the job (campañas en puentes emblemáticos) surgían múltiples consultas a la hora de replicar lo aprendido, tanto en la etapa de inspección como en el uso del soft. Dado que dichas consultas resultan reiterativas con el paso del tiempo y la incorporación de nuevos agentes, madurar hacia la eficiencia implica también “crear cultura” y dejar accesible el conocimiento.

En este caso, ello se logra bajo el modo de un ámbito al estilo del Ágora, en donde la comunidad puede plantear sus inquietudes, discutir aspectos técnicos y de procedimientos, coordinar acciones, y un largo etcétera que le confiere “savia vital” al emprendimiento tecnológico.

El foro de debates se maneja articulado con el envío y recepción de correos, utilizando las casillas de mail propias de los registrados. Este sector del Sitio Web muestra un “pizarrón” o panel de avisos, en donde los temas tratados hasta el momento se encuentran resumidos, con autores, fechas, cantidad de respuestas y vistas.

Quien tenga una inquietud, puede como primera medida buscar en el tablón lo que ya se trató sobre la cuestión, para lo cual dispone de un buscador que posibilita trabajar por referencia al objeto planteado o a respuestas que lo mencionen. Luego de verificar que en la historia colectiva no se ha dado respuesta a ese particular, el interesado creará un nuevo tópico, el cual puede ser respondido o ampliado por todos los usuarios. Dado que la temática del foro se restringe a la metodología del SIGMA-Puentes y sus herramientas, y al cierto grado de especialización que el caso requiere, se han nominado moderadores que intervienen preponderantemente en el seguimiento e intercambio de información, para velar por la pertinencia y adecuación de los intercambios y el historial de consultas.

### 2.4. Enlaces útiles

Directorio con vínculos útiles para el trabajo en el SGP: test de velocidad de la conexión ADSL, descarga del Acrobat Reader y aplicaciones online.

## IV. CONCLUSIONES

A partir de los avances en la implementación del Método SIGMA-Puentes en Vialidad Nacional se detectaron necesidades de:

- Contar con un espacio de comunicación basado en nuevas tecnologías, atento a la distribución en todo el país de los puentes y sus responsables, y acorde a las pautas del Plan Nacional de Gobierno Electrónico.
- Publicar contenidos institucionales sobre el SGP y sus objetivos.
- Difundir los datos básicos de la organización interna de la DNV para la gestión de puentes y sus contactos.
- Crear un buscador que manejara contenidos alojados en base de datos independiente del SIGMA-P, sencillo de usar por cualquier persona.
- Fomentar un espacio de consultas, intercambios y crecimiento técnico, donde el navegante encuentre reunido todo lo necesario para su desempeño.
- Disponer de una plataforma de recursos inherentes al SIGMA-Puentes para los usuarios, que mantenga en forma organizada y actualizada:

- Las novedades en el tema
- El material de capacitación
- La información oficial digitalizada
- La documentación de operación y desarrollo del soft SIGMA-P
- Contenidos ampliatorios o excedentes a los del SIGMA-P
- Otros archivos, programas y utilidades de interés

En esta primera versión del Sitio Web que se presentó, se logra cubrir esos requerimientos, sin limitantes para una evolución enriquecedora en todo sentido una vez que el feedback en el uso y la administración del Portal proporcione experiencia y elementos de mejora.

Con esta herramienta se propende además la recuperación de la función señera que a la Dirección Nacional de Vialidad le cabe, madurando también hacia un cambio cultural en el modo de gestión del conocimiento.

## V. BIBLIOGRAFÍA

- 1- “A New Bridge Management System for the National Department of Transportation of Argentina” (E. Castelli, M. Ruiz, T. Prato). Publicado en el libro “Bridge Maintenance, Safety, Management, Health Monitoring and Informatics” del IV IABMAS – Seúl, Corea (2008).
- 2- Estándares Tecnológicos de la Administración Pública (ETAP): “Sitios y Portales de Internet para la Administración Pública Nacional”
- 3- “El Sistema de Gestión de Puentes de la Red Vial Nacional de Argentina” (E. Castelli, N. Correa, J. Ortiz Andino). Artículo publicado en la revista latinoamericana de la AIPCR (2008).
- 4- Normas ISO serie 9000.
- 5- “Hacia un Sistema de Gestión de la Calidad Basado en ISO 9001:2000 dentro del SIGMA-Puentes de la Dirección Nacional de Vialidad” (E. Castelli).

# PAVIMENTOS DE HORMIGÓN: CUIDADOS A EDAD TEMPRANA PARA GARANTIZAR EL BUEN DESEMPEÑO Y UNA LARGA VIDA ÚTIL.

## AUTOR:

Arq. Edgardo Souza. Coordinador de la División Tecnología - Instituto del Cemento Pórtland Argentino

Se puede afirmar que una de las propiedades más importantes del hormigón es sin ninguna duda, su resistencia mecánica. Por esta razón, usualmente se diseñan y especifican los hormigones por su resistencia característica a la compresión a la edad de 28 días, determinada en probetas cilíndricas de 150 x 300 mm según la norma IRAM 1546. Siendo este parámetro el que también se utiliza para realizar el control de recepción del hormigón elaborado.

Sin embargo, con un criterio más amplio, y por que no más exacto, debemos indicar que el hormigón de cemento Pórtland es el material de construcción más empleado en el mundo debido a que posee capacidad portante, se mezcla a temperatura ambiente con equipos convencionales o manualmente, es moldeable en estado plástico, adopta y conserva la forma de los moldes, endurece como una roca, es muy durable y de bajo mantenimiento, por todo ello frecuentemente se habla de la “nobleza” del hormigón.

No obstante ello, aunque en principio la calidad del hormigón sea apropiada, la clave del éxito para que se alcancen las propiedades resistentes y durables proyectadas, radica en que se realicen adecuadamente las operaciones que se practican en las primeras horas del material, dentro del período que se denomina “Edad Temprana”.

En líneas generales se puede indicar que este lapso se inicia desde que el cemento entra en contacto con el agua, momento en el que comienza el proceso de hidratación, y se extiende, en condiciones de temperatura normales, hasta unas 24 o 48 horas posteriores a la colocación.

Dentro de esta etapa se realizan tareas muy importantes como el mezclado, transporte, colocación, compactación, terminación, texturado, curado y aserrado primario del hormigón; todas ellas, junto con un diseño de mezcla apropiado, la medición precisa de los componentes, y una trabajabilidad adecuada, definirán la calidad final del pavimento.

Por lo indicado, se debe prestar particular atención y controlar las tareas de ejecución, así como las propiedades en estado fresco del hormigón, como herramienta para asegurar la calidad de nuestro pavimento.

## Duración del Periodo

Como se indicó anteriormente es un periodo de tiempo relativamente corto pero no muy definido, que se inicia cuando el cemento toma contacto con el agua e inmediatamente luego del mezclado y se extiende por algunas horas. Dentro de la bibliografía, se pueden encontrar distintos límites, y ello se debe fundamentalmente a que la duración del mismo estará muy influenciada por distintos aspectos como la temperatura y las condiciones ambientales de exposición, el tipo de cemento empleado, la relación agua – cemento (a/c) y el uso de aditivos.

Asimismo, será muy distinto en función de la propiedad que se esté evaluando o los métodos constructivos empleados, pero en general se puede establecer que, en condiciones normales, se denomina edad temprana a las primeras 24 o 48 horas.

Por ejemplo se denomina hormigón joven a aquél que posee menos de 4 MPa cuando existe riesgo de congelamiento; un pavimento ejecutado con regla vibradora y moldes en general requiere entre 12 y 24 horas hasta alcanzar la resistencia necesaria para retirar los mismos; mientras que uno con encofrados deslizantes es desmoldado inmediatamente luego de colocado, con una resistencia prácticamente nula.

Conocer estas particularidades nos permitirá entonces tomar los recaudos necesarios para proteger la estructura durante este período y garantizar el desempeño adecuado. Dentro de este período que denominamos “Edad Temprana” encontramos que ocurren todos los procesos que se enuncian a continuación así como algunas operaciones que debemos realizar, que si bien son sencillas, tienen un gran impacto en el desempeño final, y no siempre son ejecutadas adecuadamente o hasta en ocasiones se puede decir que no son tenidas en cuenta.

## Trabajabilidad

Se define como la facilidad con que el hormigón puede ser mezclado, transportado, colocado y compactado con los medios disponibles en obra. No depende exclusivamente del hormigón sino también del equipamiento disponible, del tipo de elemento a hormigonar y de los métodos de colocación y compactación a utilizar; estará influenciada además, por el clima, distancias de transporte, etc. Contar con una trabajabilidad adecuada es fundamental para alcanzar un hormigón endurecido resistente y durable. El hormigón debe ser homogéneo; no presentar segregación ni durante el transporte ni en la colocación; y debe llenar completamente los moldes.

Por lo expuesto, es una propiedad muy amplia y algo subjetiva, por lo que no puede determinarse mediante un ensayo, sin embargo es una propiedad muy importante, ya que una trabajabilidad deficiente dificultará la colocación del hormigón, generando demoras, defectos (huecos) y posiblemente pérdidas de resistencia y/o la necesidad de costosas reparaciones.



Foto1: Deficiencia en la trabajabilidad, provoca defectos de colocación y pérdidas de resistencia

La característica del hormigón que puede medirse es la consistencia, a través de la determinación del asentamiento en el tronco de cono (cono de Abrams). Sin embargo, el cono nos entrega información adicional que nos acerca a la idea de la trabajabilidad, ya que nos permite apreciar si el Hº tiene la capacidad de llenar completamente el molde sin dejar espacios vacíos; y si el material no presenta segregación (separación de agregados, o del agua); por otro lado y para un técnico más o menos entrenado es fácil observar "movilidad" golpeando suavemente el cono luego del ensayo y por último verificar el aspecto (pedregoso – adecuado – arenoso).



Foto2: Determinación del asentamiento en el frente de trabajo

### Cohesión

Es la capacidad o aptitud del hormigón de mantenerse como una masa plástica sin ningún tipo de segregación evidente, desde un punto de vista macro, debe poseer un aspecto homogéneo.

En el caso de los pavimentos con encofrados deslizantes, ésta es una propiedad muy importante ya que usualmente se transporta al hormigón sin agitación, en camiones volcadores, además por la alta energía de compactación disponible en las pavimentadoras se requiere de una mezcla de características adecuadas para este tipo de transporte y colocación. En este sentido, es usual la incorporación intencional de aire en un orden del 3 o 4%, aunque no sea requisito por durabilidad, para mejorar la cohesión y movilidad de la mezcla.

### Segregación

Como se indicó el hormigón debe mantenerse sin ningún tipo de segregación, aun luego de la colocación y compactación.

Se define a la segregación como la separación de alguno de los componentes del hormigón fresco, en general el agregado grueso (piedras) o el agua.

Se la puede controlar empleando agregados bien graduados y mediante la modificación del contenido de material fino (pasa # 300  $\mu$ ), de la cantidad de agua, del asentamiento, y del aire intencionalmente incorporado.

### Exudación

Se la puede considerar un caso especial de segregación. Se produce luego de la colocación y terminación del hormigón por la sedimentación de las partículas sólidas de mayor peso específico, y el ascenso del agua a la superficie. La exudación es necesaria para prevenir el riesgo de fisuración plástica, pero la misma debe ser controlada ya que una exudación excesiva puede producir desmoronamiento de bordes, falta de adherencia de la membrana, y también una textura deficiente.

Depende del contenido de material fino (pasa # 300  $\mu$ ), del contenido de polvo de los agregados, de la finura del cemento, de la cantidad de agua, del tiempo de fraguado y del aire intencionalmente incorporado, y está influenciada por la temperatura de exposición.



Foto3: Exudación excesiva, puede generar caídas de borde y falta de adherencia de la membrana en la zona afectada.

### Fraguado

El fraguado es el resultado de la hidratación del cemento y se puede definir como el proceso a través del cual se produce la transición del hormigón desde su estado plástico hasta convertirse en un sólido.

Depende del contenido y del tipo de cemento empleado, de la relación agua cemento y del uso de aditivos.

Es una propiedad importante ya que condiciona el tiempo disponible para transportar, colocar, compactar y terminar el hormigón.

El tiempo de fraguado está fuertemente influenciado por la temperatura de exposición, ya que a mayor temperatura del hormigón fresco y/o del ambiente, menor será el tiempo de fraguado. Por ello, cuando la colocación sea en clima riguroso, debe determinarse en condiciones reales de obra para evaluar los tiempos máximos disponibles, sobre todo en épocas de tiempo caluroso.

### Cambios de volumen

Prácticamente inmediatamente luego de finalizada la colocación, el hormigón experimenta cambios volumétricos por diversos mecanismos, y algunos de ellos pueden extenderse por un período largo de tiempo, estas deformaciones siempre estarán presentes y debemos conocerlas para adoptar las medidas necesarias para evitar que las mismas conduzcan a la fisuración no prevista del hormigón. Durante las primeras horas de vida del hormigón, dentro de la fase de transición entre hormigón fresco y hormigón endurecido "joven", el mismo experimenta ciertas contracciones, asimismo, en esta etapa comienza a aumentar la rigidez con mayor velocidad que la resistencia, es decir que el material se vuelve rígido mientras que presenta muy escasa o nula resistencia, por lo cual existe el riesgo de ocurrencia de fisuras tempranas.

Este período crítico comienza entre unas pocas horas luego de colocado y en condiciones normales se extiende por entre seis a doce horas, ya que en el mismo tanto la resistencia como la "deformabilidad" del hormigón son mínimas. En el gráfico 1 se aprecia que mientras dura el estado plástico, es claro que el hormigón tiene gran capacidad para deformarse, luego, coincidentemente con el periodo de fraguado, comienza a rigidizarse con resistencia despreciable, dentro de lo que denominamos período de "mínima deformabilidad", posteriormente con el incremento de la resistencia aumentará la capacidad para restringir y soportar las deformaciones impuestas.

En el caso de los pavimentos esto adquiere mayor importancia ya que por su geometría presentan grandes superficies expuestas e importantes restricciones por la fricción contra la base. Por estos motivos, se deben tomar precauciones mediante el curado adecuado y la protección del hormigón durante estas horas críticas, para limitar las deformaciones, ya sean de origen térmico o por gradientes de humedad, que pueden conducir a la generación de fisuras tempranas.

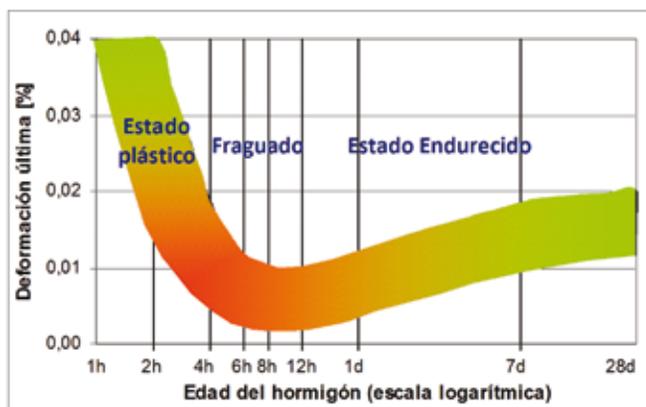


Figura 1: Esquema de la deformabilidad del hormigón

### Contracción autógena

La misma se produce sin intercambio de humedad con el ambiente, por lo cual no puede ser prevenida con el curado. Se la define como la parte medible de la contracción química que se produce porque el volumen de los productos de hidratación es menor a la suma de los volúmenes del cemento anhidro y del agua. La contracción autógena, en general, en hormigones convencionales es despreciable, pero cuando la relación agua cemento es menor a 0,40 puede volverse importante.

Si se tiene en cuenta que los pavimentos ejecutados con tecnología de alto rendimiento (TAR) presentan bajos niveles de a/c, un contenido unitario de agua escaso por tratarse de mezclas secas, y elevada restricción, eventualmente, puede presentarse el riesgo de ocurrencia de fisuras de este origen dentro de las primeras horas luego de colocado.

### Fisuras de contracción plástica

Las mismas también se presentan dentro de las primeras horas posteriores a la colocación durante la fase de estado plástico, pueden ser perpendiculares a la dirección del viento y paralelas entre sí, aunque también ocasionalmente se orientan en forma errática. Usualmente, se extienden desde unos pocos centímetros hasta aproximadamente un metro de longitud, su ancho puede ser desde capilar hasta uno o dos milímetros y usualmente comprometen unos pocos centímetros de profundidad. En general se acepta que no generan compromiso estructural, por lo que no requieren reparación, aunque en algunos casos además de configurar un problema estético pueden afectar la durabilidad de la estructura.



Foto 4: Deficiencia en fisuras plásticas

Esta patología se produce cuando la tasa de evaporación supera a la de exudación, por lo tanto, los pavimentos son especialmente sensibles a este tipo de fisuración, ya que presentan grandes superficies de evaporación.

La tasa de evaporación viene impuesta por las condiciones climáticas y es función de la temperatura del aire, la humedad relativa del ambiente, la temperatura del hormigón y la velocidad del viento.

La absorción de los agregados y/ o de la base si no están saturados pueden elevar el riesgo de fisuración plástica.

Para prevenir la ocurrencia en general es suficiente con controlar la pérdida de agua superficial del hormigón por evaporación, mediante el curado adecuado y oportuno. En condiciones extremas y para casos especiales puede ser necesario colocar pantallas contra viento o generar nieblas de agua sobre la superficie del hormigón colocado.

### Solicitaciones Térmicas

Los cambios de temperatura producen variaciones dimensionales en el hormigón, como estas deformaciones son restringidas por la fricción con la base o por el mismo interior del pavimento, y consecuentemente se generarán tensiones.

En tiempo caluroso, cuando el pavimento recién colocado eleva su temperatura por la incidencia del sol y posteriormente se produce un descenso brusco durante la primera noche, las tensiones inducidas pueden llegar a superar la resistencia a tracción del material, que a esta edad es muy escasa, originando la aparición de marcas de borde o fisuras que pueden ser sólo de borde o llegar a comprometer todo el ancho de la losa. En el caso de las marcas en general no requieren reparación y luego de pocos días ya no son detectables por lo que se considera que se "autocuran", sin embargo indican que puede existir riesgo de ocurrencia de fisuras más importantes. Para prevenirlas cuando se trabaja en condiciones de clima riguroso se debe evitar el asoleamiento intenso, ya sea mediante la colocación de pantallas laterales o restringiendo los horarios de colocación, de modo de prevenir que se superpongan los picos de máximo calor generado por hidratación con la temperatura máxima del ambiente. Ello implica, en general, iniciar la pavimentación aproximadamente luego del mediodía, seguramente con temperaturas del hormigón fresco superiores a las que se hubieran tendido a primera hora pero con una máxima alcanzada en el hormigón colocado muy inferior a la que se tendría si hubiera recibido 5 o 6 horas más de radiación solar, disminuyendo en gran medida el gradiente de temperatura generado y mitigando de este modo el riesgo de ocurrencia de fisuración térmica. En forma complementaria se puede indicar que reducir el contenido unitario de cemento, siempre que permita cumplimentar los requisitos de resistencia, colabora en reducir la temperatura máxima alcanzada por el hormigón.



Foto 5: Marcas de borde por enfriamiento rápido del borde (0) que recibió varias horas de sol. horas de sol..

## Compactación

Es el proceso empleado para moldear el hormigón, consiste en la aplicación de energía para lograr que el material llene completamente el molde, expulsando macroburbujas de aire atrapado y densificandoló. Todo hormigón debe compactarse, excepto el caso de hormigones especiales como el caso de los "autocompactantes".

La compactación debe estar relacionada con la consistencia del hormigón: los de consistencia "seca" serán necesariamente compactados con vibración, los "muy fluidos" serán compactados manualmente, y los de consistencias intermedias (plásticos, fluidos, etc.) podrán compactarse en forma manual o con vibración. Nunca se debe emplear los vibradores para trasladar horizontalmente el hormigón colocado, ya que esa operación producirá la segregación del material.

Con una compactación deficiente quedarán lugares sin llenar, especialmente en sectores densamente armados, o estructuras de geometría complicada o cuando trabajamos con hormigones de consistencia seca, como el caso de los pavimentos con encofrados deslizantes. Estos defectos pueden ser visibles o no, pero siempre provocarán pérdidas de resistencia, que pueden llegar a ser importantes. Asimismo, una compactación excesiva generará la segregación del material.

En el caso de los pavimentos ejecutados con encofrados deslizantes, el hormigón es de bajo asentamiento, y aspecto algo pedregoso, fundamentalmente porque se transporta en camiones volcadores y no debe segregarse durante el mismo, y porque debe tener la capacidad de mantener la forma una vez que se retira el molde, estando aun en estado fresco. No obstante ello, gracias a la alta energía disponible en las pavimentadoras el hormigón así diseñado, se compacta perfectamente llenando completamente todo el molde y presentando una buena terminación superficial y una adecuada calidad de bordes. Se debe tener en cuenta que si bien los equipos generalmente cuentan con vibradores de frecuencia variable, los mismos en condiciones normales, deben operarse cerca de la potencia máxima para lograr una compactación adecuada. La frecuencia sólo puede reducirse ocasionalmente, cuando eventualmente deba colocarse algún pastón con asentamiento algo elevado para las características de la tecnología empleada o por alguna demora puntual en la provisión.



Foto 6: Efecto de la vibración del hormigón que poseía aspecto algo pedregoso

## Curado

Podemos definir al curado como los procedimientos que se implementan para proveer las condiciones adecuadas para favorecer la hidratación del cemento. En términos prácticos, básicamente, se trata de controlar la evolución de las temperaturas y en prevenir el secado prematuro del hormigón.

El curado no sólo debe prevenir la fisuración temprana sino que además es muy importante para garantizar la adecuada evolución de las resistencias, obtener una superficie con textura durable y resistente al desgaste, y proteger al hormigón frente al congelamiento en los casos en que éste sea el ambiente de exposición.

Si bien existen distintos métodos de curado más o menos efectivos, todos ellos se pueden incluir en alguno de dos grandes grupos, a saber: los que evitan la pérdida del agua como las membranas químicas, los films de polietileno, la inmersión o inundación, etc.; los que reponen el agua evaporada, como el riego periódico, las arpilleras húmedas, etc.

En el caso de los pavimentos un curado adecuado es fundamental, ya que como se indicó anteriormente, su forma y condiciones de exposición y restricción claramente favorecen la evaporación superficial y consecuentemente la tendencia a la fisuración plástica. Además, se debe garantizar: la adecuada evolución de las resistencias; evitar las fisuras por contracción por secado prematuro; y la calidad de la superficie.

Cuando se trabaja con Tecnología de Alto Rendimiento, con encofrados deslizantes, las tareas de curado son críticas, no sólo por los grandes producciones diarias alcanzadas, que en nuestro país alcanzan usualmente una media de 1000 m<sup>3</sup> colocados por jornada en un frente de trabajo, sino que además son hormigones de consistencia seca, con un bajo contenido de agua de amasado, por lo que en consecuencia presentan moderadas tasas de exudación. Por todo ello, para lograr un buen desempeño es imprescindible aplicar el curado inmediatamente luego de terminadas las tareas de colocación y texturado del hormigón.

En este sentido, cabe destacar que algunos métodos requieren que el hormigón tenga cierta madurez para poder ser aplicados sin dañar la superficie, como el caso de los films, la arpillera o la inundación. Las membranas químicas no afectan la textura superficial aunque se apliquen sobre el hormigón en estado plástico, por lo que son aptas para los pavimentos, aunque con ciertas limitaciones, a saber: en nuestro país se comercializan dos tipos de compuestos químicos para la formación de membranas, las de tipo parafina en dispersión acuosa y las de tipo resina en base solvente. Las parafinas requieren que no haya agua en la superficie del hormigón para ser aplicadas, es decir se colocan luego de finalizada la exudación, por lo cual la cobertura se inicia en el momento en el que la fisuración plástica está en condiciones de generarse. Las resinas en base solvente son el único método de curado que permite ser aplicado inmediatamente luego de finalizadas las tareas de colocación, aun con agua en superficie, además en virtud de su composición se forman más rápidamente que las acuosas. Por todo lo indicado, se puede afirmar que los compuestos químicos para la formación de membranas formulados a base de resinas al solvente son el único método adecuado para la pavimentación con TAR.



Foto 7: Equipo de curado marchando inmediatamente detrás de la pavimentadora

Se debe tener en cuenta además que para que la protección sea efectiva, además de la aplicación oportuna, se debe emplear una dosis adecuada, generalmente de 200 g/m<sup>2</sup> y distribuida de manera uniforme. En este sentido la pigmentación blanca que poseen las mismas permite apreciar en forma clara la uniformidad del riego, además en épocas de clima cálido el color blanco colabora para reducir las ganancias de calor por radiación solar.



Foto 8: La pigmentación blanca permite apreciar falta de uniformidad en el riego

### Aserrado

Según lo indicado anteriormente, el hormigón luego de su colocación se contraerá básicamente por la presencia de gradientes de humedad o de temperatura, al encontrarse restringidas por la fricción con la base estas deformaciones inducirán tensiones, que si son superiores a la resistencia a tracción del material generarán fisuras. Usualmente, un adecuado diseño de juntas y el aserrado oportuno de las mismas, sumado a un curado eficiente, resultan suficientes para el control de ésta fisuración.

Se debe tener en cuenta que existe un tiempo óptimo para el aserrado de las juntas en pavimentos, el cual ocurre dentro de lo que denominamos "ventana de aserrado". La ventana es un período corto de tiempo luego de la colocación del hormigón, cuando el pavimento permite ser cortado obteniendo un corte sano, y de este modo, controlar exitosamente la formación de fisuras.

La misma comienza cuando la resistencia de hormigón es aceptable para el aserrado sin que se observe un excesivo desprendimiento de áridos a lo largo del corte y finaliza cuando el volumen de hormigón se reduce significativamente y la restricción a esta contracción induce tensiones de tracción mayores que la resistencia del material. El inicio y finalización de la oportunidad de aserrado depende de las condiciones de colocación y restricción existentes, y está fuertemente influenciado por las temperaturas de exposición, por lo cual las aserradoras deben estar disponibles en todo momento en el frente de trabajo, y un operador entrenado debe hacer un seguimiento diario para detectar el momento adecuado para cumplimentar la tarea.

Como regla práctica, se puede indicar que en épocas de clima cálido la oportunidad de corte se puede ubicar en un entorno de entre 4 y 12 horas y en clima frío entre 8 y 24 o más horas, en todos los casos, variará en función de la temperatura de elaboración y exposición y de la hora de colocación según las horas de asoleamiento recibido, y estará influenciado por el empleo de aditivos.



Foto 9: Aserrado muy prematuro, produce desprendimientos de áridos, y posteriormente dificultad para el sellado y bordes débiles durante el uso.

### Resistencia

Es la capacidad del hormigón de resistir cargas, en función de que es un material estructural, es el parámetro de diseño, además es un indicador de la calidad y a partir de su determinación se establecen distintos criterios de aceptación, penalidades y rechazo. En el caso particular de los pavimentos es un aspecto importante ya que junto con el espesor definirá la capacidad portante del mismo. Además, se debe cumplir con los supuestos establecidos en el diseño estructural y con las exigencias de las especificaciones técnicas.

La resistencia básicamente depende de la relación a/c empleada, y en segundo orden de importancia del conjunto de materiales (tipo de cemento, forma y textura de los agregados, uso de aire intencionalmente incorporado, etc.), de la compactación eficiente, y del curado adecuado.

Como se indicó anteriormente, usualmente se diseñan y especifican los hormigones a la edad de 28 días, sin embargo, en el caso particular de los pavimentos se requiere un adecuado nivel de resistencia temprana, de modo de poder materializar las juntas de control mediante el aserrado oportuno y prevenir la ocurrencia de fisuras tempranas.

Al igual que el fraguado, la evolución de las resistencias está influenciada por la temperatura de colocación y exposición del hormigón. Si bien a mayor temperatura, más rápidamente ganará resistencia, en tiempo caluroso, es de esperar resistencias finales levemente más bajas que a temperaturas normales. A la inversa, en tiempo frío la evolución será más lenta, pero es esperable obtener resistencias finales algo superiores ya que con el crecimiento lento de los productos de hidratación, se puede lograr un acomodamiento más ordenado, generando una microestructura más compacta.

En cualquier caso, todo ello será cierto mientras se mantengan las condiciones para que se produzca la hidratación del cemento a través del curado. Se debe tener en cuenta, que en clima cálido, son de esperar elevadas tasas de evaporación, por lo que será importante prevenir el secado prematuro. Asimismo en tiempo frío, en virtud de que el proceso de ganancia de resistencia será más lento, el cemento debe tener agua disponible durante más días para poder alcanzar los niveles de resistencia proyectados.

La resistencia generalmente se determina en probetas cilíndricas moldeadas, las normas IRAM 1524 y 1534 indican como se llenan, compactan, curan, y acondicionan para el ensayo. El valor obtenido en estas condiciones normalizadas de compactación y curado será lo que se denomina resistencia potencial, que es un indicador de la calidad del hormigón como material componente del pavimento, pero diferirá de la resistencia efectiva del pavimento, ya que son diferentes las condiciones de compactación y curado aplicadas. Por ello, los pavimentos se reciben a través de la evaluación de testigos extraídos, sobre los que se determinará el espesor y la resistencia efectiva. Usualmente, las resistencias constatadas sobre testigos son del mismo orden o algo menores a las verificadas en probetas, ubicándose la pérdida entre 5 y 10%. Sin embargo, sea por trabajabilidad deficiente o por falta de energía de compactación, esta pérdida en algunos casos puede llegar a valores mayores al 20%, poniendo de manifiesto la importancia de verificar en forma temprana esta relación.

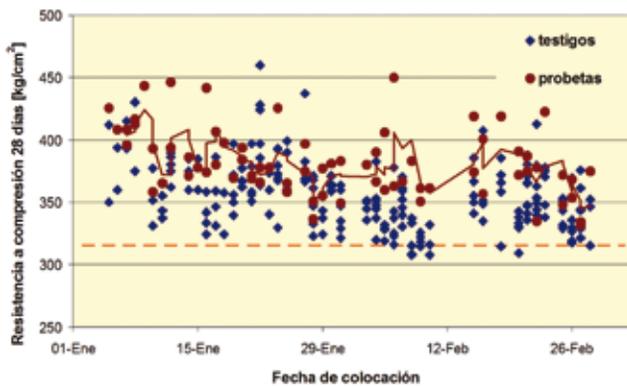


Figura 2: Relación entre resultados obtenidos sobre testigos y probetas igual a 0,93.

### Consideraciones Finales

Es muy usual decir que el hormigón es un material “noble” esta afirmación tiene mucho de cierto y se basa, entre otras cosas, en que es un material muy resistente, durable, moldeable, económico, fácil de elaborar, de uso muy difundido, de bajo mantenimiento, etc. Sin embargo, en nombre de la nobleza del hormigón muchas veces perdemos de vista algunos sencillos cuidados que se deben brindar en el período de edad temprana del mismo. Estos procedimientos muchas veces son olvidados o ejecutados parcial o deficientemente a pesar de que, en general, son simples y no requieren de grandes inversiones ni en equipos ni en mano de obra, por ello aquí intentamos poner en evidencia la fundamental importancia que tienen en el desempeño futuro y particularmente en la durabilidad de las construcciones de hormigón

A continuación se resumen los aspectos salientes a tener en cuenta para garantizar el buen desempeño:

1. Diseñar la mezcla con una trabajabilidad adecuada al equipamiento disponible, con la menor cantidad de arena posible y empleando el más bajo contenido de cemento que permita cumplimentar la resistencia exigida.
2. Evitar el uso de relaciones agua - cemento inferiores a 0,40.
3. Utilizar agregados limpios, sin cantidades excesivas de polvo y bien graduados.
4. Evaluar parámetros como la exudación, la cohesión y el tiempo de fraguado y ajustarlos según las distancias, tipo de transporte y condiciones del camino de servicio; y de las condiciones climáticas de exposición.
5. Mantener los acopios de los agregados saturados mediante el riego periódico con el fin de reducir su temperatura y de impedir que absorban agua en el hormigón fresco. Del mismo modo, con la cancha que va a recibir el hormigón.
6. Evitar defectos de compactación en toda la sección con un hormigón de trabajabilidad adecuada y los vibradores regulados a la potencia necesaria.
7. Curar inmediatamente luego de terminado y texturado el hormigón en forma uniforme y en dosis adecuadas.
8. Ejecutar el aserrado tan pronto como el hormigón permita realizar un corte sano.
9. Monitorear la evolución de temperaturas del hormigón colocado y del ambiente cuando se trabaje en clima riguroso. En tiempo cálido evitar la superposición de los picos de máximo calor generado por hidratación del cemento con la temperatura máxima del ambiente.
10. Inspeccionar visualmente el hormigón recién colocado periódicamente durante las primeras 24 a 48.



APUNTALANDO AL  
CRECIMIENTO DEL CHACO



**DVP**  
DIRECCION DE VIALIDAD PROVINCIAL  
PROVINCIA DEL CHACO



GOBIERNO DEL PUEBLO  
DE LA PROVINCIA DEL CHACO

¡HICIMOS  
MUCHO.  
Juntos podemos  
HACER MAS

GOBERNACION  
**CHACO**

GESTION CAPITANICH



MINISTERIO DE OBRAS Y SERVICIOS PUBLICOS  
DIRECCION PROVINCIAL DE VIALIDAD

  
**GOBIERNO DE SANTA FE**  
[www.portal.santafe.gob.ar/obras](http://www.portal.santafe.gob.ar/obras)

# ACCIONES PARA OPTIMIZAR LA CALIDAD EN HORMIGONES DE OBRAS DE ARTE

## AUTOR:

Eduardo Castelli

## I. INTRODUCCIÓN

Éste trabajo ha sido desarrollado a partir de la inquietud de volcar en Vialidad Nacional las experiencias recabadas en la práctica profesional (dentro de la especialidad de puentes), la docencia de “Tecnología del Hormigón” y el estudio de normas para Sistemas de Gestión de la Calidad.

Las proposiciones contenidas en él discurren por dos andariveles: uno netamente práctico, consistente en una hoja de cálculo para seguimiento de los hormigones de obras de arte a difundir entre las Supervisiones de Obras, y otro de fundamentación teórica del producto anterior, que además concluye en la necesidad de mejorar algunas prácticas, incorporar otras recomendables para adecuarse a las pautas del Reglamento CIRSOC 201, y modificar la Sección pertinente del Pliego General de Especificaciones Técnicas (98) en una nueva edición.

Si bien el Pliego está orientado al Control de Calidad (esto es, evaluar y de acuerdo a valores de referencia “separar lo bueno de lo malo”), resulta indiscutible la mejora en todo sentido (tiempo, costos y también los valores de control) que se obtiene de la introducción de herramientas para el aseguramiento de la calidad.

La documentación estandarizada de acuerdo a Normas (a las que la Repartición ya está adherida) proporcionará evidencias objetivas en beneficio de las áreas involucradas en el seguimiento de la ejecución de obras de arte y su recepción, y al Sistema Integral de Gerenciamiento y Mantenimiento de Puentes (SIGMA-Puentes) le otorgará una radiografía de “cómo estaba” la estructura nueva, permitiendo monitorear su evolución y planificar acciones futuras.

### A. Problemática Observada

A modo de breve paneo y más allá de las causas originantes, algunas falencias que se presentan frecuentemente en el control de calidad de hormigones son:

- Los planos y/o pliegos no definen la edad de diseño, o la asumen como de 28 días, aunque este valor común no sea el precedente para determinados casos.
- Se inicia la producción de hormigones sin contar con estudios previos compendiosos (pastones de prueba bien documentados, dosificaciones alternas, curvas de resistencia versus edades, etc.).
- A raíz del punto anterior, terminan extrayéndose probetas en número excesivo para un seguimiento tardío, o...
- Peor aún, por motivos no valederos (p/ej. escasez de moldes) se confeccionan escasas probetas.
- Se rompen ejemplares a edades improcedentes o en forma no planificada.
- El resultado de los ítems antedichos es que no se suele contar con suficientes datos de resistencias a edades adecuadas para un control estadístico.

- Probetas de edades inferiores o muy superiores a la de control se extrapolan con el uso de fórmulas no aplicables, integrándolas con otras válidas.
- No se calcula la resistencia característica, o se lo hace tarde. Por otra parte, no queda estipulado si los cálculos debe hacerlos la Supervisión o la Contratista, ni cual es la población a la que se aplicarán.
- Al no contar con planillas de diseño aptas, se pierden datos valiosos para el seguimiento de la producción y la optimización de dosajes o el esclarecimiento de tendencias y cambios.
- El Pliego de Especificaciones Técnicas Generales (PETG) prescribe un mínimo tenor de cemento obsoleto, encareciendo innecesariamente los hormigones que incorporan aditivos de moderna generación.
- Por falta de un criterio bien fundamentado para el descarte de probetas con valores anómalos, se suelen impugnar elementos que serían aprobables.
- Al no llevar a cabo un análisis minucioso de las resistencias medias móviles, pueden aceptarse lotes de hormigón que debieran rechazarse.
- Se alertan incumplimientos de media móvil cuando ya hay volúmenes ejecutados significativos, sin contarse con procedimientos claros de seguimiento de producción mediante variables de control.
- Al no sopesar el criterio alternativo para aceptación de la resistencia media, se darían casos de hormigones rechazados improcedentemente.
- En la vida útil del puente, para estudio de ampliaciones o mayores cargas puede requerirse los datos de resistencia y estos no están disponibles, o no son suficientes, o no han sido tratados con criterio estadístico.

### B. Objetivos de las Acciones

#### i. Aplicación de Reglamentaciones Vigentes

En el desarrollo se ha planteado la consecución de los siguientes objetivos vinculados a las reglamentaciones:

- Clarificar el modo operativo y enfoque de los parámetros de control de aceptación establecidos en el Reglamento CIRSOC 201 (en adelante, CIRSOC) en el caso de puentes.
- Incorporar prescripciones de las Normas IRAM relacionadas a la materia en lo concerniente a: parámetros a considerar, unidades, redondeos, oportunidad y frecuencia de ensayos, etc.
- Ayudar a las Supervisiones a encarnar de manera práctica lo vertido en la introducción del PETG.
- Readecuar el Cuadro de Clasificación de Hormigones (H.II.4.3.2) y corregir la ecuación alternativa de control de resistencia media (H.II.7.2.1) en el PETG.
- Proponer las edades de diseño a considerar para cada tipo de cemento pórtland.

## ii. Implementación de Metodología de Control

Con el conjunto de planillas Excel vinculadas que constituye el producto práctico, se buscó alcanzar las siguientes metas:

- Proporcionar un método eficaz para el seguimiento de la calidad de hormigones elaborados en obra o provistos por planta externa a la misma.
- Simplificar los cálculos y evitar numerosas fuentes de errores accidentales o sistemáticos.
- Estandarizar el manejo de la información en aras del acercamiento a la gestión de la calidad en los procesos.
- Incorporar tablas y gráficos asociados para el control con criterio estadístico.
- Diseñar un archivo que alimente al software SIGMA-P con un antecedente cierto y consistido a los fines del gerenciamiento de puentes.

Ambos objetivos se cubrieron con una serie de acciones que se glosan en el “Resumen”, volcadas en su mayor parte en la publicación de un cuadernillo con los contenidos que se describen a continuación, y que fueron impartidos en cursos y charlas de capacitación especialmente dirigidas a técnicos y profesionales que se desempeñan en la inspección de obras de arte mayores, y están siendo aplicados en obras como experiencia “piloto”.

## II. ELEMENTOS DE MEJORA Y SU FUNDAMENTACIÓN

### A. Desarrollo Teórico

#### i. Nociones Básicas de Estadística

El infolio incorpora bajo este título un resumen básico de estadística, del cual aquí solamente se enuncian sus epígrafes, en aras de no extender innecesariamente la redacción:

- Objetivos de la estadística, población, muestra, representatividad.
- Parámetros estadísticos:
  - Medidores de tendencia central: valor medio y mediana.
  - Medidores de dispersión: rango o recorrido, desviación estándar, coeficiente de variación.

#### ii. Gráficos de Control

Para llevar a cabo el seguimiento de cualquier proceso, como es el caso de la producción de hormigón, es común emplear gráficos que permitan evaluar si el proceso está controlado o no, es decir, si hay tendencias en los resultados.

Los gráficos de control deben permitir dar respuesta a las siguientes preguntas:

- 1) ¿Se han producido cambios significativos en el proceso?
- 2) ¿Cuándo se produjo el cambio?
- 3) ¿De qué magnitud es el cambio?

- Gráfico de Variación Individual (o de Shewhart): el más simple que puede concebirse, ya que consiste en representar cronológicamente los resultados que se van presentando de manera individual. Es útil para detectar singularidades excesivamente altas o bajas, pero no es bueno para descubrir tendencias ya que carece de un “factor histórico” (cada punto del gráfico es independiente de lo que ocurrió en el pasado).

- Gráfico de Medias Móviles: en esta representación gráfica se llevan los promedios de los últimos  $x$  resultados en forma cronológica. Dado que en los criterios de aceptación del CIRSOC y de la IRAM 1666 se utiliza la media móvil de 3, es el valor de  $x$  más conveniente de usar a nuestros efectos. Ahora interviene un cierto “factor histórico”, dado que la ubicación de un punto no depende sólo del último valor, sino de los  $(x-1)$  que lo precedieron, apreciándose mejor algunas tendencias.

- Gráficos Cusum: en estos no se dibujan valores separados, sino la suma acumulada (Cumulative Summation) de las diferencias entre los números individuales y un cierto valor de referencia, que en general es el valor medio esperado de la variable analizada (target). Su principal característica es que la magnitud de las ordenadas es irrelevante, siendo importante únicamente la pendiente del gráfico. Por ello, debe siempre acompañarse de una referencia a escala en donde se indican los valores medios que corresponden a cada pendiente.

Los gráficos Cusum son mucho más poderosos que los anteriores para detectar tendencias, por la razón de que en ellos el “factor histórico” es de más peso, dado que la ubicación de cada punto dependerá de sí mismo y de todos los valores anteriores.

Este conjunto de gráficos nos permite dar respuesta a las tres preguntas básicas planteadas, ya que nos indican si se ha producido un cambio significativo, sea en el valor medio o en la variabilidad de la propiedad en estudio (en nuestro caso, la resistencia del hormigón). Los Cusum muestran también claramente cuándo se produjo el cambio y finalmente, permiten cuantificar la magnitud del cambio acontecido en el proceso.

El modo práctico de calcular los parámetros estadísticos y confeccionar los gráficos de control está suficientemente descrito en el Apartado correspondiente al desglose de planillas.

Para conformar un “Tablero de Comando” con las variables numéricas elegidas como medidores de Tendencia Central, Dispersión y Gráficos de Control, resulta fundamental fijar los estándares de control para el proceso, que en nuestro caso, serán la resistencia media y la desviación estándar principalmente.

#### iii. Estadística Aplicada a la Resistencia del Hormigón

El objetivo básico de los ensayos de rotura a compresión simple es asegurar uniformidad en la producción del hormigón, dentro de la resistencia y características especificadas.

Las variables involucradas en la fabricación de hormigones son numerosas, influyendo con distinto grado en las propiedades que se obtendrán en el mismo. Las variaciones de dichas propiedades deben aceptarse como algo natural dentro de ciertos límites, aún cuando a nuestro juicio las condiciones de producción hayan sido idénticas.

Sin embargo, debe interpretarse adecuadamente los diversos ensayos y sus rangos de valores a fin de juzgar la calidad de un hormigón.

Es preciso recalcar que para lograr una determinada calidad de hormigón no es suficiente con fijarse en la resistencia alcanzada por probetas elaboradas con una porción del mismo. Por un lado, la resistencia no es la única propiedad importante de un hormigón, siendo muchas veces preponderantes en el buen desempeño otros factores, relacionados con la durabilidad (capacidad de soportar distintos tipos de agresiones, desgaste, impermeabilidad, y otros) cuyo estudio se ha desarrollado en los últimos años en forma exponencial. No obstante, el control de la resistencia a compresión simple en obras de arte es de gran importancia por su correlación cuantitativa y cualitativa con la mayor parte de las demás características que tendrá el hormigón.

Idénticamente, existe una relación entre los valores obtenidos por las probetas sometidas a curado normalizado y la resistencia real del hormigón colado en la estructura, que dependerá del tipo de curado, temperaturas (durante el fraguado y endurecimiento), modalidad de vibración empleado y un largo etcétera.

Muchos autores coinciden en que el ensayo de probetas cilíndricas a compresión es un método poderoso para medir la calidad de un hormigón (siempre que se interpreten correctamente los resultados), y da una indicación de la uniformidad del material detectando variaciones “no estadísticas”. Si se siguen procesos eficientes en el control de resultados de rotura de probetas, es posible localizar las causas de dichas variaciones.

La resistencia media de un hormigón por sí sola no identifica en forma terminante ni la calidad del material ni el grado de seguridad de la estructura. Sea la resistencia media de un número de resultados disponibles ( $s'_{bm}$ ), la desviación estándar ( $s$ ) o normal de los mismos es una medida de la variación de la resistencias de los resultados individuales respecto de su media. El coeficiente de variación no es otra cosa que desviación expresada como porcentaje de la resistencia media del grupo de resultados disponibles:

$$\delta(\%) = \frac{100 \times s}{\sigma_{bm}}$$

Para comparar el grado de uniformidad de hormigones de distinta calidad, en lugar de recurrir a  $s$  debe utilizarse  $d$ , lo que le da a este parámetro características muy apropiadas para el control del proceso de producción en general de una obra y no de un tipo de hormigón en particular.

Ya desde tiempos del PRAEH (Proyecto de Reglamento Argentino para Estructuras de Hormigón) se aplicó un criterio probabilístico definiendo como Resistencia Característica ( $s'_{bk}$ ) a aquella cuyo valor tiene la probabilidad de ser superado por el 95% de los resultados de los ensayos. Dicho de otro modo, existe la probabilidad de que el 5% de los resultados tengan resistencias menores que  $s'_{bk}$ .

$$\sigma'_{bk} = \sigma'_{bm} - k \times s = \sigma'_{bm} \times (1 - k \times \delta)$$

Donde  $k$  es un coeficiente numérico o “fractila” relacionado con la dispersión que depende de la cantidad de ensayos.

Desgraciadamente, la interpretación que se da en muchos casos a la manera de aplicar  $s'_{bk}$  no ha sido “estadística” en absoluto, sino que suele calcularse con todos los valores de roturas de probetas de hormigones de iguales y distintas amasadas. Se hace patente lo impropio de este procedimiento al meditar que la resistencia obtenida en una serie de probetas de un pastón no nos indica en absoluto las variaciones en dicho hormigón, ya que los cambios se producen de amasada en amasada, o sea, entre distintos pastones.

La dispersión obtenida en una serie de probetas de igual pastón indica solamente las variaciones en los procesos involucrados desde el moldeado hasta la rotura de las probetas, y por consiguiente, se ha de tomar como representativa de la calidad y el cuidado puesto en dichos procedimientos.

Es la resistencia media la que será representativa de la bondad del pastón, a los fines de los cálculos de resistencia de todo el hormigón de un elemento, mientras que la dispersión de los registros de probetas de un mismo pastón caracterizará la calidad de los procesos de muestreo y ensayos.

Bastan series de tres probetas para obtener una aproximación suficiente a la medida representativa de la resistencia del hormigón del que se obtuvo la serie, siendo imprescindibles al menos dos probetas promediadas (p/ej. en caso de obras chicas o volúmenes pequeños).

Para determinar que todas las probetas de una serie ejecutadas con la misma muestra pertenecen a la misma “población estadística”, debemos analizar que las roturas individuales no se hayan producido por causas asignables “no estadísticas” (ejecución de la probeta, transporte, curado, encabezado, forma de rotura, etc.), desechando todas aquellas probetas que difieran del valor medio en un recorrido tal que su probabilidad de presentarse es tan baja que indica que obedece a dichas causas “no estadísticas”.

El incorporar las variaciones originadas en los procesos de probeteo y ensayo en las características a evaluar del hormigón hace que se adultere la calidad del mismo, tanto más si el coeficiente de variación de un hormigón es pequeño, ya que entonces la variación debida a los procesos influye mucho. También atenta más cuanto mayor es el número de probetas de cada serie. Así las cosas, podría darse el caso de una empresa con un autocontrol excelente, a la que en vez de premiarse se la castiga por error de criterio en estas consideraciones.

De lo dicho anteriormente vuelve a colegirse la importancia de considerar la resistencia de un pastón caracterizada por un valor representativo del conjunto de probetas efectuado con el mismo, relegando a partir de allí los resultados individuales únicamente para ponderar la calidad de los procedimientos de ensayos efectuados.

El control a realizar para la aceptación del hormigón es el de la resistencia media y la desviación de la misma, o lo que es lo mismo (indirectamente, y por ello muchas veces no se calcula), comprobar que el hormigón que se está produciendo tiene una resistencia característica igual o mayor que la pautada.

Asumido el modo de control aquí descrito, la primera dificultad que surge es el desconocimiento de la resistencia característica del material hasta no contar con una cantidad de ensayos suficiente como para poder determinar con cierta exactitud el valor de  $s'_{bm}$  y  $s$  del hormigón en ejecución. Es necesario normalmente esperar bastante tiempo para tener suficiente confianza en la obtención de  $s'_{bk}$ ; sin embargo, con un número de 16 resultados de ensayos ya podemos comenzar un estudio estadístico que nos vaya informando las tendencias que siguen las resistencias que se van obteniendo.

Antes de contar con ese monto de series de probetas, a fin de alertar sobre incumplimientos de lo planificado, cabe convocar a los ensayos previos que se deben haber realizado antes del inicio de la obra (esta es otra razón de su importancia y exigibilidad) y también evaluar la marcha de los demás parámetros estadísticos auxiliares de este Método (p/ej. media de las medias y mediana).

Una forma ágil de ayudar a juzgar si el hormigón de los primeros días de producción encaja o no en las previsiones hechas, es utilizando el Cuadro N°1.

Calculados  $s'_{bk}$  y  $s'_{bm}$  con los resultados de que se dispone, o directamente adoptando los exigibles por proyecto, y estimado  $d$  para el proceso de ejecución del hormigón (el cual se irá ajustando a medida que se vayan adquiriendo datos), con un criterio acorde a nuestro medio tal como el que se explicará en "IIIB.2", un sencillo cálculo de probabilidades basado en la suposición de que la distribución es normal y que puede encontrarse en la bibliografía, permite establecer la pauta siguiente:

Cuadro N°1

Valor límite:	$n'_{10}$	$n'_{10} \times (1-d)$	$n'_{10} \times (1-2 \times d)$	$n'_{10} \times (1-3 \times d)$
N° de valores por debajo del límite que hacen dudar:	3	2	1	0
N° de ensayos por debajo del límite que indican incumplimiento:	4	3	2	1

Como puede apreciarse, es importante que la productora de hormigón, a través de los estudios previos y/o de obras anteriores, conozca el coeficiente de variación con el cual trabaja, indicativo del "Grado de Control" de fabricación según la modalidad de medición de los materiales y otras condiciones de obra.

#### iv. Cementos y Edad de Diseño

##### Edad de Diseño:

El desarrollo de la resistencia de un hormigón depende, entre otros aspectos, de la velocidad de hidratación de las partículas de clinker (donde intervienen fundamentalmente su composición química y tamaño) y en el caso de existir adiciones, del tipo, contenido y finura de las mismas. El uso de un cemento puzolánico (CPP) supone un desarrollo más lento de la resistencia que en el caso del cemento pórtland normal (CPN) debido a que la puzolana se hidrata en forma retardada respecto del clinker. Según el género de adición utilizada, los autores sindicaron una igualdad en la adquisición de la resistencia considerada como el "100%" entre los 56 y 90 días en hormigones donde se utilice CPP, al margen del aditivo empleado. Convencionalmente en nuestro país existe la costumbre de especificar valores de resistencia a 28 días, sin embargo, en el caso de cementos especiales es recomendable establecer edades adecuadas, que en el caso del puzolánico deberían ser mayores (conservadoramente 90 días). Esta clase de pautas ya están consideradas en modernos reglamentos, y en el proyecto en discusión del nuevo CIRSOC 201 (2.3.3).

La edad de diseño especificada en los documentos tendrá en cuenta no sólo el tipo de cemento, sino también la clase de estructura y el momento de su puesta en servicio. De esa manera puede considerarse en el caso de puentes a los elementos premoldeados (vigas, prelosas, escamas) que en virtud de su dosificación y curado a vapor suelen ser desencofrados, trasladados y colocados en tiempos que no se compatibilizan con los exigibles.

El aplicar sin más los 28 días típicos para la evaluación de todos los hormigones encarece innecesariamente el material.

A continuación se expone el párrafo y Cuadro propiciado para considerar las edades de diseño según el cemento empleado, en armonía con lo vertido en este punto:

"En cumplimiento del Reglamento CIRSOC 201, el proyectista de la Estructura debe establecer la edad de diseño a la cual se obtendrá en obra la resistencia característica a la compresión especificada. Las áreas de Vialidad Nacional que intervengan en la confección o revisión de proyectos de obras de arte, verificarán que dicha edad sea fijada en función del tipo de estructura y del cemento pórtland a utilizar en su ejecución. A menos que los planos o especificaciones técnicas particulares del proyecto indiquen otra edad por razones fundadas, como criterio orientativo se adoptarán las edades de diseño que se indican en el Cuadro siguiente"

Cuadro N°2: Edades de Diseño en función del tipo de cemento

Tipo de Cemento	Edad de Diseño (días)
Cemento Pórtland de Alta Resistencia Inicial	7
Cemento Pórtland Normal	28
Cemento Pórtland Moderadamente Resistente a los Sulfatos, sin adiciones	
Cemento Pórtland Altamente Resistente a los Sulfatos, sin adiciones	
Cemento Pórtland Resistente a la Reacción Alcali-Agregado	90
Cemento Pórtland Puzolánico	
Cemento Pórtland Altamente Resistente a los Sulfatos, con adiciones	
Cemento Pórtland de Bajo Calor de Hidratación	
Cemento Pórtland con Escorias de Alto Horno	
Cemento Pórtland de Escorias de Alto Horno	

##### Tenor de Cemento:

Respecto de la cantidad de cemento, además de la necesidad de obtención de una determinada resistencia, debe ser suficiente para proteger la armadura de la corrosión. Dicha protección es asegurada por la fuerte alcalinidad que proporcionan los álcalis y el hidróxido de calcio que se forma durante la hidratación del cemento y también por una reducida porosidad. A los fines de que esta protección quede asegurada, el CIRSOC prescribe que un hormigón armado estructural contenga un mínimo de 280 Kg/m<sup>3</sup>, pudiendo reducirse a 200 Kg/m<sup>3</sup> en elementos armados masivos que no estén expuestos a medios agresivos y cuyos recubrimientos igualen o superen los 10 cm. Para concretos a la vista, o en caso de utilizar agregados triturados, se recomienda aumentar el tenor de cemento en el orden de un 10%.

En puentes de hormigón armado, y más frecuentemente con elementos de la superestructura pretensados o postesados, estos tenores mínimos serán siempre largamente superados. Igualmente, considerando la durabilidad como condicionante primario de la obra de arte (a veces más exigente que la resistencia mecánica en sí), será la relación agua/cemento, la que se tomará como requisito a lograr (Tabla N° 7 del CIRSOC 201), y no el tenor de ligante.

Los avances en el desarrollo de aditivos y adiciones, la modernización del equipamiento y un mayor conocimiento de la Tecnología del Hormigón han generado una gran mejora en el desempeño de este material compuesto. A nivel mundial, las especificaciones han ido cambiando para reflejar las posibilidades actuales de control de ese desempeño mejorado. Una mayor habilidad para producir hormigones de calidad uniforme debe ser fomentada, y no penalizada por restricciones impropiedades. La evolución de acuerdo a las mejores prácticas de control debe ser de especificaciones "estáticas" (que anteriormente pautaban cantidades mínimas o máximas de algún/os componente/s) a "dinámicas", entendiéndolas como aquellas que fijan las características de performance que se requieren en un determinado hormigón.

Observando el Cuadro de categorización contenido en el PETG de 1998, Capítulo H, Sección II.4.3.2, cogimos que se alude a requisitos más antiguos (Pliego de 1971) y que incluye una cantidad mínima de cemento a emplear que el CIRSOC vigente sólo propone aplicarla a hormigones cuya dosificación sea empírica, y que incluso no distingue entre ámbitos de asentamiento, tamaño máximo nominal del agregado grueso y otras consideraciones. A criterio del autor, esta exigencia debe tomarse como un resabio de anteriores versiones, proponiéndose a la luz de todo lo expuesto el siguiente Cuadro modificado:

Cuadro N°3: Clasificación de Hormigones para Obras de Arte de la D.N.V.

Grupo	Clase	Resistencia Característica a la Edad de Diseño $s'_{ed}$ (MN/m <sup>2</sup> )	Resistencia Media Mínima de cada serie de 3 Ensayos consecutivos $s'_{3m}$ (MN/m <sup>2</sup> )	Equivalente a H° Clase (según Pliego 1971 D.N.V.)	Para Uso en H°
H I	H-4	4.0	7.0	F	Simple
	H-8	8.0	12.0	E	
	H-13	13.0	17.5	D	Simple y Armado
	H-17	17.0	21.5	C	
H II	H-21	21.0	26.0	B	Armado
	H-25	25.0	30.0	A	
	H-30	30.0	35.0	-	Armado y Pretensado
	H-38	38.0	43.0	-	

El detalle de cambios introducidos frente al de la edición '98 es el siguiente:

- Inclusión del Grupo, que facilita la identificación y el encuadre de exigencias.
- Agregado de la Clase H-25 y H-38, muy utilizadas en puentes.
- Especificación de resistencias a la edad de diseño (la que será fijada en la Documentación Particular de la Obra, o bien según el Cuadro N°2).
- Unidades de acuerdo al SIMELA (Sistema Métrico Legal Argentino), y por ende concordantes con el CIRSOC, Normas IRAM y toda otra publicación de la Administración Pública Nacional.
- Decimales considerados según CIRSOC.
- Eliminación de columna "cantidad mínima de cemento".
- Detalle del tipo de uso prescripto.

En general, el contenido unitario de cemento será entonces el que permita cumplir las prescripciones mínimas referentes a los condicionantes de resistencia mecánica, durabilidad, colocación, y demás propiedades especificadas en el CIRSOC o en la Documentación de Obra.

Normativa:

El Subcomité de Cementos de IRAM, encargado del estudio de las normas nacionales para este material, efectuó a partir de fines del año 1999, la revisión de casi la totalidad de normativa sobre el tema.

El objetivo perseguido fue simplificar la aplicación del conjunto de normas de características y requerimientos para los distintos tipos y clases de cementos comercializados en el país. Siguiendo el criterio europeo en la materia, se logró resumir en sólo dos documentos toda la información, dando lugar a las IRAM:

50000:2000 = Cemento para uso general. Composición, características, evaluación de la conformidad y condiciones de recepción.

50001:2000 = Cemento con propiedades especiales.

Una novedad es la incorporación de un esquema para la evaluación de la conformidad de los cementos, estableciendo pautas para el control de calidad en planta por el fabricante, como así también las tareas a realizar para la certificación de conformidad por tercera parte.

Como síntesis, corresponde destacar el aggiornamiento a los productos efectivamente fabricados en la Argentina, la síntesis de 13 normas en 2, y la tipificación y nomenclatura de los cementos generales y especiales.

Nuestra Repartición se hará eco de estos cambios, por lo que se propicia su adopción, modificando los Pliegos Particulares de Especificaciones Técnicas teniendo en cuenta la nueva normativa en lo que corresponda, hasta tanto se cuente con la nueva edición del PETG.

## B. Descripción de las Planillas

Desde un enfoque basado en procesos, el juego de planillas del Método se articula en 3 fases:

**1era. Fase- Colecta de Datos:** a partir de valores de roturas de probetas a la compresión simple, a la edad de diseño, se cuenta con hasta tres (mínimo dos) resistencias individuales por pastón, indicadas como  $s'_{ba}$ ,  $s'_{bb}$ ,  $s'_{bc}$ . Con ellas se obtiene el valor del resultado de ensayo ( $s'_{ij}$ ), según lineamientos del CIRSOC y sus Anexos. Este guarismo caracteriza la resistencia del pastón del cual proviene.

**2da. Fase- Verificación de Requisitos:** prácticamente sin intervención del operador, excepto para la justificación de descartes y observaciones, se contrastan todas las exigencias del PETG, incluida una alternativa para el cotejo de la media corregida.

**3era. Fase- Generación de Gráficos de Control:** permiten visualizar los resultados y fundamentalmente las tendencias del proceso de producción del hormigón, tal como se explicó en "A.2", alertando durante la marcha sobre la necesidad de mejoras.

### i. Características Generales de las Planillas

- Al inicio de cada una se dispone de un instructivo que se despliega al posar el cursor sobre la celda con el texto "LEER", con las indicaciones operativas. Esto transforma las planillas en auto contenidas, de acuerdo a pautas de gestión de la calidad en la información.
- Los datos se ingresan una sola vez, gracias a la vinculación de documentos: identificación de la Obra, resistencias especificadas para el hormigón que se analiza, etc.
- Cada columna posee un número en su rótulo para un mejor seguimiento de las instrucciones. Los dígitos en fuente roja identifican columnas cuyo llenado debe tipearlo el operador, mientras que las cifras azules se disponen encabezando columnas de llenado automático por fórmulas.
- Las columnas cuyas celdas se auto-completan están protegidas para evitar un borrado accidental de las fórmulas, o su alteración. Incluso puede adjudicarse distintos niveles de bloqueo a las planillas, p/ej. para ser compartidas a través de una red.
- Todas las planillas cuentan con una cuidadosa configuración que permita su adecuada impresión (en tamaño A4 apaisado) y encuadernación (escala, márgenes, etc.), así como su publicación en Internet o exportar a otras aplicaciones.
- Se utilizan las unidades del SIMELA, prescriptivo para las Reparticiones de la Administración Pública Nacional y en acuerdo con las IRAM y el CIRSOC.

## ii. Detalle Particular de Cada Planilla (Resumido)

### Planilla N°1: “Prensa”

La tabla de cálculo presentada está prevista para prensas con lectura indirecta de cargas, que son las más comunes de encontrar en obras viales.

Asumiendo que el aparato cuenta con un Certificado de Calibración expedido por un Organismo Oficial, en él constan las equivalencias entre cargas y número de divisiones. Normalmente, esta correlación entre carga (en Kilonewtons) y divisiones no cambia, salvo nuevas calibraciones de la prensa, por motivos previstos en Norma IRAM-IAS U500-108, a saber:

- Una vez por año
- Traslado del equipo
- Rotura o service de la prensa
- Dudas respecto de su funcionamiento

Puede considerarse estos inputs como “fijos” hasta uno de esos eventos.

Lo que se realiza en esta planilla es, a partir de esa correlación de unos pocos valores de carga real con lecturas en el dial del aparato provistas en la calibración, dar origen automático a una tabla, en la que se encuentran todos los valores intermedios obtenidos por interpolación utilizando una función que calcula en base a una tendencia lineal. La función “Tendencia” ajusta una recta (calculada con el método de mínimos cuadrados) a los valores de las matrices definidas por los argumentos “Carga” y “Lectura”. Devuelve, a lo largo de esa recta, las magnitudes de carga correspondientes a la matriz definida por el argumento lectura especificado.

De acuerdo a la IRAM 1546, debe constatarse que la lectura del instrumento de medición se realice apreciando al menos el 1% del resultado del ensayo. Ello conduce a que el resultado mínimo aceptable sea aquel que corresponde a 100 veces la apreciación del elemento de lectura. Para que sean válidas las lecturas arrojadas, han de estar comprendidas dentro del 20% y el 90% de la capacidad máxima de la escala empleada. La apreciación del elemento de lectura ha de ser mayor que el 1,5% de la capacidad máxima. Debe disponerse de un indicador de la lectura máxima alcanzada.

Cuando se cambia de aparato o se recalibra el mismo, la fecha a partir de la cual los datos de Planilla 1 ya no son válidos se tipea en una celda sombreada en amarillo.

Otra funcionalidad de esta primera planilla es la de servir para el ingreso, por única vez, de los datos de Contrato que conformarán el rótulo para todas las hojas, a saber:

**DISTRITO - OBRA - TRAMO - SECCIÓN - CONTRATISTA**

### Planilla N°1: “Prensa” Bis

Dado el caso en que por sustitución de prensa o nuevo contraste de la misma se ha generado un nuevo certificado de calibración, este duplicado permite cargar la tabla nuevamente a partir de la fecha correspondiente. Previo desbloqueo del archivo, el usuario podría generar idénticas planillas según tantos cambios de aparato ocurran.

### Planilla N°2: “Ensayos”

Este formulario agrupa la mayor densidad de registros, que al estar reunidos en una sola carilla, permiten conformar los anales de cada clase de hormigón, incluidas diferentes dosificaciones y los resultados de probetas a edades distintas a las de evaluación formal.

Está diagramada en tres sectores diferenciados, encontrándose en ellos la información referente a:

- 1er. Sector- Identificación
- 2do. Sector- Registro de Condiciones
- 3er. Sector- Datos de Ensayo

Consignando características y factores vinculados a las propiedades del hormigón en estado fresco y endurecido.

Seguidamente se describirá la utilidad de cada columna, haciendo referencia a su número.

#### C.1: Número de Muestra de Obra

Identifica el lote al que pertenecen los juegos de probetas, antecedente de ordenamiento propio del Laboratorio, donde usualmente se manejan también muestras de suelos y otros materiales.

#### C.2-3: Número de Probeta

Permite discriminar si la serie de probetas la obtuvo el personal de la Contratista como parte de su autocontrol, o ha sido elaborado por el área Laboratorio de la Inspección en ejercicio de su tarea fiscalizadora. Mediante activación de filtros, pueden realizarse análisis únicamente de las probetas garantizadas por la D.N.V., aunque en un normal desarrollo de los trabajos frecuentemente se procesan de manera conjunta.

#### C.4: Operador

Siglas que identifiquen a la persona interviniente, p/ej. mediante la abreviatura de las letras de nombres y apellido. Esto coadyuva a la trazabilidad para la ponderación del factor humano en la toma de muestras y realización de ensayos.

#### C.5-6: Elemento y Ubicación

También hace a la trazabilidad, vinculada con la secuencia de fabricación de unidades componentes del puente. Para una correcta identificación del elemento, debe indicarse de cuál se trata y dónde se ubica mediante reglas mnemotécnicas (ver convención en ejemplo).

#### C.7: Tenor de Cemento en Kg/m<sup>3</sup> (al Kg. de precisión)

#### C.8: Asentamiento en tronco-cono de Abrams en cm (al ½ cm. de precisión)

Debe discriminarse si se ha tomado en origen (salida de planta) o en descarga de camión a pie de obra (p/ej. luego de agregar aditivo).

#### C.9-10: Tipo de Aditivo y Dosaje (en % c/2 décimas)

Se llevará una tabla con la denominación de cada aditivo utilizado efectivamente o de uso previsto en las tareas, refiriendo en ella la abreviatura de nombre a emplear en la C.9.

Asumiendo que existen presentaciones previas y se ha testeado la información básica del prospecto del fabricante (peso específico y rangos de uso), resulta sencillo calcular el dosaje en porcentaje del peso de cemento (de C.7) para el aditivo. Este dato se vuelca en la C.10 con la precisión apropiada.

#### C.11-12: Porcentaje de aire en el m<sup>3</sup> de hormigón

Este factor no resulta habitual considerarlo en obras viales, salvo en los estudios iniciales de dosificación, mientras que su importancia es recalada en la normativa, la cual prescribe su determinación por cuanto muchas veces es en el contenido de aire en donde se encuentra la razón de un comportamiento anómalo o irregular.

El contenido de aire “No Intencional” (C.11) suele incrementar su valor habitual como efecto colateral cuando se utilizan aditivos no específicos. Además, muchas veces se busca la inclusión de microburbujas por razones de resistencia química y por ende durabilidad, o bien trabajabilidad. En este segundo caso hablamos de aire “Intencionalmente Incluido” (C.12), y procede monitorear el efecto de incorporadores de aire para verificar cumplimiento de requisitos y explicar posibles mermas de resistencia.

#### C.13-14: Temperatura Ambiente y del Hormigón (al grado centígrado)

La temperatura debe medirse en situación de obra, al pie de la descarga. Al figurar tanto los datos de la ambiental al aire (C.13) como la de la masa de hormigón fresco (C.14), podrá establecerse relaciones (márgenes hasta límites prescriptos), arbitrase medidas preventivas (influencia del enfriamiento del agua) y descubrirse causas particulares (temp. del cemento en silo) de un beneficio o detrimento en lo que hace a este parámetro.

### C.15-16: Fechas de Moldeo y Ensayo

Aquí se propone el siguiente criterio: establecer una tolerancia de  $\pm$  medio día a fin de fomentar la mayor cantidad posible de ensayos que cumplan con la edad de diseño, salvo en el caso de mezclas con cemento de alta resistencia inicial o con aditivos aceleradores de fragüe o endurecimiento en los que dicha tolerancia se juzgue inconveniente. Puesto que el programa sólo considerará para los análisis estadísticos aquellos ensayos que cumplan con la edad de diseño (sin redondeo), usualmente 28 días, cabe descansar en el criterio del Laboratorista para que si está realizando la rotura al inicio de la jornada del día después al que se cumplió formalmente dicha edad, vuelque la información exacta con la debida justificación, en la C.23 (Observaciones) mientras que en la C.16 efectúe el redondeo de fecha para dotar a la Metodología de mayor monto de valores para elaboración de estadísticas.

### C.17: Edad

La longevidad en días enteros es obtenida por resta de las dos anteriores. Dado que no se contempla la hora en que se realizó el moldeo o el ensayo, se pone de manifiesto la conveniencia de aplicar en el encabezado anterior el redondeo de fecha con alegato de la Inspección.

### C.18: Altura del Espécimen (al milímetro)

De acuerdo a la IRAM 1546, la altura de las probetas, incluyendo las capas de terminado, se medirá asegurando el milímetro. Comúnmente suele asumirse el valor fijo de 30 cm. y por ende no consignárselo en la ficha, pero esto además de incumplir la Norma, privaría al Método de dos utilidades:

- Posibilitar el uso en testigos calados de obras terminadas, en donde resulta fundamental utilizar la relación de esbeltez (altura/diámetro).

- Facilitar la implementación en los casos permitidos por la Norma, del moldeo de probetas de 10x20 cm., con lo cual se derivan ventajas económicas, de espacio, manejo, etc. (100% del agregado grueso pasa #25 mm.).

### C.19: Diámetro del Espécimen

Siguiendo la IRAM 1546, este dato ha de determinarse promediando las longitudes de dos diámetros perpendiculares medidos asegurando la décima de milímetro, en la mitad de la altura del cilindro (probeta o testigo).

Puede demostrarse que el error introducido por tomar directamente el diámetro teórico (15 cm.) en lugar del así registrado, puede llegar al 7% en más o en menos, respecto a la resistencia real. Esto es injustificable siendo tan sencillo evitarlo.

Además de la incidencia de esta precisión en el cálculo de la resistencia, aquí también valen las dos consideraciones vertidas en el párrafo anterior.

### C.20: Lectura del Dial

#### C.21: Carga de Rotura (en Kilonewtons)

La función busca el valor correspondiente a la lectura (C.20) en la Planilla "Prensa", con precisión al Decanewton (punto 6, IRAM 1546).

En caso de contar con una prensa de lectura directa de cargas, deberá obviarse la función desbloqueando las celdas y tipear directamente el valor, previa conversión a la unidad solicitada. Así mismo, en caso de recalibraciones o cambios de aparato de ensayo, la fórmula interpretará de acuerdo a la fecha de rotura de C.16 cuál es la tabla que debe utilizar (de Planilla 1, 1' o subsiguientes).

#### C.22: Resistencia Individual (en Megapascales)

Se calcula redondeada a la décima de MPa, como lo pide el CIRSOC, con la fórmula:

$$\sigma' = \frac{Q \times 4000}{\pi \times \phi^2}$$

#### C.22': Resistencia Individual a la Edad de Diseño

Fuera del formato de impresión se dispone de esta columna auxiliar que en base a una fórmula lógica selecciona aquellos valores de la C.22 obtenidos a la edad de diseño, y que serán trasladados por el Operador a la Planilla 3.

#### C.23: Observaciones

En esta columna sólo se pondrá un número de referencia, bajo el cual en la planilla siguiente se describirán.

### Planilla N°2: "Observaciones a Ensayos"

El precio impuesto al cumplimiento de objetivos logrado en la planilla anterior (factores de identificación, registro y ensayo reunidos en un ancho de carilla) es el desglose de las observaciones en esta ficha adjunta. Por otro lado, otorga la ventaja de explayarse sin limitaciones de espacio.

#### C.23: Observaciones (N° de Referencia)

Traslado del número de índice de la columna homónima en solapa anterior.

#### C.23': Detalle

Están previstas hojas secuenciales para volcar las observaciones de rigor, o las mencionadas en la descripción de encabezados precedentes.

Debe registrarse el tipo de rotura acaecido y cualquier información relacionada con el aspecto del hormigón en la zona de rotura que se considere relevante, así como defectos observados en la probeta, según el Apartado 7 de la IRAM 1546 (ver ejemplos de comentarios).

### Planilla N°3: "Resultados de Ensayos"

El CIRSOC define como "Resultado de Ensayo" a aquel valor calculado como el promedio de las resistencias de las probetas moldeadas con la misma muestra de hormigón y ensayadas a la misma edad (mínimo dos probetas). Esta planilla se utiliza a los fines de obtener estos resultados en base a los valores de la Planilla 2.

#### C.24: Resistencia Individual

También se ha demostrado que no resulta necesario ni conveniente superar las tres probetas para los cálculos de resultados de ensayos, por lo que esta columna está diagramada para ternas conformadas con los registros de un mismo pastón provenientes de la columna auxiliar 22' de la Planilla 2, agrupados correctamente. Es decir que si de un pastón sólo tuviéramos dos datos, una de las tres celdas se dejará en blanco.

#### C.25: Número de Ensayo

El sistema asigna un número consecutivo a cada familia de probetas de un mismo origen e idéntica edad.

#### C.26: $s'_{bip}$ = Resistencia Promedio

Con los datos obrantes en C.24 se calcula la media aritmética.

#### C.27: Recorrido Porcentual frente a $s'_{bip}$ (%)

Dados los valores máximos y mínimos de una familia de probetas, en esta columna se refiere su resta al promedio de la terna (o dupla) para significar su grado de dispersión.

Además, si sólo se contara con una probeta rota a la edad correcta, en la celda se mostrará el mensaje "Insuficientes Datos" para motivar al Supervisor a la revisión y mejora del plan de muestreo y ensayo.

#### C.28: Control de Procedimiento

Cuando el cálculo realizado en la C.27 arroje un valor mayor o igual a 15%, en esta columna se mostrará un mensaje de "Alerta" para disparar la investigación de los pasos de moldeo, curado y ensayo (Anexo al Art. 6.6.2.1 CIRSOC).

#### C.29: 15% del $s_{bip}$

Cómputo auxiliar del margen de dispersión en la resistencia tolerable según el promedio de C.26.

### C.30: Rango Absoluto

Salto real existente de resistencia entre el valor mayor y menor de probetas de un mismo origen.

### C.31: Diferencia de a Dos

Diferencias de resistencia entre las probetas de la familia, tomadas de a pares.

### C.32: Promedio de Dos

Analizando el dato de C.31, se calculará la media de aquél par de probetas cuya diferencia sea mínima.

Cuando no sea posible promediar al menos dos valores, se leerá el mensaje "Justificar" a fin de indicar la necesidad de contar con mayor cantidad de especímenes concomitantes.

### C.33: $s'_{bi}$ = Resistencia "Resultado de Ensayo Adoptado"

Esta es una columna sustancial del Método, por cuanto considerando los datos anteriores opta por lo siguiente:

- Si el rango de la terna es menor o igual que el 15% del promedio (C.30(C.29), entonces adopta la resistencia media  $s'_{bp}$  de C.26 como resultado de ensayo.

- Cuando no se satisface la condición anterior, apoyados en el análisis de duplas, en ocasión de que un par de ellas hubieran arrojado diferencias idénticas en la C.31, la C.32 mostrará más de un "Promedio de a Dos" en cuyo caso calculará la media de ambos, adoptándose ésta como resultado. Más comúnmente se tendrá un solo dato en la C.32, que al no cumplirse la condición de la viñeta ut supra, satisface la condición de dispersión (15% para un dueto, por lo que la tercera probeta se descarta, indistintamente de que su valor de resistencia sea alto o bajo, quedando este promedio singular de C.32 caracterizando el resultado de ensayo.

- Llegado el caso que la diferencia entre los máximos y mínimos sea mayor del 15% respecto del promedio, tanto para ternas como para las duplas formables, es dable ANULAR el ensayo por fallas de procedimiento, como quedó explicado en el punto "IIIA.3".

- Finalmente, teniendo en cuenta la necesidad de implementación gradual de la Metodología, la cual irá consolidando con el tiempo una mejor planificación en lo referente a la extracción de muestras y resguardo de probetas para romper a la edad de diseño, se optó por respetar el valor de una sola probeta representativa del pastón como resultado de ensayo, en la medida que el Supervisor de Obra fundadamente justifique que la misma resulta confiable, tal como puede verse en el ejemplo práctico.

### C.34: Observaciones

Una sucinta redacción permite aquí consignar:

- a) La justificación de no contar con la cantidad de probetas requeridas por pastón (mensajes de "Insuficientes Datos" en C.27 o "Justificar" en la C.32).
- b) Las razones que pudieron originar dispersiones mayores del 15% entre probetas (mensaje de "Alerta" en C.28).
- c) Si en la C.33 surge el texto "ANULAR" dejar constancia resumida de los resultados de la investigación de procedimiento (p/ ej. invocar Orden de Servicio).
- d) Otros, como ser, poner de manifiesto las probetas descartadas.

### Planilla N°4: "Control de Aceptación"

Una vez definidos los resultados de ensayo válidos, en esta planilla se aplicarán los criterios establecidos para verificar si se cumplen las prescripciones del PETG, dirimiendo la aceptación o no de los hormigones colocados en forma automatizada, y proveyendo de un formulario fundamental a la Inspección con mínimo esfuerzo.

### C.35: Número de Ensayo Válido

En función de contar con resultados de ensayo adoptados en la C.36, aquí automáticamente figurará el número para c/u. Este guarismo puede ser distinto (en menos, pero nunca mayor) que el de C.25, por cuanto los ensayos que hubieran sido anulados aquí ya no aparecen.

### C.36: $s'_{bi}$

Trasladadas de la C.33, observamos que ahora ya no existe una segmentación de a tres, porque cada valor está caracterizando a un pastón singular integrante de un elemento de la estructura del puente.

### C.37: Condición de Mínima: ¿Es $s'_{bi} > 0.85 * s'_{bk}$ ?

Cada resistencia resultado de ensayo debe satisfacer esta verificación, en cuyo caso aparecerá el texto "Cumple". De no ser así ("NO Cumple"), además de los descuentos y observaciones de rigor, corren los procedimientos adicionales para definir si se rechaza el elemento al que el pastón pertenece.

### C.38: $s'_{bmo}$ = "Media Móvil de Tres"

La media móvil de tres ensayos consecutivos puede calcularse a partir del tercer  $s'_{bi}$ , por lo que en las dos primeras posiciones figura "No Aplica".

### C.39: Condición de Media: ¿Es $s'_{bmo} \geq s'_{bm}$ ?

Establecida la resistencia media exigible al tipo de hormigón, se controla que las medias móviles que se hayan podido formar la igualen o superen, arrojando la leyenda "SI" o caso contrario, se mostrará "NO".

### C.40: Condición de Media alternativa: ¿Es $s'_{bmo} \geq s'_{bk} + 0.953 * s$ ?

Cuando se dispone de más de treinta resultados consecutivos de ensayos, el Anexo 6.6.3.11.2 a) del CIRSOC habilita a evaluar la media con esta expresión. Por eso, en los primeros 30 ensayos consta "No Aplica", y a partir de allí se realiza el chequeo de la condición alternativa, que en caso de verificarse muestra "SI".

C.41: ¿Se cumple alguna de las condiciones de Media? Ahora la fórmula lógica controla que al menos una de las pautas (C.39 o 40) se satisfagan; de ser así aparecerá la definición "Cumple" y al contrario "NO Cumple".

Es importante destacar que si en un elemento (p/ ej. el primer pilote hormigonado) no disponemos de al menos tres resultados de ensayos, no será posible controlar el cumplimiento de la media como lo estipula el Pliego. Para esos casos se utilizan fórmulas de mayoración que mueven a insistir en la necesidad de planificar los probeteos.

### C.42: $s$ = Desviación Estándar

A partir del 16avo.  $s'_{bi}$  ya tiene sentido el cálculo de la desviación de la muestra; antes de esto, las celdas mostrarán "NA" (No Aplica). Luego del resultado N° 30, la ecuación se modifica por cuanto en el denominador puede utilizarse directamente el número de ensayos.

### C.43: $s'_{bm}$ = Media de los $s'_{bi}$ disponibles

Resulta valioso ir calculando desde el principio el promedio de todos los resultados de ensayo válidos de que se va disponiendo. Además, es paso previo para la obtención de los parámetros descritos seguidamente.

### C.44: $d$ = Coeficiente de Variación (en %)

Según lo enunciado en "IIIA.1", se van obteniendo los  $d$  que permitirán evaluar la calidad de ejecución. No parece criterioso aplicarlo hasta contar por lo menos con 16 valores, pero téngase en cuenta que en esta fase resultará de gran ayuda el contraste de cálculos provisorios con información de otros emprendimientos que posea la Contratista.

### C.45: Condiciones de Elaboración

Nota obtenida de acuerdo al valor del coeficiente de variación, que tiene la propiedad de ser independiente del tipo de hormigón de que se trate, por lo que es controlable para la globalidad de la ejecución de elementos de concreto. Se prefirió adoptar la puntuación de la ACI 214 con ligeras adaptaciones por considerarse más ajustada a los preceptos de revisión de procesos (ver "IIIA.3"), quedando los términos como sigue:

Calificación de las Condiciones de Elaboración

Texto en columna 45:	Significa:	Valor de $d$ :
E	Excelente	$d < 10\%$
B	Buena	$10\% ? d < 15\%$
R	Regular	$15\% ? d ? 20\%$
M	Mala	$d > 20\%$



Planilla N°2: "Ensayos"

Muestra de Obra (N°)		Probeta (N°)	Operador	Elemento y Ubicación	Tenor Cto. (Kg/m²)	Asm. Ceno (cm)	Aditivo Tipo	Dosaje	Aire (%)	Temp. (°C)	Moledo	Ensayo	Edad (días)	H Alto (mm)	φ Dim. (mm)	Lect. Dial	Q Carga (KN)	σ' Res. (MPa)	Obs.		
35	153	-	E.A.C.	Pilote E1 d	380	19,5	SKC	0,70	2,8	-	29	20	01-12-04	29-12-04	28	300	150,0	155	611,42	34,6	
-	153	-	E.A.C.	Pilote E1 d	"	"	"	"	"	"	"	"	01-12-04	29-12-04	28	299	148,7	117	495,79	26,8	
-	153	-	E.A.C.	Pilote E1 d	"	"	"	"	"	"	"	"	01-12-04	29-12-04	28	301	149,5	161	634,42	36,1	
-	153	-	E.A.C.	Pilote E1 d	"	"	"	"	"	"	"	"	01-12-04							1	
-	153	-	D.D.T.	Pilote E1 d	"	"	"	"	"	"	"	"	01-12-04	08-12-04	7	300	149,7	100	400,64	22,8	2
36	154	-	E.A.C.	Pilote E1 d	380	19,0	SKC	0,70	2,8	-	28	18	01-12-04	29-12-04	28	300	150,0	160	630,58	35,7	
-	154	-	E.A.C.	Pilote E1 d	"	"	"	"	"	"	"	"	01-12-04	29-12-04	28	301	150,0	149	588,43	33,3	
-	154	-	E.A.C.	Pilote E1 d	"	"	"	"	"	"	"	"	01-12-04	29-12-04	28	299	150,2	140	553,94	31,3	
-	155	-	D.D.T.	Pilote E1 d	380	20,0	SKC	0,70	2,8	-	25	15	01-12-04	29-12-04	28	300	150,0	147	580,76	32,9	
-	155	-	D.D.T.	Pilote E1 d	"	"	"	"	"	"	"	"	01-12-04	29-12-04	28	300	150,0	135	534,77	30,3	
-	155	-	D.D.T.	Pilote E1 d	"	"	"	"	"	"	"	"	01-12-04	29-12-04	28	300	150,0	141	557,77	31,6	
-	156	-	D.D.T.	Muro Alc. 21	380	17,5	SMR	0,80	3,0	-	27	20	03-12-04	02-01-05	30	300	150,0	160	630,58	35,7	3
-	156	-	D.D.T.	Muro Alc. 21	"	"	"	"	"	"	"	"	03-12-04	02-01-05	30	300	150,0	153	603,76	34,2	
-	156	-	D.D.T.	Muro Alc. 21	"	"	"	"	"	"	"	"	03-12-04	02-01-05	30	300	150,0	154	607,59	34,4	
42	157	-	J.D.A.	Pilote E1 dd	380	19,0	SKC	0,70	2,8	-	26	20	05-12-04	02-01-05	28	300	150,0	162	638,25	36,1	
-	157	-	J.D.A.	Pilote E1 dd	"	"	"	"	"	"	"	"	05-12-04	02-01-05	28	300	150,0	129	511,78	29,0	
-	157	-	J.D.A.	Pilote E1 dd	"	"	"	"	"	"	"	"	05-12-04	02-01-05	28	300	150,0	139	550,10	31,1	
43	158	-	J.D.A.	Pilote E1 dd	380	20,0	SKC	0,70	2,8	-	29	22	05-12-04	02-01-05	28	299	149,0	142	561,60	32,2	
-	158	-	J.D.A.	Pilote E1 dd	"	"	"	"	"	"	"	"	05-12-04	02-01-05	28	299	149,3	159	626,75	35,8	
-	158	-	J.D.A.	Pilote E1 dd	"	"	"	"	"	"	"	"	05-12-04	02-01-05	28	299	148,9	137	542,44	31,2	
-	159	-	D.D.T.	Pilote E1 dd	380	19,5	SKC	0,70	2,8	-	27	20	05-12-04							1	
-	159	-	D.D.T.	Pilote E1 dd	"	"	"	"	"	"	"	"	05-12-04	02-01-05	28	301	150,5	165	649,75	36,5	
-	159	-	D.D.T.	Pilote E1 dd	"	"	"	"	"	"	"	"	05-12-04	02-01-05	28	301	150,0	143	565,43	32,0	

Planilla N°3: "Resultados de Ensayos"

Probeta (N°)	σ' (Res) (MPa)	Ensayo (N°)	σ' (Promedio) (MPa)	(σ' max - σ' min) / σ' (%)	Control de Procedimiento	15% de "26" (MPa)	Rango (MPa)	Difer. de a Dos (MPa)	Promedio de Dos (MPa)	σ' (Aceptado) (MPa)	Observaciones
153a	34,6	1	32,5	29%	Alerta	4,8	9,3	7,8	35,4	35,4	Descartado valor bajo por dispersión
153b	26,8							1,5	35,4		
153c	36,1							9,3	35,4		
154a	35,7	2	33,4	13%		5,0	4,4	7,4	33,4		
154b	33,3							4,4			33,4
154c	31,3							2,0			33,3
155a	32,9	3	31,6	8%		4,7	2,6	2,8	31,6		
155b	30,3							1,3			31,6
155c	31,6							1,3			31,6
157a	36,1	4	32,1	22%	Alerta	4,8	7,1	7,1	30,1	Descartado valor alto por dispersión	
157b	29,0							5,0			30,1
157c	31,1							2,1			30,1
158a	32,2	5	33,1	14%		5,0	4,6	3,8	33,1		
158b	35,6							1,0			31,7
158c	31,2							2,8			31,7
159b	36,5	6	34,0	13%		5,1	4,5	4,5	34,0		
159c	32,0							2,9			32,8
159d	33,6							1,8			32,8
160a	30,4	7	30,0	3%		4,5	0,9	0,9	30,0	Retiro de tercera probeta descartada	
160b	29,5							0,9			30,0
161a	35,8	8	28,4	52%	Alerta	4,3	14,7	7,5	ANULAR	Porque el rango de los dos valores dispersos es mayor del 15% de su promedio. No queda otro juego perteneciente al elemento (Ver ENG)	
161b	28,3							14,7			28,7
161c	21,1							7,2			28,7

Planilla N°4: "Control de Aceptación"

Ensayo Valido (N°)	σ' (Aceptado) (MPa)	¿Es σ' > 0,85 * σ' (cond. Min.)?	σ' (Medio) Móvil de Tres (MPa)	¿Es σ' > 0 * σ' (cond. Medio)?	¿Es σ' > 0 * σ' (alternativa)?	¿Se cumple 39 ó 40? (cond. Medio)	Difer. a Media (MPa)	Var. (%)	Cond. de Elabor.	σ' (Caract.) (MPa)	Check de σ'	Observaciones
1	35,4	Cumple	No Aplica	No Aplica	No Aplica		NA	25,4	NA	NA	NA	Aplicar Método Simplificado
2	33,4	Cumple	No Aplica	No Aplica	No Aplica		NA	34,4	NA	NA	NA	
3	31,6	Cumple	31,6	SI	No Aplica		NA	32,0	NA	NA	NA	
4	30,1	Cumple	31,7	SI	No Aplica		NA	32,0	NA	NA	NA	
5	33,1	Cumple	31,6	SI	No Aplica		NA	32,1	NA	NA	NA	
6	34,0	Cumple	33,4	SI	No Aplica		NA	32,0	NA	NA	NA	
7	30,0	Cumple	32,4	SI	No Aplica		NA	32,0	NA	NA	NA	
8	28,4	Cumple	30,6	SI	No Aplica		NA	32,0	NA	NA	NA	Evaluar Pícte de E1 por ENG
9	28,9	Cumple	29,1	NO	No Aplica	NO Cumple	NA	31,1	NA	NA	NA	
10	31,3	Cumple	29,5	NO	No Aplica	NO Cumple	NA	31,0	NA	NA	NA	
11	31,2	Cumple	30,5	SI	No Aplica	Cumple	NA	31,8	NA	NA	NA	
12	31,2	Cumple	31,2	SI	No Aplica	Cumple	NA	31,1	NA	NA	NA	
13	30,0	Cumple	30,8	SI	No Aplica	Cumple	NA	31,4	NA	NA	NA	
14	19,1	NO Cumple	36,8	NO	No Aplica	NO Cumple	NA	30,1	NA	NA	NA	Pícte iz de P1 Observado
15	31,1	Cumple	25,7	NO	No Aplica	NO Cumple	NA	30,1	NA	NA	NA	
16	31,2	Cumple	27,1	NO	No Aplica	NO Cumple	7,8	30,1	11,9%	B	24,3	NO
17	27,6	Cumple	30,0	SI	No Aplica	Cumple	3,5	30,4	11,5%	B	24,3	NO
18	24,1	Cumple	27,6	NO	No Aplica	NO Cumple	3,8	30,1	12,6%	B	23,5	NO
19	35,7	Cumple	29,1	NO	No Aplica	NO Cumple	3,9	30,4	12,6%	B	23,7	NO
20	29,6	Cumple	29,6	NO	No Aplica	NO Cumple	3,8	30,4	12,5%	B	23,8	NO
21	38,1	Cumple	34,5	SI	No Aplica	Cumple	4,0	30,1	13,0%	B	23,8	NO
22	20,0	NO Cumple	29,2	NO	No Aplica	NO Cumple	4,6	30,2	15,2%	B	23,3	NO
23	31,9	Cumple	30,0	SI	No Aplica	Cumple	4,5	30,3	14,9%	B	23,6	NO
24	29,7	Cumple	27,2	NO	No Aplica	NO Cumple	4,4	30,3	14,5%	B	22,8	NO

Planilla N°5: "Calidad del Proceso"

Ensayo Válido (N°)	$\sigma_{ii}$ (Adoptado) (MPa)	a) Mediana (MPa)	b) Rango (MPa)	$\sigma_{mov}$ : Media Móvil de Tres (MPa)	Diferencia $\sigma_{ii} - \sigma_{mov}$ (MPa)	c) Cusum de la Resistencia (MPa)	Dstá. de 2 Sucesivos (MPa)	Diferencia $\#_i - \#_{i-1}$ (MPa)	d) Cusum de la Dstá. (MPa)	Observaciones
1	35.4	No Aplica	No Aplica	No Aplica	5.4	5.4	No Aplica	No Aplica	No Aplica	
2	33.4	34.4	2.0	No Aplica	3.4	6.8	1.4	-1.6	-1.6	
3	31.6	33.4	3.8	33.5	1.6	10.4	1.3	-1.7	-3.3	
4	30.1	32.5	5.3	31.7	0.1	10.5	1.1	-1.9	-5.3	
5	33.1	33.1	5.3	31.6	3.1	13.6	2.1	-0.9	-6.1	
6	34.0	33.3	5.3	32.4	4.0	17.8	0.6	-2.4	-8.5	
7	30.0	33.1	5.4	32.4	0.0	17.8	2.8	-0.2	-8.7	
8	29.4	32.4	7.0	30.6	-1.6	16.0	1.1	-1.0	-10.5	
9	28.9	31.6	7.0	29.1	-1.1	14.9	0.4	-2.6	-13.2	
10	31.3	31.5	7.0	29.6	1.3	16.2	1.7	-1.3	-14.5	
11	31.2	31.3	7.0	30.5	1.2	17.4	0.1	-2.9	-17.4	
12	31.2	31.3	7.0	31.2	1.2	18.6	0.0	-3.0	-20.4	
13	30.0	31.2	7.0	30.6	0.0	18.6	0.8	-2.2	-22.6	
14	19.1	31.2	16.3	26.6	-10.9	7.7	7.7	4.7	-17.9	
15	31.1	31.2	16.3	26.7	1.1	6.8	8.5	5.5	-12.4	
16	31.2	31.2	16.3	27.1	1.2	10.0	0.1	-2.0	-15.3	
17	27.6	31.2	16.3	30.0	-2.4	7.6	2.5	-0.5	-15.8	
18	24.1	31.2	16.3	27.6	-5.0	1.7	2.5	-0.5	-16.3	
19	35.7	31.2	16.6	29.1	5.7	7.4	8.2	5.2	-11.1	
20	29.6	31.2	16.6	29.6	-0.4	7.0	4.3	1.3	-8.8	

Gráfico 1:

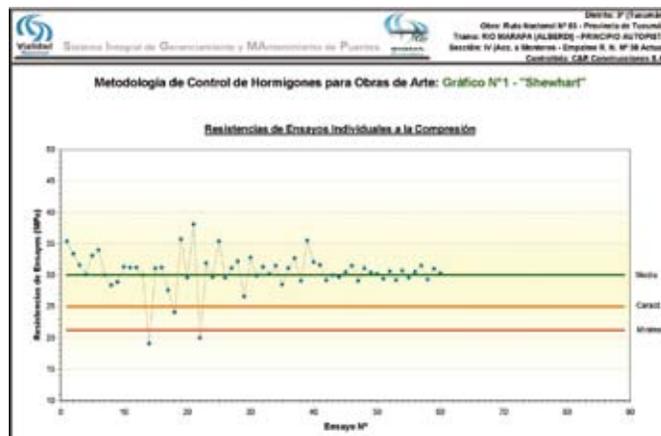


Gráfico 3:

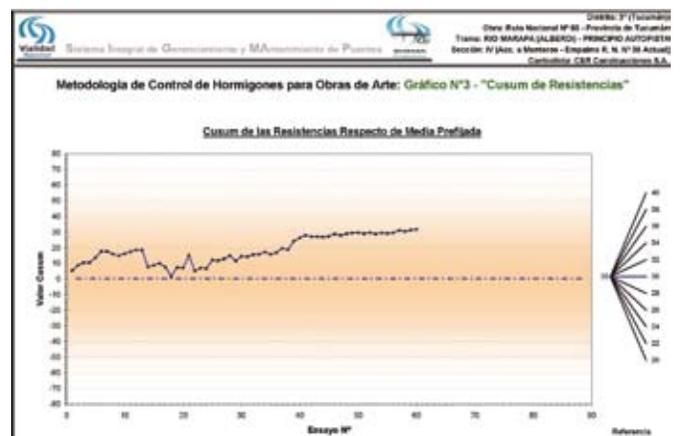


Gráfico 2:

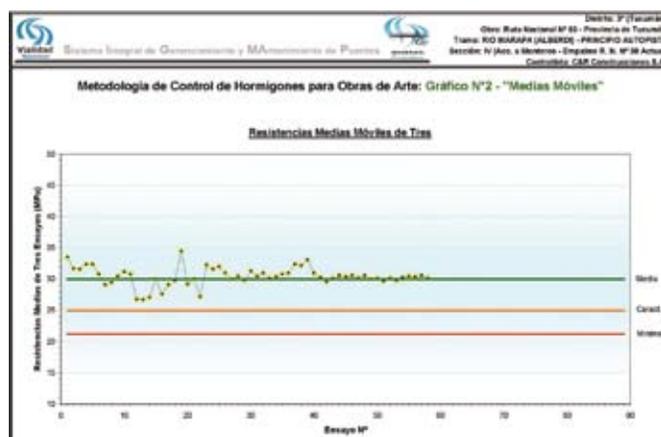
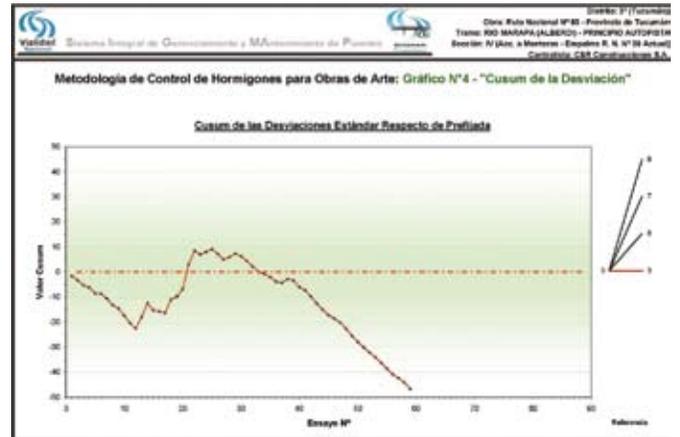


Gráfico 4:



C. RESUMEN

A fin de sintetizar prácticamente las acciones seguidas para instrumentar los criterios vertidos, puede englobárselos en las siguientes instrucciones, las que serán aplicadas en las etapas que corresponda (antes del inicio de la producción, durante la ejecución de la obra, y previo a su recepción):

**Recomendaciones a Seguir en el Control de Hormigones para Obras de Arte Mayoressie**

1. Las áreas que intervengan en la confección o revisión de proyectos de obras de arte, verificarán que la edad de diseño para el control de resistencias de los distintos hormigones sean adecuadas al tipo de estructura y de cemento a utilizar en su ejecución. Como criterio orientativo, se indican edades de diseño en el Cuadro N°2 (según el tipo de cemento empleado), que podrán adoptarse siempre y cuando los planos o especificaciones técnicas particulares del proyecto no indiquen otra edad por razones fundadas.

2. Los tipos de cementos a emplear en obras de arte deberán cumplir los requisitos físicos, mecánicos y químicos dispuestos en la última normativa IRAM vigente, adoptándose la nomenclatura y demás disposiciones de dichas normas en el articulado de pliegos particulares, especificaciones y planos.

3. La Supervisión verificará con suficiente antelación al inicio de las tareas de producción, que se hayan cumplimentado los estudios previos de materiales componentes y distintas dosificaciones de prueba con cantidad suficiente de resultados, en cumplimiento del CIRSOC 201. Caso contrario, se advertirá por escrito que hasta no completarse estos estudios no se autorizará el inicio de elaboración de hormigones.

4. La Contratista deberá presentar un plan de extracción de muestras para su autocontrol, el cual será estudiado por la Supervisión, de tal modo que satisfaga las consideraciones expuestas, es decir, que en obras de arte mayores permita la aplicación de criterios estadísticos y el seguimiento de los procesos sin resultar excesivo ni minorado, garantizando la evaluación con datos suficientes de los elementos estructurales tomados individualmente y en conjunto.

5. El Supervisor elaborará su plan de muestreo orientado en base a las consideraciones de este trabajo, adecuándolas al caso particular, con el fin de tener en cuenta las características de la estructura, la forma, procedimientos y cuidados observados durante la etapa de preparación del hormigón, y los resultados más o menos favorables que se hayan obtenido en los ensayos realizados hasta el momento.

6. Se considera conveniente, a los fines de que estas recomendaciones permitan alcanzar las metas y objetivos propuestos en este Método, que una vez aprobado por la Supervisión el plan de muestreo y ensayos presentado por la Contratista, los mismos se realicen en forma conjunta.

7. Las muestras deben extraerse al azar y de pastones distintos según el plan de muestreo, estando suficiente pero no uniformemente espaciadas. La fijación del número de muestras final es responsabilidad del Supervisor de Obras.

8. El control de hormigones por su resistencia a compresión debe hacerse a partir de muestras representadas por el valor medio de tres (o por lo menos dos) probetas provenientes del mismo pastón y rotas a la edad de diseño.

9. Para estas series deben rechazarse como defectuosas todas aquellas probetas que rompan con valores superiores en más o menos 15% de su rango, investigándose las causas de tal dispersión.

10. No es válido retrotraer o proyectar valores de resistencia de probetas de distintos hormigones con fórmulas (p/ej. Ross) para la verificación del cumplimiento de exigencias de Pliego, debiendo utilizarse a estos fines y para los estudios estadísticos únicamente resultados de probetas ensayadas a la edad de diseño. El uso de ecuaciones queda restringido a la aplicación estimativa interna del Laboratorio y siempre será preferible y conveniente confeccionar curvas de variación de las resistencias con la edad para cada tipo de hormigón empleado en los trabajos.

#### **Planillas y Gráficos Modelo Para el Control de Hormigones en Obras de Arte Mayores**

11. El seguimiento de la calidad de producción y del buen arte en la ejecución es parte de las funciones inherentes a la Supervisión, que para ello monitoreará los parámetros de control de procesos durante la construcción y verificará los requerimientos de aceptación por etapas terminadas.

12. La Supervisión aplicará la Metodología expuesta en este documento, llenando las planillas provistas más los gráficos asociados, conformando los mismos parte de los archivos de obra.

13. La obtención de las resistencias medias, características y demás parámetros de control estadístico debe efectuarse en forma rutinaria por parte de la Supervisión, para lo cual están previstas las planillas.

14. El soporte digital y las planillas impresas debidamente firmadas serán remitidas por la Supervisión de Obras al Encargado del SIGMA-Puentes del Distrito Jurisdiccional, antes de la realización de las Pruebas de Carga y

el Control de Calidad inherentes a la Recepción Provisoria, junto con un resumen que indique claramente la calidad lograda en los elementos de cada puente, discriminados en: fundaciones, infraestructura y superestructura. En dicho Dossier, el Supervisor volcará cualquier aspecto que a su juicio y considerando la Metodología de Control, convenga destacar.

#### **Addenda a la Sección H.II del Pliego de Especificaciones Técnicas Generales (Ed. '98)**

15. El Cuadro de Clasificación de Hormigones del punto H.II.4.3.2 queda sustituido por el Cuadro N°3 del presente trabajo. El contenido mínimo de cemento estará en un todo de acuerdo con lo indicado en el Reglamento CIRSOC 201 en los acápite correspondientes.

16. La ecuación del punto H.II.7.2.1.a) deberá tomarse como:  $s'_{bmo} = s'_{bk} + 0,953 \times s$

#### **D. ANEXOS**

El cuadernillo provee otra información que justifica y complementa lo descrito en este trabajo, y el soporte digital necesario con miras a su difusión y empleo en todos los Distritos.

Los primeros cuatro Adjuntos están presentados en formato papel, y se constituyen de:

- i. Extractos del PETG (1998)
- ii. Extractos del CIRSOC 201 (1982) c/Anexos y Modificaciones (1984)
- iii. Modelos de planillas provistos en blanco
- iv. Idénticas planillas y gráficos c/ejemplo de aplicación

El quinto Adjunto consiste en un disco compacto, que contiene los archivos digitales de todo lo anterior (incluyendo el archivo Excel para uso en obras), una lámina/póster desarrollada por el autor denominada "Principios para la Gestión de la Calidad: Beneficios y Aplicaciones Vinculados al Control de Hormigones" y la versión íntegra en formato pdf del Reglamento CIRSOC 201.

Personas ajenas a Vialidad Nacional pueden solicitar un ejemplar de la publicación mediante correo electrónico a: [ecastelli@vialidad.gov.ar](mailto:ecastelli@vialidad.gov.ar).

#### **D. CONCLUSIONES**

Las propuestas fundamentadas en la tercera parte, Capítulos A, B y resumidas en el Cap. C, se incardinan con los objetivos planteados en la Introducción de este trabajo.

Respecto a una optimización en la aplicación del Pliego de Especificaciones Técnicas Generales ('98), el Método volcado en 5 planillas y 4 gráficos brinda una herramienta práctica que ayudará a las Supervisiones a encarnar el criterio manifestado en la introducción del PETG en las obras de arte mayores principalmente. Asimismo, el desarrollo elucida o amplía el articulado del Reglamento CIRSOC 201 al que se remite el Pliego, en algunos aspectos que se presentan en puentes, buscando clarificar el modo operativo y el enfoque orientado a los procesos en el control de aceptación.

El trabajo también incorpora prescripciones de las Normas IRAM vigentes en lo atinente a: parámetros a considerar, unidades, redondeos y documentación, y es fácilmente adaptable al nuevo CIRSOC que aún no ha sido aprobado.

Las hojas de cálculo provistas proporcionan un medio eficaz para el seguimiento de la calidad de hormigones (elaborados en obra o provistos por planta externa a la misma), sistematizando los cálculos con importante ahorro de tiempo, estandarizando el manejo de la información en aras del acercamiento a la gestión de calidad, incluyendo tablas y gráficos con modelo unificado, asociados para el control con criterio estadístico.

Queda explicado un "procedimiento" (criterios) y se proveyó de un "instrumento" (planillas) al efecto, que además de colaborar a la tarea de supervisar las obras de hormigón desde su inicio hasta su recepción, dotará al SIGMA-P de un antecedente veraz y consistido a los fines del gerenciamiento de puentes.



***Desde 1943 estamos construyendo caminos  
Para contribuir al desarrollo del país  
Para mejorar la calidad de vida de la gente***





**LUCIANO S.A.**

GRANDES OBRAS

