

Construyendo Argentina



JCR S.A.

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

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

www.jcrelats.com.ar



**PETROQUÍMICA
PANAMERICANA S.A.**

**PLANTA FABRICACIÓN ZÁRATE:
FABRICACIÓN DE EMULSIONES ASFÁLTICAS Y DILUIDOS
MEZCLAS ASFÁLTICAS EN FRÍO PARA
PAVIMENTOS URBANOS Y SUBURBANOS
VENTA Y ENTREGA EN OBRA DE ASFALTOS Y FUEL-OIL**

TEL. FIJOS : (011) 4747-2358 / 4732-0393
CELULARES: (011) 15-3909-6097 / 6494-4700 / 4143-2034
PARQUE INDUSTRIAL ZARATE - Pcia. de Buenos Aires
porelbuencamino@sion.com



JUNTA EJECUTIVA

Presidente: **Ing. GUILLERMO CABANA**

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

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

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

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

Prosecretario: **Ing. MIGUEL MARCONI**

Tesorero: **Sr. NÉSTOR FITTIPALDI**

Protesorero: **Ing. ROBERTO LOREDO**

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

Director de Difusión: **Lic. RICARDO REPETTI**

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

Director Ejecutivo: **Ing. JORGE LAFAGE**

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

STAFF



CARRETERAS

Año LIX - Número 217

Abril de 2015

Director Editor Responsable:

ING. GUILLERMO CABANA

Diseño y Diagramación:

ILITIA GRUPO CREATIVO

ilitia.com.ar

Impresión:

IDG COMUNICACIÓN

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

info@aacarreteras.org.ar

www.aacarreteras.org.ar

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

Propietario:

ASOCIACIÓN ARGENTINA DE CARRETERAS

CUIT: 30-53368805-1

Registro de la Propiedad Intelectual

(Dirección Nacional del Derecho de

Autor): 519.969

Ejemplar Ley 11.723

Realizada por:

ASOCIACIÓN ARGENTINA DE CARRETERAS

Dirección, redacción y administración:

Paseo Colón 823, 6º y 7º Piso (1063)

Buenos Aires, Argentina.

Tel./fax: 4362-0898 / 1957



PÁG. 10

INSTITUCIONAL
HACIA LA VISIÓN CERO



PÁG. 14

PRE XVII CAVYT
ALTERNATIVA DE CIRCUNVALACIÓN DE LA
C.A.B.A.

ÍNDICE



Nota Editorial	04
Próximos Eventos	08
Hacia la Visión Cero	10
Declaración de la AAC	11
Alternativa de Circunvalación de la C.A.B.A.	14
Túnel de Agua Negra y Corredor Bioceánico Central	22
Entrevista Ing. Juan E. Marcet	32
Invitación a Proponer Obras Viales // Día del Camino 2015	36
Curso de Actualización Técnica en Santa Fe	38
Autovía N° 6: La Ruta de la Producción	40
Puente Octávio Frias de Oliveira	46
Breves	50
Campaña Save Kids Lives	
La AASHTO se une a la estrategia "Toward Zero Deaths"	
Visión Cero en Suecia	
Ecuador adopta la normativa ONU	
Concurso ACA	

TRABAJOS TÉCNICOS

01. Infraestructura de los Sistemas de Transporte en el Área Metropolitana de Buenos Aires	56
02. Carreteras Energéticas Mediante Captación Piezoeléctrica	66

DIVULGACIÓN

03. Metodología para la Realización de Auditorías de Seguridad Vial en Fase de Explotación	89
04. Operaciones de pavimentación con encofrados deslizantes	97



PÁG. 22

PRE XVII CAVYT
TÚNEL DE AGUA NEGRA Y
CORREDOR BIOCEÁNICO CENTRAL



PÁG. 40

INFRAESTRUCTURA VIAL
AUTOVÍA N°6: LA RUTA DE LA PRODUCCIÓN



Ing. Guillermo Cabana

Presidente de la Asociación
Argentina de Carreteras

Editorial

UN AÑO CON MUCHAS EXPECTATIVAS Y NUEVOS DESAFÍOS

Un nuevo año comenzó y **será un año con mucha actividad, con muchas expectativas y nuevos desafíos.**

Como siempre, estaremos comprometidos con la **solución a nuestros temas de transporte** y es importante volver sobre la necesidad de encarar la problemática como un todo; como un sistema que debe ser planificado en su integridad desde el Estado, para concretar acciones en los distintos rubros y jurisdicciones en forma integral e integrada.

Reiteradamente hemos destacado que **el transporte**, sea urbano o de larga distancia, de pasajeros o de carga, **debe ser analizado como un todo y resuelto de la misma manera**, apelando a la intermodalidad como herramienta moderna que hoy se aplica en todo el mundo.

Cuando hablamos del transporte de cargas, sabemos que en nuestro país se resuelve mayoritariamente desde el sistema vial, aun cuando existan numerosos productos cuyo óptimo medio de transporte sea el ferrocarril.

Pero por distintos motivos, el transporte ferroviario no se concreta. Buena parte de los materiales utilizados hoy en la renovación de la red ferroviaria, encarada después de décadas sin inversión, llega a los obradores por medio de camiones.

Es evidente que es muy útil y necesaria la renovación de las vías férreas, tal como se ha encarado en el último tiempo, mediante importantes inversiones, de forma tal de hacer más eficiente el sistema ferroviario.

Si bien el esfuerzo hoy está fundamentalmente dedicado al transporte de pasajeros, esa inversión sirve también a los efectos de crear un ambiente propicio para una mayor utilización de este medio para el transporte de cargas.

Pare ello también será menester un cambio en la política de concesiones de las líneas de transporte de cargas, para que estén disponibles en condiciones razonables y oportunas para todo tipo de carga.

Minerales y granos en general son cargas absolutamente transportables por ferrocarril y, en el caso de los granos, sin duda la llegada a los puertos por este medio redundará en beneficios importantes, no solo para el tránsito en las proximidades de las terminales portuarias, sino también para los habitantes de las cercanías. Pero fundamentalmente para la economía del producto, toda vez que resultará más eficiente la operación portuaria de descarga.

Además, la importante inversión ferroviaria sin duda provocará la radicación



de empresas y tecnologías capaces de realizar obras en forma cada vez más eficiente y económica.

Ello no nos releva de la obligación de insistir en las mejoras que deben implementarse en la red caminera, no solo para revertir el déficit existente en materia de infraestructura, sino también -y fundamentalmente- para atender la demanda y las exigencias crecientes de un usuario cada vez más pretendiente.

No volveremos a recalcar la necesidad de adecuar nuestra red en sus condiciones geométricas a la realidad del tránsito actual, ni la imprescindible ampliación de capacidad que debe ser desarrollada sobre cientos de kilómetros de nuestras redes, ya que es una realidad conocida y reconocida por los entes viales. Pero sí debemos insistir en la necesidad que desde la política se le asigne a este tema la importancia y los fondos necesarios para encarar un plan sustentable en el tiempo.

En ese plan no puede estar ausente el imprescindible mantenimiento de todas las redes viales en condiciones de transitabilidad y seguridad.

Una vez más, el mantenimiento debe ser desarrollado en todos los segmentos de las redes nacionales y pro-

vinciales de acuerdo con las exigencias del tránsito usuario y, en particular, en aquellos casos de alto y medio volumen de tránsito apelando a contratos por resultados plurianuales, que permitan una adecuada planificación y ejecución de las tareas, sea por el sistema de concesiones por peaje como por los **sistemas C.Re.Ma** en los casos en que el volumen de tránsito no justifique la instalación de estaciones de cobro.

Una alternativa válida sería implementar el cobro electrónico del peaje en forma remota. Es un sistema utilizado cada vez más en otras latitudes y tiene sus inconvenientes de instrumentación en nuestro país, lo que obligará a una ingeniería legal para posibilitarlo.

En nuestro último número hablábamos de la necesidad de concretar un plan que, como política de Estado y aprobado por el Congreso, se desarrolle independientemente de la voluntad del gobierno de turno. Creemos que sería una herramienta útil como lo ha sido para muchos otros países que han desarrollado de esta forma una importante red vial.

Insistimos en que el tema no es menor. Este debate debería darse para asegurar un venturoso futuro a nuestro sistema de transporte.

Por otra parte, **el sistema de transporte de pasajeros, sobre todo el urbano (que ha sido motivo de importantes inversiones en el último tiempo)**, es un elemento fundamental que se ha implementado en todas partes del mundo y continúa en vigencia dado que la ampliación de las rutas tiene un límite, como así también la llegada de los vehículos particulares a las ciudades; y la única forma de evitar la congestión es evitar el acceso de la mayor cantidad de vehículos particulares a los centros urbanos mediante la necesaria modificación y modernización de los sistemas masivos de transporte.

Las mejoras en vías, estaciones y formaciones ferroviarias van en el buen camino y será necesario incrementar las acciones a fin de que ese medio de transporte sea cada vez más eficiente y más elegido por los usuarios, como ocurre en casi todo el mundo. La implementación de los metrobuses o BRT va en la misma dirección.

En la sección técnica de este número podrán encontrar un trabajo sobre la problemática del transporte en el área urbana.

Además, encontrarán notas sobre importantes obras y proyectos desarrollados o a desarrollarse tanto en nuestro país como en el exterior, tales como **el túnel del Paso de Agua Negra, en San Juan, que interconectará Argentina y Chile** en un futuro cercano en forma eficiente y complementará la importante inversión realizada sobre la **Ruta Nacional 150**; o la ampliación de la capacidad de la emblemática Ruta Provincial 6, en la Provincia de Buenos Aires, que cuando esta edición llegue a sus manos seguramente estará totalmente terminada y habilitada, constituyendo una importante circunvalación del conurbano destinada a recibir un importantísimo flujo de transporte de carga.

También tratamos de rescatar el conocimiento de nuestros invitados

especiales al **último Pre-Congreso**, en vistas del próximo **Congreso Argentino de Vialidad Y Tránsito**, que comenzamos a preparar para el **año 2016** y para el cual ya los invitamos a ir preparando sus trabajos y a estar atentos a la convocatoria que tendrá lugar más avanzado este año.

Hablamos de un año de intensa actividad, que ya hemos empezado a transitar. Y con la inestimable colaboración de la **Dirección Provincial de Vialidad de Santa Fe** realizamos el **Primer Seminario sobre Auditorías de Seguridad Vial** con una excelente concurrencia y marcado interés en el tema de **Visión Cero**.

Estamos desarrollando un manual para la selección y colocación de barandas de defensa y barandas de puentes, que esperamos termi-

nar este año y que sea de utilidad respecto de un tema tan delicado como la seguridad vial en nuestras rutas y calles.

Estos y muchos otros proyectos nos esperan con la intención de continuar en la misma senda de siempre:

POR MÁS Y
MEJORES CAMINOS

HASTA LA PRÓXIMA.





PAOLINI
HNOS

www.paolini.com.ar

EVENTOS

Nacionales e Internacionales

Próximos Eventos 2015



I CONGRESO MULTISECTORIAL DE LA CARRETERA

11 y 12 de mayo
Valladolid, España

» www.tecnocarreteras.es

Con el lema “**Por la innovación, la conservación, la competitividad y el empleo**” y bajo la organización de la Asociación de Empresas de Conservación y Explotación de Infraestructuras (ACEX) y la Asociación Española de Fabricantes de Mezclas Asfálticas (ASEFMA), en colaboración con la Asociación Española de la Carretera (AEC) y la Asociación Técnica de Carreteras (ATC).

El programa se organizará en tres sesiones: **Conservación, Innovación y Competitividad y Empleo**. Junto con estas sesiones, que contarán con expertos de diferentes empresas y administraciones para dar a conocer los últimos avances en el sector, se organizarán dos mesas redondas. La primera de ellas contará con responsables de conservación de diferentes administraciones de carreteras, y la segunda, con varios directores generales de carreteras.

Dirigido a:

Todos aquellos involucrados en la industria de las carreteras, empresas constructoras, proveedores de equipos, investigadores, técnicos y profesionales relacionados al ámbito vial.



CONGRESO INTERNACIONAL DE PAVIMENTOS DE HORMIGÓN Y ASFALTO

26 al 28 de mayo
Santiago de Chile, Chile

» www.acct.cl

La Asociación Chilena de Carreteras y Transporte (ACCT), en conjunto con la Dirección de Vialidad del Ministerio de Obras Públicas de Chile (MOP), el Instituto del Cemento y del Hormigón de Chile (ICH) y el Instituto Chileno del Asfalto (ICHAS), organizan el “**Congreso Internacional de Pavimentos de Hormigón y Asfaltos, Chile 2015**”.

Para la concreción de este evento, la **Asociación Chilena de Carreteras y Transporte** ha establecido una alianza con la **International Road Federation (IRF)** y contará con especialistas del sector público, privado y académico, quienes abordarán temas relacionados con el estado del arte, las innovaciones y tecnologías con relación al diseño, construcción, explotación y conservación de los pavimentos. La idea es generar un **espacio para la transferencia del conocimiento aplicado de las tendencias y las innovaciones** que se han venido utilizando a nivel mundial como solución a temas de pavimentos, haciéndolos más sustentables, durables, competitivos y de alto estándar de calidad.

Dirigido a:

Expertos internacionales en operación de túneles carreteros interesados en compartir y acrecentar su conocimiento sobre este tipo de infraestructuras, que cumplen un rol preponderante en la integración regional y el desarrollo económico de la zona.



INTERCISEV 2015

16 al 18 de junio
Madrid, España

» www.institutoivia.com

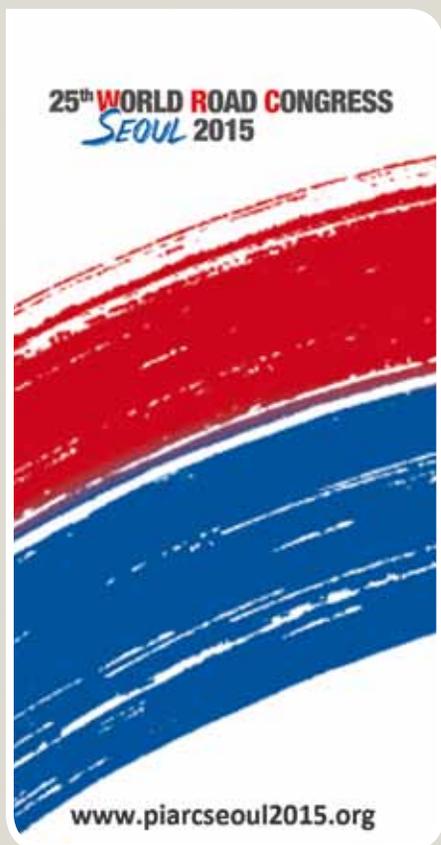
Bajo el lema “**La capacitación, la educación y la formación vial: prioridades para conseguir las metas del decenio**”, Madrid recibirá el congreso **INTERCISEV 2015**, un foro organizado por el Instituto Vial Ibero-Americano (IVIA), la Confederación Nacional de Autoescuelas de España (CNAE) y la Fundación Española de la Seguridad Vial (FESVIAL).

Este congreso nace con el objetivo de **profundizar en algunas de las materias analizadas desde una perspectiva más genérica en los Congresos Iberoamericanos de Seguridad Vial (CISEV)**. Para ello, se celebrará en años alternos al foro internacional.

IVIA da así carta de naturaleza a un encuentro que reunirá en la capital de España a destacados expertos en seguridad vial del ámbito ibero-latinoamericano, algunos de los cuales ya tuvieron una participación relevante en el IV CISEV, organizado en México del 30 de septiembre al 2 de octubre pasados.

Dirigido a:

Especialistas en seguridad vial, profesionales del sector, instituciones, organismos y empresas de infraestructura, consultoras, proveedores, fabricantes y todos los interesados en el ámbito de la seguridad vial.



XXV CONGRESO MUNDIAL DE LA CARRETERA

2 al 6 de noviembre
Seúl, República de Corea
» www.piacrseoul2015.org

El Congreso Mundial de la Carretera es un foro internacional de gran prestigio en el sector de las carreteras y el transporte vial. El congreso evoluciona permanentemente con el fin de convertirse en un foco de conexión entre diversas culturas y contribuir al desarrollo sostenible del sector del transporte por carretera.

En el **XXV Congreso Mundial de la Carretera Seúl 2015** se establecerá un concepto y una estrategia para crear nuevos valores en materia de carreteras y transporte, basados en los cuatro temas estratégicos de la Asociación Mundial de la Carretera (AIPCR-PIARC): Gestión y Rendimiento, Acceso y Movilidad, Seguridad, e Infraestructura.

Este evento se convertirá en un escenario de oportunidades para crear nuevos valores para el futuro del sector del transporte a través de la reunión de sus diferentes actores, la presentación de los resultados de buenas prácticas y numerosas investigaciones realizadas, el debate entre expertos y profesionales con diversos antecedentes en nuevas tecnologías, casos de diferentes países, y el establecimiento de un sistema de cooperación e intercambio de información.

Dirigido a:

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

XVIII CONGRESO IBERO LATINOAMERICANO DEL ASFALTO 2015 (CILA)

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

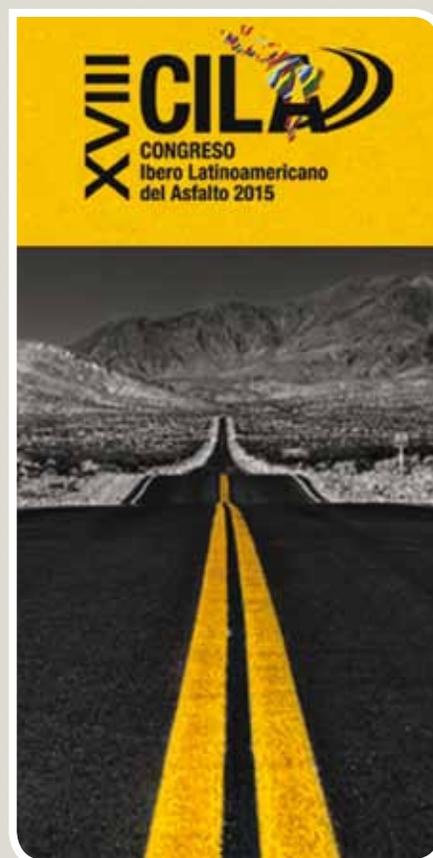
Cada dos años se realiza una nueva edición del **Congreso Ibero Latinoamericano del Asfalto** y en 2015 se desarrollará del 16 al 20 de noviembre en la ciudad de San Carlos de Bariloche, en la provincia de Río Negro, en la Patagonia Argentina.

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

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

Dirigido a:

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



HACIA LA VISIÓN CERO

Por un sistema vial seguro con CERO muertos o heridos graves

En los últimos seis años, los niveles de morbilidad como consecuencia de los siniestros de tránsito se han mantenido casi constantes en nuestro país, con las alarmantes cifras de 30.000 fallecidos en el lugar del hecho y más de 200.000 heridos graves durante ese lapso. Estas situaciones, dilatarán el cumplimiento del objetivo oportunamente trazado de tender a reducir en un 50% el número de víctimas fatales en el **Decenio 2011/20**, tal como lo ha requerido la **OMS** y las **Naciones Unidas**.

Al haberse transformado este flagelo en una situación endémica en los caminos argentinos, la **Asociación Argentina de Carreteras** se ve en la obligación de hacer un llamado a la reflexión e intentar poner en vigencia la filosofía planteada por la experiencia "**Visión Cero**", implementada por Suecia, en un principio, y por muchos países del mundo desde hace casi veinte años.

La **Visión Cero** intenta movilizar a la población y particularmente a todos quienes tenemos incumbencias en la movilidad comunitaria, a efectos de producir un cambio ético, paradigmático, que asegure la concreción de actitudes y acciones tendientes a la reducción de víctimas generadas por el tránsito, para que en un futuro cercano nadie muera con motivo de una actividad tan natural como la de transitar y para que dicha situación se mantenga sostenida en el tiempo.

Si bien se ha avanzado, ello parece ser insuficiente y debemos comprometernos con acciones concretas y mensurables para revertir esta situación.

Desde la **Asociación Argentina de Carreteras** realizamos la "**Declaración Hacia la Visión Cero**" (aquí publicada), y proponemos la adopción de este concepto cuyo principio fundamental es que "**nadie debe morir o resultar gravemente herido a raíz de un accidente de tránsito**".

Con ese espíritu, invitamos a todas las instituciones, asociaciones, dirigentes, legisladores y a la ciudadanía en general, a unirse a esta visión ética firmando un acta de compromiso para lograr la implementación de este cambio en la manera de pensar la seguridad vial, y así asegurar una reducción drástica y sostenible de muertos y heridos graves en accidentes de tránsito.

Todos aquellos interesados en firmar el "**Compromiso Hacia la Visión Cero**" podrán contactarse con la **Asociación Argentina de Carreteras** por e-mail a: secretaria@aacarreteras.org.ar o al 4362-0898.

DECLARACIÓN HACIA LA VISIÓN CERO DE LA ASOCIACIÓN ARGENTINA DE CARRETERAS

Siendo que la Declaración Universal de los Derechos Humanos expresa que el derecho a la vida y la integridad física corresponde a una ley natural no promulgada por el Estado pero sí reconocida por éste ya que pertenece y es inherente a la persona por el hecho de ser persona:

- que la Asamblea General de las Naciones Unidas en marzo de 2010 declaró la **“Década de Acción para la Seguridad Vial 2011-2020”** como un esfuerzo a nivel global para lograr innovaciones sobre Políticas en Materia de Seguridad Vial;

- que las estrategias tradicionales en nuestro país han puesto especial énfasis en las campañas de control del cumplimiento de las normas y en campañas de concientización y educación, que si bien han mejorado ciertos indicadores son insuficientes para el cumplimiento de los objetivos de la Declaración de la Década planteada por Naciones Unidas, lo que nos impone el compromiso de plantear nuevas estrategias con acciones concretas y mensurables destacando la importancia de la ingeniería en la infraestructura vial, en el diseño de los vehículos y su entorno;

- que siempre el ser humano ha cometido, comete y seguirá cometiendo errores y que por ende, el sistema del transporte vial debería estar diseñado de modo tal que cualquier error del usuario de la vía, sea éste conductor, peatón o ciclista, no significa una “sentencia de muerte” para él u otros usuarios;

- que para que ello sea así, es necesario contar con un **sistema vial seguro**, incluyendo no solo lo que hace a la responsabilidad de los que proyectan, construyen y mantienen el camino sino también a los partícipes de la industria automotriz que diseñan y fabrican los vehículos que circulan por las carreteras, de la policía que tiene la responsabilidad de que se cumplan las normas de circulación, de los funcionarios que habilitan el ingreso de nuevos conductores al sistema vial, de los que establecen las políticas públicas en la materia y de los cuerpos legislativos que deben aprobar leyes que preserven la seguridad de los ciudadanos;

- que los mencionados anteriormente no son los únicos responsables de la seguridad vial y que son muchos otros los que comparten esas responsabilidades, como es el caso de los sistemas de salud, el sistema judicial, el sistema educativo y también todas las organizaciones oficiales y privadas dedicadas a la seguridad vial;

- que por otra parte es responsabilidad de cada usuario de la vía pública obedecer las leyes y las normas que regulan la circulación, ya que dicha responsabilidad tiene que ver con circular por una vía de tránsito sin crear una amenaza a otros usuarios;

por todo ello, consciente de que la vida humana es el bien supremo que tiene prioridad sobre la movilidad y cualquier otro objetivo del sistema vial y que la protección de ese derecho fundamental es obligación de todos aquellos involucrados, la Asociación Argentina de Carreteras, que ha bregado desde sus comienzos por “más y mejores caminos”, redobla sus esfuerzos para que también sean seguros e indulgentes, proponiendo para nuestro país:

La adopción de “Visión Cero”, cuyo objetivo fundamental es que “nadie deba morir o quedar gravemente herido en un accidente de tránsito”, reafirmando el concepto del derecho a la vida de cada ciudadano.

“Visión Cero” fue aprobada por el Parlamento de Suecia en el año 1997 y su objetivo ha sido y es eliminar las muertes y los heridos graves en los accidentes de tránsito, a partir de un simple enunciado con un profundo significado ético:

“El único número aceptable de muertos o heridos graves en el sistema de tránsito es cero.”

Esto exigió una estrategia de coherencia y compromiso, para que Visión Cero constituya el fundamento de todo el trabajo relacionado con la seguridad vial; de esta enorme cantidad de actividades vinculadas a la ingeniería, el control y la educación, que deberían constituir el círculo virtuoso de la seguridad vial.

Además de Suecia, muchos países que han adoptado estrategias similares, con el enfoque puesto en un sistema vial seguro, han obtenido resultados satisfactorios, medibles y sostenibles en el tiempo. Visión Cero se basa en cuatro principios: la ética, la responsabilidad, la seguridad y los mecanismos para el cambio.

Esos cuatro principios plantean que:

- 1** La vida humana y la salud tienen prioridad sobre la movilidad y cualquier otro objetivo del sistema del tránsito vial. Ninguna otra riqueza puede ser equiparable a la vida humana.
- 2** El ser humano es falible. Por ello es que los que proyectan, construyen y mantienen la infraestructura vial como así también los que regulan el sistema del tránsito, deben compartir responsabilidades con los conductores y otros usuarios.
- 3** El sistema de tránsito vial debe tener en cuenta la falibilidad del ser humano y minimizar las oportunidades en las que se produzcan errores que generen perjuicios.
- 4** El ser humano tiene el derecho a un sistema de transporte seguro. Por ello es que el Estado debe involucrarse totalmente en esa tarea para garantizar la seguridad de todos los ciudadanos, sin relevar al individuo de su propia responsabilidad.

Por todo ello es que la Asociación Argentina de Carreteras invita a todas las instituciones oficiales y privadas, a los dirigentes, legisladores y a la ciudadanía en general, a unirse a este compromiso ético cuyo objetivo es producir un cambio en la manera de pensar la seguridad vial y la búsqueda de nuevas soluciones que aseguren la reducción drástica y sostenible de muertos y heridos graves en accidentes de tránsito. •



Asociación Argentina
de Carreteras



Juntos, podemos
salvar millones de vidas

CAMINOS DEL RÍO URUGUAY

S.A. DE CONSTRUCCIONES Y CONCESIONES VIALES



Caminos del Río Uruguay

Autopista Mesopotámica

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

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

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

CONSTRUIAMOS CAMINOS
HACIA EL PROGRESO


ROVELLA CARRANZA

Pavimentación Conexión Vial La Rioja | Chilicito por El Velazco
Prov. de La Rioja



ALTERNATIVA DE CIRCUNVALACIÓN DE LA CIUDAD DE BUENOS AIRES AUTOVÍA MATANZA-RIACHUELO



La Asociación Argentina de Carreteras hace propio este proyecto novedoso e innovador, presentado por el Ing. Felipe Nougés en el Pre-XVII Congreso Argentino de Vialidad y Tránsito, y se compromete a realizar los esfuerzos necesarios para su concreción.

Introducción

La problemática de dotar a los grandes conglomerados urbanos de circunvalaciones viales es un común denominador en las principales capitales del mundo. Se busca evitar que los viajes desde y hacia las urbes no se superpongan con aquellos que no tienen origen ni destino en las ciudades.

Desde hace décadas la circulación vial en los alrededores de la Ciudad de Buenos Aires (CABA) ha sido motivo de estudio permanente.

En este trabajo no se pretende hacer una enumeración integral de los abundantes antecedentes existentes, ni mucho menos una revisión de las conclusiones arribadas, sino simplemente dejar constancia de que la problemática existe y crece permanentemente en forma asociada al crecimiento de la población urbana y al aumento de la motorización, tanto de automóviles como de camiones. Estos últimos resultan insustituibles para el transporte de las mercaderías necesarias para el abastecimiento de la población y para el movimiento de las cargas asociadas al intercambio comercial.



La Ciudad de Buenos Aires, con carácter de autónoma desde la reforma constitucional de mediados de los noventa, y con una superficie del orden de los 200 Km², tiene características particulares.

- Su población no ha tenido crecimiento significativo en los últimos cuarenta años, manteniéndose en alrededor de 3,2 millones de habitantes. En ese período el país ha incrementado su población en más del 50% (de 25 a 40 millones de habitantes) y el Área Metropolitana de Buenos Aires (AMBA) lo ha hecho aún más. Actualmente el AMBA concentra el 35% de la población del país en una superficie no mayor al 0,1% del territorio continental nacional. La CABA, en las jornadas laborales, duplica su población con el ingreso y egreso de quienes desarrollan en ella sus actividades laborales, comerciales, etc. Esa demanda de movilidad, no cubierta por los medios masivos de transporte público, genera un aumento de la circulación vehicular que satura la red vial.

- El Puerto de Buenos Aires (PBA), de jurisdicción nacional, se encuentra ubicado en el área central de la ciudad y muy próximo a importantes núcleos urbanos y de movilidad como la zona de los Tribunales, las estaciones terminales ferroviarias y de ómnibus y la villa 31.

- El Puerto de Dock Sud está prácticamente integrado a la CABA y con un movimiento de contenedores que se equipara al PBA. Junto a él se encuentra el polo petroquímico Dock Sud, desde el que se abastece no sólo el AMBA sino a una parte importante del país.

- Los Mercados de Hacienda y Central de Buenos Aires, el área central (asiento del gobierno nacional y del funcionamiento administrativo del país), y el desarrollo urbano del barrio de Puerto Madero y la Reserva Ecológica de la CABA son actores que deben ser mencionados por su participación territorial y en el funcionamiento del movimiento vehicular.

- Las terminales fluviales de pasajeros de Retiro y Puerto Madero y el Aeropuerto Jorge Newbery (de reciente remodelación y ampliación) -de alcance regional- han incrementado notoriamente el movimiento de pasajeros.

- La Ciudad de La Plata, con su puerto y polo petroquímico, también confluyen al AMBA y a la CABA.

La CABA dispone de una red vial de alrededor de 30 Mm², de los cuales no más del 10% es la que se encuentra afectada a la Red de Tránsito Pesado (RTP).

Dada la problemática expuesta resulta necesario buscar un esquema de funcionamiento que tienda a lograr una separación eficaz del tránsito pasante (que no tiene origen ni destino en la ciudad) del local.

Esta búsqueda de diferenciación de tránsito (para lograr mayor eficiencia) se ha reflejado en los últimos años en la creación de los carriles exclusivos para el transporte público de pasajeros (metrobús) y la red de bicisendas, para inducir el uso de medios de transporte más sustentables y amigables.



Situación actual de la red de accesos a la Ciudad Autónoma de Buenos Aires

En el ámbito del AMBA, en el siglo pasado se desarrolló una red vial de alimentación y circunvalación de la CABA, conformada por accesos radiales y vinculaciones anulares.

Sin embargo, la situación es bastante disímil según se trate de unos u otros.

Los accesos radiales:

- 1) Acceso Norte. Autopista Panamericana, ramales Pilar, Campana y Tigre.
- 2) Acceso Oeste. Autopista Buenos Aires/Luján.
- 3) Autopista Buenos Aires/La Plata.
- 4) Autopista Ezeiza/Cañuelas.

Han tenido un desarrollo notorio desde la década del '90 gracias al esquema de concesión de obra pública implementado. La ampliación, rehabilitación, mantenimiento y administración de esta red, de alrededor de 300 kilómetros, satisface razonablemente la demanda vehicular. Sin embargo, la presencia del tránsito pesado y su regulación no han encontrado un modo armónico de circulación. Las vedas horarias en días festivos y en horarios de alta demanda según el sentido de circulación no han logrado el resultado buscado o han sido neutralizadas por acciones judiciales.

Siempre bajo la figura de la concesión de obra pública se han ido modificando los marcos contractuales de modo tal que permiten, en la actualidad, llevar adelante un plan de mejoras de esta red con ampliaciones de puentes, incorporación de nuevos carriles, construcción o modificación de intercambiadores, etc.

Por su parte, la red anular está conformada por:

- 1) Av. Gral Paz.
- 2) Camino de Cintura (RP4).
- 3) Camino Parque del Buen Ayre.
- 4) RP 6 La Plata/Campana.

Se encuentra en una situación bastante diferente, tanto en sus desarrollos como en el plano jurisdiccional.

La Av. Gral Paz (actualmente en proceso de ampliación) es dominio de la CABA y jurisdicción nacional. Se encuentra concesionada en conjunto con el Acceso Norte. Al llegar al límite sur de la CABA (Puente La Noria) cambia su status de funcionamiento continuando en el llamado Camino Negro (importante vía de acceso a la zona sudoeste del AMBA). Hay antecedentes del frustrado proyecto del Acceso Sudoeste con expropiaciones realizadas y usurpaciones de tierras que hoy día hacen muy difícil su concreción.

El Camino de Cintura y la RP 6 son jurisdicción de la Provincia de Buenos Aires. No sólo presentan configuraciones muy dife-

rentes sino que -y es lo más significativo- han evolucionado de distinta manera en sus objetivos originales de funcionamiento anular de la CABA.

El Camino de Cintura ha perdido, en la mayor parte de su desarrollo, su carácter de vía rápida, quedando sumergido en la trama urbana circundante.

En cambio, la RP6 (también en proceso de ampliación y puesta en valor) mantiene su función de anillo circunvalar, en un radio de aproximadamente 60 kilómetros del área central, y con una longitud de 220 kilómetros.

El Camino Parque del Buen Ayre (CPBA) es un caso muy particular. Fue construido, es explotado y administrado por la Coordinación Ecológica del Área Metropolitana S.E. (CEAMSE), empresa que realiza la gestión integral de los residuos sólidos del AMBA. Su construcción data de los años '70 y su extensión es del orden de los 23 kilómetros. Vincula el Acceso Norte con el Acceso Oeste.

Por decisión y con financiamiento del gobierno nacional, actualmente se encuentra en proceso su prolongación hasta la Ciudad de La Plata (Autopista Presidente Perón). Con la obra finalizada quedará completado este tercer anillo de 120 kilómetros de extensión que será, sin duda, fundamental para descomprimir el funcionamiento de todo el AMBA.

Pero, además, es una pieza (al llegar a su intersección con la Autopista Ezeiza/Cañuelas) clave para la conformación de la propuesta de circunvalación motivo de este artículo.

Ya en el ámbito de la CABA, su red de autopistas y vías rápidas está gestionada por Autopistas Urbanas S.A. (AUSA). La extensión de las mismas supera los 50 kilómetros (entre viaductos y terraplenes) y se vincula con los accesos radiales en el norte (mediante el par Av. Lugones/Av. Cantilo), oeste (mediante la AU Perito Moreno) y sur (mediante AU 9 de Julio sur) de la ciudad. También tiene su autopista (AU Cámpora) de vinculación futura (mediante la construcción de nuevos puentes sobre el Riachuelo) con el municipio de Lanús (Pcia. de Buenos Aires).

En el borde de la CABA que limita con el Riachuelo desde el año 2005 se han logrado avances significativos en la circulación con la construcción de la Av. 27 de Febrero, al aprovechar las grandes parcelas existentes que minimizan la cantidad de intersecciones a nivel.

En el marco de programas y acciones llevados a cabo para el saneamiento y recuperación de la cuenca Matanza/Riachuelo, y en el plano estrictamente vial, hay que señalar que es de suma utilidad la recuperación de los terrenos correspondien-

tes a la zona de camino de sirga. En los últimos años, el trabajo de la Autoridad de Cuenca Matanza Riachuelo (ACUMAR) ha permitido la construcción de la Avda. Carlos Pellegrini (*ver foto 1*) en la margen sur del Riachuelo, con diferentes configuraciones. Esta traza se encuentra -salvo tramos de escasa longitud- transitable hasta la intersección del Riachuelo con el Camino de Cintura (partido de Esteban Echeverría).



Foto 1

Sin embargo, y aun con las limitaciones existentes, no se ha podido mejorar la eficiencia de la infraestructura vial aledaña al Riachuelo.

Por ello, los ejes Autopistas Richieri/Dellepiane y Perito Moreno/25 de Mayo funcionan, de hecho, como cierres de circunvalación de la CABA para el tránsito (liviano y pesado) con el sur y el oeste.

Como dato no menor hay que resaltar que el recorrido de las Autopistas Richieri/Dellepiane/25 de Mayo es el camino de acceso obligado entre el Aeropuerto de Ezeiza (principal aeropuerto del país) y el área central.

Las autopistas Perito Moreno y 25 de Mayo fueron construidas a fines de los años '70 y libradas al tránsito en 1981. A partir de 1985 se habilitaron para circulación de tránsito pesado y ello sigue vigente en la actualidad. (*ver foto 2*)



Foto 2

A la fecha se encuentra en construcción en la AU 25 de Mayo un carril exclusivo central para transporte público de pasajeros que limitará, de algún modo, la circulación (ancho de carriles) y que coexistirá con la demanda actual.

Para el tránsito con origen y destino en los polos petroquímicos de Dock Sud y La Plata, la circulación por el Puente Nicolás Avellaneda es la única posibilidad de acceso al AMBA. Para la conexión con el sur y el oeste, la AU 25 de Mayo; mientras que hacia el norte, las arterias urbanas del barrio de La Boca y luego el eje Madero/Huergo/AU Illia. (*ver foto 3*)

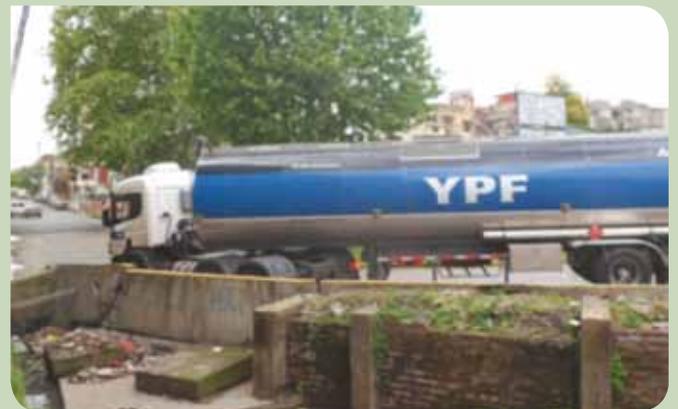


Foto 3

Por ello, en el frente fluvial de la CABA la ausencia de una vía de interconexión rápida para el tránsito pasante (tanto liviano como, y fundamentalmente, pesado) colapsa la infraestructura vial de los ejes Madero/Huergo, Paseo Colón/L. N. Alem y Av. 9 de Julio.

Esta situación es la consecuencia, no deseada, de la imposibilidad de haber construido la llamada Autopista Ribereña, por décadas postergada debido a motivos que no serán analizados en esta presentación.

Pese a ello, se han dado pasos importantes que han descomprimido puntos de conflicto. Entre ellos hay que destacar la habilitación al tránsito de la prolongación de la AU Illia hasta su encuentro con la Av. Cantilo. Esta obra ha permitido una mejora sustancial y benéfica de la circulación en la Av. Rafael Obligado (Av. Costanera) y el funcionamiento del acceso al Aeropuerto Jorge Newbery.

Antecedentes Históricos. Marco Legal

Los antecedentes históricos y, fundamentalmente, el marco legal existente o necesario para llevar adelante proyectos son elementos no siempre considerados al elaborar propuestas que, con el paso del tiempo, pueden convertirse en escollos insalvables, o en el mejor de los casos, en demoras considerables.

De manera sintética se señalarán algunos antecedentes existentes que permiten afirmar que la propuesta a realizar es posible de materializar, en términos generales, con el marco legal y normativo existente.

- **Decreto Nacional 8147/45, Decreto Provincial 22500/48 y Ley Provincial Nº 5448/49.**

En el mes de agosto de 1943 se suscribió el Convenio sobre Límites entre la Capital Federal y la Provincia de Buenos Aires, por Rectificación del Riachuelo. Se fijó (Art.4º) un ancho de 35 metros como zona de ribera.

En particular interesa, como se verá luego, la posibilidad de concretar la rectificación pendiente del Riachuelo en correspondencia con el Meandro de Brian.

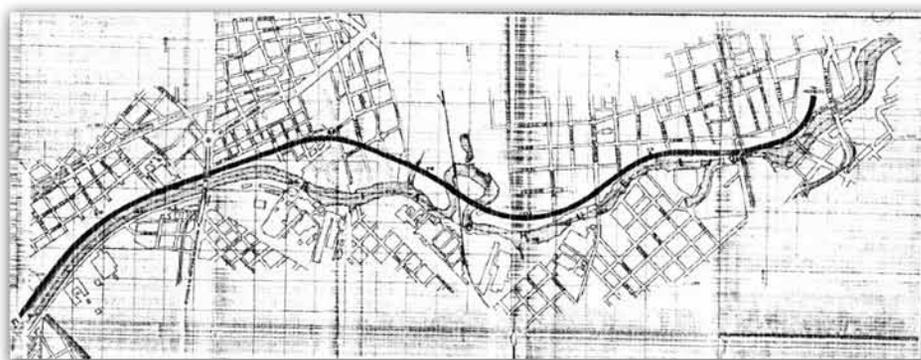


- **Ordenanzas 33403/77.**

Aprobación del ensanche de la traza de la Av. 27 de Febrero en el tramo comprendido entre la Av. Gral. Paz y el Puente José E. Uriburu, como así también la traza de su prolongación, paralela al Riachuelo, desde dicho puente hasta el Puente Pueyrredón. Declaración de utilidad pública y sujeta a expropiación de tierras privadas necesarias, habilitación al uso público del camino de sirga.

- **Ordenanza 34870/79.**

Modifica la traza de la Avda. 27 de Febrero conforme planos A-002 y A-003 de DGID del Ministerio de Defensa.



- **Código Civil. Art. 2639 y Art. 2640 que definen la figura del camino de sirga.**

La figura es aplicable al Riachuelo ya que constituye un curso de agua navegable o flutable. Se trata de un río interjurisdiccional y los estados locales son los titulares de la restricción establecida.

- **Decreto Nacional 2262/86.**

Establece el gálibo horizontal (20 metros) y vertical (+ 5 metros respecto al cero del Riachuelo).

- **Ley Nacional 20725/74.**

Establece la transferencia a la MCBA, a título gratuito, de la calle de la ribera de la margen del Riachuelo construida entre 1939 y 1940.

La Propuesta

Dado que se encuentra en ejecución la Autopista Presidente Perón (continuación del CPBA), que se vinculará mediante un distribuidor con la AU Ezeiza/Cañuelas en el km. 41, surge la oportunidad de generar la propuesta de alternativa de circunvalación de la CABA (ver gráfico 1), llamada Autovía Matanza - Riachuelo, que básicamente, consiste en:

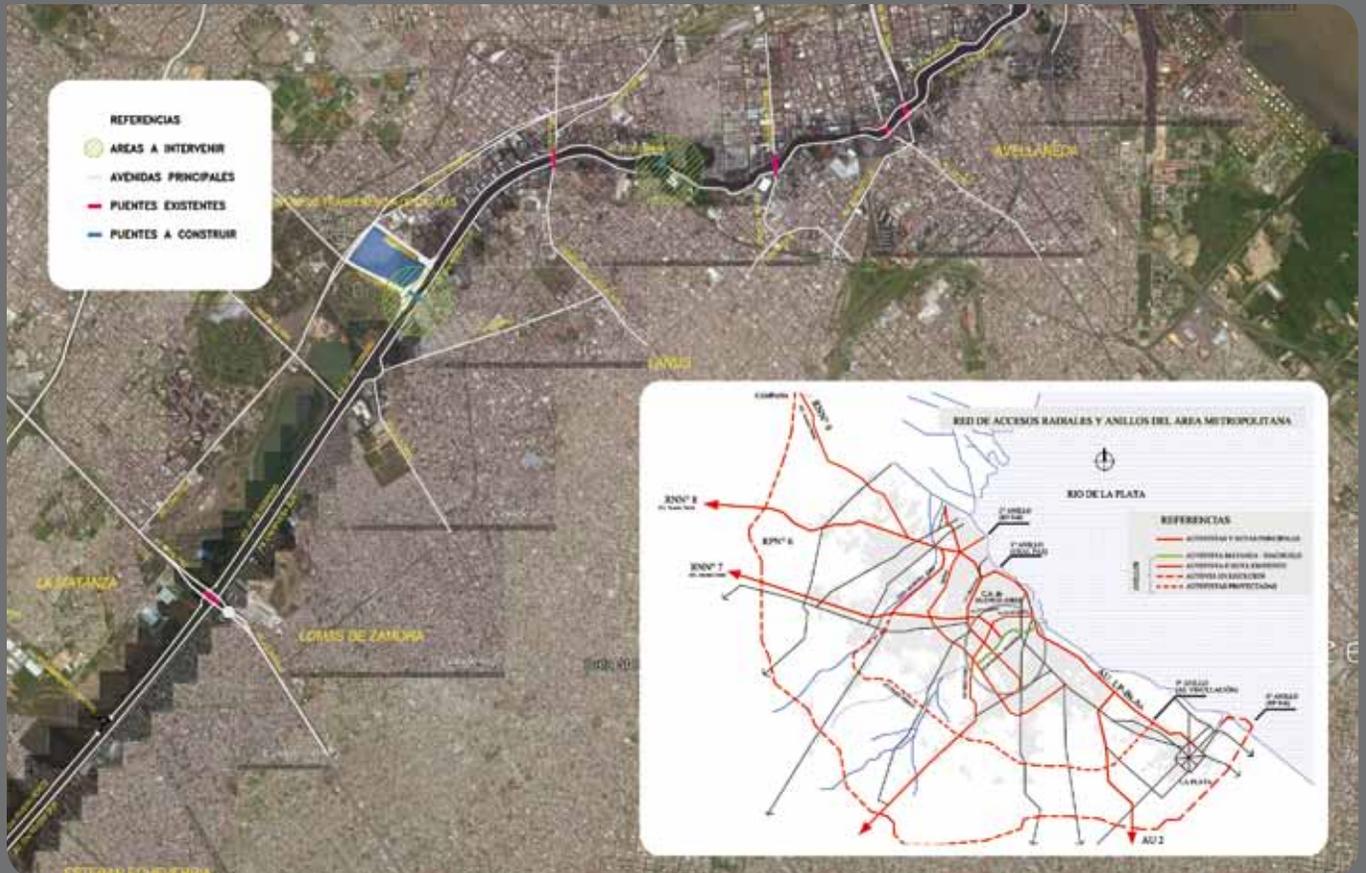


Gráfico 1

1) Ampliación de la AU Ezeiza/Cañuelas agregando un carril por sentido de vinculación hasta la AU Richieri. Incluye la ampliación y remodelación de los tres distribuidores de tránsito existentes.

2) Ampliación de la AU Richieri en el tramo comprendido entre la AU Ezeiza/Cañuelas y el puente sobre la rectificación del Río Matanza. Construcción de nuevo distribuidor de tránsito en la intersección.



Situación actual y propuesta

3) Construcción de nueva doble calzada (3+3) sobre el margen norte de Río Matanza rectificado desde AU Richieri hasta la Av. Gral. Paz.

4) Construcción de nuevo distribuidor de tránsito en la intersección con Camino de Cintura.



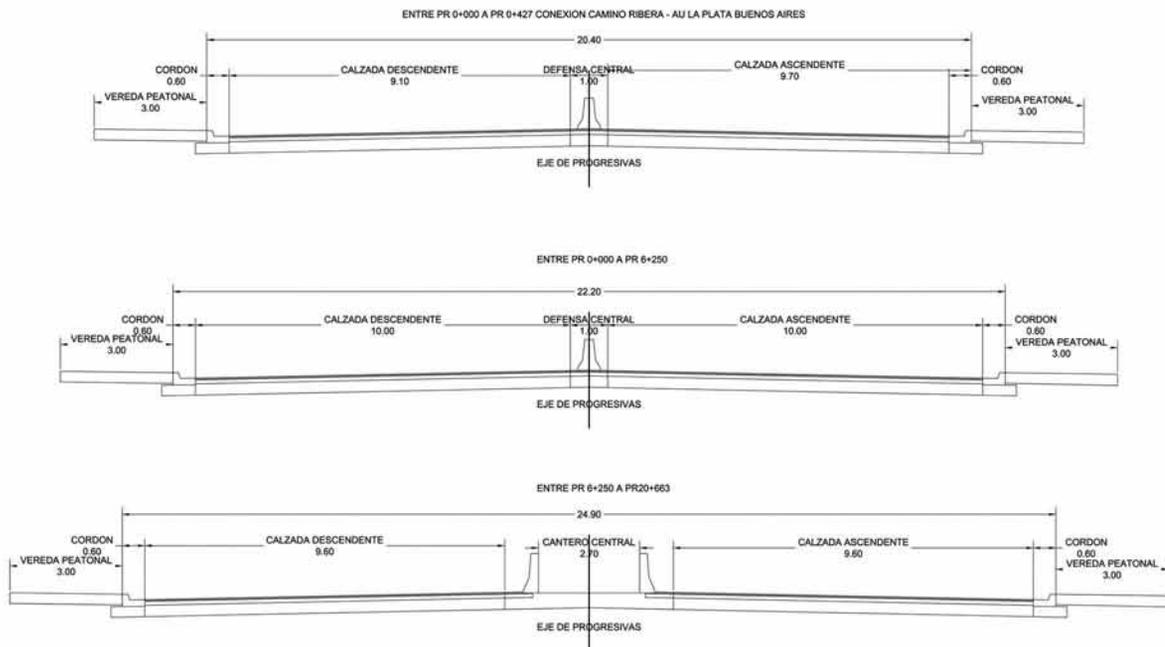
5) Construcción de nuevo acceso al Mercado Central de Buenos Aires desde el borde del Riachuelo.



6) Modificación de intercambiador de tránsito en Puente La Noria.



7) Ampliación de calzada (a 3+3 carriles) entre Puente La Noria y nuevo puente sobre Riachuelo a la altura del Meandro de Brian.



Perfil Tipo de Obra Básica

8) Nuevo puente sobre Riachuelo para vincular la AU Cámpora con el municipio de Lanús (Pcia. Buenos Aires).



9) Nuevo puente sobre Riachuelo en Meandro de Brian vinculando ambas márgenes.



10) Ampliación de la Av. Carlos Pellegrini (a 3+3 carriles) entre el Meandro de Brian y la AU La Plata/Buenos Aires.

11) Modificación de intersecciones de Av. Carlos Pellegrini con puentes Victorino de la Plaza, Bosch y viejo Puente Pueyrredón.

12) Intercambiador de tránsito en peaje Dock Sud de la AU La Plata/Buenos Aires.



Objetivos Posibles

- Lograr una circunvalación real y efectiva de la CABA para vincular la AU La Plata/Buenos Aires con la AU Presidente Perón mediante la construcción de una vía rápida utilizando ambas márgenes del Riachuelo/Matanza. Por la AU Presidente Perón conectar con el Acceso Norte de la CABA.
- Evitar el paso del tránsito pesado por el frente fluvial de la CABA.
- Reducir sustancialmente la cantidad de camiones que utilizan el eje Madero/Huergo y AU Illia ya que sólo debería satisfacerse la demanda del PBA.
- Posibilitar una vía alternativa para el tránsito pesado que utiliza la AU 25 de Mayo/Dellepiane/Richieri.
- Utilizar la AU Cámpora (desde Riachuelo) para el tránsito con destino al oeste (AU Perito Moreno).
- Utilización y puesta en valor del camino de sirga del Matanza/Riachuelo.
- Dotar al Mercado Central de un nuevo acceso desde el Riachuelo para evitar que el tránsito pesado acceda desde la AU Richieri.
- Lograr una integración efectiva de la franja sur de la CABA, comprendida entre el eje Dellepiane/ 25 de Mayo y el borde del Riachuelo.
- Mejorar el valor del suelo de la zona sur dado que es de esperar que haya una relocalización efectiva de los depósitos de mercaderías que proliferan en los barrios de La Boca, Pompeya, Barracas y Parque Patricios.
- Mejora efectiva de la conectividad entre el aeropuerto de Ezeiza y el Área Central.
- Mejora efectiva de la circulación vehicular en la zona norte (AU Illia/Av. Cantilo/Av. Gral. Paz/Acceso Norte) al disminuir drásticamente la circulación de camiones.
- Profundizar el criterio de diferenciación vehicular iniciado con la construcción de carriles exclusivos de ómnibus y bicisendas para disponer, de este modo, de condiciones de circulación más favorables para el tránsito pesado.
- Tener la posibilidad de reformular los criterios de demanda de la AU Ribereña y, consecuentemente, su diseño.
- Reformular los accesos al PBA, de modo tal que los mismos se realicen desde el sur por su cercanía con la alternativa de circunvalación.
- Completar la rectificación del Riachuelo (obra paralizada desde los '90) en el Meandro de Brian. Se podría generar una fracción de tierra importante (actual meandro) eventualmente útil para la relocalización de habitantes. •

El autor agradece la colaboración del Ing. Rodolfo Goñi, presidente de **CONSULBAIRES Ingenieros Consultores S.A.**

TÚNEL DE AGUA NEGRA Y CORREDOR BIOCEÁNICO CENTRAL

por el Ing. Julio Ortiz Andino
Coordinador General – Dirección Nacional de Vialidad
1° Delegado de Argentina ante PIARC/AIPCR
Coordinador Técnico de la Entidad Binacional Túnel de Agua Negra

1. Introducción

En el marco de integración física entre Argentina y Chile para el mejoramiento de la infraestructura del transporte terrestre existente entre ambos países, el Túnel de Agua Negra forma parte de un megaproyecto de conexión vial con transitabilidad permanente.

Este megaproyecto, denominado **“Corredor Bioceánico Central”**, consiste en una vía interoceánica que conecta el puerto pacífico de Coquimbo, en Chile, con el puerto atlántico de Porto Alegre, en Brasil, pasando por la región central de Argentina y Chile, prácticamente en línea recta este – oeste, convirtiéndose en un eje de producción y desarrollo al que accederán las grandes ciudades latinoamericanas, aumentando la capacidad de transporte internacional y potenciando su crecimiento económico y social. El objetivo consiste en lograr una conexión que incremente notablemente el comercio entre los países del Cono Sur Latinoamericano (MERCOSUR y Chile) y el mundo.

El Túnel de Agua Negra atravesará la Cordillera de los Andes a la altura del paso fronterizo de Agua Negra, uniendo las provincias de San Juan (Argentina) y la Región de Coquimbo (Chile), y otorgará a esta región oportunidades de comercio internacional determinantes para el desarrollo futuro.

Actualmente, el principal corredor existente en la zona central está representado por la Conexión Valparaíso-Mendoza a través del Paso Cristo Redentor, que vincula la Ruta Internacional

60 CH y la Ruta Nacional N° 7. Este trayecto, debido a sus características de camino de montaña, se ve afectado por fenómenos naturales de carácter climático que perturban su operación y obligan al cierre temporal de la vía por períodos que, en promedio, varían de 30 a 40 días por año. Ello se traduce en una conectividad fronteriza deficiente, en la que el tráfico internacional está limitado no sólo por la falta de capacidad para absorber mayor tránsito, sino también por el rigor del clima de cordillera que obliga a interrumpir sistemáticamente el paso en la temporada invernal.

Para solucionar este problema, en 1995 se estudió la posibilidad de construir un túnel a baja altura en este mismo corredor y luego se planteó la posibilidad de que existan otros corredores apropiados para el mismo efecto en otros lugares, dentro de la zona central de ambos países.

En 1998 se presentó un estudio técnico de un corredor alternativo con el mismo objeto, a partir de lo cual nació la propuesta del Grupo Técnico Mixto argentino-chileno de realizar un estudio complementario, a nivel de anteproyecto preliminar, del cruce internacional por el Paso de Agua Negra (San Juan, Arg. – IV Región, Chile). En el año 2003, la Dirección Nacional de Vialidad de Argentina y la Dirección de Vialidad de Chile encargaron el “Estudio de Prefactibilidad Técnica para definir las obras en la zona limítrofe del Paso de Agua Negra (provincia

de San Juan – IV Región), cuyo objetivo fue, en una primera etapa, identificar y seleccionar la alternativa de túnel más conveniente dentro del corredor Agua Negra, para luego avanzar en el estudio de los anteproyectos preliminares que correspondieren. En función de los estudios realizados, en el año 2004 se concluyó que las dos alternativas más convenientes fueron las denominadas variantes A1, que prevé un túnel de 5,5 km de longitud, y S2B, con un túnel de aproximadamente 14 km, siendo éstas las que mejor resultado presentaron frente a la combinación de criterios de selección utilizados en función de los antecedentes recopilados, los estudios de campo y los trabajos efectuados en gabinete.

Este proyecto es el primero que llevará a la práctica la construcción de un túnel trasandino de gran longitud y tránsito permanente a lo largo de todo el año.

2. Ámbito de actuación

El Paso de Agua Negra se ubica a 262 km de la ciudad de San Juan, al noroeste de la provincia homónima, en el departamento de Iglesia, República Argentina, y al este de la provincia de Elqui, en la IV Región de Coquimbo, Chile; sobre la Cordillera de los Andes.

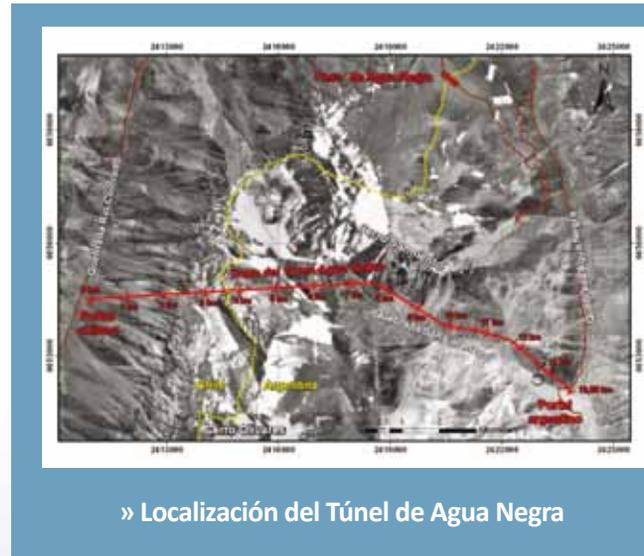
El área del proyecto se sitúa entre los paralelos 30º y 30º 20' de latitud sur, y entre los meridianos 69º 45' y 70º de longitud oeste, entre las Coordenadas Gauss Krüger 2.410.000 y 2.426.000 (meridianos) y 6.650.000 y 6.662.000 (paralelos). Toda la región es montañosa, con portezuelos en el límite internacional que alcanzan alturas importantes, a saber: el Paso de Agua Negra, con cota de 4.765 m.s.n.m.; el portezuelo del Agua Negra (que se encuentra a unos 1.500 metros más al norte), con cota de 4.875 m.s.n.m.; y La Lagunita, con cota de 4.830 m.s.n.m. La cumbre del Cerro Olivares, con una altura de 6.200 metros, es el punto más alto en el área del proyecto, 6,5 km al SE del portal chileno.

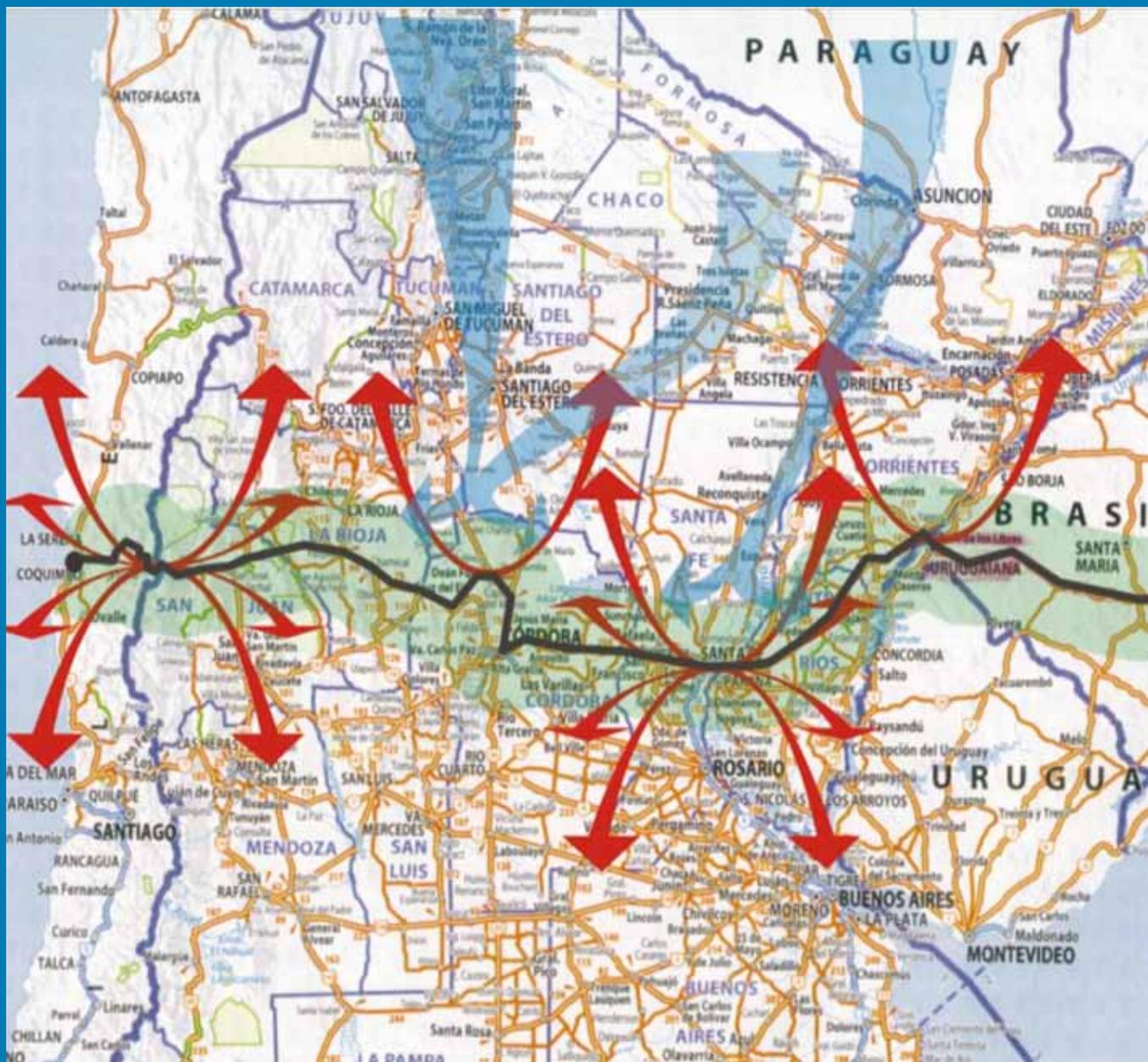
Del lado argentino, la ruta que accede al paso es la Ruta Nacional Nº 150, con su inicio en Patquía (provincia de La Rioja) y su final en el límite internacional con Chile, en el Paso de Agua Negra, totalizando un recorrido aproximado de 390 km.

La Ruta Nº 41 CH comienza en La Serena y termina en el límite internacional con Argentina, después de recorrer 227 km. Es un camino en excelentes condiciones desde La Serena hasta las inmediaciones de la Aduana, convirtiéndose luego en un camino consolidado hasta el límite con Argentina.

En el límite internacional el actual camino alcanza los 4.765 m.s.n.m. La nueva traza del Túnel de Agua Negra sustituirá en parte a la actual conexión por el paso. La traza comienza con su extremo oeste en la Quebrada del Río Colorado, a una altura de 3.620 m, atravesando el límite entre Chile y Argentina en la progresiva 3.900 con aproximadamente 1.750 m de

cobertura. Aproximadamente, los últimos 6,5 km del túnel se desarrollan en forma paralela a la Quebrada de San Lorenzo, atravesando el flanco sur del Cerro Sarmiento (5.820 m) hasta llegar al sector del portal argentino (4.080 m), que está ubicado cerca de la desembocadura de la Quebrada de San Lorenzo, en la Quebrada de Agua Negra.





3. Antecedentes

Como trabajos previos se cuenta con estudios geológico-geotécnicos e hidrogeológicos de superficie y profundidad. Se ejecutaron sondeos, ensayos dentro de perforaciones y ensayos en laboratorios. Además de los estudios geológicos, se efectuó un estudio conceptual del proyecto del Túnel de Agua Negra, que es tomado como base para el desarrollo de la ingeniería básica, con su posterior optimización, y los estudios ambientales.

Entre los estudios específicos realizados se mencionan los siguientes:

- **Estudio de Prefactibilidad Técnica:** para definir las obras necesarias en la zona limítrofe del Paso de Agua Negra, provincia de San Juan – IV Región, encomendado por parte del Grupo Técnico Mixto Argentino – Chileno y financiado por los dos países. Llevado a cabo en los años 2003 y 2004, con entrega del informe final en mayo de 2004.

- **Estudio de Demanda Potencial en Argentina del Paso Fronterizo de Agua Negra (provincia de San Juan – IV Región):** estudio financiado por la provincia de San Juan con fondos del Consejo Federal de Inversiones, llevado a cabo en los años 2004 y 2005, con entrega del informe final en marzo de 2005.

- **Estudio de Demanda y Rentabilidad Social para el Túnel del Paso de Agua Negra:** estudio encomendado por la Dirección de Vialidad de Chile, realizado a comienzos del año 2008, cuyo objetivo es desarrollar un estudio de demanda y un estudio de rentabilidad social y prefactibilidad económica del mejoramiento de la conexión internacional a través del Paso de Agua Negra, incluyendo un túnel limítrofe.

- **Estudio Topográfico Preliminar y Desarrollo del Mapeo Geológico – Geotécnico e Hidrogeológico:** estudio encomendado por la Dirección Provincial de Vialidad de San Juan, Argentina, a inicios del año 2008, con plazo de ejecución de aproximadamente 7 meses.

- **Estudio Geológico-Geotécnico e Hidrogeológico de Profundidad mediante Perforaciones y Ensayos para el Proyecto del Túnel de Agua Negra - Etapas I, II y III:** desarrollados en la temporada de verano desde el año 2008 hasta el año 2014. Las campañas consistieron en el desarrollo de un programa de exploraciones subsuperficiales, incluyendo sondeos geotécnicos con extracción de testigos, perfiles geofísicos y ensayos hidrogeológicos y geotécnicos dentro de las perforaciones, como también un programa de ensayos de laboratorio, junto con la ejecución de mapeos geológicos de mayor detalle en zonas de interés. Como resultado de estos trabajos se caracterizó geomecánicamente una buena parte del trazado del túnel, distinguiéndose diferentes tipos de macizos rocosos y estructuras geológicas, las que, conjuntamente con el análisis de la influencia de la situación hidrogeológica y la estimación de tensiones principales a la profundidad del trazado, permitieron realizar una primera clasificación geológico-geotécnica del macizo que será atravesado por el túnel; clasificación ésta que se sintetizó en un perfil longitudinal para todo el trazado.

- **Estudio Conceptual para el Túnel de Agua Negra:** estudio encomendado por parte de la Dirección Provincial de Vialidad de San Juan a inicios del mes de diciembre del año 2008. El objeto de este estudio fue la evaluación de soluciones globales del Túnel de Agua Negra, considerado como un “sistema” integral, es decir, evaluando conjuntamente todos los aspectos de diseño a nivel de obra civil, constructivos, de opera-

ción, de mantenimiento y de seguridad. La propuesta técnica que surgió de este estudio, consistente en la ejecución de un túnel de dos tubos de tránsito unidireccional, es la que se constituye en base de partida para el desarrollo del Proyecto de Ingeniería Básica.

- **Ingeniería Básica del Túnel de Agua Negra:** estudio encomendado por la Dirección Provincial de Vialidad de San Juan con financiamiento del BNDES de Brasil. El estudio comenzó en el año 2009. El objeto es obtener toda la documentación necesaria para llevar a cabo el llamado a licitación del Proyecto de Ingeniería Definitivo y la construcción de la obra.

- **Estudio de Impacto Ambiental Preliminar (EsIAP) y definitivo (EsIA) del Túnel de Agua Negra:** estudio encomendado por la Dirección Provincial de Vialidad de San Juan con financiamiento del BNDES de Brasil. El estudio comenzó en el año 2009. Este estudio abarca el proyecto en su totalidad: el túnel, sus obras subterráneas y a cielo abierto asociadas, como edificios de portales, salas de control, subestaciones eléctricas, caminos de acceso, comunicación con las Rutas existentes N° 41 de Chile y N° 150 de Argentina. También abarca el impacto sobre el área de influencia directa e indirecta del paso una vez abierto.

- **Nuevo Estudio Conceptual para el Túnel de Agua Negra:** estudio encomendado por la Dirección Provincial de Vialidad de San Juan en el segundo semestre del año 2012. El objetivo de este estudio es la Optimización del Proyecto Básico mediante sistemas de ventilación alternativos y racionalización del proyecto civil en relación con la sección tipo del túnel y sus obras anexas. El fin último es desarrollar una solución factible con costos de inversión menores respecto de los del Proyecto Básico existente.

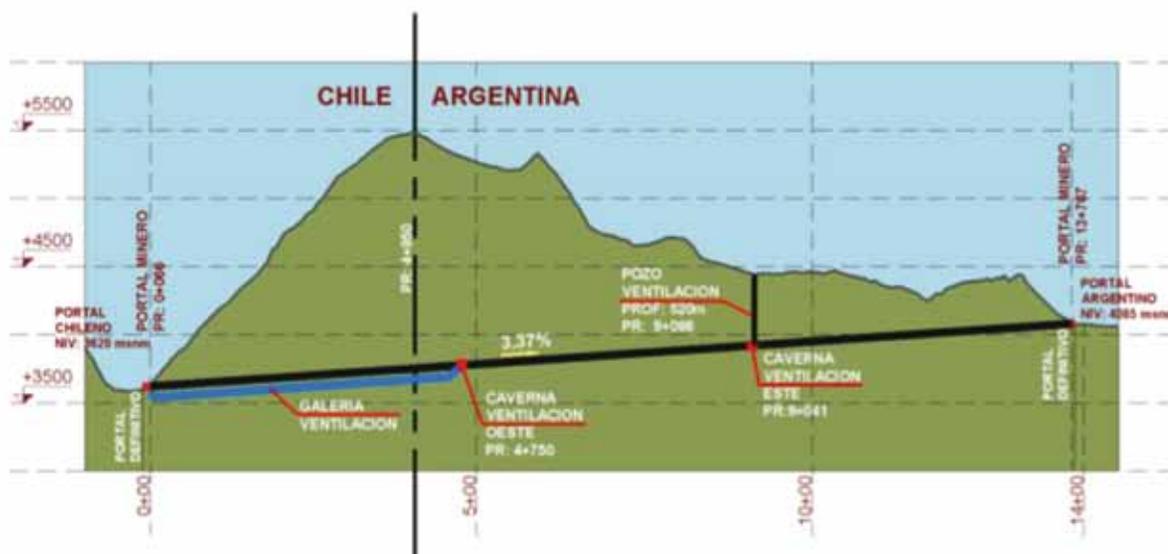
- **Optimización de la Ingeniería Básica del Túnel de Agua Negra:** estudio encomendado por parte de la Dirección Provincial de Vialidad de San Juan. Comenzó a inicios del año 2013. El objetivo de la fase del proyecto actual es la modificación parcial y la optimización de la Ingeniería Básica de Proyecto desarrollando los conceptos presentados en el Nuevo Estudio Conceptual.

4. Descripción general del proyecto



El proyecto del Túnel de Agua Negra se compone de las siguientes obras subterráneas:

- 2 túneles de tránsito unidireccional paralelos de aproximadamente 13,9 km de longitud. El Túnel Norte es recorrido por el tránsito hacia Chile (dirección este-oeste). El Túnel Sur prevé la circulación del tránsito hacia Argentina (dirección oeste-este).
- 46 galerías de interconexión peatonal, cada 250 metros, como vía de escape para usuarios en caso de emergencia.
- 6 galerías de interconexión vehicular, cada 1500 metros, como vía de escape para usuarios y tránsito de vehículos de emergencia (bomberos, policía, ambulancia) y de mantenimiento. En su interior se albergan, además, locales eléctricos con los equipamientos electromecánicos.
- 2 centrales de ventilación (este y oeste) con sus respectivas bahías de detención, ubicadas aproximadamente a un tercio y a dos tercios de la longitud del túnel para la instalación de los ventiladores y de los equipamientos electromecánicos necesarios para el funcionamiento del túnel.
- Una galería de ventilación entre el portal Chile y la central de ventilación oeste, de aproximadamente 4,5 km de longitud, para la evacuación de los humos en caso de incendio.
- Un pozo de ventilación vertical (altura 500 m) entre la central de ventilación este y la superficie para la evacuación de los humos en caso de incendio, con chimenea y edificio técnico en la cabeza del pozo y camino de acceso correspondiente.
- 2 edificios con locales técnicos ubicados en ambos portales entre los falsos túneles, para alojar los equipamientos electromecánicos necesarios para el funcionamiento del túnel.



» Perfil longitudinal del Sistema

Asimismo, forman parte del proyecto del Túnel de Agua Negra las siguientes obras externas:

- Carretera de acceso del lado chileno, desde el portal oeste del túnel hasta la conexión con la Ruta Nacional N° 41 existente.
- Carretera de acceso del lado argentino, desde el portal este del túnel hasta la conexión con la Ruta Nacional N° 150 existente.
- Los edificios de control local, la subestación, el patio de alta tensión y el grupo generador diesel, ubicados en proximidad de los dos portales del túnel.
- El centro de control operativo a distancia en el lado argentino.
- El centro de mantenimiento e intervención a distancia en el lado chileno.

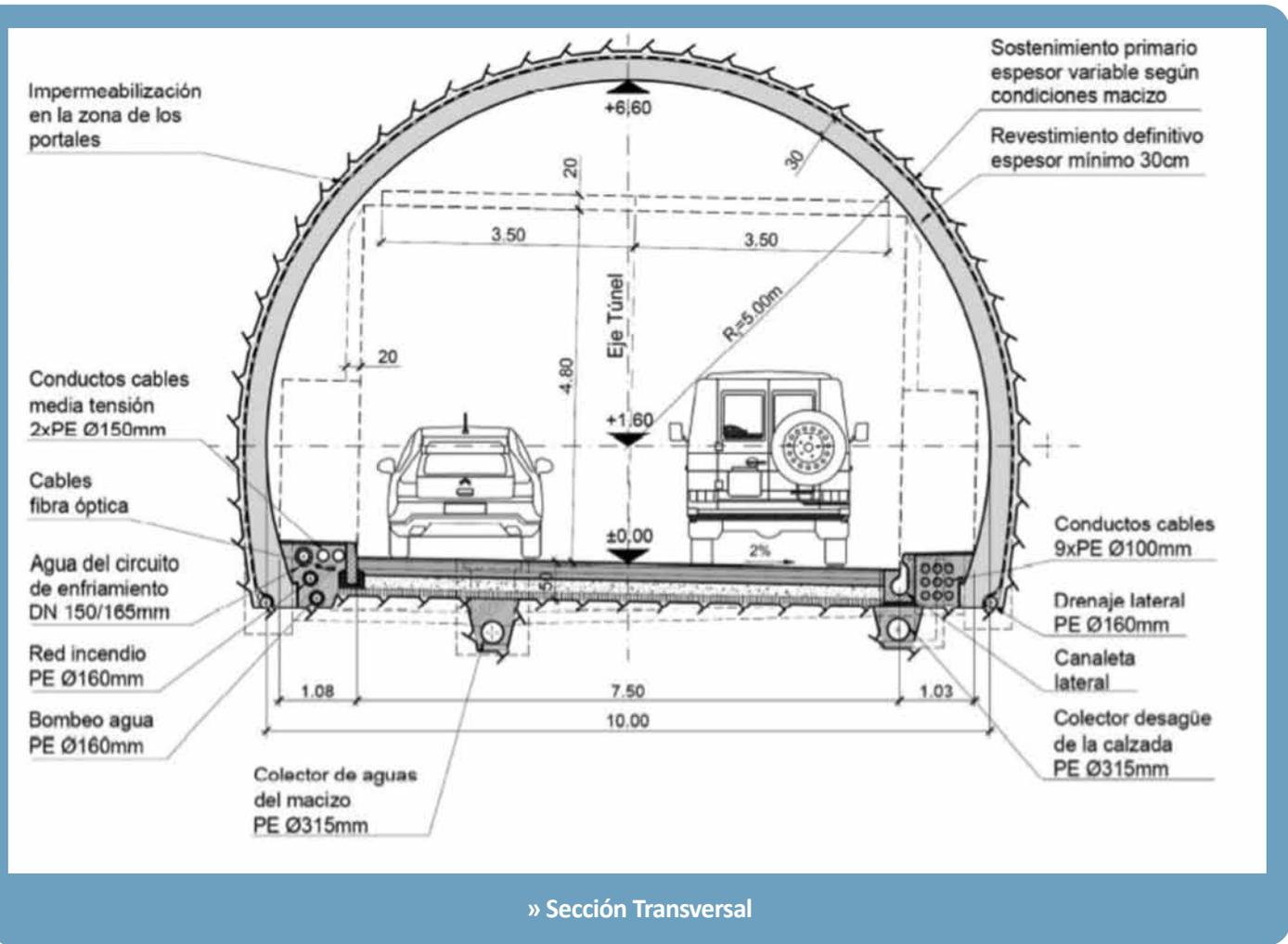
Al estar emplazada esta obra entre los 3600 y 4000 m.s.n.m., se convierten en trascendentales los factores de seguridad y operación que influyen directamente sobre el diseño geométrico del trazado, el sistema de ventilación y el equipamiento

de seguridad de los túneles. Todos ellos han sido evaluados con suficiente detalle en la ingeniería básica, a fin de garantizar que sean también respetados en la posterior fase de ingeniería de detalle a cargo del grupo contratista que resulte adjudicatario de la licitación.

Por tratarse de accesos de alta montaña se prevén mantener pendientes máximas por debajo del 3,45%.

En una primera instancia, el trazado del túnel queda determinado por la optimización de las condiciones geológicas, geotécnicas e hidrogeológicas del macizo, las que imponen un corredor dentro del cual debe desarrollarse, respetando los criterios de diseño geométrico que imponen las normas de ambos países y las recomendaciones actuales relativas a túneles internacionales.

Desde un punto de vista geométrico, las características principales de la propuesta desarrollada son la materialización de ingresos a los portales en curva, el desarrollo altimétrico con la mínima pendiente longitudinal posible uniforme en toda la longitud del túnel y la búsqueda de un trazado curvilíneo

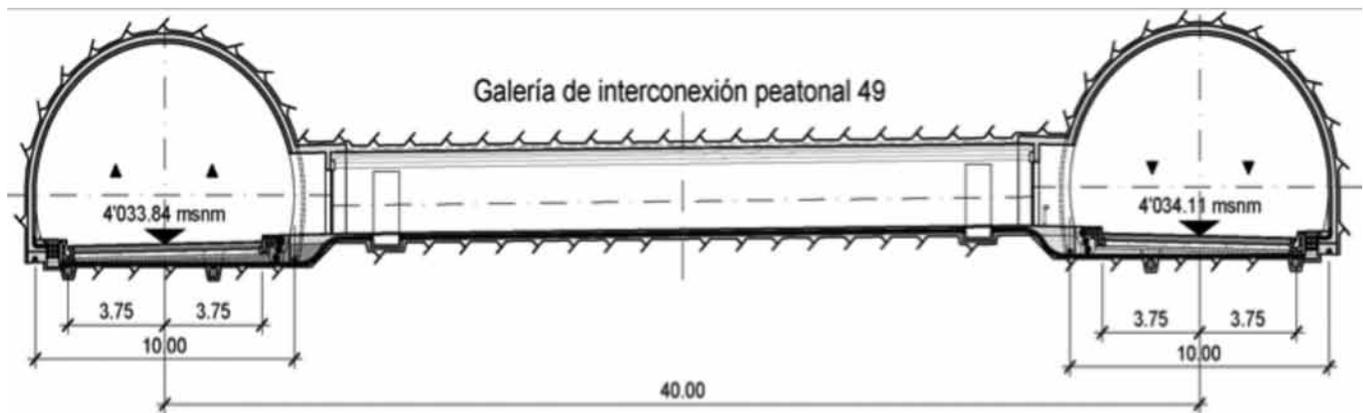


armónico, tendiente a evitar tramos rectos de más de 1500 m a 2000 m de longitud, para garantizar que los usuarios mantengan un alto grado de concentración en el manejo. Mediante este criterio de diseño se busca romper la monotonía que se genera dentro de túneles largos, especialmente en casos como éste, donde el ambiente es falto de oxígeno, situación que se ve acentuada con un trazado que exhibe largos tramos rectos.

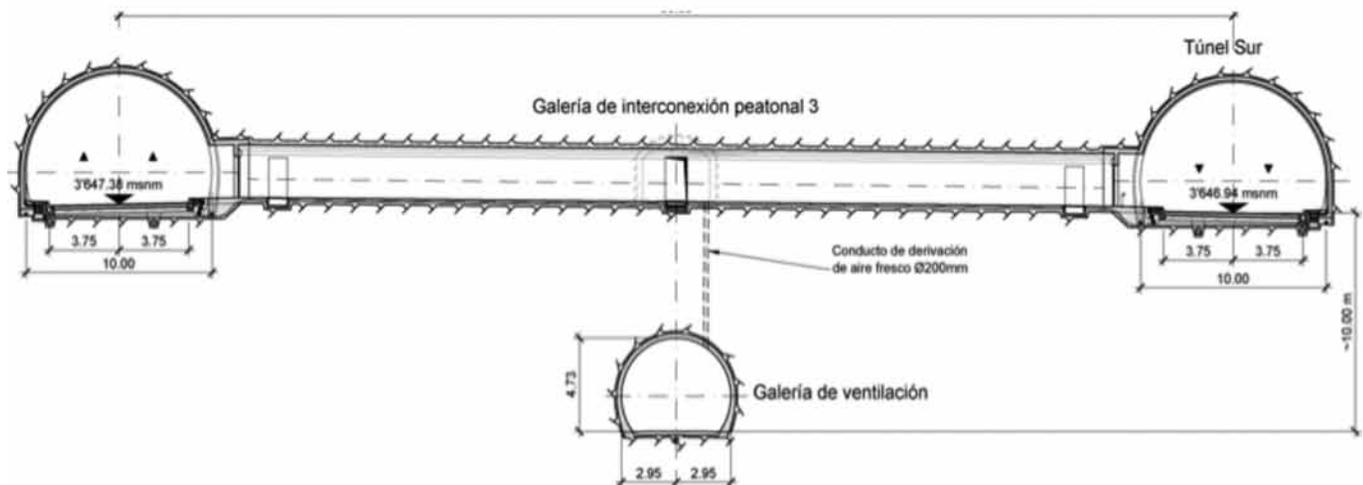
El diseño propuesto, por lo tanto, no sólo logra el citado efecto de mantener la atención del usuario, sino que además provee

suficiente distancia de visibilidad de frenado para prevenir situaciones de emergencia en caso de alguna maniobra imprevista dentro del túnel.

La velocidad de diseño dentro de los túneles se ha establecido en 100 km/h, de modo de tener suficiente reserva y un alto nivel de transitabilidad para cualquier situación futura a la que se deba enfrentar la obra.



» Sección Transversal Típica (lado argentino)



» Sección Transversal Típica (lado chileno)

CARACTERÍSTICAS DE LOS TÚNELES PRINCIPALES	
Cobertura Máxima:	1750m
Longitud Total del Túnel Norte:	13826,47m
Longitud Total del Túnel Sur:	13902,46m
Diferencia de Altura entre Portales:	465m
Cota Portal Chileno	+3620 msnm
Cota Portal Argentino	+4085 msnm
Cota Pozo de Ventilación	+4445 msnm
Pendiente Longitudinal Máxima:	3.45%
Separación entre Túneles:	40 a 60 m
Pendiente Transversal de Calzada:	2.50 %
Ancho Máximo Exterior de Túneles (NATM):	10.8 m
Longitud Total de Excavación Túneles Principales:	Aprox. 27.9 km
Galerías de Interconexión Peatonal	Cada 250 m

OBRAS SUBTERRÁNEAS COMPLEMENTARIAS ASOCIADAS AL SISTEMA DE VENTILACIÓN	
Caverna de Ventilación Oeste	
Ancho Exterior de Excavación:	20.0 m
Longitud de Excavación:	50.0 m
Túnel de Ventilación	
Ancho Exterior del Túnel de Ventilación:	6.6 m
Longitud Total del Túnel de Ventilación:	Aprox. 4500 m
Caverna de Ventilación Este	
Ancho Exterior de Excavación:	20.0 m
Longitud de Excavación:	60.0 m
Pozo de Ventilación	
Diámetro de Excavación del Pozo:	5.3 m
Altura de Excavación del Pozo:	500 m
Método Constructivo del Pozo	Raise Boring

5. Entidad Binacional Túnel Internacional Paso de Agua Negra

Con motivo de firmarse -el 30 de octubre de 2009- el Tratado de Integración y Cooperación entre Argentina y Chile, se suscribió también el Protocolo Complementario sobre la constitución de la Entidad Binacional para el Proyecto “**Túnel Internacional Paso de Agua Negra**”.

La misma está integrada por cuatro miembros de cada país. Por Argentina hay un representante de Cancillería, dos del Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios; y el restante, de la provincia de San Juan.

Las principales atribuciones que tiene esta entidad binacional son:

- Reunir los antecedentes necesarios a fin de elaborar los pliegos correspondientes para la concreción del túnel.
- Revisar y aprobar los estudios técnicos necesarios.
- Elaborar y aprobar el marco regulatorio para la ejecución de la obra.
- Proceder al llamado a licitación pública y conducir el proceso licitatorio en todas sus instancias, incluyendo los procesos previos hasta la adjudicación.

- Actuar como organismo de control e inspección de obras durante la ejecución de los contratos y hasta su extinción, asumiendo para tal fin las funciones regulatorias y de supervisión necesarias. Esta actuación podrá hacerse en forma directa o a través de terceros.
- Aprobar los reglamentos necesarios para la operación y el uso del túnel.
- Ejercer las potestades de mantenimiento, administración y explotación del túnel.
- Fijar el valor de los derechos por el uso del túnel y determinar los lugares de cobro.
- Emitir un informe anual a los gobiernos de cada país, con los principales resultados e hitos de todas las etapas relativas al proyecto.

Sin la creación de esta entidad binacional no se hubiera podido avanzar en la concreción de esta importante obra binacional.

6. Financiamiento de la obra

La obra se licitará con la concreción del proyecto definitivo, la construcción del túnel y la provisión del financiamiento de un 72% del presupuesto total.

Los costos para la realización del túnel serán asumidos por ambos países, en forma proporcional a su participación territorial en el trazado, esto es: un 72% la Argentina y un 28% Chile.

7. CONCLUSIÓN

Esta es una obra estratégica para el desarrollo geopolítico de la región centro-norte de la República Argentina. La construcción del Túnel de Agua Negra, las mejoras en la Ruta Nacional Nº 150, en Argentina, y la Internacional CH 41, en Chile, concentrarán un proyecto estratégico de desarrollo geopolítico trascendental concebido y diseñado por los gobiernos de las Repúblicas de Argentina y Chile.

El Túnel de Agua Negra, la R.N. Nº 150 y la CH41, junto al Puerto de Coquimbo, tienen una importancia relevante como integrantes estratégicos del eje Mercosur-Chile, como articulación troncal y complemento reticular de la red vial de las provincias del centro-norte argentino. Este sistema vial, asociado con la gran plataforma de servicios disponibles en Chile, será de suma importancia para una Argentina que exportará el doble de su producción actual en menos de una década.

El principal propósito de la construcción de esta obra será fomentar el desarrollo de los territorios que recorre, acercar el comercio y la industria por vía marítima a los mercados de Asia, América y Australia, e integrarlos con la excelente oferta turística de La Serena y Coquimbo.

El Paso de Agua Negra, asociado al gran desarrollo del Puerto de Coquimbo, receptorá las necesidades que el mercado de Asia-Pacífico demandará con su dinámica en el futuro, por lo que es un elemento de suma importancia para el éxito de este proyecto estratégico geopolítico binacional.

De esta forma, las regiones del centro-norte del interior argentino y la región chilena de Coquimbo se transformarán en espacios económicos bioceánicos, superando el corte que significa la Cordillera de los Andes. Los países ribereños de esta región del Pacífico representan alrededor de un 50% del PBI

mundial, concentrando una cifra cercana al 37% de las exportaciones que se efectúan en el mundo.

Los gobiernos de Argentina y Chile, conscientes de ello, han trabajado muy intensamente para que esta antigua idea se haga realidad.

Los primeros antecedentes relacionados con el Paso de Agua Negra se remontan al año 1935, cuando se firma el 1º Acta-Acuerdo entre las Cancillerías de Argentina y Chile. A partir de ese momento se han sucedido innumerables gestiones con el objeto de construir una ruta internacional por el Paso de Agua Negra hasta llegar a este momento, en que la construcción del túnel será una realidad en el corto plazo. Las necesidades de mantener operativo el Paso de Agua Negra durante todo el año requieren la construcción de un túnel que se ajuste a las demandas de tránsito y demás condiciones de trazado y funcionamiento seguro.

El Túnel de Agua Negra, junto a la excelente plataforma de servicios de Chile y el Puerto de Coquimbo constituirán una puerta de entrada y salida permanente a la más grande superficie terrestre continental y dimensión poblacional del mundo: en ella se concentra el 50 % de la humanidad y por ello constituye un gigantesco mercado.

Con la reciente aprobación por el Congreso del II Protocolo Complementario al Tratado de Maipú de Integración y Cooperación entre la República Argentina y la República de Chile relativo al proyecto "Túnel Internacional Paso de Agua Negra", el llamado a licitación del Túnel de Agua Negra se concretará durante el primer semestre del año. •



**CAMARA ARGENTINA
DE CONSULTORAS
DE INGENIERIA**

50 AÑOS

Libertad 1055 3º piso (1012) Ciudad de Buenos Aires, Argentina • Tel./Fax: (54 11) 4811 8286/ 5246-2849
cadeci@cadeci.org.ar / www.cadeci.org.ar



CHEDIACK

*Una presencia permanente en la construcción y
mantenimiento de las rutas argentinas*





Entrevista Ing. Juan E. Marcet

Director Escuela de Ingeniería de Caminos de Montaña

Entre el 15 y el 17 de abril de 2015 se celebrará en San Juan el Seminario Internacional “*Explotación de Túneles Carreteros Binacionales de Montaña*”, que organiza el Comité Técnico C3.3 ‘Explotación de Túneles de Carretera’ de la Asociación Mundial de la Carretera (PIARC) y la Escuela de Ingeniería de Caminos de Montaña (EICAM) de la Universidad Nacional de San Juan. Para conocer detalles de sus alcances e importancia, entrevistamos al Director de la EICAM y presidente ejecutivo de la comisión organizadora del seminario, Ing. Juan E. Marcet.

¿Cuáles serán las principales temáticas que se abordarán en el seminario?

Casi todas las presentaciones estarán relacionadas con los temas de estudio propios del Comité C3.3 de la PIARC, que en esencia se ocupa de la explotación y la seguridad de los túneles carreteros, pero existirá un enfoque especial hacia las características particulares de los túneles binacionales de montaña, de considerable longitud y de media a elevada altitud. Esas especificidades presentan desafíos técnicos particulares que en nuestra región merecen ser debatidos, profundizados y, en la medida de lo posible, dominados. Me refiero entre otras cosas a la adecuada operación de los centros de control binacionales, a los acuerdos intergubernamentales para su administración conjunta, a las previsiones para atender las contingencias climáticas y los incidentes de la circulación, a la capacitación y coordinación de los servicios de emergencia, a los efectos de la altitud, a la capacitación de los conductores particulares y de vehículos comerciales y, por supuesto, a una explotación sensible del medio ambiente.

¿A qué región se refiere, y por qué San Juan?

Me refiero a toda la Cordillera de los Andes, la gran barrera natural que separa los países de la vertiente del Atlántico de los del Pacífico, que tendrá que ser vencida cada vez con mayor eficiencia para integrar verdaderamente nuestros pueblos

y sus economías. En nuestro país están en marcha iniciativas para concretar túneles importantes a través de la cordillera: Agua Negra, el Bioceánico Aconcagua, Las Leñas, etc., de los cuales el que está más próximo a construirse es el de Agua Negra. De ahí la elección de San Juan para ser sede de este seminario, porque la PIARC quiere contribuir a fortalecer la adquisición de conocimientos – en Argentina, Chile y otros países andinos - que serán esenciales para operar estas grandes obras de infraestructura con eficiencia y seguridad.





¿Cómo está organizado el seminario?

Se inicia el miércoles 15 de abril con una sesión de apertura a la que concurrirán destacadas personalidades gubernamentales de Argentina y Chile. A partir de entonces se sucederán siete sesiones, cada una enfocada a una temática específica, con la participación de dos o tres expositores por sesión. Al final de cada sesión se destinarán veinte minutos para que la audiencia pueda hacer preguntas o comentarios a los expositores, para aclarar dudas o profundizar temáticas. Estas rondas de preguntas son de la mayor importancia para la PIARC, porque por experiencia sabe que en esas rondas se enriquecen las temáticas expuestas, con la retroalimentación del público asistente. Además, la PIARC procura que exista una participación relativamente equilibrada entre los expositores locales o regionales y aquellos expertos de ultramar. Ello porque reconoce que la profundización del conocimiento no es un fenómeno que se dé en un solo sentido; porque las prácticas que son exitosas en un entorno no siempre pueden aplicarse con igual resultado en situaciones sustancialmente diferentes. Y así surge el verdadero enriquecimiento .

Es de destacar que durante un día completo del seminario se llevará a cabo una “visita técnica”, que en este caso consistirá en recorrer la Ruta Nacional Nº 150, en el tramo en que ésta cruza la Sierra de Valle Fértil, cerca del Parque Provincial de Ischigualasto, en el norte de San Juan. En esta ruta, que acaba de ser calificada por la Asociación Argentina de Carreteras como la “Obra Vial del Año”, se tratará de ejemplificar cómo la adopción de túneles viales resultó ser un potente recurso de diseño para resolver problemas de trazado en una topografía muy accidentada, y al mismo tiempo, preservar el patrimonio paisajístico. La visita concluirá con una recorrida por el Valle de la Luna, yacimiento de fósiles del Período Triásico que es patrimonio cultural de la UNESCO.

Es importante señalar que durante el seminario, en el hall de entrada al salón de sesiones, se realizará una exposición de la industria y los servicios ligados a la planificación, construcción y explotación de túneles. Se ofrecerá una cena de cierre el día viernes 17 a partir de las 21:30 hs.



¿Qué especialistas internacionales han comprometido su participación?

Además de los disertantes argentinos y chilenos que tienen importantes responsabilidades en la explotación de túneles viales, o en la gestión de servicios que los túneles de montaña también requieren, como la vialidad invernal o el cuidado de la salud frente a los efectos de la altura, etc., serán expositores distintos especialistas internacionales, casi todos integrantes del Comité Técnico 3.3 de la PIARC: el francés **Bernard Falconnat**, jefe del grupo de trabajo “Redes Viales Subterráneas Complejas” del C3.3, que expondrá sobre la experiencia acumulada en 50 años en la operación del Túnel Binacional del Mont Blanc; el austríaco **Bernhard Kohl**, jefe del grupo “Seguridad de Túneles Carreteros”, que hablará sobre análisis de riesgos; el español **Rafael López Guarga**, presidente de la Asociación Española de Túneles de Carretera, que se referirá a su experiencia en la construcción y operación del túnel binacional del Somport, en los Pirineos; los franceses **Jean-Claude Martin** y **Marc Tesson**, funcionarios del Centro de Estudios de Túneles (CETU) de Francia, que expondrán sobre la experiencia binacional del Túnel de Tende y la capacitación que en Francia se ofrece a usuarios de túneles en general y a conductores de vehículos comerciales en particular. Estos ingenieros son los jefes de los grupos de trabajo “Explotación Sustentable” y “Aspectos Humanos” del C3.3, respectivamente. También participará **Les Fielding**, del Reino Unido, que describirá la capacitación y entrenamiento que en su país se proporciona a los

servicios de lucha contra el fuego en túneles viales. Fielding es jefe del grupo de trabajo del C3.3 que estudia la seguridad contra incendios. Por último, el abogado australiano **Arnold Dix** hablará sobre la mejor forma de plantear acuerdos intergubernamentales para facilitar la administración conjunta de los túneles binacionales. Para una completa descripción del seminario y su sede, las condiciones de participación, su programa y expositores, invitamos a visitar la página:

www.seminariodetuneles.com.ar

¿Alguna acotación adicional?

El apoyo de la PIARC a este seminario debe considerarse una distinción particular para esta región de Sudamérica, porque es el tercero en el ciclo de trabajo 2012-2015 del Comité C3.3. Generalmente se realizan sólo dos por ciclo, en países con economías en transición. Los anteriores se llevaron a cabo en Chile y Vietnam. Que se insista con un tercero en nuestra región indica que la PIARC advierte que en un futuro no muy lejano Los Andes estarán atravesados por ambiciosas obras de tunelería, que por supuesto requerirán la mejor concepción técnica posible y una posterior explotación que recoja lo más eficiente de la práctica internacional. •

Staco Argentina



MP100

La solución más rápida y económica para obras de infraestructura. En geometrías circulares y abovedadas.



HEL-COR HC68

Conductos de acero galvanizado corrugado, según normas y planos tipo DNV.

Tunnel Liner

Estructuras para ejecución de túneles sin interrupción de tránsito. En geometrías circulares y abovedadas.



Sistemas de Defensas Metálicas

Compuestas por defensas, postes, alas terminales y accesorios según normas y planos tipo DNV.



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

RESPALDO Y CONFIANZA PARA CONVERTIR LA NECESIDAD DE LOS CLIENTES EN SOLUCIONES DE INGENIERIA



Aristóbulo del Valle N° 1290 esq. Caseros- San Luis- Argentina Tel/ Fax: 54- 0266- 4439707/ 4439711/4436370
Alsina N° 547- C.A.B.A- Argentina Tel: 54- 011- 43427659 www.alquimaq.com E-mail: info@alquimaq.com

INSTITUCIONAL

Día del Camino 2015





INVITACIÓN A PROPONER OBRAS VIALES PARA DISTINGUIR EN EL DÍA DEL CAMINO 2015

Como ya es una tradición, la Asociación Argentina de Carreteras distingue a las mejores obras nacionales finalizadas durante el año vial, en el período comprendido entre octubre de 2014 y octubre de 2015.

Estos premios anuales se han constituido en un galardón muy valorado por todas las empresas y profesionales que participan en el desarrollo de obras viales, transformándose en cartas de presentación para futuros emprendimientos nacionales y extranjeros.

Los reconocimientos se otorgan a aquellas obras que por su trascendencia, magnitud, solución a problemas de tránsito, innovación tecnológica o impacto en la economía regional y protección ambiental resulten merecedoras de un premio para así servir de modelo y ejemplo de futuros emprendimientos.

Las distinciones incluyen al ente comitente, a las empresas proyectistas y a las firmas constructoras en representación de la multitud de profesionales, técnicos y trabajadores que dan vida a cada obra.

Por ello, invitamos a todos los involucrados en sector vial a proponer aquellas obras que consideren merecedoras de estos galardones, haciendo llegar a la Asociación Argentina de Carreteras una breve memoria técnica, con fotos y videos para una mejor evaluación.

Como cada año, se constituirá una **Comisión de Especialistas** que tendrá la tarea de evaluar las propuestas recibidas y luego someterlas al **Consejo Directivo de la Asociación Argentina de Carreteras** para su aprobación final.

La entrega de estos galardones se llevará a cabo, como es habitual, en ocasión de la tradicional **“Cena del Día del Camino”**, que este año se celebrará el **miércoles 7 de octubre en el Hotel Panamericano Buenos Aires**.

De esta ceremonia participan habitualmente las más importantes autoridades nacionales, provinciales y municipales vinculadas con el sector vial y del transporte, además de empresarios, representantes de cámaras, universidades e instituciones relacionadas con el camino. •

www.aacarreteras.org.ar

CURSO DE ACTUALIZACIÓN TÉCNICA SOBRE **AUDITORÍAS DE SEGURIDAD VIAL** **URBANAS Y RURALES**



Con la activa participación de una nutrida concurrencia de técnicos y profesionales de diversas vialidades provinciales y municipales, la Asociación Argentina de Carreteras llevó a cabo los días 11 y 12 de marzo, en la sede de la Cámara de la Construcción filial Santa Fe, un “Curso de Actualización Técnica sobre Auditorías de Seguridad Vial Urbanas y Rurales”.

Este seminario fue organizado junto a la **Dirección Provincial de Vialidad de Santa Fe**, que requirió su realización luego de haber recibido la propuesta por parte de la Asociación.

Dieron la bienvenida el Presidente y el Director de Capacitación de la Asociación Argentina de Carreteras, **Ings. Guillermo Cabana y Mario Jorge Leiderman**.

Los principales objetivos de este curso son:

- Dar a conocer las Técnicas de Auditoría e Inspección en Seguridad Vial.
- Mostrar la lógica y sencillez del concepto.
- Promover el uso de esta técnica en los niveles de planificación, diseño y obra ejecutada.

El temario y su organización fueron planificados por los profesionales integrantes de la **Comisión de Seguridad Vial de la Asociación Argentina de Carreteras** y se dividió en dos módulos de dos jornadas cada uno.

Esta primera etapa realizada en marzo fue dictada por el **Arq. Eduardo J. Lavecchia** y el **Ing. Juan Emilio Rodríguez Perrotat**, quienes presentaron los distintos temas durante las dos jornadas.

La realización del segundo módulo está prevista para el mes de mayo y estará a cargo de la **Ing. Adriana Garrido**.

En esta ocasión, la AAC contó con la colaboración del **Ing. Rodrigo Muzzimezzi** como **Coordinador del Curso** en nombre de la **DPV de Santa Fe**.

Como parte del curso, se realizó una evaluación diagnóstica preliminar y una auditoría virtual final que fueron desarrolladas en equipo por todos los participantes, demostrando gran capacidad y entusiasmo en la tarea.

Al concluir este primer módulo, junto con el certificado de participación, se entregó a todos los participantes material digital de soporte, donde se incluyeron los manuales y normas actualizadas de la Dirección Nacional de Vialidad sobre el tema y un apunte sobre Auditorías de Seguridad Vial, desarrollado expresamente para esta ocasión. •



17 años financiando el Desarrollo Regional y la Generación de Empleo



Ensanche y rehabilitación - Ruta Provincial 11
Provincia de Entre Ríos



Fondo Fiduciario Federal
de Infraestructura Regional
Ley 24.455

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

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

Señalar

señalización vial



FABRICANTE
Certificado
de Señalización Vial



LÁMINAS
REFLECTIVAS
con sello
IRAM



SEÑALIZACIÓN VIAL

- Carteles
- Señales
- Ménsulas - Pórticos
- Columnas de Alumbrado
- Estructuras Metálicas

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



NUEVA AUTOVÍA N°6: La ruta de la producción

En poco tiempo se inaugurará la nueva Autovía Ruta Provincial N°6, el cuarto anillo de circunvalación del Gran Buenos Aires, desde la ciudad de La Plata hasta la zona portuaria de Campana-Zárate, vinculando al mismo tiempo varias de las rutas nacionales más transitadas.

La obra demandó una inversión que superó los 2.500 millones de pesos y desde su inicio generó un impacto económico positivo que implicó, entre otras cosas, la creación de más de 1000 puestos de trabajo de manera directa y otros tantos de forma indirecta.

En consonancia con el gran crecimiento y desarrollo productivo de la provincia de Buenos Aires, y paralelamente, con la instalación de distintos polos industriales –desde cementeras, mueblerías y fábricas de aberturas hasta editoriales– se incrementó exponencialmente la circulación del transporte de carga.

Por ello, y superada la vida útil del original pavimento y la capacidad de la ruta, en septiembre de 2012 la Dirección de Vialidad de la Provincia de Buenos Aires (DVBA) llevó a cabo el llamado a licitación pública y en diciembre del mismo año adjudicó la obra dividida en cinco sub-tramos.

Subtramo 2, con una longitud de 44.587,58 metros (Ruta Provincial 36 - Camino 100-04 (ex Ruta Provincial 52), Sección 3: Ruta Provincial 215- Camino 100-04): construido por la UTE L. Triviño - ICF S.A. - Briales S.A.- OCSA S.A.

Subtramo 3, con una longitud de 27.415,06 metros (Camino 100-04 – Arroyo Rodríguez): a cargo de la UTE Esuco S.A. – Decavial S.A.I.C.A.C. – Constructora Dos Arroyos S.A.

Subtramo 4, con una extensión total de 26.290 metros (Arroyo Rodríguez – Arroyo Durazno Chico): concretado por la UTE José J. Chediack S.A. – JCR S.A. – Burgwardt & Cía. S.A.

Subtramo 5, con una longitud de 27.532 metros (Arroyo Durazno Chico – Ruta Provincial 7): construido por la UTE Marcalba S.A. – Vial Agro S.A. – Fontana Nicastro S.A.C.

Subtramo 6, el más largo, con una extensión de 57.567,62 metros (Ruta Provincial 7 – Ruta Nacional 12): a cargo de la UTE Tecnipisos S.A. – Centro Construcciones S.A. – Construmex S.A. – ConcretNor S.A

Los trabajos incluyeron la generación de una segunda calzada y diversas obras complementarias y de arte con el fin de actualizar el diseño geométrico de la ruta, garantizando un mayor nivel de servicio y de seguridad vial.



Como resultado, la provincia ahora cuenta con una nueva autovía que, en su estado óptimo, inducirá un mayor volumen de tránsito al unir dos grandes puertos. En ese sentido, el Gobernador **Daniel Scioli** aseguró que: *“lo que era una ruta abandonada, hoy es una autovía moderna que une dos grandes polos portuarios: el de Zárate-Campana con el flamante puerto de contenedores de La Plata”*.

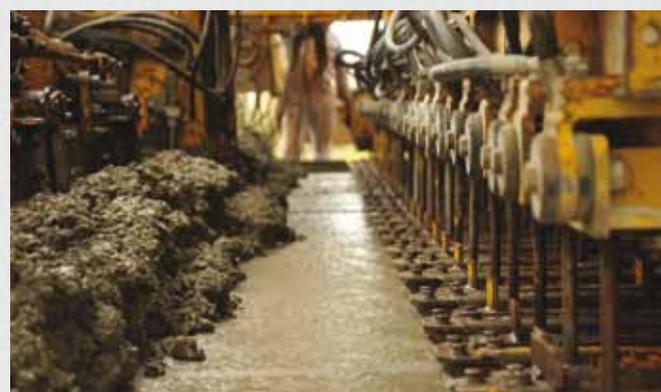
La obra tuvo un plazo estimado de dos años para su construcción y en los contratos se han previsto tres años de mantenimiento por parte de las empresas adjudicatarias, para garantizar su conservación y la calidad de transitabilidad.

Señalización

En toda la longitud de la Autovía Ruta 6, se proyectó el señalamiento horizontal y vertical en tramos rectos, en curvas, empalmes o en cualquier accidente del camino que así lo requiera.

El señalamiento horizontal se realizó marcando sobre el pavimento en color blanco las líneas continuas de bordes de banquetas, rotondas e isletas, sendas peatonales, líneas de frenado, flechas direccionales, números de velocidad máxima y líneas discontinuas para demarcar: carriles en ambas calzadas, dársenas en apertura deseparador y dársenas con refugio para paradas de transporte público.

El señalamiento vertical se llevó a cabo de acuerdo a su clasificación, según normas de señalamiento: señales de prevención, reglamentación e información, conforme a especificaciones y planos, en tamaños, formas, colores y nomenclatura conforme a lo consignado en el pliego de normas de señalamiento de la Dirección de Vialidad de Buenos Aires y a lo establecido en el anexo L (Sistema de Señalización Vial Uniforme) del artículo 22 de la Ley de Tránsito 24.449, adoptada por la provincia de Buenos Aires a través de la Ley 13.927.



Esta obra generó un impacto económico positivo, con la creación de más de 1000 puestos de trabajo de manera directa.



Iluminación

El proyecto contempló la provisión e instalación de todos los elementos necesarios para la iluminación de las intersecciones y tramos, incluyendo el reacondicionamiento de las columnas existentes y la instalación de columnas nuevas. Para el cálculo lumínico se tuvo en cuenta el concepto de ahorro de energía referido a la potencia instalada, manteniéndose un nivel de iluminación medio de 40 LUX.

Financiación

La importancia del financiamiento de esta obra radica en que los fondos provienen de la emisión de “Bonos Ley Nº 14315”, dispuesta por Decreto 645/12 y avalada por las cámaras legislativas.

El titular del Ministerio de Infraestructura, **Alejandro Arlía**, explicó que *“se trata de la obra de infraestructura vial más importante de la región, y una muestra de la integración y coordinación de las políticas públicas viales con el desarrollo productivo. No sólo dará respuesta a las necesidades de los doce municipios que atraviesa, sino que consolidará el cuarto anillo de circunvalación al Gran Buenos Aires, apuntalando así la tan buscada descentralización, que sólo puede lograrse mejorando la logística, el transporte y atrayendo nuevas inversiones”*.

Esta obra cuenta con una **Comisión de Seguimiento y Control**, que se conformó por los representantes de los Honorable Concejos Deliberantes de los doce partidos que atraviesa la traza. Fue creada con el propósito de establecer canales de comunicación con la DVBA para obtener información sobre el estado de las obras y transmitírselas a los vecinos a quienes representan.

Además, contó con la conformación de una Comisión Bicameral de Control, Seguimiento y Fiscalización, integrada por legisladores de las cámaras, quienes recibieron durante todo el proceso de obra los informes técnicos y avances de los trabajos.

La obra también tuvo el asesoramiento técnico-científico de la Universidad de La Plata. La Administradora General de Vialidad, Patricia Tombesi, señaló que *“a través de un convenio con la DVBA, la Universidad Nacional de La Plata brindó apoyo y asesoramiento técnico-científico a la ejecución de controles de calidad –efectuados por la inspección de obra– en tres de los cinco subtramos de la nueva Autovía N°6 (IV, V y VI); lo mismo hizo la Universidad Tecnológica Nacional en los dos tramos restantes (II y III)”*.



Imagen gentileza Revista Vial

FICHA TÉCNICA

Extensión de la obra:	183 km
Inversión realizada:	más de 2.500 millones de pesos
Partidos involucrados:	12 municipios





La nueva Autovía N°6 permitirá minimizar los riesgos de accidentes, ya que prevé el control de velocidades, como así también seis estaciones de pesajes para controlar cargas transportadas por los vehículos pesados. A su vez, se están evaluando distintas alternativas para conservar en óptimas condiciones la transitabilidad de este corredor vial que pondrá en valor una región económico-productiva muy importante.

“Esta emblemática obra funcionará como nexo estructurador de un complejo portuario en el marco de una política integradora, tendiente a lograr una mayor eficiencia en el sistema de transporte y en la competitividad regional”, subrayó el ministro Alejandro Arlía.

Construida en la década del '70 en dos trochas de pavimento asfáltico, la Ruta Provincial N°6 había sufrido los efectos inexorables del paso del tiempo. El proyecto fue concebido con la idea de aportar un progreso industrial, comercial y urbano a la provincia de Buenos Aires, facilitando la comunicación entre zonas estratégicas del territorio y con el propósito de aliviar los accesos a la Ciudad de Buenos Aires del tránsito pesado.

Con más de 180 km de longitud, su traza recorre los partidos de Zárate, Campana, Exaltación de la Cruz, Pilar, Luján, General Rodríguez, Marcos Paz, General Las Heras, Cañuelas, San Vicente, Brandsen y La Plata.

...A través de un convenio con la DVBA, la Universidad Nacional de La Plata brindó apoyo y asesoramiento técnico-científico a la ejecución de controles de calidad...

Conforma una especie de malla con rutas nacionales y provinciales como R.N. N°12 en Zárate, R.N. N°9 en Campana, R.N. N°8 en Pavón, R.P. N°7 en Luján, R.P. N°24 en el Partido de General Rodríguez, R.P. N°40 junto al Apeadero Zamudio, R.N. N°3 y R.N. N°205 en Cañuelas, R.P. N°16 y R.P. N°58 en San Vicente, y R.P. N°210 en Brandsen.

La Autovía Ruta Provincial N°6 se convierte en el cuarto anillo de circunvalación del conurbano bonaerense, atravesando zonas urbanas y periurbanas desde la localidad de Ángel Etcheverry, en La Plata, hasta la ciudad de Zárate, conformando así un trazado clave para el desarrollo de la provincia y transformándose al mismo tiempo en la ruta del MERCOSUR. •



75 años de Innovación y Transferencia Tecnológica



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



Los Sistemas de Control de la Calidad y Ambiental del ICPA, son solo contribuciones según los estándares ISO 9001:2008 y 14001:2004.



75° Aniversario
1940 - 2015

GRANDES OBRAS DE INFRAESTRUCTURA

PUENTE OCTÁVIO FRÍAS DE OLIVEIRA

El Puente Octávio Frias de Oliveira es un puente atirantado situado sobre el Río Pinheiros, en el barrio de Brooklin, en la ciudad de San Pablo, Brasil. Forma parte del Complejo Parque Real y conecta la Marginal Pinheiros con la Avenida Jornalista Roberto Marinho, en la zona sur de la ciudad.

Es el único puente en el mundo que cuenta con dos carriles atirantados independientes, en curvas de 60 grados, apoyados en un mismo mástil de hormigón. El primer carril se encuentra a 12 metros de altura y el segundo, a 24 metros, con una longitud aproximada de 900 metros cada uno.

Su mástil en forma de "X" tiene 138 metros de altura, 76 metros de ancho en su base y 35,4 metros de ancho en su parte superior. El puente está diseñado para soportar vientos de hasta 250 kilómetros por hora.

Fue inaugurado el 10 de mayo de 2008, después de tres años de construcción, y hoy es una de las más famosas tarjetas postales de la ciudad.

La obra estuvo a cargo de la constructora OAS e involucró a más de 420 operarios trabajando en dos turnos. El proyecto es del ingeniero especialista en puentes Catão Francisco Ribeiro y del arquitecto paulista Joao Valente Filho. Edward Zeppo Boretto fue el

ingeniero responsable y Norberto Durán, el gerente de obras, ambos pertenecientes a la -hoy disuelta- Empresa Municipal de Urbanismo de San Pablo (EMURB).

Los tableros construidos en hormigón armado pretensado fueron moldeados por medio de encofrados deslizantes. La obra consumió aproximadamente 58.700 m³ de hormigón.

Uno de los mayores desafíos técnicos del proyecto fue la complejidad de la distribución de las cargas entre los distintos tirantes y secciones de geometría curva de cada vía. Para ello, en los elementos de fijación de cada uno de los tirantes se instalaron células de carga capaces de monitorear las fuerzas aplicadas sobre los mismos, lo que permitió ajustar las tensiones mecánicas durante el montaje, equilibrando el puente adecuadamente y evitando las sobrecargas en cada cabo durante la construcción.





FICHA TÉCNICA

Tipo	Puente atirantado
Longitud total	1.600 m
Altura	138 m
Inicio de la construcción	2003
Inauguración	10 de mayo de 2008
Ubicación	San Pablo, Brasil
Inversión	US\$ 122 millones



Los tirantes son elementos estructurales flexibles, compuestos por entre doce y veinticinco cables de acero cada uno, dependiendo de su ubicación. Para este puente, se utilizaron 144 tirantes para mantener suspendidos los dos tramos de 900 metros de largo. En total, los tirantes pesan alrededor de 462 toneladas. Cada tirante está protegido por un tubo amarillo de polietileno de elevada resistencia mecánica y con tolerancia a los rayos ultravioletas, con la función de proteger el acero contra la corrosión.

Las obras del Complejo Vial Parque Real fueron iniciadas en 2003 y reto-

madas en 2005, después de cambios en el proyecto, el más significativo de los cuales fue pasar de dos torres a sólo una, lo que se tradujo en un ahorro de más de 10 millones de dólares.

Bajo el mástil en forma de "X" se cruzan tres vías en distintos niveles: las dos trochas suspendidas de circulación y una vía de mantenimiento, a nivel del suelo, paralela a la margen del río.

Además, soterrada bajo la vía de mantenimiento, corre una línea de transmisión eléctrica y el Canal Agua Espraída, que desagua en el Río Pinheiros, pasando por entre las patas del mástil.

El puente está totalmente iluminado por reflectores rojos, azules y verdes, que proyectan sobre la estructura diversas combinaciones de colores.

El Puente Octávio Frias de Oliveira es el único puente atirantado del mundo con dos trochas en curva conectadas a un mismo mástil. El diseño de la estructura no se debe sólo a razones arquitectónicas o paisajísticas sino a una demanda estructural y a las limitaciones geométricas del entorno. •



BREVES

Nacionales e Internacionales



Campaña: #SaveKidsLives

Fundamentos:

La problemática de los niños en el mapa vial es el eje de la campaña mundial y oficial para la **Tercera Semana Global de la Seguridad Vial de las Naciones Unidas -4 al 10 de mayo de 2015-**. La campaña #SaveKidsLives apunta a destacar la situación desfavorable de los niños en las carreteras del mundo, generar acciones que fortalezcan su seguridad y promover la inclusión de transporte seguro y sustentable en la agenda de objetivos post 2015. Esta campaña constituye un escalón fundamental de la **Década de Acción para la Seguridad Vial 2011-2020 y su meta de salvar 5 millones de vidas**.

De qué se trata la campaña:

El punto fuerte de #SaveKidsLives es una Declaración del Niño para solicitar a los líderes que pongan la seguridad vial en su agenda, en su territorio y alrededor del mundo. Busca apoyo masivo para demostrar a los gobiernos que hay una multitud detrás del mismo objetivo: hacer las rutas más seguras para uno de los grupos más vulnerables. Cada persona u organización que firme la Declaración a través de internet, estará ayudando a hacer un llamado para detener el número de muertos en siniestros viales alrededor del mundo, solicitar medidas para salvar vidas de niños y apoyar el movimiento para la seguridad vial dirigido por los niños de todo el mundo.

Cómo participar:

Viralizando una foto que muestre el cartel de la campaña, (que se descarga de la misma página) y al que se le puede sumar un mensaje propio, y compartiéndola a través de Facebook, Twitter e Instagram con los hashtags de la campaña. También se puede firmar la petición descargando un formulario offline de la web oficial y enviándolo por email a info@savekidslives2015.org.

Más información:

www.savekidslives2015.org
#SaveKidsLives
facebook.com/SaveKidsLives

LA AASHTO SE UNE A LA ESTRATEGIA

“TOWARD ZERO DEATHS”

Plan para conseguir una “siniestralidad cero”



La **Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transportes (AASHTO)** se ha unido a la estrategia nacional de seguridad en autopistas **“Toward Zero Deaths”** (hacia una siniestralidad cero), que persigue eliminar la siniestralidad en las carreteras de Estados Unidos.

“Toward Zero Deaths” agrupa a numerosas organizaciones con el objetivo común de reducir las muertes anuales de 33.000 a cero. El programa provee de material e información a entidades del campo de la ingeniería, entorno legal, educación y servicios médicos de emergencias, a fin de contribuir a desarrollar iniciativas y medidas destinadas a salvar vidas en las carreteras.

Entre otros factores, el plan persigue actuar sobre conductores, pasajeros y peatones, sobre la infraestructura, los vehículos, y la respuesta y actuación adecuada de los servicios médicos de emergencia; asimismo, tiene por objeto contribuir a la mejora de la gestión de los programas de seguridad en el tránsito.

Más información:

www.towardZeroDeaths.org

The
Economist

explica por qué en Suecia se registran tan pocas muertes en las carreteras

El año pasado, 264 personas perdieron la vida en colisiones viales en Suecia, un mínimo histórico. Si bien tanto la cantidad de autos en circulación como la cantidad de millas conducidas se han duplicado desde 1970, la cantidad de muertes en las carreteras cayó cuatro quintos durante igual período. Con la muerte de solo 3 de cada 100.000 personas al año en las carreteras suecas —comparado con 5,5 de cada 100.000 en toda la Unión Europea; 11,4 en EE.UU. y 40 en la República Dominicana, que presenta el tránsito más mortal del mundo—, las carreteras de Suecia se convirtieron en las más seguras del planeta. En la actualidad, otros lugares, como la ciudad de Nueva York, están intentando replicar su éxito. *¿Cómo lo logró Suecia?*

Desde que las muertes en las carreteras alcanzaron su pico en los años setenta, los países ricos mejoraron mucho en la reducción de la cantidad de accidentes de tránsito. En los países pobres, por el contrario, se observa un número de víctimas fatales cada vez mayor debido a la aceleración de la venta de autos. En 1997, el parlamento sueco convirtió en ley un plan de **“Visión Cero”** que prometía eliminar por completo las víctimas fatales y lesiones por accidentes de tránsito. **“Simplemente no aceptamos más muertes ni lesiones en nuestras carreteras”**, explica Hans Berg, del organismo nacional de transporte. Los suecos creen —y ahora lo están demostrando— que pueden tener movilidad y seguridad al mismo tiempo.

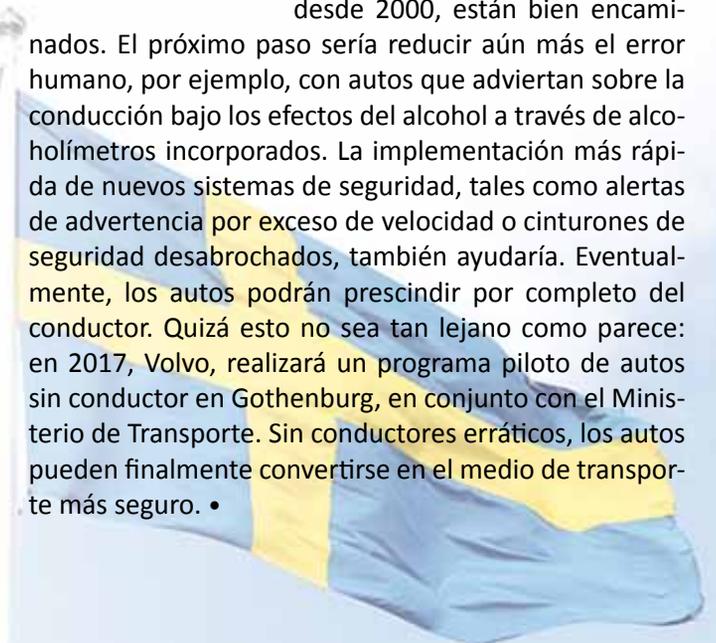
La planificación jugó el papel más importante en la reducción de accidentes. En Suecia, la construcción de las carreteras prioriza la seguridad por sobre la velocidad o comodidad. Ayudaron los límites de baja velocidad en áreas urbanas, las zonas peatonales y las barreras que separan autos de bicicletas y del tránsito que

se aproxima en dirección contraria. Se calcula que la construcción de 1.500 kilómetros (900 millas) de carreteras “2+1”, donde cada carril de tránsito se turna para utilizar un carril central para adelantarse, salvó casi 145 vidas en la primera década de Visión Cero. Y se estima que 12.600 cruces más seguros, incluidos puentes peatonales y sendas peatonales flanqueadas por luces intermitentes y protegidas con lomos de burro, han ayudado a reducir a la mitad la cantidad de muertes de peatones en los últimos cinco años. El patrullaje estricto también contribuyó: hoy menos del 0,25% de los conductores

sometidos a pruebas supera el límite de alcohol. Las muertes en las carreteras de niños menores de siete años se redujeron drásticamente: en 2012 murió un solo niño, comparado con los 58 que murieron en 1970.

¿Alcanzarán los suecos la meta de “cero” alguna vez? Los defensores de la seguridad vial confían en que es posible. Gracias a la reducción de las muertes a la mitad desde 2000, están bien encaminados.

El próximo paso sería reducir aún más el error humano, por ejemplo, con autos que adviertan sobre la conducción bajo los efectos del alcohol a través de alcoholímetros incorporados. La implementación más rápida de nuevos sistemas de seguridad, tales como alertas de advertencia por exceso de velocidad o cinturones de seguridad desabrochados, también ayudaría. Eventualmente, los autos podrán prescindir por completo del conductor. Quizá esto no sea tan lejano como parece: en 2017, Volvo, realizará un programa piloto de autos sin conductor en Gothenburg, en conjunto con el Ministerio de Transporte. Sin conductores erráticos, los autos pueden finalmente convertirse en el medio de transporte más seguro. •



BREVES

Nacionales e Internacionales

Ecuador es el primer país de América Latina y el Caribe en adoptar normativa ONU



Ecuador recientemente publicó la última versión de su **Normativa RTE INEN 034**, que refleja la adopción de una serie de **normas de las Naciones Unidas** en forma exclusiva como la **UN 94 de Protección al ocupante en choque frontal**, la **UN 95 de Protección al ocupante en impacto lateral**, la **UN 16 de Cinturones de seguridad**, **ISOFIX** según Normativa **UN 14** y **UN 13 para los frenos**, así como **ABS**. Asimismo, para los modelos año 2017 será obligatorio contar con **Control Electrónico de Estabilidad (ESC)**.

Latin NCAP felicita a Ecuador en este paso hacia vehículos que adopten las normas de la ONU bajo el acuerdo de 1958, siguiendo la primera recomendación de la **Década de Acción de la Seguridad Vial** de las Naciones Unidas (Pilar 3: Autos más seguros). **Latin NCAP alienta al resto de los gobiernos de América Latina y el Caribe a seguir el ejemplo de Ecuador.** Este importante proyecto fue liderado por el Banco Interamericano de Desarrollo y Global NCAP. •



Asociación Argentina
de Carreteras

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



www.aacarreteras.org.ar

¿PODRÍA UN NIÑO ESTAR
MÁS SEGURO QUE
EN LOS BRAZOS
DE SU MADRE?



11^o Concurso de Diseño Gráfico

“SISTEMAS DE RETENCIÓN INFANTIL”

Buscá las bases en www.aca.org.ar o en cualquiera de nuestras dependencias de todo el país. Sólo necesitás ser estudiante de carreras Terciarias o Universitarias de Diseño Gráfico o afines, y tener residencia en Argentina. Cierre de recepción de las obras: 08 de junio de 2015 a las 16 hs.



NUEVA AUTOVÍA 6

ruta de la producción



Trabajos Técnicos

01. INFRAESTRUCTURA DE LOS SISTEMAS DE TRANSPORTE EN EL ÁREA METROPOLITANA DE BUENOS AIRES

Autores: Ing. Olga Vicente, Ing. Oscar Fariña

Trabajo ganador del "Premio Internacional a la Innovación en Carreteras Juan Antonio Fernández Del Campo"

02. CARRETERAS ENERGÉTICAS MEDIANTE CAPTACIÓN PIEZOELÉCTRICA

Autor: Antonio Pérez Lepe

Divulgación

Trabajo publicado en la Revista Carreteras N°189 de la Asociación Española de la Carretera

03. METODOLOGÍA PARA LA REALIZACIÓN DE AUDITORÍAS DE SEGURIDAD VIARIA EN FASE DE EXPLOTACIÓN

Autor: Iñigo Santamaría Muñoz

04. OPERACIONES DE PAVIMENTACIÓN CON ENCOFRADOS DESLIZANTES

Extracto del Manual de Diseño y Construcción de Pavimentos de Hormigón del Instituto del Cemento Portland Argentino. Capítulo 5 "Construcción", pp 5-30 a 5-38.

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



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

TELEPEAJE
Online



Adquirí tu TELEPEAJE desde nuestra página Web
y recibilo por correo ¡TODO SIN MOVERTE DE TU CASA!

Utilízalo en toda la Red de Autopistas.

www.ausur.com.ar



TELEPEAJE

Adherite y accedé
a esta nueva experiencia
www.ausur.com.ar
0800-999-9999



Atención al Cliente y otras
consultas, informate al
0800-999-0800



SOS Ausur.
Estamos para ayudarte
0800-999-9919

INFRAESTRUCTURA DE LOS SISTEMAS DE TRANSPORTE EN EL ÁREA METROPOLITANA DE BUENOS AIRES

AUTORES: Ing. Olga Vicente, Ing. Oscar Fariña

CONSIDERACIONES GENERALES

El sistema de transporte de Buenos Aires está conformado por diversos modos masivos e individuales que apoyados en infraestructuras viales de una red integrada por autopistas y avenidas y calles en zonas urbanas con centros de trasbordo, permiten la movilidad de las personas, ya sea en automóviles como en buses, trenes, subterráneos, motos, bicicletas, etc.

El transporte público urbano en la región se compone de servicios de buses de jurisdicción nacional, provincial y municipal que conforman 369 rutas; 6 líneas de subterráneos con un Premetro (tranvía que accede a una cabecera de la línea E de los trenes subterráneos) del Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires y 7 líneas de ferrocarriles de superficie metropolitanos de Jurisdicción Nacional.

Esta Metrópolis tiene una Población de 14.819.137 personas según el último Censo Nacional del año 2010, distribuida en una Superficie de 18.380 km², y en la misma convergen simultáneamente varias jurisdicciones de la administración de Gobierno tanto a nivel Nacional, como provincial y en el ámbito municipal.



Fig 1. Región Metropolitana de Buenos Aires ¹

En la Fig. 1 se tiene la geografía de la Región que abarca a la Ciudad de Buenos Aires y los 42 Municipios pertenecientes a la Provincia de Buenos Aires.

Resulta interesante observar la mancha urbana de esta Metrópolis a través de una foto nocturna que se acompaña en la Fig. N°2.

¹ Fuente: según la clasificación de Kralich, 1995.

² Fuente: según la clasificación de Kralich, 1995.



Figura 2. Imagen nocturna de la Metrópolis de Buenos Aires²

Dentro de la Red de transporte público se destacan las 7 (siete) líneas de transporte de ferrocarril suburbano de superficie, con un total de 828 Km de vías, 20% de los cuales conforman un conjunto propulsado por medio de energía eléctrica y el resto funciona con combustibles Diésel. Completa y articula este sistema troncal una red de trenes subterráneos, denominados localmente con la sigla SUBTE (no METRO como en otros países), con una extensión de 51,2Km, distribuidos en 6 líneas.

Se tiene una única línea de tranvías, del tipo rígido, con dos ramales, de 7,4 Km de extensión, que funciona como un Premetro y alimenta una de las líneas de trenes de subterráneos.

No obstante el modo del servicio más importante tanto por su extensión y por la cantidad de pasajeros es la red de 369 líneas de buses (APP), y que ha ido acompañando progresivamente el notable incremento de esta urbe.

Dado que la ciudad comprende en su territorio el delta del Río Paraná, cuyas numerosas islas se encuentran habitadas y además en ellas se emplaza un importante desarrollo turístico, el transporte público se complementa con un modo fluvial, prestado por lanchas colectivas que cubren 6 (seis) líneas con 24 ramales.

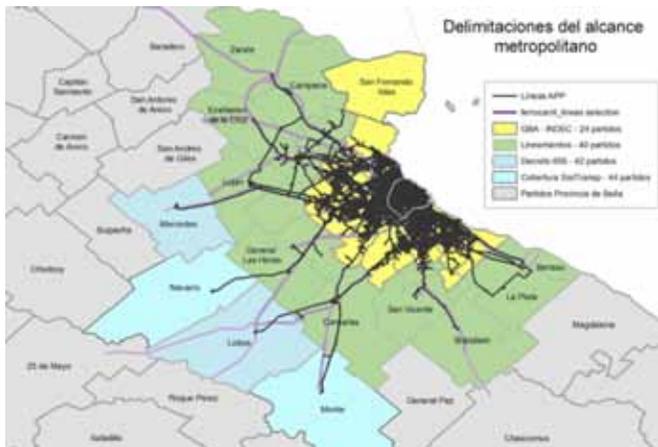


Figura 3. Red de Transporte Público de la Metrópolis de Buenos Aires ³

En los viajes entre la Ciudad de Buenos Aires y los Municipios que la rodean, también se dispone de un sistema de transporte semi público, que en general ofrece servicios para un sector de la demanda de más altos ingresos, popularmente llamados “chárter” (buses y minibuses), y que en su mayoría opera desde una Terminal, recientemente habilitada en un gran playa de Estacionamiento Subterránea existente en pleno microcentro de la Ciudad en las proximidades de un emblemático Obelisco porteño.

Es de destacar que la movilidad en automóviles particulares tiene una participación muy importante en el transporte de la Región, tal como lo muestran las estadísticas del denominado Índice de Tránsito. En los registros comparados a partir del año base 2004 el incremento en un período de 8 años en la red de la ciudad ha sido de un 25 % estabilizándose prácticamente en ese valor hasta la actualidad mientras que en el sistema de accesos en Autopistas el incremento alcanzó a un 70 % y continúa hasta la actualidad con una aumento progresivamente en disminución. La diferencia entre los registros citados es que en un caso se alcanzó la capacidad existente en las calzadas mientras que en el otro se han ido extendiéndose los horarios de hora pico aprovechándose la capacidad remanente de las vías circulatorias.

Otro aspecto a tener en cuenta es el transporte como movilidad sustentable, en la que se destaca el desplazamiento en motocicletas que alcanza en determinadas zonas a superar el 10 % del flujo vehicular total. Asimismo un dentro de esta modalidad ha ido en constante aumento el uso de la bicicleta como medio seguro de traslado especialmente en áreas de alta congestión de tránsito, y que ha contado con el auspicio y la implementación de infraestructura por parte de las autoridades de las distintas jurisdicciones. De igual manera los desplazamientos a pie dentro de distancias de hasta un kilómetro para alcanzar centros de transbordo de pasajeros, han sido también promovidos con la implementación de programas de priorización de los peatones.

La tasa de generación de viajes en un día hábil por persona, de 3 años a más, en esta Metrópolis, que realiza un viaje de 200m a más es de 1,52 (en valores promedio para todas las personas (sin embargo hay un porcentaje de habitantes que va desde un 27 a un 40%, que el día anterior a ser encuestado no realizó ningún viaje de 200m a más y para aquellos que efectivamente viajan es de 2,37, que no difiere prácticamente de las tasas verificadas en otras ciudades del interior del país.

Extrapolando los resultados de este estudio para la totalidad de la población de la Ciudad y Región, y considerando que los patrones de viaje se mantienen en el 10% de la población no encuestada y teniendo la tasa de generación de viajes promedio por persona, puede estimarse que en la Ciudad y Región se producen unos 22.525.088 de viajes de 200m a más.

Teniendo en cuenta los resultados de la misma encuesta se tendría que los viajes dentro de la Ciudad de Buenos Aires representan el 24,60% de los viajes totales, que los viajes entre los partidos del Gran Buenos Aires son el 47,10%, que los viajes dentro de cada Municipio están en el orden de 14,20% y finalmente, que la menor cantidad de viajes se da entre La Ciudad de Buenos Aires y la Región Metropolitana que resultan 14,10%. Es interesante conocer que el 61% de los viajes se realizan dentro del territorio de la Provincia de Buenos Aires, en los partidos que conforman la Región. Según el modo de transporte utilizado, la referida encuesta señala que el 43% de los viajes se realizan en los modos públicos, fundamentalmente en ómnibus, el 31% a pie o en bicicleta (en modos no motorizados) y en forma privada el 26%.

FERROCARRILES DE SUPERFICIE

La Red Ferroviaria de Transporte cumple una función troncal en el sistema vinculando el Área Metropolitana con la propia Ciudad de Buenos Aires. Posee un total de más de 250 estaciones con 5 Terminales en la Ciudad de Buenos Aires, con un total de pasajeros diarios promedio de 905.000 diarios en el año 2013 lo que implica una reducción de 32,6 % respecto a los 1.343.000 en 2010. Esta disminución se debe a las deficiencias que presentaban la infraestructura y el material rodante, que ha desalentado el uso de este servicio induciendo a la transferencia a otros medios especialmente los colectivos, no obstante es de destacar que el Gobierno Nacional viene llevando a cabo progresivamente, en los últimos 24 meses la realización de importantes inversiones para la modernización de las 7 Líneas Ferroviarias.

El plano general de la red, según la Secretaría de Transporte de la Nación es el que se tiene en la FIG. N° 4

³ Fuente: según la clasificación de Kralich, 1995.

⁴ Tomado de la Encuesta de origen y destino de viajes en hogares de la Ciudad Y Región Metropolitana de Buenos Aires realizada en el año 2010. Hogares que constituyeron una muestra del 90% de la población total residente. ENMODO ENCUESTA DE MOVILIDAD DOMICILIARIA – SECRETARÍA DE TRANSPORTE DE LA NACIÓN.

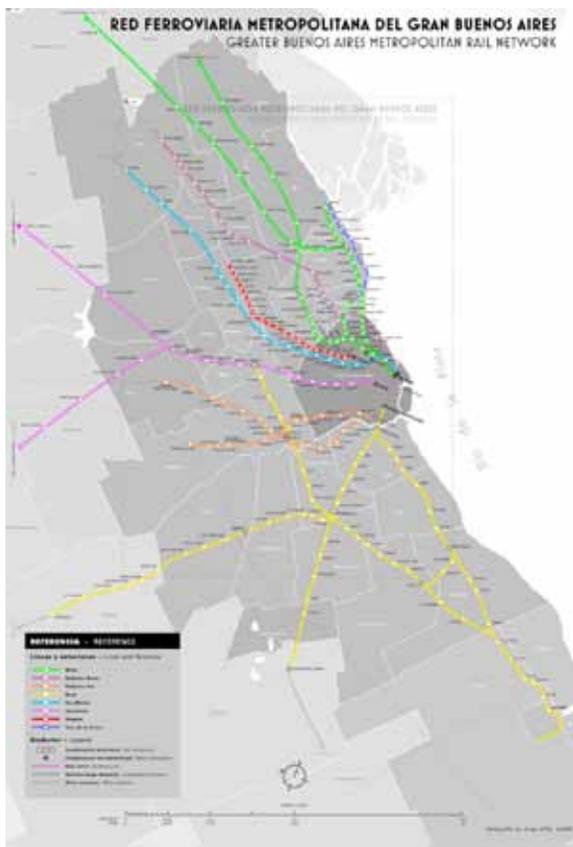


Figura 4. Red Ferroviaria Metropolitana del Gran Buenos Aires

Las características de las 7 líneas ferroviarias se resumen en la Fig. N°5, algunas de las cuales disponen de varios ramales y presentan diferentes infraestructuras con 3 tipos de trochas (métrica 1000 mm., media 1435 mm. y ancha 1676 mm.) y dos tipos de sistema de locomoción (Locomotoras eléctricas y diésel). De las 5 Estaciones Terminales sólo una de ellas (Estación Retiro), concentra las Estaciones Cabeceras de 3 Líneas, mientras en que las restantes (Estaciones Constitución, Once, F. Lacroze y Buenos Aires), operan las cabeceras de las restantes Líneas.

Asimismo en la mayoría de los ramales de todas las líneas se han realizado obras de mejoramiento e incorporación de modernos trenes, estando en ejecución un ambicioso plan para que los emprendimientos alcancen a la totalidad de la red. No obstante la incorporación de nuevas unidades aumentando el parque ferroviario, no puede traducirse en un incremento del número de los pasajeros transportados, ya que la frecuencia de circulación está limitada por los numerosos pasos a nivel existentes, los que sólo en la Ciudad de Buenos Aires alcanzan los 100 cruces. Si bien en este aspecto se han venido construyendo varios túneles, resulta prácticamente imposible la eliminación de estos obstáculos a mediano plazo. Un obra de envergadura que ha sido iniciada recientemente es el denominado Soterramiento de la Línea Sarmiento en que se prevé la construcción de un túnel que supera los 17 km. de extensión, que lamentablemente por razones presupuestarias se encuentra suspendida.

En la Región se ha verificado un crecimiento poblacional que en determinadas localidades de la periferia el aumento ha sido explosivo por lo que en algunos ramales la demanda del transporte en particular el ferroviario ha ido creciendo sin que la infraestructura se haya modernizado para satisfacer los requerimientos de la comunidad. En ese aspecto se ha planteado una reorganización de determinados ramales con un progresivo remplazo de la tecnología de tracción Diésel haciendo uso de trenes ligeros eléctricos tipo LRT. Justamente dichos esos ramales tienen una alta potencialidad para desalentar ya sea el uso del automóvil particular para el ingreso a Buenos Aires o en su defecto transferir los pasajeros de los colectivos a los nuevos medios con una reducción de los tiempos de viaje. Por último dentro del Plan de mejoras y la renovación total del material rodante, se ha encarado al ser las nuevas formaciones del tipo piso alto sin escaleras, la obra de elevación de andenes de todas las estaciones, lo cual se encuentra en pleno proceso de adecuación. Las formaciones antiguas eran de piso alto pero con escaleras y sin cierre automático de las puertas de ingreso.



Figura 6. Formación ferroviaria con locomotoras diésel



Figura 7. Formaciones del ramal electrificado existentes y nuevas incorporadas



Figura 8. Formaciones con locomotoras diésel antiguas

RED DE FERROCARRILES DE SUPERFICIE						
Área Metropolitana de Buenos Aires						
Líneas	Ramales de líneas	Total	Ancho	Medios	Empresa	Observaciones
Ferrovias		Estaciones	Trocha	Tracción	operadora	
Ferrocarril Belgrano Norte	Estación Retiro - Villa Rosa	22	Métrica 1000 mm.	Locomotoras Diesel	Ferrovías S.A.	Vías y material Rodante en buen estado
Ferrocarril Belgrano Sur	Buenos Aires-González Catán	14	Métrica 1000 mm.	Locomotoras Diesel	Argentren S.A.	Vías y material Rodante en parte en buen estado; el resto en proceso de moderniz.
	Buenos Aires-Marineros Cr. Belgrano	17				
Ferrocarril B. Mitre	Estación Retiro - Tigre	17	Ancha 1676 mm	Sistema electrificado	Corredores Ferroviarios S.A.	En proceso de modernización
	Estación Retiro - J.L. Suarez	15		Sistema electrificado		
	Estación Retiro - B. Mitre	11		Sistema electrificado		
	Villa Ballester - Zárate	11		Locomotoras Diesel		
	Victoria - Capilla del Señor	10		Locomotoras Diesel		
Ferrocarril Gral. Roca	Est. Plaza Constitución -Alejandro Korn	15	Ancha 1676 mm.	Sistema electrificado	Argentren S.A.	Vías y material Rodante en buen estado
	Est. Plaza Constitución - Cañuelas	24		Sistema electrificado		
	Constitución-Bosques p/Quilmes	16		Locomotoras Diesel		
	Constitución-Bosques-Guierrez p/Temperley	15		Locomotoras Diesel		
	Est. Plaza Constitución - La Plata	21		Locomotoras Diesel		
	Haedo - Temperley	10		Locomotoras Diesel		
Ferrocarril D. F. Sarmiento	Estación Once - Moreno	16	Ancha 1676 mm.	Sistema electrificado	Empresa del Estado Trenes Argentinos	Actual Renovación total de infraestructura y material rodante. Soterramiento de las vías suspendido
	Estación Once - Moreno - Luján	24		Locomotoras Diesel		
	Estación Once - Moreno - Mercedes	28		Locomotoras Diesel		
	Merlo - Lobos	12		Locomotoras Diesel		
Ferrocarril Gral. Urquiza	Fco. Lacroze - Gral Lemos	23	Media 1435 mm.	Sistema electrificado	Metrovías S.A.	Vías y material Rodante en buen estado
Ferrocarril Gral. San Martín	Estación Retiro - Pilar	20	Ancha 1676 mm	Locomotoras Diesel	Corredores Ferroviarios S.A.	En proceso de modernización. No se prevé su electrificación

Fig. 5 Características de la red ferroviaria y estado operativo de las misma

TRENES SUBTERRÁNEOS Y PREMETRO

Los trenes subterráneos, (Metro o el Subte como se los llama) complementan la troncalidad de los trenes de superficie en el Centro de la Metrópolis. La red cuenta en la actualidad con 83 (ochenta y tres) estaciones distribuidas en una red de 51,2Km, y cuenta con una flota de 645 vagones.

Un tranvía rígido cubre un recorrido de 7,4Km distribuidos en dos ramales, operando con 16 (dieciseis) estaciones -paradas-, contando con 17 (diecisiete) unidades de flota. El mismo actúa como un Premetro, alimentando una línea de trenes subterráneos.

Los pasajeros diarios pagos transportados por el Subte y Premetro en la actualidad son 691.263 (995.000 en 2011). Los pasajeros en transporte público en los últimos años reflejan una caída en lo que a cantidad se refiere, tal vez relacionada con la baja de la actividad económica de la Región y del país en general.

La línea H se encuentra en construcción y la Línea E se encuentra también en obra ya que se construye la prolongación a la Estación de Retiro desde Plaza de Mayo.

La Línea A está en proceso de total renovación, incluyendo el material rodante, y un proceso similar se iniciará en los próximos meses en la Línea B. La Ciudad cuenta además con un Plan Integral de Trenes Subterráneos, que involucra la construcción de tres líneas nuevas, dos con dirección norte-sur y una este-oeste, aprobado por la Ley 670 de la Legislatura de la Ciudad de Buenos Aires. El objetivo es conformar una malla.

Las líneas D, B y A se han prolongado en los últimos años, se han agregado cuatro a más estaciones, según la línea de que se trate, las cuales poseen un diseño y equipamiento de alta calidad. Conforme a la Ley N° 670 de la Legislatura de la Ciudad, se programó no solo continuar con la prolongación de algunas de las líneas existentes sino que además se prevé la construcción de otras 3 nuevas identificadas como F, G e I.

En la Fig. 9 se presenta la red actual de los Subterráneos de la Ciudad⁵.



Figura 9. Red actual de subterráneos en la Ciudad de Buenos Aires



Figura 10. Nueva Estación de la Línea B Recientemente Prolongada⁵

TRANSPORTE POR BUSES Y AUTOMOTOR EN GENERAL

La red de Buses posee una amplia cobertura geográfica en toda la Ciudad de Buenos Aires y su Región Metropolitana, con una red de líneas de 63.800Km. Operan esta red un conjunto de 231 empresas privadas reguladas por el Estado Nacional, Provincial y Municipal. La red de buses está conformada por 369 rutas o líneas con un total de 1.371 ramales.

La flota total está conformada en su amplia mayoría por vehículos rígidos y unas pocas unidades articuladas, las cuales totalizan unas 18.623 buses. La flota bajo la Jurisdicción Nacional en el año 2013 tenía una antigüedad promedio de 3,3 años, siendo todas unidades adaptadas para personas con problemas permanentes o temporales de discapacidad motora. Por día transportan alrededor de 11.251.000 pasajeros

⁵Fuente: Gobierno de La Ciudad de Buenos Aires

⁶Fuente: Fotografía propia



Figura 11. Red de Buses de Jurisdicción Nacional⁷



Figura 12. Líneas de Buses de Jurisdicción Provincial y Municipal⁸

En cuanto al resto del transporte Automotor se tiene una flota estimada de 4,3 millones de automóviles particulares que transportan diariamente aproximadamente unos 7,5 millones de pasajeros. También se tiene una flota en la Ciudad y Región de 50.570 taxis que moviliza 1,2 millones de usuarios.

Recientemente se implementó en la Ciudad de Buenos Aires un Sistema de priorización de transporte Colectivo denominado Metrobus, que se caracteriza por disponer de carriles segregados, estaciones de mayor calidad, tecnologías más limpias o unidades de escasa antigüedad, habiéndose mejorado la accesibilidad al vehículo por parte de los pasajeros, porque los buses se detienen en forma paralela y próxima al cordón de la plataforma de ascenso, ubicada en el centro de la arteria. Esto ha dado como resultado una disminución en los tiempos de viaje y mayor seguridad a los pasajeros.

En función de los resultados obtenidos en la red implemeta- do conforme se ilustra ej la Fig. N° adjunta, el Gobierno de la

⁷Fuente: Secretaría de Transporte de la Nación

⁸Fuente: Secretaría de Transporte de La Nación

Ciudad ha desarrollado un ambicioso plan de ampliación del Sistema ya sea estableciendo nuevas rutas como la continuación de algunas de ellas a los partidos limítrofes del Área Metropolitana.

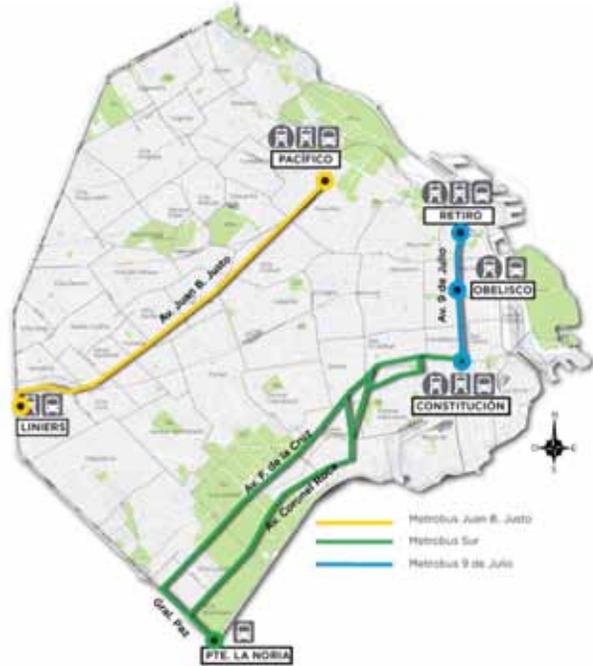


Figura 13. Red actual del Metrobus⁹



Figura 14. Red en desarrollo de Metrobus en la ciudad¹⁰

⁹ Fuente: Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires

¹⁰ Fuente: Diario La Nación – Sección Tránsito y Transporte – 1 de enero de 2014 – Nota de Valeria Vera



Figura 15. Metrobus Avda. 9 de Julio (Vista de conjunto y estación tipo)



Figura 15. Metrobus del Sur y de Av. J. B. Justo

TRANSPORTE FLUVIAL

En la zona del Delta del Río Paraná, se localizan numerosas islas habitadas con población permanente en su mayoría y también se tiene, una importante población transitoria, cuya motivación son los fines turísticos. Se trata de uno de los lugares más bellos de la Región Metropolitana de Buenos Aires. El transporte público es prestado por un conjunto de lanchas colectivas y también hay lanchas taxis. Se tienen 2 líneas operadas por una misma empresa. Se trata de empresas privadas reguladas por la Jurisdicción provincial. Desde hace décadas el diseño exterior de las lanchas colectivas se mantiene igual, como un icono del lugar.

En la Fig. 16 se tiene el mapa de la red de las 6 líneas existentes y los 24 ramales



Figura 15. Metrobus Avda. 9 de Julio (Vista de conjunto y estación tipo)



Figura 16. Red de Lanchas Colectivas¹¹

¹¹ Fuente: Página Web del Municipio del Tigre



Figura 16. Lanchas colectivas en la estación Tigre y navegando por los canales del delta del Río Paraná ¹²

BICISENDAS – ALQUILER DE BICICLETAS

La Ciudad de Buenos Aires recientemente ha construido y opera una red de Ciclovías conforme se ilustra en el Plano de la Fig. 17.



Figura 17. Mapa actual de ciclovías o bicisendas ¹³

¹² Fuente: Fotografía propia

¹³ Fuente: <http://biciactivistas.com/mapa-bicisendas-mapa-enbici/>

La red de ciclovías o bicisendas protegidas se comenzó a construir en julio de 2009 y hoy alcanza más de 130 km. Además, la red fue especialmente diseñada para integrar distintos puntos estratégicos de la ciudad como centros de transbordo, universidades, escuelas y hospitales permitiendo también la interconexión con otros medios de transporte.

Hace tres años se lanzaba en Buenos Aires el Sistema de Transporte Público en Bicicletas, también conocido como bicing. Con la idea de fomentar el uso de una alternativa ecológica y sana para desplazamientos en la Ciudad, se implantó un sistema que consiste en un programa de alquiler gratuito de bicis en 32 estaciones, similar a las existentes en otras ciudades europeas.

- Cuenta con 800 bicicletas disponibles
- Tiene 114.889 usuarios, de los cuales 5975 son extranjeros
- El sistema tiene picos de uso de 6500 viajes diarios
- Se hicieron 2.142.338 viajes desde su inauguración
- Funciona de lunes a viernes de 8 a 20 horas, y sábados de 9 a 15 horas.

Cada alquiler permite utilizar las bicicletas durante dos horas, recorriendo exclusivamente el ámbito de la Ciudad de Buenos Aires. Transcurrido ese tiempo, deben ser devueltas en cualquier punto de alquiler (no necesariamente debe ser el de partida), aunque también es posible hacer una renovación por un período igual. •



Figura 17. La bicicleta del bicing de Buenos Aires ¹⁴



Figura 18. Estación de bicing en Buenos Aires ¹⁵

¹⁴ <http://www.larazon.com.ar>

¹⁵ Fuente: <http://www.fotosdigitalesgratis.com/buscarfoto/Bicicletas>



Únicas con doble CERTIFICACIÓN *

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



Láminas Reflectivas OmniCube™

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

Garantía 12 años

Poseen Marca de Agua - OmniDireccionalidad - Procedencia USA

Distribuidor AUTORIZADO Señalar SRL | Tel. 0341 457 457 7 - 456 43 43 | carteles@senalar.com.ar | Brasil 151 - Rosario | senalar.com.ar



Desde 1920 construyendo el país.

Cerrito 740 – Piso 1
(C1010AAP) Buenos Aires, Argentina
(54 11) 4382-3044

www.ptcsa.com.ar

CARRETERAS ENERGÉTICAS MEDIANTE CAPTACIÓN PIEZOELÉCTRICA

AUTORES: Antonio Pérez Lepe

CO-AUTORES: Silvia Hernández Rueda, María Ángeles Izquierdo Rodríguez, José Francisco Fernández Lozano, María Pilar Ochoa Pérez, Alberto Moure Arroyo, Domingo Urquiza Cuadros

1. RESUMEN EJECUTIVO Y OBJETIVO DEL PROYECTO

Una carretera es una vía de dominio y uso generalmente público, proyectada y construida fundamentalmente para la circulación de vehículos. Las carreteras convencionales se centran en dar soporte a los vehículos, atendiendo únicamente (salvo casos excepcionales) a las necesidades mecánicas necesarias para cumplir esta función, y además a la seguridad y el confort, dos de los factores más valorados por los usuarios finales de la carretera. Existen en la actualidad proyectos y tendencias tecnológicas innovadoras que tratan de dotar a las carreteras con nuevas propiedades y características, más allá de su uso tradicional como soporte del tráfico rodado. Ejemplo de ello lo constituyen las numerosas funcionalidades de que se están dotando las capas de rodadura de las carreteras: eliminación de gases nocivos, disminución de ruido, drenabilidad del agua, menor consumo de combustible, mayor durabilidad, color, etc. Pero, **¿Se puede obtener energía de la carretera?**

Éste es el **objetivo** del presente proyecto, el cual intenta cambiar y extender el concepto de infraestructura de transporte hacia el concepto de infraestructura activa e inteligente. Para ello se han evaluado todas las opciones de captura de energía, aprovechando todos los factores y posibilidades energéticas que posee la infraestructura, además de los usos potenciales de dicha energía.

Así, en el caso del asfalto, en la carretera nos encontramos con una estructura multicapa, con una superficie oscura expuesta al sol, con un movimiento continuo de vehículos transmitiendo presión y energía cinética, con unas presiones que bajan hasta el terreno a través de sus capas semirígidas, con una fricción importante entre el neumático y la superficie, y con una red física interconectada de muchos kilómetros cuadrados.

Cuando un vehículo pasa por encima de una carretera, se genera una pérdida de energía por parte del vehículo (unos 400-500 kilovatios por kilómetro), que de ser recuperada equivaldría al consumo medio de entre 600 y 800 hogares o sería suficiente para alimentar 9 vehículos eléctricos pequeños. Al igual que este tipo de energía mecánica, también es aprovechable la energía cinética de los vehículos, el rozamiento, la acumulación de calor, etc. Muchos son los esfuerzos tecnológicos por parte del sector automovilístico para capturar parte de esta energía por el propio vehículo, pero pocos o ninguno han invertido esfuerzo innovador en la infraestructura.

De este modo, mediante la incorporación de nuevas tecnologías en la construcción de cualquier tipo de vía de forma que se pudiera recuperar y canalizar la energía "perdida" por los vehículos, las carreteras cumplirían con los principios de un desarrollo energético sostenible. Este hecho cambiaría por completo el concepto de construcción de carretera. Las vías de circulación dejarían de ser únicamente un instrumento que soporta el tráfico de vehículos, para alcanzar la función adicional de convertirse en un elemento generador de energía eléctrica.

El **proyecto REC** se enmarca, por tanto, dentro de la disciplina de captación de energía residual, o **Energy Harvesting**. Como si de un campo de cultivo se tratara, la carretera se sembrará de receptores y captadores de energía de bajo voltaje, desde los cuales se irá recolectando energía, que de otro modo se perdería, para alimentar diferentes dispositivos.

Posibles Fuentes aprovechables de energía

- Energía Solar Térmica
- Energía Solar Fotovoltaica
- Energía Mecánica: fricción superficial
- Energía mecánica: vibración aprovechada desde el vehículo
- Energía mecánica: vibración aprovechada sobre la carretera
- Energía mecánica cinética: elementos circundantes a la carretera o en el propio vehículo
- Energía Electromagnética por Inducción: alimentación de baterías de coche eléctrico en movimiento
- Energía Termoeléctrica por gradientes de temperatura

Posibles Usos de la energía recuperada

Independientemente del proceso captador de energía, ésta puede ser empleada para diversos usos, entre los que se contemplan los siguientes, en función de la cantidad y lo más fundamental como se verá a lo largo del trabajo, la calidad de esa energía:

- Alumbrado, señalización y elementos circundantes a la carretera.
- Alimentación de coche eléctrico (durante su movimiento o acumulando en puntos de recarga).
- Transporte de energía hasta acumuladores.
- Elementos circundantes en zonas urbanas: Ascensores, escaleras mecánicas, etc.
- Alimentación de dispositivos sensores embebidos y autónomos: daños del material, radares, densidad del tráfico, localizaciones GPS, TICs, smart-grids.

- Traslación de tecnologías a transporte terrestre por raíles: tren, metro, tranvía, etc.
- Desplazamientos de personas o vehículos ligeros en recintos cerrados.

2. ANTECEDENTES Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

El estudio de estado actual de la técnica e inteligencia competitiva fue llevado a cabo conjuntamente con la empresa Miniera SL, (www.miniera.es). Se presentan algunos casos de estudio en referencia a la captación de energía en la carretera, a nivel mundial.

2.1. ENERGÍA SOLAR

- En Holanda, la empresa Ooms Avenhorn Holding BV (ahora Ooms Civiel) y en España, dentro del proyecto cenit Fénix, proponen recuperar la energía del sol para calentar un fluido calo-portador bajo la superficie de la carretera (<http://www.proyctofenix.es/clients/ShowSection.aspx?Originald=428007>). En el primero de los casos se trata de tubos flexibles enterrados (con la consiguiente pérdida de estructura) y en el segundo, más innovador, se trata de generar una mezcla muy abierta y con cierta pendiente por la que circula el fluido que se calienta con la temperatura que adquiere la mezcla. La misma empresa holandesa apuesta por materiales termoeléctricos bajo la carretera para aprovechar la alta temperatura y cambios de temperatura.
- En EEUU la tendencia de los últimos años es la recuperación de energía solar a partir de fotovoltaica (www.solarroadways.com). Sin embargo, está basada en la construcción de paneles de soporte hechos de plástico y vidrio reforzado, con la consiguiente pérdida de funcionalidad de la carretera (grip, soporte, drenabilidad). No deja de ser un proyecto de paneles transitables, como el proyecto puesto en marcha en Holanda para los carriles bici.

2.2. RECARGA WIRELESS DE BATERÍAS

En Corea, Alemania y EEUU, se está desarrollando la tecnología de vehículo eléctrico de recarga online por inducción (OEV). Se introducen conductores eléctricos en la carretera, de manera que se genera un campo electromagnético capaz de recargar por inducción (y en movimiento) la batería de los vehículos. Entre estas propuestas:

- OLEV-KAIST (Korea Advanced Institute of Science and Technology)-Ms. Se-Hyung Eum (Líder del proyecto), han desarrollado un sistema de recarga in-motion desde cables enterrados en la carretera, vía wireless. La tecnología aún exige que la distancia entre la base del vehículo y la carretera sea de apenas varios centímetros.
- Plugless Power (Evatran) ha desarrollado sistemas portátiles para recarga wireless en asociación con Nissan (Leaf) y Chevrolet (Chevy Volt).

- MIT y Stanford (EEUU). Transferencia wireless de energía en presencia de placas metálicas (Xiaofang Yu, Shan-hui Fan (Stanford)). A partir de un trabajo desarrollado en MIT (WiTricity / Mitsubishi-Marín Soljačić), la Universidad de Stanford ha optimizado la transferencia energética: una serie de arrollamientos están enterrados en la carretera y conectados a corriente eléctrica. Los arrollamientos receptores van bajo el vehículo y permiten la carga a lo largo del desplazamiento del vehículo. Se ha avanzado mucho en este campo minimizando las pérdidas de transferencia mediante el uso de arrollamientos ultra-finos, frecuencias altas y mejoras electrónicas.

2.3. ENERGÍA MECÁNICA POR VIBRACIÓN: PIEZOELÉCTRICOS

Una definición clásica de piezoelectricidad (electricidad a partir de presión) es la generación de polarización eléctrica de un material como respuesta a una tensión mecánica. Cuando el material es sometido a una tensión mecánica aparece un momento dipolar dentro del material (sin que exista ningún campo eléctrico externo que lo induzca), que da lugar a la aparición de un campo eléctrico en el interior del mismo. Algunas de las alternativas más innovadoras son las siguientes:

- En Londres se está desarrollando un proyecto piloto que trata de obtener electricidad de las bandas sonoras que suele haber en cualquier carretera, acoplado a las mismas unos mecanismos que transforman la energía mecánica en electricidad.
- En el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) se está trabajando en la misma aproximación pero de forma opuesta, es decir, se está investigando en cómo incluir mecanismos piezoeléctricos en la suspensión de los vehículos de forma que puedan absorber y generar electricidad con los baches. Los estudios se centran en el propio bache, en cómo sacar partido de las bandas sonoras (o badenes limitadores de la velocidad) atrapando la energía cinética de los coches que pasan por encima. Esa electricidad podría utilizarse por el propio vehículo.
- En Israel, se está desarrollando un método de producción de electricidad a partir de piezoeléctricos, colocados en cofres metálicos de gran tamaño bajo la capa de rodadura, que aprovechan la vibración que produce sobre la carretera el paso de los vehículos. Es una tecnología denominada IPEGTM (Innowattech. Prof. Haim Abramovich). Sin embargo, el gran tamaño de estos bloques vuelve a romper la funcionalidad de la carretera.
- En Tokio, la empresa Soundpower está llevando a cabo una serie de experimentos en los que tratan de aprovechar las vibraciones producidas por vehículos y viandantes en un puente. La energía de las vibraciones que provoca el paso de coches es almacenada durante el día y se emplea para iluminar artificialmente el puente cada noche.

- En Holanda, el proyecto “Vibrations, fizzling source of energy” también ha propuesto (investigación preliminar) recoger la energía producida por el paso de vehículos a través de materiales piezoeléctricos. Universidad de Twente.

- El consorcio estratégico SmartPie, en Holanda, ha desarrollado un material composite termoplástico para fabricación de neumáticos, con captación de energía para el vehículo a través de piezoeléctricos. Su investigación es aún preliminar de cara a la aplicación final, pero los resultados son prometedores.

2.4. SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS A DESARROLLAR

Empleando criterios que apunten hacia alternativas capaces de generar un vector de cambio e innovación en el sector de la carretera se pre-seleccionaron tres fuentes de energía: energía solar (térmica o fotovoltaica), energía mecánica por vibración y energía electromagnética.

- La energía solar térmica ha sido tratada desde varios ámbitos y proyectos. Ejemplo de ello es el proyecto Fénix, donde en su línea de pavimentos sostenibles se trató de capturar energía a partir de un fluido calo-portador que fluía bajo la superficie de rodadura. Por lo tanto, se descartó este caso.

- La energía electromagnética se consigue a partir del campo eléctrico en movimiento que se genera cuando un arrollamiento metálico es enterrado bajo la rodadura y otro arrollamiento es situado en la parte baja del vehículo eléctrico. La tecnología a desarrollar compete por tanto al área electromagnética, en la medida en que aún es necesario mejorar la transferencia eléctrica y aumentar la distancia entre la carretera y la batería, que a día de hoy debe limitarse a varios centímetros. Por lo tanto, tampoco resulta de nuestro interés esta alternativa.

- Las dos alternativas a desarrollar son por tanto, la **captación de energía fotovoltaica** en la carretera y la **captación de energía vibracional** sobre la carretera.

El presente equipo de trabajo, consciente de la multitud de alternativas para ambas fuentes de energía seleccionadas, decide trabajar y desarrollar tecnologías que partan de la carretera y cuide la “no ruptura” o pérdida de performance que reside en la infraestructura. Por tanto, en un primer barrido se eliminan a este respecto el desarrollo de tecnologías de captación por piezoeléctricos en badenes o resaltos, paneles fotovoltaicos en las inmediaciones de la carretera o en túneles ex profeso, sustitución de asfalto u hormigón por paneles de vidrio reforzado o de plástico, zonas de frenada con dispositivos piezoeléctricos, neumáticos con captación piezoeléctrica, etc. No por ello se desdeña la actividad inventiva de estas innovaciones, sino por el hecho de que se pretende dar un paso en la concepción de la

propia carretera como elemento activo en la comunicación de personas y bienes.

Con el fin de integrar el efecto fotovoltaico en la carretera, el sistema que se diseñe debe cumplir, por tanto, una serie de requisitos iniciales que nos impone la carretera (y no al contrario, donde por ejemplo en el caso de solarroadways, es la tecnología energética la que hace perjudicar la infraestructura por el hecho de acumular energía), y que hacen realmente difícil esta alternativa:

- crear una capa foto-activa continua protegida del tráfico rodado,
- ser resistente a las compresiones del tráfico,
- emplear transporte lumínico por técnicas de confinamiento óptico,
- ser implementable junto con las técnicas de construcción de carreteras actuales o visualizables,
- con materiales y técnicas de coste no muy elevado si están sometidas a un daño por la acción del tráfico.

Tras una evaluación exhaustiva de ambas alternativas finales, y en el ejercicio de estar equilibrados entre invención y realidad, se decide acometer un único reto, objeto de la presente convocatoria a concurso:

Captar energía mecánica vibracional mediante la incorporación de transductores piezoeléctricos bajo la rodadura de la carretera.

3. LA CARRETERA DEL FUTURO: UNA VISIÓN

Según un documento publicado recientemente, la visión de FEHRL, Forum of European National Highway Research Laboratories <http://www.foreveropen-road.eu/>, e integrando también la visión del proyecto REC, las carreteras del futuro tenderán a ser cada vez más:

- adaptables a las necesidades futuras. Muy probablemente estarán formadas por módulos pre-fabricados, de fácil puesta en servicio y retirada (no tienen por qué ser de asfalto),
- dotadas de automatización y sensorización bajo la capa de rodadura, con transmisión de señales para detectar defectos en la calzada, distancia entre vehículos, peso de vehículos, densidad de tráfico, conexión con teléfonos y señal GPS, con capacidades de recuperación energética, y de alimentar energéticamente a vehículos,
- muy resistentes y duraderas, con escaso mantenimiento, autorreparables,
- con multifuncionalidad superficial: descontaminantes, autolimpiables, rugosidad (grip) adaptable, calentamiento o micro-encapsulado para evitar nieve.

Por tanto, el planteamiento del proyecto está alineado con un avance paralelo en las tecnologías constructivas de las carreteras y en sus materiales, a la vez que en los campos energéticos (piezoeléctricos, fotovoltaica, baterías). Limitaciones actuales, por ejemplo para implantar una tecnología fotovoltaica con los materiales y métodos constructivos actuales, se verán superadas por un cambio en la propia construcción de la carretera, por ejemplo mediante módulos independientes de rodadura.

La red interconectada existente mediante la unión de carreteras, calzadas y calles, invita a un aprovechamiento integral de la red de carreteras, permitiendo mejorar el desplazamiento, el acceso a los servicios y la conexión de las personas, así como optimizar recursos energéticos en desplazamiento y en construcción-mantenimiento de las infraestructuras.

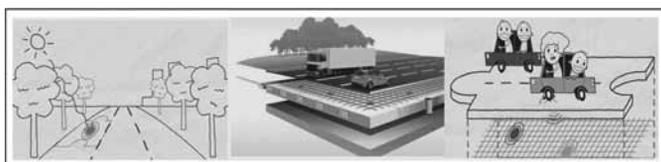


Figura 1: Visión de FEHRL de las carreteras del futuro.

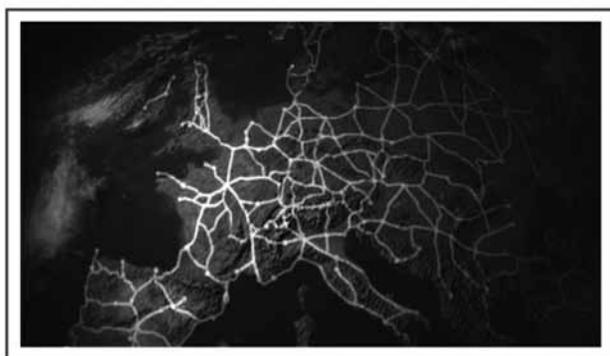


Figura 2: Interconexión de red terrestre mediante carreteras principales en Europa.

4. PIEZOELECTRICIDAD PARA CAPTACIÓN DE ENERGÍA

Todo vehículo transitando sobre carreteras y firmes semi-rígidos genera deformaciones instantáneas en el pavimento que actúan de forma negativa en la durabilidad del mismo. En situaciones de tráfico lento, sobre todo en entornos urbanos, la vibración continuada que ejerce el vehículo sobre la carretera supone una cantidad de energía no aprovechada. Si la energía producida por esas deformaciones y vibraciones se pudiese recuperar, contribuiría en gran medida a la conservación de las carreteras, y aún más importante, se podría generar energía eléctrica aprovechando dichas deformaciones que harían de las carreteras infraestructuras no sólo de transporte sino de obtención de energía.

Cuando un vehículo pasa por encima de una carretera, la carretera se deforma verticalmente debido al peso del vehículo. Se genera así una pérdida de energía por parte del vehículo. Una manera de recuperar esta energía sería empleando algún tipo de material que recogiera la energía transmitida por parte del vehículo al firme. Este tipo de material existe y se denomina material piezoeléctrico.

Una definición clásica de piezoelectricidad (término griego para electricidad a partir de presión) es la generación de polarización eléctrica de un material como respuesta a una tensión mecánica. Cuando el material es sometido a una tensión mecánica aparece una diferencia proporcional de potencial eléctrico entre dos caras del material, produciendo una variación del momento dipolar dentro del material (sin que exista ningún campo eléctrico externo que lo induzca), que da lugar a la aparición de un campo eléctrico en el interior del mismo. Este fenómeno se conoce como efecto directo o efecto generador y se aplica fundamentalmente en la fabricación de sensores, así como en captación energética, en un estado aún incipiente. El efecto inverso es ampliamente utilizado en actuadores piezoeléctricos para dispositivos electrónicos.

La recuperación de energía vibracional por parte de elementos piezoeléctricos incorporados en el asfalto de vías urbanas, estructuras viarias y carreteras puede suponer un hito en el desarrollo de nuevas infraestructuras de transporte y gestión de la movilidad. Las limitaciones que poseen los materiales cerámicos piezoeléctricos están relacionadas con: su baja estabilidad mecánica al ser sometidos a tensiones mecánicas; la eficiencia por altas pérdidas dieléctricas y procesos de despolarización; la mejor respuesta se produce en su modo fundamental de resonancia; y la última pero no menos importante, se trata de compuesto con un contenido mayoritario en plomo, >65% en peso. Sin embargo, los materiales cerámicos presentan enormes ventajas como son: su producción a bajo coste en diferentes formas; su facilidad de ajuste de las propiedades mediante modificaciones composicionales; y su integración en estructuras compuestas. El proyecto REC aborda el desarrollo de materiales piezoeléctricos encapsulados en estructuras compuestas que permitan soslayar las limitaciones existentes y su validación como elementos para el aprovechamiento de la energía vibracional.

Los materiales piezoeléctricos son cristales naturales o sintéticos que no poseen centro de simetría. El efecto de una compresión o de un cizallamiento consiste en disociar los centros de gravedad de las cargas positivas y de las cargas negativas, apareciendo entonces dipolos elementales en la masa y, por influencia, cargas de signo opuesto en las superficies enfrentadas.

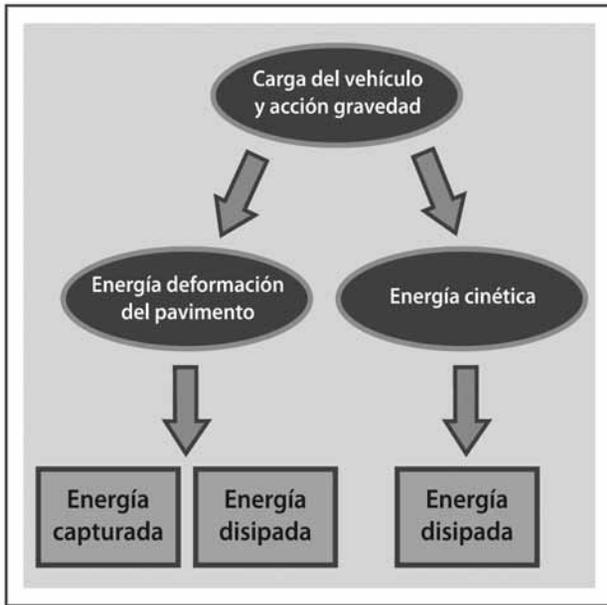


Figura 3: Disipación de energía potencial desde el vehículo.

La recuperación de energía vibracional por parte de elementos piezoeléctricos incorporados en el asfalto de vías urbanas, estructuras viarias y carreteras puede suponer un hito en el desarrollo de nuevas infraestructuras de transporte y gestión de la movilidad. Las limitaciones que poseen los materiales cerámicos piezoeléctricos están relacionadas con: su baja estabilidad mecánica al ser sometidos a tensiones mecánicas; la eficiencia por altas pérdidas dieléctricas y procesos de despolarización; la mejor respuesta se produce en su modo fundamental de resonancia; y la última pero no menos importante, se trata de compuesto con un contenido mayoritario en plomo, >65% en peso. Sin embargo, los materiales cerámicos presentan enormes ventajas como son: su producción a bajo coste en diferentes formas; su facilidad de ajuste de las propiedades mediante modificaciones composicionales; y su integración en estructuras compuestas. El proyecto REC aborda el desarrollo de materiales piezoeléctricos encapsulados en estructuras compuestas que permitan soslayar las limitaciones existentes y su validación como elementos para el aprovechamiento de la energía vibracional.

Los materiales piezoeléctricos son cristales naturales o sintéticos que no poseen centro de simetría. El efecto de una compresión o de un cizallamiento consiste en disociar los centros de gravedad de las cargas positivas y de las cargas negativas, apareciendo entonces dipolos elementales en la masa y, por influencia, cargas de signo opuesto en las superficies enfrentadas.

Los materiales piezoeléctricos y su tecnología se conocen desde hace tiempo (fueron descubiertos por los hermanos Curie en 1880) y se han utilizado en diferentes aplicaciones

(sensores, sistemas microelectro-mecánicos MEMS, microscopios electrónicos, ensayos no destructivos de materiales, ecografías, lectores CD, tinta electrónica). Otros ejemplos más recientes son:

- El Instituto Georgia Tech ha logrado crear un generador de electricidad basado en nanohilos que transforma vibraciones sonoras en electricidad. Estos nanohilos, de media micra de longitud, están formados por un material piezoeléctrico, óxido de cinc, que produce cargas eléctricas al someterlo a un esfuerzo mecánico y viceversa. Una posible utilidad de estos materiales es su colocación en nuestros zapatos, de modo que al caminar se podría generar suficiente corriente como para alimentar los típicos dispositivos portátiles.

- Otro ejemplo de materiales piezoeléctricos en la vida diaria es el desarrollado por científicos de la Universidad de Texas, que permitirá hablar con teléfonos móviles sin depender de una batería, gracias a las vibraciones de la propia voz, que generan electricidad al percutir sobre un sistema piezoeléctrico.

- La empresa SAP ha desarrollado un generador piezoeléctrico empleado en el fondo de los pozos petrolíferos que transforma la vibración del trépano en energía eléctrica. El elemento piezoeléctrico es una batería de anillos cerámicos de titanato y circonato de plomo. Las vibraciones producidas por el trépano sobre las cerámicas generan una energía que alimenta de corriente a tres sistemas: los sensores que miden la composición química y física de las rocas e indican del hallazgo de agua, gas o petróleo, un ordenador para el procesamiento de datos y el control subterráneo del trépano y los equipos de comunicación con la superficie. (Referencia Proyecto Caleidoscopio-Repsol).

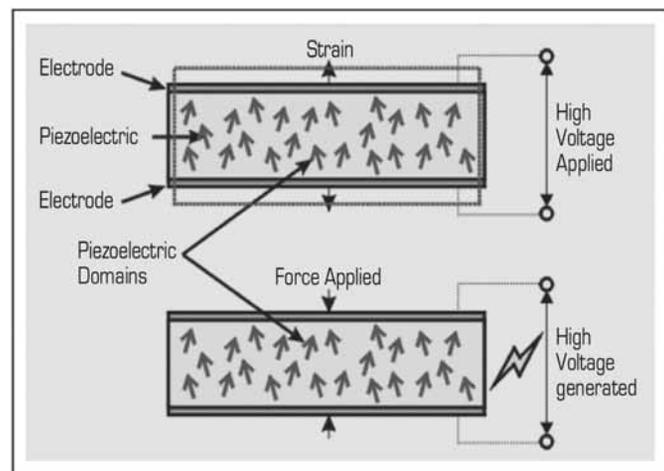


Figura 4: Efecto piezoeléctrico directo (presión genera electricidad) e inverso (electricidad genera desplazamiento).

5. ETAPA DE PROTOTIPADO

Una vez realizados los cálculos para la validación teórica de la captación energética, se procede a la construcción de un prototipo para la validación técnica.

- 1) El prototipo será realizado mediante la modificación de ensayo de pista¹ de equipo laboratorio, actualmente presente y propiedad de Repsol.
- 2) Dicho equipo una vez modificado deberá demostrar la captación de energía a partir del concepto de discos piezoeléctricos insertados² en probetas de material asfáltico.
- 3) Así mismo, deberá permitir una observación y caracterización de la señal eléctrica que proviene de la energía generada.
- 4) Y deberá mostrar un contador de energía como registro cuantificable de energía recuperada y almacenable

La mejor respuesta piezoeléctrica se produce en el modo fundamental de resonancia del piezoeléctrico, sin embargo a la frecuencia de impacto de los vehículos nos situamos muy por debajo de esta frecuencia óptima, en una zona con alta impedancia. De acuerdo con un diseño publicado por el Instituto de Cerámica y Vidrio (CSIC) la disposición en discos embebidos puede ser la solución más prometedora para casos de embebido total en una matriz. Por tanto, se opta por incluir en el prototipo estructuras con piezo-cerámicas compuestas con **acoplamiento mecánico integrado**, para el ajuste de las propiedades requeridas en el contexto de las carreteras: recuperación de energía en un amplio espectro de frecuencias, mejora de la solitud mecánica, reducción de las pérdidas dieléctricas, estabilidad en condiciones de uso e instalación. Existen diferentes métodos para maximizar la conversión de energía mecánica en eléctrica en una cerámica. Los llamados acoplamientos mecánicos son sistemas que hacen transmitir la presión ejercida sobre ellos de forma generalmente direccionada hasta la cerámica. En el proyecto se han puesto en juego acoplamientos mecánicos llamados integrados, llamados así porque constituyen una misma pieza junto con la cerámica. Se trata de címbalos o platillos de metal que pegados en ambas caras de un disco cerámico hacen re-direccionar la fuerza, incluso la difusa, en la dirección de expansión radial del disco, maximizando la eficiencia de la conversión.

De acuerdo con los valores aportados por la bibliografía y los valores encontrados en laboratorio por CSIC, se partió de unos valores de recuperación de energía por unidad de volumen de unos 60 KW/m³, valores que se redujeron a un objetivo de 30-45 KW/m³ teniendo en cuenta que las condiciones de obtención obligaban a embeber y por tanto restringir el movimiento de desplazamiento del disco. Sin embargo, según avanzaba la construcción del prototipo, se entendió que estos valores de potencia en vacío, no eran los indicados para valorar el impacto energético

del proyecto. La potencia en vacío se refiere en este caso a la cuantificación de energía obtenida en laboratorio mediante un sistema de transductores piezoeléctricos (shaker) que golpean con una frecuencia oscilatoria dada el material piezoeléctrico. La diferencia de potencial se transforma en valores de potencia, sin conectar una carga capacitiva (capaz de almacenar). Por lo tanto, el criterio impuesto inicialmente, a tenor de la bibliografía técnica, se cambia hacia valores de energía “usable”, en lugar de valores de voltaje.

Líneas de trabajo hasta consecución del prototipo

- 5.1. Mejora de los címbalos para obtención de discos con acoplamiento integrado que maximicen la energía en las condiciones del proyecto.
- 5.2. Modificación del equipo para ensayo de pista de laboratorio.
- 5.3. Diseño de asfalto para embeber los discos y conducir la energía fuera del asfalto.
- 5.4. Caracterización de la señal eléctrica generada en condiciones de rodada.
- 5.5. Selección de circuito eléctrico capaz de transformar la señal pulsante en corriente continua.
- 5.6. Sistema de adquisición y tratamiento de señal
- 5.7. Verificación en prototipo de factores en tráfico real (velocidad de vehículos, diferente peso de ejes).

5.1. MEJORA DE LOS CÍMBALOS PARA OBTENCIÓN DE DISCOS CON ACOPLAMIENTO INTEGRADO QUE MAXIMICEN LA ENERGÍA EN LAS CONDICIONES DEL PROYECTO

El grupo del Instituto de Cerámica y Vidrio de CSIC, así como el grupo en la Universidad Politécnica de Madrid (ETSIT), son los encargados de seleccionar y diseñar los sistemas de címbalos acoplados que maximicen la energía y resistan las condiciones mecánicas del proceso de asfaltado.

¹ El ensayo de pista “Wheel-track” es el típicamente empleado para caracterizar la profundidad de huella provocada por una rueda de peso equivalente a un vehículo a su paso en vaivén sobre una probeta asfáltica. La velocidad, sin embargo, no puede simularse en este prototipo, siendo un parámetro a tener en cuenta a la hora de evaluar la entrega de energía del material piezoeléctrico. Es por ello que se ha simulado en otro prototipo, denominado Anillo, y que se describe posteriormente.

² En la propuesta de proyecto se fijó como prioritario situar bajo la rodadura un transductor piezoeléctrico tal que no dañara la propia infraestructura. Así se valoraron 2 alternativas para dichos transductores: discos y fibras piezoeléctricas. De estas dos se conoce que la de discos es la que maximiza la conversión de presión a energía, ya que presenta un mayor volumen localizado bajo el impacto de un vehículo. Es por ello, que se decide seleccionar esta vía como clave decisiva para el prototipado.

El material piezoeléctrico seleccionado para el prototipo es un disco cerámico comercial (de circonato-titanato de plomo (PZT)), proporcionado por Noliac (Dinamarca), de referencia comercial NCE51. Este tipo de materiales piezoeléctricos se caracterizan por presentar un efecto actuador adecuado en condiciones de baja presión y cuando la frecuencia de trabajo se encuentra fuera de su frecuencia de resonancia. En estos casos, se requieren altos valores de factores de acoplamiento, específicamente en la dirección perpendicular al esfuerzo, 1-3.

La temperatura de Curie, definida como la temperatura a la cual el material piezoeléctrico pierde sus propiedades piezoeléctricas, fue un factor importante a tener en cuenta en la elección del material piezoeléctrico empleado, dado que la temperatura de procesamiento de las mezclas bituminosas en las que debía ser integrado el sistema es superior a 150° C habitualmente. Para la cerámica PZT seleccionada la temperatura de Curie se sitúa entorno a los 340° C garantizando su adecuado comportamiento a las temperaturas de trabajo en carretera.

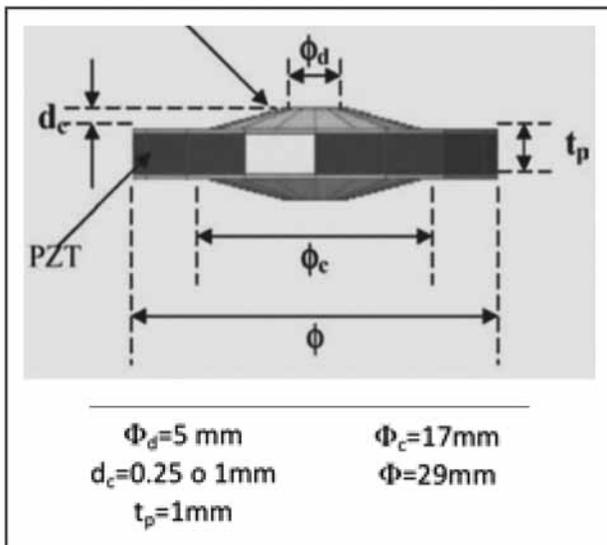


Figura 5: Esquema y dimensiones de los címbalos preparados.

El proceso de fabricación del acoplamiento integrado tipo címbalo (Figura 5), consistió en adherir mediante un adhesivo epoxídico una o dos chapas metálicas a ambos lados del disco piezoeléctrico previamente fabricadas mediante troquelado. Como chapas se usaron chapas metálicas de latón y acero, con distintos espesores: 0.25, 0.30 y 0.40 mm en el caso de los címbalos fabricados con latón y 0.25 en aquellos fabricados con acero. En todos los casos, las chapas metálicas preparadas tenían 29 mm de diámetro.

Las etapas del proceso de fabricación son las siguientes:

5.1.1. Fabricación del címbalo metálico.

En primer lugar se realiza el corte de tiras de 4mm de ancho de chapa metálica mediante un troquel con una parte interior hueca de 29 mm de diámetro. Para ello, ésta se golpea con un émbolo del mismo diámetro obteniendo una pieza metálica circular.

La forma cóncava del címbalo se obtiene por un proceso posterior de prensado uniaxial con otro troquel que deforma las cápsulas para obtener una corona circular exterior plana, con dos alturas nominales: 0.25 o 1 mm. La presión aplicada fue de 15 o 30 MPa para las chapas de latón. La máxima presión aplicada para el acero (30 MPa) sólo consigue deformar la chapa hasta una altura de la corona de 0.8 mm para el molde de 1 mm y 0.20 mm para el molde de 0.25 mm. Para fabricar chapas de acero con una altura intermedia (0.65 mm) se aplicó una presión de 4 MPa durante 5 s. Esta serie de címbalos se denotó como SP1-13. En algunos casos, la presión se aplicó tres veces consecutivas durante 1 minuto rotando la muestra 120° entre cada prensada. En otros se aplicó 2 presiones consecutivas girando la muestra 90°, también durante 1 minuto. No se observaron diferencias entre las chapas obtenidas por las dos maneras. Se ha determinado el segundo método como el procedimiento a seguir en las sucesivas fabricaciones.

5.1.2. Preparación de la superficie de pegado.

A continuación se realiza un desbastado suave tanto de la zona de unión de las cápsulas metálicas como del disco cerámico, con cuidado en este caso de no dañar el electrodo que cubre la superficie del piezoeléctrico. El objetivo es mejorar la rugosidad en la zona de unión para mejorar la adhesión. En el lijado se usó en primer lugar una lija de SiC de granulometría 400 y el acabado se llevó a cabo con una superficie menos abrasiva (con una goma). Durante el proceso se deben evitar deformaciones o alabeos que luego dificulten el pegado del címbalo.

El siguiente paso consistió en la limpieza de las superficies de las chapas metálicas y de los electrodos de los piezoeléctricos con alcohol y acetona, por ese orden, aplicados con bastoncillos de algodón.

5.1.3. Pegado del címbalo al disco piezoeléctrico.

El címbalo se ensambla con el piezoeléctrico tras la limpieza. Para ello se usó en todos los casos una resina epoxi EPO-TEK® 353ND-T, de dos componentes.

Para aplicar el pegamento epoxi sobre la superficie de la chapa metálica se utilizó un dispensador automático I&J Farnar Inc., modelo JBE1113. El dispensador permite cambiar la presión de salida del adhesivo y el tiempo de aplicación. Combinando ambas, se establecieron las condiciones óptimas de aplicación del adhesivo, en condiciones reproducibles. Todo este proceso se produce a temperatura ambiente. En este paso se debe asegurar que tanto las superficies de la chapa y la cerámica piezoeléctrica como el dispensador

no tengan restos de acetona proveniente de la etapa de limpieza, ya que disuelve parte del epoxi y dificulta la adhesión.

Una vez aplicado el pegamento, las chapas pegadas a las cerámicas piezoeléctricas se introdujeron en un troquel con un orificio central de 29 o 30 mm de diámetro (para cada tamaño de cerámica) cuya función es servir de guía evitando la pérdida de alineación entre los componentes. Para mantener el contacto durante el proceso de secado del epoxi, se colocó un peso de 4.66 Kg (0.7 MPa) sobre el bloque. Todo el sistema se introdujo en una estufa y se calentó a 80o C durante 1 hora, para asegurar el curado del epoxi.

Los címbalos fabricados se han referenciado como asimétricos (un solo címbalo en una de las caras del disco piezoeléctrico) y simétricos (un címbalo en cada cara del disco piezoeléctrico). La Tabla 1 muestra un resumen de los piezoeléctricos fabricados y sus principales características.

5.1.4. Optimización de címbalos para extracción de energía eléctrica.

El diseño de los címbalos se realizó en base al análisis de la respuesta estructural del sistema címbalo-disco piezoeléctrico mediante aproximación mediante elementos finitos. En esta etapa del proyecto nos hemos centrado en la selección de la herramienta de trabajo, es decir, en la elección del programa de elementos finitos que vamos a utilizar. Los programas de AEF (análisis por elementos finitos o FEA por sus siglas en inglés: Finite Element Analysis), permiten obtener soluciones aproximadas de problemas que sean susceptibles de ser re-

presentados por un sistema de ecuaciones diferenciales. En Ingeniería, la mayoría de los procesos actuales están definidos de dicha forma, por lo que dichos programas nos permitirán obtener productos de calidad superior a un menor coste, o para mejorar procesos existentes, o para estudiar el fallo de un componente estructural o un equipo. Debido a esto, utilizar un programa de AEF en este proyecto puede ayudar a reducir el tiempo total de desarrollo de un producto, reduciendo el número de ciclos prototipo-pruebas-ensayos-evaluación.

¿Qué es el Método de los Elementos Finitos? El método se basa en dividir el cuerpo, estructura o dominio (medio continuo), sobre el que están definidas ciertas ecuaciones integrales que caracterizan el comportamiento físico del problema, en una serie de subdominios no intersectantes entre sí denominados «elementos finitos». El conjunto de elementos finitos forma una partición del dominio también denominada discretización. Dentro de cada elemento se distinguen una serie de puntos representativos llamados «nodos». Dos nodos son adyacentes si pertenecen al mismo elemento finito; además, un nodo sobre la frontera de un elemento finito puede pertenecer a varios elementos. El conjunto de nodos considerando sus relaciones de adyacencia se llama «malla». Los cálculos se realizan sobre una malla o discretización creada a partir del dominio con programas especiales llamados generadores de mallas, en una etapa previa a los cálculos que se denomina preproceso. De acuerdo con estas relaciones de adyacencia o conectividad se relaciona el valor de un conjunto de variables incógnitas definidas en cada nodo y denominadas grados de libertad.

Serie Címbalo	Chapa	Presión Conformado (MPa)	Espesor Chapa (mm)	Diámetro piezoeléctrico (mm)	Altura Címbalo (mm)	Total piezoeléctricos	Simétrico
Serie 1-6	Latón	15	0.3	29	1	6	Sí
B 1-5	Latón	15	0.3	29	0.25	5	Sí
BF 1-9	Latón	15	0.25	29	0.25	9	Sí
AA 0-5	Latón	15	0.3	29	1	6	No
AB 1-8	Latón	15	0.3	29	0.25	8	No
S 1-19	Acero	30	0.25	29	0.8	19	Sí
SB 1-4	Acero	30	0.25	29	0.20	4	Sí
AAS 1-3	Acero	30	0.25	29	0.8	3	No
SABA 1-3	Acero	30	0.25	29	0.20	3	No
SP 1-13	Acero	4	0.25	29	0.65	13	Sí
L 1-11	Latón	30	0.4	30	1	11	Sí
L0330 1-31	Latón	30	0.3	30	1	31	Sí
LB330 1-4	Latón	30	0.3	30	0.25	4	Sí
A30 1-3	Acero	30	0.25	30	1	3	Sí

Tabla 1: Resumen de címbalos de distintos diámetros y chapas metálicas.

Hay generalmente dos tipos de análisis que son usados en la industria: modelos en 2D y en 3D. Mientras los modelos en 2D conservan la simplicidad y permiten que el análisis se realice en un ordenador normal, tiende a dar resultados menos precisos. El modelado en 3D, sin embargo, produce resultados más precisos mientras sacrifica la habilidad para funcionar de manera efectiva en cualquier ordenador, menos en los más rápidos. Con cada uno de estos esquemas modelados, el programador puede insertar numerosos algoritmos o funciones que pueden hacer al sistema comportarse de manera lineal o no lineal. Los sistemas lineales son menos complejos y normalmente no tienen en cuenta deformaciones plásticas. Los sistemas no lineales toman en cuenta las deformaciones plásticas, y algunos incluso son capaces de testear el material hasta la fractura.

¿Cómo trabaja el Método de los Elementos Finitos? El MEF usa un complejo sistema de puntos llamados nodos que hacen una red llamada malla. Esta malla, está programada para contener el material y las propiedades de la estructura que definen cómo ésta reaccionará ante ciertas condiciones de carga. A los nodos se les asigna una densidad por todo el material dependiendo del nivel de estrés anticipado en un área. Las regiones que recibirán gran cantidad de estrés tienen normalmente una mayor densidad de nodos (densidad de malla) que aquellos que experimentan poco o ninguno. Los puntos de interés consisten en: puntos de fractura previamente testeados del material, entrantes, esquinas, detalles complejos, y áreas de elevado estrés. La malla actúa como la red de una araña en la que desde cada nodo se extiende un elemento de malla a cada nodo adyacente. Este tipo de red vectorial es la que lleva las propiedades del material al objeto, creando varios elementos. Se puede decir que existen tres fases a la hora de realizar un análisis por elementos finitos, que serían:

1. Pre-procesamiento: El primer paso en FEA, pre-procesamiento, es construir un modelo de elementos finitos de la estructura a ser analizada. En muchos paquetes de FEA se requiere de la entrada de una descripción topológica de las características geométricas de la estructura. Ésta puede ser 1D, 2D, o 3D. El objetivo principal del modelo es replicar de manera realista los parámetros importantes y características del modelo real. La manera más sencilla para conseguir similaridad en el análisis es utilizar planos pre-existentes, modelos CAD. Una vez que se ha creado la geometría, se utiliza un procedimiento para definir y dividir el modelo en “pequeños” elementos. En general, un modelo de elementos finitos está definido por una malla, la cual está conformada por elementos y nodos. Los nodos representan puntos en los cuales se calcula el desplazamiento (análisis estructural). Los paquetes de FEA enumeran los nodos como una herramienta de identificación. Los elementos están determinados por conjuntos de nodos, y

definen propiedades localizadas de masa y rigidez. Los elementos también están definidos por la numeración de la malla, la cual permite hacer referencia a la correspondiente deformación o esfuerzo (en análisis estructural) para una localización específica.

2. Análisis (cómputo de la solución): En la siguiente etapa, en el proceso de análisis de elementos finitos se lleva a cabo una serie de procesos computacionales que involucran fuerzas aplicadas, y las propiedades de los elementos de donde producir un modelo de solución. Tal análisis estructural permite la determinación de efectos como lo son las deformaciones, estiramiento o estrés que son causados por fuerzas estructurales aplicadas como lo son la fuerza, la presión y la gravedad.

3. Post-procesamiento (visualización): Estos resultados entonces pueden ser estudiados utilizando herramientas visuales dentro del ambiente de FEA para ver y para identificar completamente las implicaciones del análisis. Herramientas numéricas y gráficas permiten la localización precisa de información como esfuerzos y deformaciones a ser identificadas.

Selección del programa a utilizar en este proyecto. En la actualidad existen numerosos programas de análisis por elementos finitos, tales como:

ABAQUS, ANSYS, COSMOS, PATRAN, NASTRAN, STRUDEL, CAEPIPE, etc. Tanto ANSYS (más conocido) como COSMOS o ABAQUS son de programas de “Uso General”. El concepto de “Uso General” quiere decir que, en primer lugar, el programa incluye muchas capacidades generales, tales como funciones de preprocesador (para generar un modelo), soluciones, postprocesador, gráficos, modelado paramétrico y utilidades para que el programa sea fácil de usar. En resumen, no se trata de un programa especializado para resolver problemas, sino que nos permitirá satisfacer muchas necesidades complejas de diseño y análisis. Se ha seleccionado el software comercial ANSYS debido a la gran variedad de tipos de análisis que permite realizar sin necesidad de cambiar de plataformas. ANSYS, Inc. desarrolla y comercializa a nivel mundial el software de simulación en ingeniería más usado por diseñadores e ingenieros a través de un amplio espectro de industrias. Los diferentes tipos de análisis que pueden realizarse con este software son:

- Análisis estructural, consistente en modelos lineales y no lineales. Los modelos lineales usan parámetros simples y asumen que el material no se deforma plásticamente. Los modelos no lineales consisten en deformar el material más allá de su límite elástico. En esta situación la tensión que experimentará el material varía con la cantidad de deformación.

- Análisis vibracional, empleado para analizar el comportamiento del material ante vibraciones aleatorias, choques e impactos. Cada uno de estos supuestos puede afectar a la frecuencia propia del sistema causando fenómenos de resonancia y consecuentemente el fallo.

- Análisis de fatiga, que ayuda a los diseñadores a predecir la vida útil del material o de la estructura, mostrando el efecto de los ciclos de carga sobre la muestra. Este análisis puede señalar las áreas donde es más probable que se produzca la propagación de la grieta. El fallo por fatiga puede también indicar la tolerancia al fallo del material.

- Análisis de transferencia de calor, ya sea por conductividad o por dinámicas térmicas de flujo del material o la estructura.

- Análisis de campos acoplados: termo-estructurales, termo-eléctricos, piezoeléctricos o acústicos, que permiten al usuario obtener un mayor conocimiento de cómo sus modelos reaccionan ante este tipo de cargas combinadas.

ANSYS tiene una estructura modular, lo que permite instalar únicamente las aplicaciones necesarias para la solución de un problema específico. A medida que el usuario avanza en la solución, este puede necesitar análisis más complejos. Los distintos módulos de ANSYS permiten solucionar los problemas por partes. Esto implica que una vez seleccionado el programa que se va a emplear como herramienta, hay que seleccionar de que módulos de los cuales comprar la licencia. El precio de la licencia es diferente en función de las capacidades que se necesiten. Las dos licencias (conjunto de módulos) que a priori cumplen las necesidades del proyecto (se necesita poder realizar estudios de campos acoplados, concretamente piezoeléctricos) son ANSYS Multiphysics y ANSYS Mechanical. ANSYS Multiphysics engloba el análisis del comportamiento de un elemento sometido a múltiples fenómenos físicos. Incluye capacidades de análisis de estructuras, análisis térmico, comportamiento de fluidos y electromagnetismo a alta y baja frecuencia. ANSYS Mechanical permite el análisis de estructuras bajo cargas lineales, no lineales y dinámicas. Incluye una amplia gama del estudio del comportamientos de los elementos, también incorpora varios modelos de materiales, así como formulas precargadas para la resolución de un gran número de problemas de ingeniería.

Simulaciones preliminares de címbalos. A la hora de evaluar cuáles van a ser nuestras necesidades a la hora de realizar las mejoras en el diseño de los címbalos se ha comenzado con unas simulaciones preliminares. Para estas primeras simulaciones se ha comenzado con un modelo lineal que no

tiene en cuenta el posible comportamiento viscoelástico del adhesivo. Tampoco se ha tenido en cuenta las posibles inestabilidades geométricas (abolladura del címbalo).

Las estructuras axisimétricas sometidas a cargas axisimétricas, pueden ser analizadas en un modelo bidimensional. Existen varios elementos en ANSYS capaces de modelar problemas axisimétricos, es decir, problemas que posean simetría respecto a un eje. Los modelos axisimétricos se realizan en un plano, de forma que el eje Y sea el eje de simetría del objeto considerado.

En ingeniería estructural se emplea el concepto de tensión de Von Mises en el contexto de las teorías de fallo como indicador de un buen diseño para materiales dúctiles. La tensión de Von Mises es un escalar proporcional a la energía de deformación elástica de distorsión que puede expresarse en función de las componentes del tensor tensión, en particular admite una expresión particularmente simple en función de las tensiones principales, por lo que la tensión de Von Mises puede calcularse a partir de la expresión de la energía de deformación distorsiva. Las unidades de las tensiones son Pa. Los puntos con valores más altos de tensión de Von Mises muestran zonas en las que será más probable el fallo del dispositivo, al haber una mayor acumulación de tensiones.

Durante el análisis el grupo de trabajo de UPM identificó las variables que podrían trabajarse desde el punto de vista de simulación y que hacen referencia a la no linealidad del sistema integrado disco-címbalo-asfalto-vehículo.

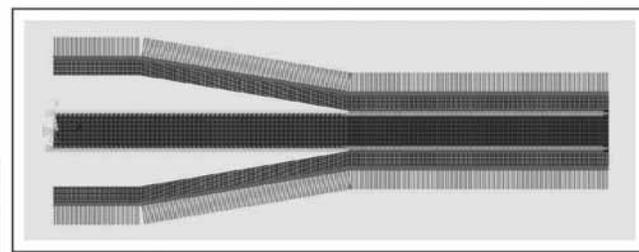


Figura 6: Visualización de címbalo con Modelo FEA cargado con 0,5 MPa.

Podemos encontrarnos con fuentes de no linealidad debidas a:

- Viscosidad del adhesivo: La mayoría de los análisis por métodos de elementos finitos que se realizan se basan en la solución de problemas donde existe una relación lineal entre la fuerza y la deformación (Ley de Hooke). Sin embargo no todos los modelos cumplen con esta condición, estos modelos son conocidos como no lineales. A diferencia de lo que ocurre en los metales, que requieren relativamente pocas propiedades para caracterizar su comportamiento, el tratamiento del adhesivo puede ser más complejo, debido a que nos encontramos ante un tipo de problema no lineal del material.

- Posible pandeo de la chapa de acero o inestabilidad geométrica. El pandeo es un fenómeno de inestabilidad elástica que puede darse en elementos comprimidos esbeltos, y que se manifiesta por la aparición de desplazamientos importantes transversales a la dirección principal de compresión. Se traduce en la aparición de una flexión adicional en la estructura cuando se halla sometido a la acción de esfuerzos axiales de cierta importancia. Es necesario realizar un estudio de nuestra estructura para descartarlo en el rango de tensiones en que nos movemos o para estudiar el fenómeno si ocurre ya que repercutirá en su vida útil.

- Estudio dinámico: La carga aplicada es de carácter dinámico y transitorio, por lo que no tiene que ser necesariamente periódica. Esto hace necesario realizar estudio de fenómenos dinámicos con el fin de descartarlos, si son despreciables, o ser tenidos en cuenta en caso contrario.

- La onda de presión que se genera no llega a todos los címbalos a la vez. Esto hace necesario diseñar con cuidado como conectar los diferentes címbalos entre sí para evitar pérdidas. Esto es debido a que los címbalos, cuando no están actuando como actuadores se convierten en sensores, y la energía que se ha obtenido a partir de los címbalos activos puede estar invirtiéndose en deformar los címbalos inactivos.

- Simulación de circuitos: Es un fenómeno acoplado, el hecho de estar obteniendo energía eléctrica del címbalo modifica su respuesta elástica (el efecto es como si estuviera amortiguado adicionalmente) con lo que a su vez se modifica su respuesta eléctrica. Se pueden usar circuitos eléctricos en el propio ANSYS para estudiar este efecto y ver cómo afecta al rendimiento. El objetivo es producir el máximo de energía eléctrica para una señal de fuerza $P(t)$ dada en el intervalo de tiempo considerado. Se debe cerrar el circuito y la energía producida será la integral de $V(t) \cdot I(t)$ en el intervalo. La impedancia óptima para obtener el máximo de energía dependerá de las características del dispositivo piezoeléctrico. La optimización del circuito de conversión de energía y el piezo-eléctrico se debe calcular en conjunto al ser problemas acoplados.

Con el fin de determinar las características de los diferentes címbalos fabricados, se llevó a cabo una primera caracterización en el Instituto de Cerámica y Vidrio, anterior a la realizada en Repsol en el equipo de pista.

La caracterización consistió en: estudio de las resonancias piezoeléctricas, medida del voltaje asociado a la respuesta piezoeléctrica por deformación y por último, medida de la potencia bajo distintas resistencias de carga eléctrica.

5.1.5. Medida de Resonancia Piezoeléctrica.

Al someter cualquier cerámica polarizada a un campo eléctrico alterno, ésta vibra mecánicamente, alcanzando a determinadas frecuencias su amplitud máxima de oscilación (frecuencia de resonancia). Las frecuencias a las que se obtienen los máximos de impedancia dependen de las propiedades piezo-eléctricas, elásticas y dieléctricas del material. A partir del estudio de las resonancias mecánicas se pueden conocer diferentes características de un vibrador piezoeléctrico. Esta medida fue usada para comprobar si el címbalo sigue comportándose como un piezoeléctrico, la calidad del pegado, etc. Se llevó a cabo con un analizador de impedancias Agilent/HP 4194A, con medidas realizadas principalmente en el rango de frecuencias entre 20 KHz y 5 MHz. Resultados representativos de esta medida se muestran en la 7, para címbalos de latón de la serie 1-6 (ver Tabla 1).

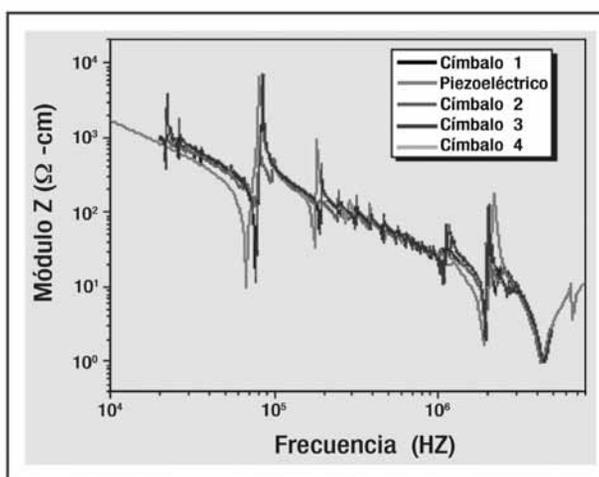


Figura 7: Curvas de resonancia címbalos de latón de la serie 1-6.

Se muestran también las resonancias de las cerámicas piezoeléctricas sin chapa a modo de comparación. Alrededor de 80 KHz aparece la frecuencia de vibración fundamental del modo radial (excitación en perpendicular a las caras electrodeadas y vibración en el diámetro). La frecuencia aparece desplazada para los címbalos, lo que es un efecto de las chapas sobre la cerámica piezoeléctrica. Otros efectos apreciables son la aparición a frecuencias menores (rango 20-30 KHz) de resonancias del címbalo que no se observan en la cerámica piezoeléctrica sin chapas. Las resonancias del címbalo 2 son muy diferentes y con amplitudes mucho menores que el resto. Esto es debido a una menor actividad piezoeléctrica del címbalo, debido probablemente a una peor calidad del pegado. En algunos casos como el mostrado, esta técnica ha sido usada como una rápida manera de descartar címbalos defectuosos.

5.1.6. Medida del voltaje asociado a la respuesta piezoeléctrica por deformación.

La segunda caracterización llevada a cabo es la medida en un osciloscopio de la señal sinusoidal a distintas frecuencias generada por el címbalo excitado mecánicamente por el vibrador acústico. Para el montaje experimental, el vibrador se coloca boca abajo sobre el címbalo. La señal que se recoge es aquella que da mayor voltaje pico-pico a la máxima amplitud de oscilación dada por el vibrador sin que se distorsione por rebotes, o por efecto del anclaje del movimiento oscilatorio del címbalo. Señales características recogidas por el osciloscopio con este montaje se muestran en la 8.

5.1.7. Medida de la potencia bajo distintas resistencias de carga eléctrica.

La potencia disipada por el címbalo en una resistencia es función del voltaje generado y de la propia resistencia. La 9 muestra una curva representativa de esta dependencia para varios címbalos de la serie 1-6.

Para calcular la curva, se excita mecánicamente con el vibrador acústico el címbalo a la frecuencia seleccionada. El voltaje desarrollado por el címbalo se descarga en una resistencia

variable en serie con el címbalo y se mide en un multímetro Agilent/HP 34401A (función V_{ac} , que mide el V_{rms} de la señal). La potencia se calcula como $P_{max} = V_{ac}^2 / R$.

Todas las curvas presentan similares comportamientos. La potencia aumenta en función de la resistencia externa hasta un máximo, a partir del cual disminuye. A partir de estas medidas se han caracterizado las propiedades eléctricas de los diferentes címbalos, mostrados en la Tabla 2. Son el voltaje medido en una resistencia de carga de 1 MΩ, la potencia disipada en el máximo de la curva de la Figura 9, y la resistencia a la que se produce ese máximo.

El propósito de esta caracterización es hacer una primera evaluación de los címbalos piezoeléctricos. Las frecuencias de medida (30 Hz) se alejan ligeramente de las observadas en el banco de pruebas de Repsol (2 Hz), pero sirven para hacer una primera comparativa entre címbalos. La fuerza ejercida por el vibrador acústico también parece menor que la aplicada en Repsol. Por ello, algunos de los címbalos piezoeléctricos que pudieron ser medidos en el ICV se rompieron en condiciones más exigentes.

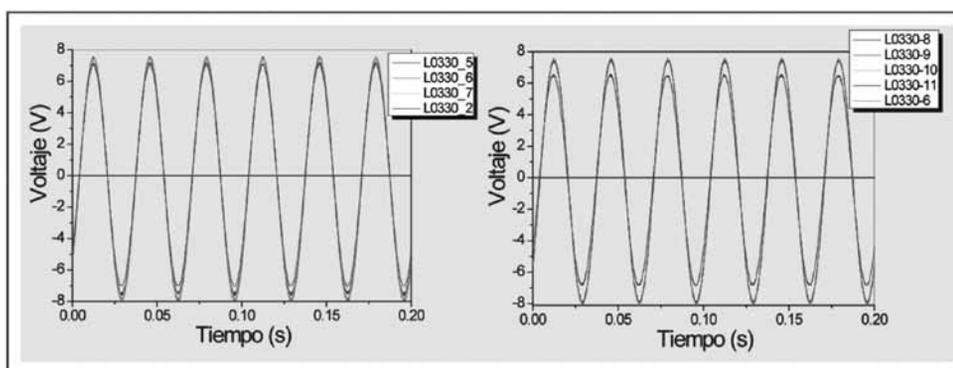


Figura 8: Voltajes generados por distintos címbalos de la serie L0330 excitados mecánicamente a 30Hz.

Piezoeléctricos	V (1 MΩ) (V)	P_{Max} (mW/cm ²)	R_{max} (KΩ)
Serie 1-6	4.8	$3.9 \cdot 10^{-3}$	500
B 1-5	8.5	$1.0 \cdot 10^{-2}$	500
BF 1-9	11.7	$2.4 \cdot 10^{-2}$	500
AA 0-5	2.5	$1.8 \cdot 10^{-3}$	500
AB 1-8	4.2	$3.4 \cdot 10^{-3}$	500
S 1-19	4.6	$3.8 \cdot 10^{-3}$	500
SB 1-4	3.0	$1.6 \cdot 10^{-3}$	500
AAS 1-3	3.0	$1.7 \cdot 10^{-3}$	500
SABA 1-3	4.3	$3.2 \cdot 10^{-3}$	500
SP 1-13	5.6	$5.5 \cdot 10^{-3}$	500
L 1-11	3.8	$2.5 \cdot 10^{-3}$	500
L0330 1-31	4.2	$3.0 \cdot 10^{-3}$	500
LB330 1-4	5.7	$5.4 \cdot 10^{-3}$	500
A30 1-3	4.7	$3.7 \cdot 10^{-3}$	500

Tabla 2: Caracterización de címbalos de distintos diámetros y metales a 30 Hz.

Esto hizo que se tomaran medidas correctoras para una mejor fabricación de címbalos (como el uso de latón como metal para las chapas, pequeños cambios en la fase de preparación de superficies y en el secado tras la limpieza con acetona, etc.).

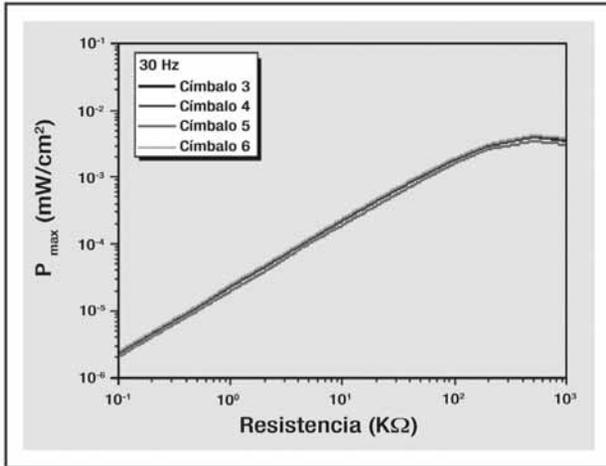


Figura 9: Potencia disipada en función de la resistencia de carga a 30 Hz para címbalos de la serie 1-6.

En los resultados mostrados en la Tabla 2 se observa que los mejores valores de potencia se dieron para los címbalos de latón de la serie BF, con chapa de 0.25 mm de espesor. Sin embargo, esta chapa es muy fina, y tras las pruebas el címbalo terminó deformado. El resto de los címbalos de latón dan potencias del orden de 10^{-3} mW/cm².

Finalmente, y aunque el diseño se ha ido modificando durante la etapa de prototipado, se concluye en un diseño de discos de 29mm de diámetro, 1mm de espesor y un címbalo de chapa de latón de 0.3 mm de espesor y 1mm de altura (d_c) (Figura 10).

5.2. MODIFICACIÓN DEL EQUIPO PARA ENSAYO DE PISTA DE LABORATORIO

Tomando el equipo Wheel-Track test, que consiste en una rueda con peso equivalente a vehículo apoyada en un banco con movimiento de vaivén donde se soporta la probeta asfáltica, se ha cableado hacia afuera de la cámara climática hasta un osciloscopio, en primera instancia. Una vez se inicia el ensayo, la rueda pasa rodando encima de la probeta y se puede registrar el pulso eléctrico generado por el piezoeléctrico enterrado bajo la superficie de la probeta. En una segunda fase, se ha sustituido el osciloscopio por una tarjeta de adquisición de datos y un circuito eléctrico, con una presentación en PC de la energía acumulada con el paso continuo de rueda. La rueda de ensayo es metálica y con banda de rodadura de goma maciza de 5 cm de ancho y 2 cm de espesor. La frecuencia de la rodadura es de 42 pasadas por minuto, con

un recorrido de 23 cm por sentido. La presión de contacto de la rueda es de 0,9 Mpa.

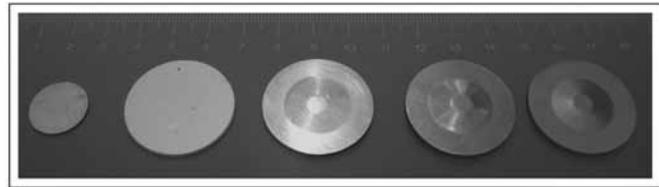


Figura 10: Vista de los diferentes discos y címbalos ensayados en el prototipo Wheel Track.

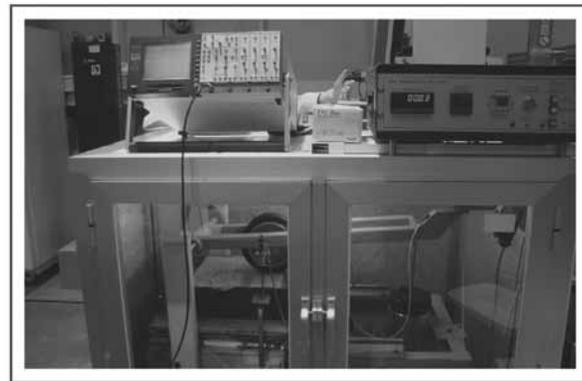


Figura 11: Vista de la modificación del equipo de ensayo de pista (Wheel-Track) en laboratorio del Centro de Tecnología Repsol.

5.3. DISEÑO DE ASFALTO PARA EMBEBER LOS DISCOS Y CONDUCIR LA ENERGÍA FUERA DEL ASFALTO

Se arrancaron tres líneas a este respecto:

- 5.3.1. Diseñar un mástico bituminoso (hostlayer) que contuviera el disco piezoeléctrico en su interior.
- 5.3.2. Diseñar composites bituminosos con conductividad eléctrica mejorada, capaces de conducir la electricidad generada en los discos.
- 5.3.3. Diseñar las capas que se situarían bajo la rueda y la capa de rodadura sobre la capa host.

5.3.1. Diseño de host layer.

La integración de los piezoeléctricos en el asfalto se ha realizado mediante un host layer consistente en un mástico bituminoso compuesto por betún 70/100 y distintos porcentajes de filler silíceo.

Las primeras láminas se realizaron embebiendo los piezoeléctricos en betún y amasando todo el conjunto (12). Posteriormente el procedimiento consistió en el amasado de la lámina sin piezoeléctricos, colocándose los piezoeléctricos en agujeros realizados una vez enfriado el mástico. Los piezoeléctricos se conectaron a través de cinta adhesiva de cobre con el osciloscopio para las medidas de voltaje (13).

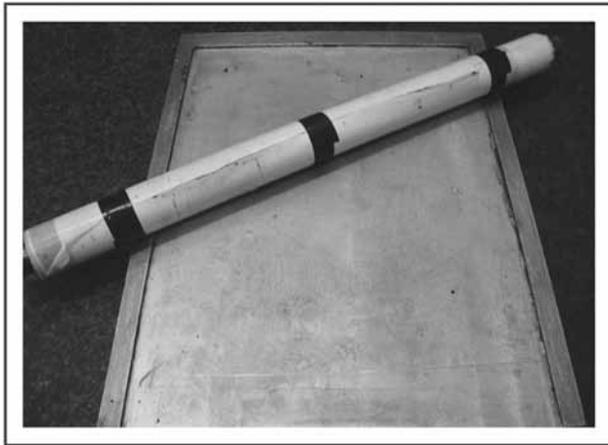


Figura 12: Placa y rodillo utilizados para la fabricación de las láminas.

Se han estudiado diferentes efectos a la hora de la realización de la lámina:

- % Filler añadido: 5%, 10%, 15%.
- Diámetro del piezoeléctrico: 12.7 y 30 mm.
- Elemento conductor: malla metálica y cinta adhesiva de cobre.
- Disposición de piezoeléctricos: un piezoeléctrico centrado, 3 piezoeléctricos apilados centrados, 3 piezoeléctricos apilados y un piezoeléctrico en la misma banda.

5.3.2. Diseño de composites bituminosos con conductividad eléctrica mejorada.

Dentro de esta línea se ha probado con diversos materiales conductores con el objetivo de ver su comportamiento a la hora de mezclarlos con betún.

- Nanofibra de carbono (GANFs): las nanofibras de carbono utilizadas han sido suministradas por Grupo Antolín, y se trata de nanofibras con excelente relación de aspecto y una alta estructura gráfica (grado de grafitación sobre el 70%). Se caracterizan por sus excelentes propiedades mecánicas y de transporte (Tabla 3). Debido a su pequeño diámetro y a su alta relación de aspecto, GANFs son capaces de hacer una red conductora muy efectiva en polímero y otras matrices con un contenido de carga muy bajo.



Figura 13: Lámina de betún con piezoeléctricos embebidos.



Figura 14: Lámina de betún con tres piezoeléctricos en sentido perpendicular al movimiento de la rueda.

Se realizan probetas con árido silíceo de tamaño máximo 8 mm y 15% de betún sobre árido. Se utilizan distintos porcentajes de nanofibra de carbono, comprendidos entre 0,25% y 2% en peso sobre la cantidad de árido.

- Escorias de acero:

Se realizan probetas con árido silíceo de tamaño máximo 8 mm y 15% de betún sobre árido. Se utilizan distintos porcentajes de escorias de acero, comprendidos entre 0,25% y 2% en peso sobre la cantidad de árido.

- Polvo de carbonilo de hierro SQ:

Fue suministrado por BASF, quien inventó este producto en 1925. Se trata de un hierro de alta pureza (97,5% para grado S y 99,5% para grado R), preparado por descomposición química del pentacarbonilo de hierro purificado. Tiene la apariencia de polvo gris y está compuesto de micropartículas esféricas. Muchas de las impurezas son carbono, oxígeno y nitrógeno.

Se realizan probetas con árido silíceo de tamaño máximo 8 mm y 15% de betún sobre árido. Se utilizan distintos porcentajes de nanofibra de carbono, comprendidos entre 0,25% y 3% en peso sobre la cantidad de árido.

- Polvo de óxido de hierro pigmento:

Se ha constatado que las mezclas de betún con pigmento rojo de óxido de hierro constituyen un material asfáltico dieléctrico. No se consiguen másticos conductores, sin embargo, con este pigmento se llega a obtener materiales dieléctricos (ya no aislantes), que pudieran encontrar aplicación en otro tipo de situaciones, por ejemplo en proporcionar una capa superficial de pavimento que permita la descarga de energía estática a tierra, con aplicación en centros industriales, por ejemplo.

DIÁMETRO DE FIBRA (TEM)	nm	20 -80	20-80
LONGITUD DE FIBRA (SEM)	μm	>30	>30
DENSIDAD VOLUMÉTRICA	g/cc	>1,97	»2.1
DENSIDAD APARENTE	g/cc	0.060	0.085
ENERGÍA SUPERFICIAL	mJ/m ²	≈100	-
ÁREA SUPERFICIE ESPECÍFICA BET (N2)	m ² /g	150-200	105-115
GRADO DE GRAFITACIÓN	%	≈70	≈100
RESISTIVIDAD ELÉCTRICA	Ohm·m	1·10-3	1 10-4
CONTENIDO DE PARTÍCULAS METÁLICAS	%	6-8	0.1-0.2

Tabla 3: Propiedades de las nanofibras de carbono del Grupo Antolín.

5.3.3. Diseño de capas de rodadura.

Para el prototipo se han desarrollado diferentes capas con el objetivo de simular una capa inferior y una capa de rodadura superior, en medio de las cuales irá colocada la lámina bituminosa con los piezoeléctricos embebidos. Se han estudiado diferentes formulaciones y diferentes espesores de capa.

Para el caso de la capa inferior o base del prototipo la mezcla utilizada ha sido una AC16 con árido silíceo y calizo y betún 35/50 (Tabla 4). El espesor seleccionado ha sido 4 cm (16).



Figura 15: Probetas realizadas con composites conductores.

Para el caso de la capa de rodadura superior se han utilizado diferentes formulaciones teniendo en común todas ellas un espesor de 2 cm. Las características de cada una son:

- Capa cerrada con betún 35/50, arena caliza y sílicea (Tabla 5)
- Capa cerrada con betún 70/100, arena caliza y sílicea (Tabla 5)
- Capa abierta con betún 35/50, arena caliza y sílicea (Tabla 6).

El mejor comportamiento lo ofrecen las capas cerradas ya que la capa abierta está limitada en cuanto al tamaño del árido. Se ha elegido un espesor de capa de 2 cm para que el piezoeléctrico viera reflejada la máxima presión posible, ya que la capa de rodadura puede amortiguar el efecto producido por el paso de la rueda (17).

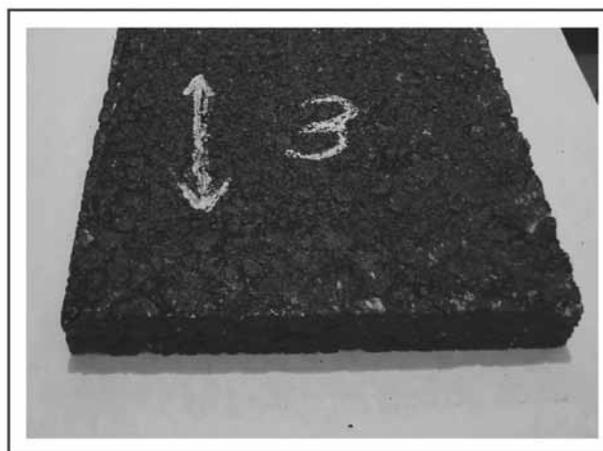


Figura 16: Capa de rodadura inferior.

	Porcentajes			
	12/20	6/12	0/6 Sílice	0/6 Caliza
22,4-16	5,0			
16-8	10,0	23,0		
8-4		11,0	4,0	2,00
4-2			7,0	8,0
2-0,5			6,0	8,0
0,5-0,063			6,0	4,0
Filler			3,0	3,0
	15,0	34,0	26,0	25,0

Tabla 4: Formulación utilizada para la preparación de las probetas de rodadura inferior.

	Porcentajes			
	12/20	6/12	0/6 Sílice	0/6 Caliza
22,4-16	0,0			
16-8	0,0	0,0		
8-4		0,0	10,0	10,0
4-2			11,3	11,3
2-0,5			15,8	15,8
0,5-0,063			9,3	9,3
Filler			3,8	3,8
	0,0	0,0	50,0	50,0

Tabla 5: Formulación utilizada para la preparación de las probetas de rodadura superior cerrada.

	Porcentajes			
	12/20	6/12	0/6 Sílice	0/6 Caliza
22,4-16	0,0			
11,2-8	0,0	5,0		
8-4		0,0	36,5	36,5
4-2			1,0	1,0
2-0,5			4,0	4,0
0,5-0,063			3,3	3,3
Filler			2,8	2,8
	0,0	5,0	47,5	47,5

Tabla 6: Formulación utilizada para la preparación de las probetas de rodadura superior abierta.

5.4. CARACTERIZACIÓN DE LA SEÑAL ELÉCTRICA GENERADA EN CONDICIONES DE RODADA

En primera instancia, las cintas de cobre adheridas a los discos fueron conectadas a un osciloscopio, detectando los pulsos eléctricos generados a cada paso de rueda (18).

Estos valores de diferencia de potencial pico-pico son equivalentes a los valores de voltaje observables cuando los discos son excitados en un shaker, sin carga (es decir en vacío). Por ello, es necesario recurrir a un circuito rectificador y de adecuación de señal en una etapa siguiente. En este punto se suelen cometer los errores más abundantes en el campo de la captura de energía residual, pensando que realmente este pico es el voltaje que se conseguirá finalmente, sin embargo, una conclusión del presente proyecto es que tanto hay que trabajar el diseño de los transductores, como el diseño de la integración de los mismos en la carretera, como el circuito eléctrico que transformará la señal en energía “usable”.

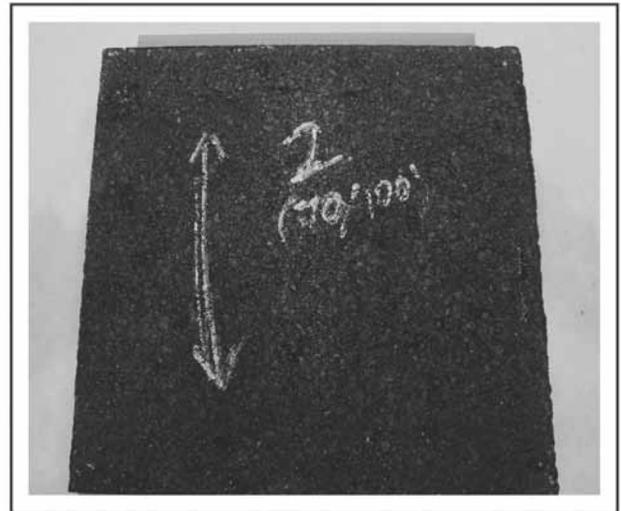


Figura 17: Capa de rodadura superior cerrada.

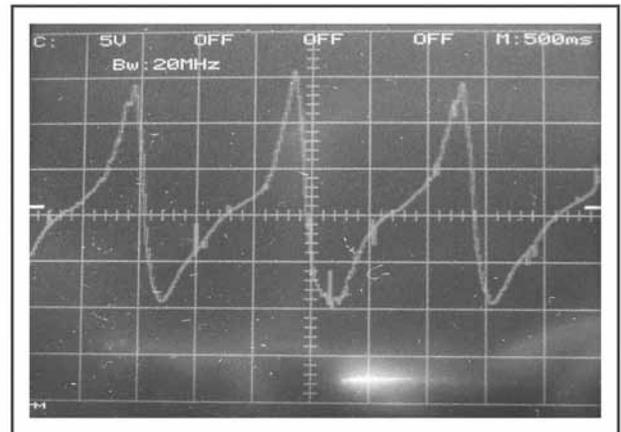


Figura 18: Pulsos registrados en osciloscopio a cada paso de rueda en prototipo Wheel Track.

5.5. SELECCIÓN DE CIRCUITO ELÉCTRICO CAPAZ DE TRANSFORMAR LA SEÑAL PULSANTE EN CORRIENTE CONTINUA

Con el objetivo de seleccionar qué componentes deben estar presentes en la adecuación de señal pulsante, se construyó un prototipo preliminar, denominado Rodante, mediante el cual se podían obtener señales pulsantes similares a las obtenidas en el prototipo Wheel Track (Figura 19). Este prototipo previo permite cuantificar y evaluar las distintas variables eléctricas y mecánicas de los distintos tipos y arreglos de piezoeléctricos objetos de estudio. El estudio del comportamiento en este banco de ensayos permitió avanzar en paralelo mientras se eliminaban en el Wheel Track las incertidumbres asociadas a las condiciones de las probetas de asfalto. La estación de trabajo permite además aplicar cargas mecánicas a distintas velocidades (entre 50 y 300 mm/s) con el objetivo de simular el paso de una rueda sobre el piezoeléctrico. El sistema permite además probar distintas configuraciones o arreglos de piezoeléctricos para varios discos.

Con el objetivo de identificar los parámetros óptimos del circuito, se diseñó un modelo matemático que incluye la simulación de:

- Fuerza aplicada
- Piezoeléctrico
- Circuito de rectificación
- Pinzas de medida

El modelo tiene una primera etapa que simula la forma de onda del voltaje del piezoeléctrico al someterse a la presión de la pasada de una rueda. La impedancia interna del piezoeléctrico se simula con una rama serie compuesta por una resistencia y un condensador.

La etapa posterior a la obtención de energía pulsante consta de un circuito rectificador de onda completa con condensador de filtro a la entrada y un condensador de almacenamiento de energía a la salida. El circuito seleccionado conlleva por tanto las etapas de filtrado, de rectificación de señal mediante un puente de diodos, y de estabilización. Dicho circuito necesita un potencial mínimo para funcionar y entregar señal, estimado en 2,5 V de señal mínima. Además, se ha de medir la energía en condiciones de carga resistiva, es decir no en vacío (figura 20). La figura 20 es una infografía clave en el proyecto, y que podría ser extrapolable a muchos proyectos de captura de energía.

5.6. SISTEMA DE ADQUISICIÓN Y TRATAMIENTO DE SEÑAL

El sistema de medida y adquisición de datos se ha diseñado para la caracterización de las variables eléctricas generadas por piezoeléctricos embebidos en probetas de asfalto. El sistema además permite mostrar y cuantificar la energía acumulada durante la operación del banco de ensayo (Figura 22).

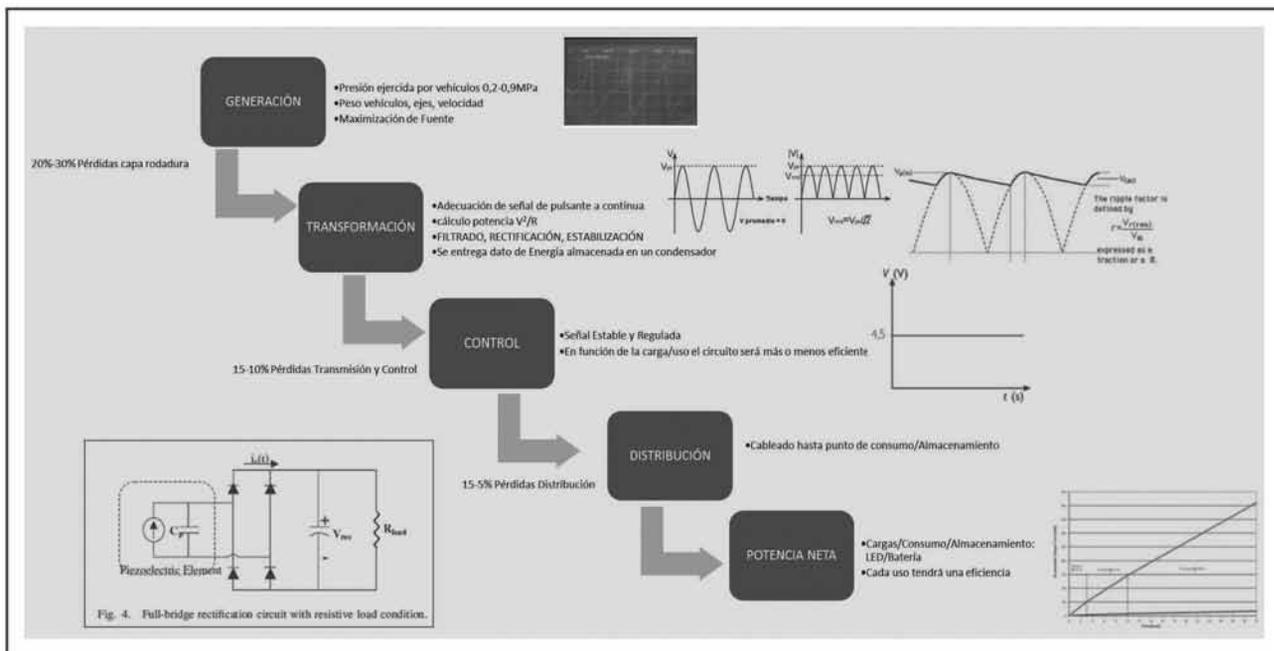


Figura 20: Taps tradicionales de acondicionamiento y control de señal eléctrica pulsante hasta carga de energía.

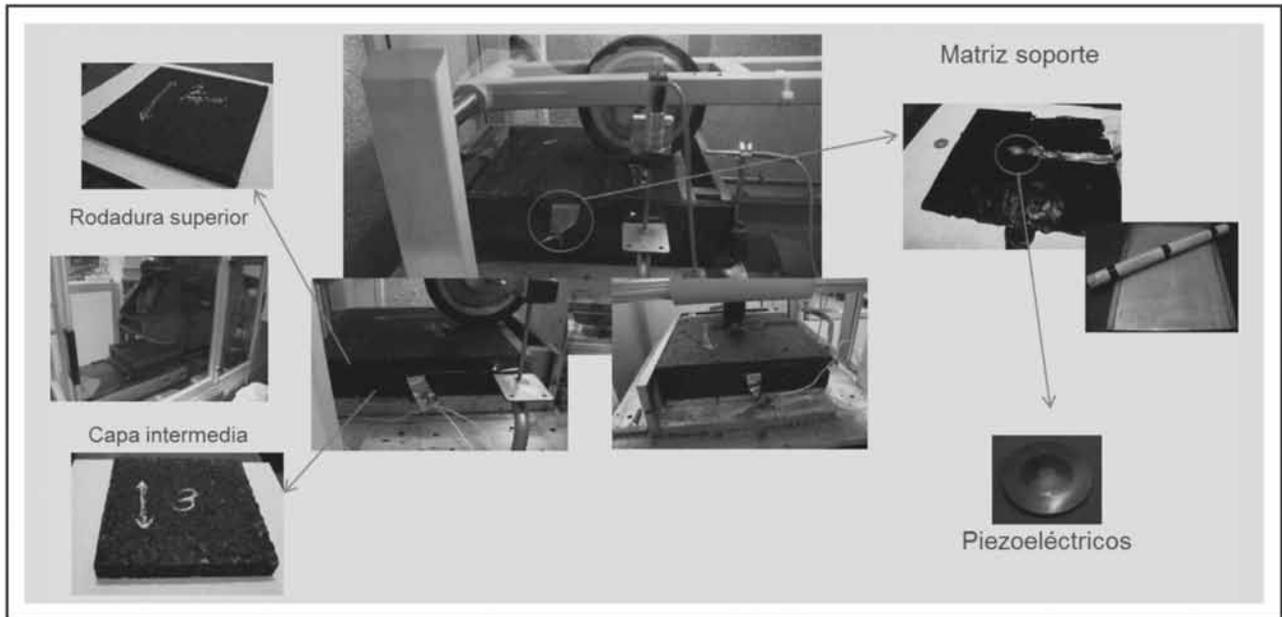


Figura 21: Visión completa del prototipo Wheel Track.

La interfaz gráfica permite cuantificar las variables eléctricas tanto en la fase de diseño de probetas como durante las fases de evaluación de producto a largo plazo. Además, la versatilidad de su entorno gráfico permite acompañar a los desarrollos y/o cambios requeridos por el usuario (Figura 23).

Así, en el prototipo Wheel Track se pueden obtener del orden de **30-50 voltios** de señal rms en vacío, equivalentes a unos **4 voltios** en condiciones de carga, equivalentes a su vez a **16 μ W** de potencia.

El sistema es exportable a un sistema portátil y autónomo, facilitando su incorporación a medidas en carretera y/o durante largos periodos de prueba.

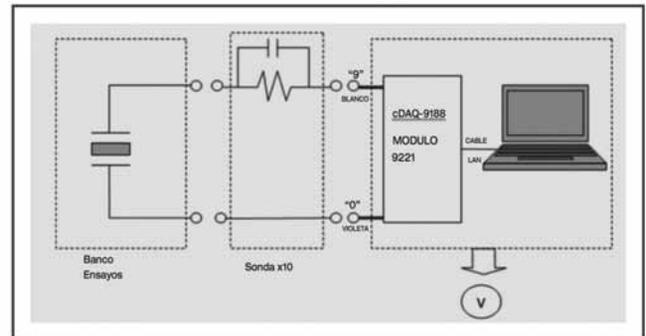


Figura 22: Esquema de adquisición de señal en prototipo Wheel Track.

Por tanto, ahora sí es válido calcular los parámetros de potencia, intensidad de corriente y energía generada a cada paso de rueda, y por tanto alimentar las estimaciones en condiciones de contorno reales, según las siguientes ecuaciones basadas en voltaje rms (valor cuadrático medio de una corriente variable):

$$V_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T v(t)^2 \cdot dt}$$

Intensidad:
$$I_{Rms} (\mu A) = \frac{V_{Rms}(V)}{R_{carga}(M\Omega)}$$

Potencia:
$$P(\mu W) = \frac{V_{Rms}^2(V)}{R_{carga}(M\Omega)}$$

Energía:
$$E(\mu J) = P(\mu W) \cdot t_{ventana}(S)$$

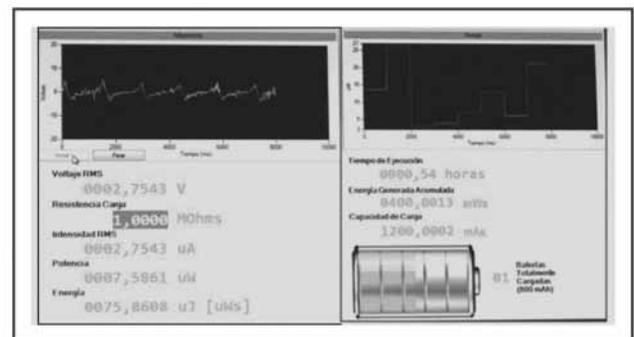


Figura 23: Pantallas del software de recogida de datos.

5.7. VERIFICACIÓN EN PROTOTIPO DE FACTORES EN TRÁFICO REAL (VELOCIDAD DE VEHÍCULOS, DIFERENTE PESO DE EJES)

Con el objetivo de conocer la influencia de la velocidad del vehículo en el período del pulso eléctrico, así como la influencia de un diferente peso en los ejes delantero y trasero, se modificó un tercer prototipo (en instalaciones de la ETSIT-UPM), denominado Anillo, capaz de reproducir estos efectos (Figura 24).

Éste es el prototipo usado para aplicaciones viales de detección de velocidad y conteo de vehículos mediante cables y espiras piezoeléctricas. En sus diferentes configuraciones, el banco de ensayos es capaz de barrer un rango de velocidad entre los 14 y los 170 km/h, lo que cubre sobradamente las condiciones de tráfico real. Tanto el control del variador de velocidad del motor trifásico que realiza el accionamiento del banco, como la recogida de resultados de medida en las pruebas de excitación y de fatiga de los compuestos piezoeléctricos, se realiza de forma automatizada mediante código informático. El peso que soporta cada eje del banco es configurable.

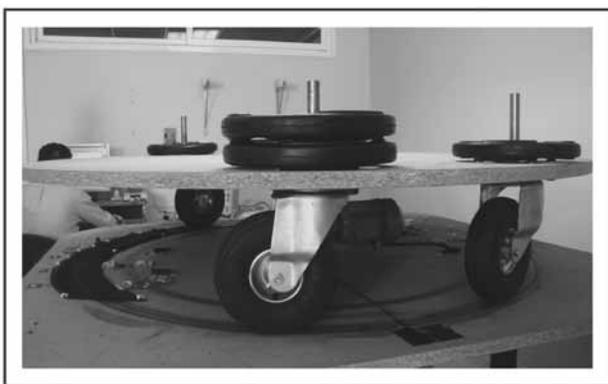


Figura 24: Prototipo de Anillo para verificar la influencia de la velocidad sobre la respuesta del piezoeléctrico.

Las conclusiones de las distintas pruebas son:

- Con el aumento de velocidad los pulsos se estrechan en período y aumenta la potencia (área de pico).
- A partir de aprox. 30 Km/h esta tendencia se mantiene pero se reduce considerablemente en intensidad.
- A estas velocidades, 2 pulsos entran en 1 segundo de período (importante para el control de señal).
- Cuando el eje delantero tiene 75% del peso, el pulso primero es superior al segundo en proporción.
- Cuando el eje trasero tiene el 75% del peso, el pulso trasero es superior aunque algo menos que proporcional (efecto pretensado). En cualquier caso es muy leve y hemos comprobado que la carga no afectaría a las estimaciones ni al comportamiento del piezoeléctrico.

Se concluyen por tanto las pruebas en los tres prototipos, y se pasa a evaluar los parámetros y valores de energía acumulada conseguidos, para poner en escena la aplicación más conveniente.

6. ESTIMACIONES DE ENERGÍA GENERADA

El valor conseguido en prototipo CTR es de 16 μ W para cada paso de rueda (vehículo pesado: 0,9 MPa). A partir de aquí, se ha definido un vehículo promedio (85% de vehículo ligero con 0,2 MPa y 15% de vehículo pesado), para el cual se conseguirían, por proporcionalidad de pesos, unos 5,3 μ W. Este valor de potencia es estable y para una carga capacitiva de 1 MOhm. Para un vehículo promedio con 2,15 ejes y una frecuencia de vehículos de 1000 vehículos/hora (valor obtenido en numerosos tramos de M-30 (caso tipo de carretera periurbana de gran capacidad)), se puede obtener sobre un solo disco, una energía de 1,5 mWh. El hecho de ser capaces de conseguir valores de microwatios por cada impacto supone un hito en el proyecto y la resolución de una barrera técnica: conseguir excitar el piezoeléctrico en condiciones de restricción de movimiento (embebido en asfalto).

El acercamiento técnico para visualizar la distribución espacial en la carretera, teniendo en cuenta factores constructivos y de mantenimiento de la infraestructura, conducen a la situación de lámina intercapa bajo rodadura (25). Para facilitar la visualización de las estimaciones se han definido dos unidades de medida:

Stack: corresponde a una tableta de dimensiones 20cm x 10cm x 2cm realizada en lámina asfáltica y capaz de albergar 360 discos piezoeléctricos. De forma preliminar, 1 Stack es capaz de generar en estas condiciones unos 4 Wh.

rec: a diferencia de la unidad espacial anterior, se define 1 rec como la disposición de discos en stacks, extendidos bajo las zonas de rodadura probable del vehículo, capaz de generar 1 KWh.

Se ha ampliado la zona de rodadura probable a 32 cm para cada rueda de vehículo ligero. También se ha tenido en cuenta que la carga difusa también es capaz de generar energía en discos adyacentes a la vertical bajo rueda. Se han admitido pérdidas en la transformación y distribución de la señal eléctrica (no contempladas en prototipo) de un 15%, en cada caso. Con todo, se obtiene que 1 REC debe contener 289 Stacks, que situados en ambas rodaduras de un mismo vehículo, equivaldría espacialmente a unos 12 metros por carril.

Para calcular el coste de la instalación de los piezoeléctricos, se han tenido en cuenta el coste de los discos, el ensamblado con címbalos, la integración en lámina asfáltica, la instalación eléctrica (sin baterías) y el mantenimiento eventual de la infraestructura.

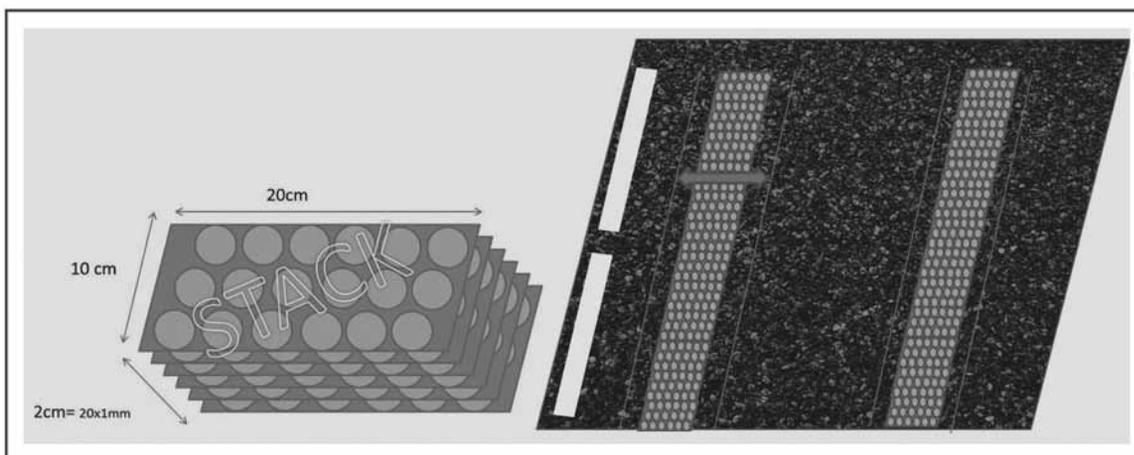


Figura 25: Visualización de agrupación de piezoeléctricos bajo la rodadura.

Se ha lanzado los cálculos para 20 años, teniendo en cuenta que entre 5 y 6 años se suelen operar las capas de rodadura por daño de la infraestructura. Aunque se pueden preservar de forma localizada los piezoeléctricos ante una operación de mantenimiento o conservación, se prefiere tener en cuenta este valor de 5-6 años, como valor mínimo para rentabilizar la instalación. Así, el coste de la instalación de 1 rec es de 38,514 €, en una primera aproximación. Esto arroja unos valores de entre 9 y 10 años para rentabilizarla.

Así pues, es necesario identificar qué parámetros, de los tenidos en cuenta de forma estándar, es preciso mejorar para reducir los costes. Estos han sido:

1. 5% más de energía al mismo precio por calidad y selección del pzt.
2. Reducción de las pérdidas estimadas de transformación y control del 15% a un 10%.
3. Reducción de las pérdidas estimadas en distribución de señal del 15% a un 5%.
4. Reducción en costes fijos en un 25%.
5. Reducción asumible en el precio de un piezoeléctrico (PZT) a 0,1€/ud.

6. Mejorar objetivo de un 40% más de energía por acoplamiento mecánico.

Actuando sobre estos parámetros, del todo asumibles en la duración del proyecto, el coste de 1 rec se reduce a 19,400€.

El enfoque de las estimaciones y la disposición en la carretera apuntan a obtener el máximo de energía a acumulada. El uso que más se requiere en la carretera es sin duda la iluminación. Por tanto, se han lanzado estos números de obtención de energía y costes de instalación, contra dos escenarios que hacen referencia a lo que paga la administración por la electricidad para abastecimiento de luminaria y a una eventual venta de energía alternativa. En ambos casos la energía cuesta entre 0,18 y 0,32 €/KWh.

Se obtiene así unos valores correspondientes a 5-6 años para rentabilizar (break even point) la inversión, con unos valores de coste de la energía de 0,11 €/KWh (suponiendo que podemos alargar su vida en servicio hasta los 20 años) (Tabla 7).

Energía media por vehículo en un PZT	11,467μW
1STACK 18x20PZT	4,128 Wh
Definición de rec: Disposición de stacks consecutivos capaz de generar:	1 kWh
nº de STACK necesarios p/PANEL DE ILUMINACION 100 Wh	24 (2,42 m lineal)
1 rec instalado (optimizado)	19.398 €
Rentabilidad (TIR 14%)	5-6 AÑOS
Coste de la energía (20 años + mantenimiento intermedio)	0,1107 €/KWh

Tabla 7: Valores clave para rentabilidad de instalación de piezoeléctricos en carreteras para iluminación.

7. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

a) Conclusiones clave de la etapa de Prototipado

Los datos aportados por el prototipo en cuanto a cantidad y calidad de energía recuperada en la carretera demuestran que la **tecnología es viable**. En esta primera etapa del proyecto, se han demostrado en el laboratorio y se han dado respuesta a las dos incertidumbres técnicas principales del proyecto: 1) la deformación del piezoeléctrico para entregar energía es posible hacerla en condiciones de embebido total y 2) la diferencia de potencial generada con cada impacto de rueda es suficiente para ser transformada por un circuitaje eléctrico y obtener una señal acumulable.

En la concepción puramente energética del proyecto, se quiso conocer cuál es la cantidad máxima de energía recuperable en una distribución o empaquetamiento en carretera de discos piezoeléctricos. Los discos fueron embebidos en una capa asfáltica, con un diseño basado en las típicamente usadas como capas anti-fisuras. Se cablearon hacia afuera del asfalto mediante banda de cobre y se conectó a un circuito transformador-rectificador, hasta obtener una energía acumulada con el paso periódico de rueda contra una carga capacitiva (1M Ω). Se estimó este diseño de capas de discos bajo rodadura extendidas no en todo el carril de carretera sino sólo en las bandas de rodadura probable (ampliadas respecto a la anchura de rueda). En esta situación, cada impacto en cada disco es capaz de generar 10 μ W de potencia, que aplicados en un entorno de alta densidad de tráfico, como carreteras peri-urbanas podrían generar 1 KWh en 3,5 metros longitudinales (de carretera de dos carriles). Este diseño es capaz de abastecer la carretera de su uso en luminaria basada en LED (es el requerimiento más demandante), y por supuesto en balizamiento, seguridad activa, etc. Se han estimado los costes de la instalación y la rentabilidad, con un break even point a los 5-6 años desde instalación, que es el tiempo previsto de mantenimiento de las capas de rodadura, para un coste que oscila entre el coste de la energía en grid y el valor de una hipotética compra de energía alternativa (0,18-0,32 €/KWh). A tenor de estos datos, la tecnología resulta rentable, en tanto en cuanto se puede disponer de una energía capturada de los propios vehículos en paridad grid. Se apunta, para llevar a cabo y poner en situación la invención, la creación de un consorcio a través de un socio constructor, una administración de carreteras y una compañía eléctrica para conseguir un retorno de inversión rápido.

b) Oportunidades y Escenarios de Uso

b.1) Modelo de Negocio "Sensorización para Infraestructuras"

Las compañías energéticas tienen como un objetivo completar su cesta energética con otros productos que sus clientes puedan demandar a medio-largo plazo, mediante la evalua-

ción de Fuentes de Energía Alternativas y Transporte/Almacenamiento de Alta Densidad. Esto conlleva la concentración de la producción y la generación y una posterior distribución hasta el punto de consumo, con unas pérdidas y costes asociados. Este proyecto apunta a que el consorcio formado podría ser un proveedor de energía de baja intensidad deslocalizada, con las siguientes ventajas y oportunidades, atendiendo a los materiales piezoeléctricos:

- Uso cercano a la fuente, prosumers, zonas remotas, materiales inteligentes, materiales para la energía.
- Materiales y sensores llegarán a ser commodities. Las arquitecturas y el conocimiento tendrán el máximo valor.
- Aplicaciones viables en infraestructuras, smart city y sensorización continua de la infraestructura (health-structure monitoring).

El disponer de una fuente de energía de baja intensidad deslocalizada y puntual encuentra su aplicación natural o más eficiente en un uso muy cercano a la fuente discreta de energía. El segundo escenario de uso que se proponía inicialmente estaba basado en la alimentación de sensores y englobaba de forma cualitativa todos aquellos usos donde es importante, y además rompería una barrera técnica actual, disponer de sensores autónomos wireless, capaces de ser integrados en el material asfáltico, sin necesidad de batería (duración máxima de 2-3 años) ni cableado. Estas características hacen posible, en el ámbito puramente de carreteras e infraestructura vial, una mejor integración de los sensores (de un tamaño aproximadamente un 70% menor al no contener la batería) de forma masiva, a la hora de construir o rehabilitar la carretera. La auscultación permanente de carreteras aportaría una información fundamental acerca de la evolución a lo largo de la vida útil del firme y la detección de los tiempos y formas de actuación como mantenimiento preventivo (frente a rehabilitación curativa, de mayor coste). Se estima que los costes en mantenimiento de infraestructura vial pueden reducirse un 50% con un seguimiento y control de la infraestructura (que actualmente se lleva a cabo mediante programas caros de auscultación desde la superficie). Esto resulta de especial interés para la adjudicación de contratos de auscultación en países emergentes, en cuyo caso presentan una red de carreteras en mal estado pero disponen de capacidad para acometer trabajos de rehabilitación y nueva construcción, con monitorización inteligente.

c) Diseño de Producto

A tenor de los resultados obtenidos en el prototipo, y atendiendo a factores constructivos de la infraestructura, valorando la inclusión en el concepto de smart city, todo conduce a que la mejor forma para explotar una futura comercialización y/o atracción de capital por parte de socios industriales es la fabricación de un Producto Final.

Por tanto, se propone en la siguiente memoria como trabajo futuro y con el ánimo de atraer inversión al proyecto, acometer un trabajo de diseño de producto final. La línea de trabajo es la de un producto de rápida salida al mercado. Se trataría de una lámina de captura energética residual de baja intensidad. Este producto generaría energía de baja intensidad de forma autónoma, para dos escenarios: la obtención de energía con consumo eficiente y como fuente de energía autónoma para sensores de inteligencia bajo carretera. La sensorización es un commodity y el valor añadido se centra concretamente en el abastecimiento de energía autónoma para aplicaciones deslocalizadas, remotas o junto a consumo, así como en inteligencia de carreteras y ciudades.

Dentro del capítulo referido a costes cabe destacar que una lámina asfáltica tiene un coste que ronda los 8-20 €/m² dependiendo del uso y de los materiales de fabricación. Por otro lado la sensorización abarcaría los costes de sensor (80 €), el nodo (700 €) y la antena más el software (2000 €); ésta última siendo móvil y pudiéndose utilizar la misma en todo el proyecto.

En una carretera convencional nos encontramos con consumos energéticos derivados de varias fuentes. Las carreteras españolas cuentan con 1,9 millones de puntos de luz, de los cuales, 1,5 están situados en autopistas y autovías y 400.000 en travesías de ciudades. El consumo energético de la red de iluminación de las carreteras españolas se eleva anualmente a 1900 GWh/año. Otra fuente de consumo de energía son los semáforos. En España hay 300.000 semáforos instalados cuyo sistema de iluminación proviene de las bombillas LED los cuales tienen un consumo de electricidad de 85,76 GWh/año. Quedan unos 100.000 por sustituir, ascendiendo la cifra de consumo energético a 185,76 GWh/año. Por último, si se elige un panel de mensaje variable de dos zonas gráficas del inventario de PMVs de las carreteras españolas, la potencia máxima consumida estaría entre los 4000 W para los más antiguos, hasta los 400 W en los más modernos.

8. CONCLUSIONES

- El proyecto REC ha cubierto las etapas de conceptualización de la idea, establecimiento del roadmap del proyecto, dotación de recursos, lanzamiento y prototipado final. Los datos obtenidos en el prototipo forman una base de decisión para proseguir con los escenarios de uso futuros.
- El prototipo se ha construido en las instalaciones de Repsol y ha sido capaz de demostrar que la tecnología de almacenamiento de energía a partir de pulsos generados por los vehículos es viable.
- La señal pulsante obtenida en cada impacto de rueda ha sido transformada y estabilizada a través de un circuito eléctrico, contra una carga capacitiva que hace las veces de una batería.
- Se detectan dos escenarios de oportunidad para mayor rentabilidad: **diseño de producto** (lámina de captura para energía de baja intensidad), y auscultación permanente de carreteras (ligado también al concepto de Smart city), mediante la **integración de sensores** autónomos wireless alimentados a través de transductores piezoeléctricos. En ambos modelos, se necesita un socio para acortar tiempos de puesta en mercado. Ambos escenarios supondrán un avance en la innovación en carreteras. •



CLEANOSOL ARGENTINA

desde 1966 Haciendo Caminos mas Seguros



DEMARCAACION HORIZONTAL

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

SEÑALIZACION VERTICAL

FABRICANTE HOMOLOGADO
DE SEÑALES **3M**

CONSERVACION VIAL

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

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



Seguimos construyendo calidad

Homaq

EMPRESA CONSTRUCTORA



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

Una empresa del Grupo **HOLDEC**

METODOLOGÍA PARA LA REALIZACIÓN DE AUDITORÍAS DE SEGURIDAD VIARIA EN FASE DE EXPLOTACIÓN

AUTOR: Iñigo Santamaría Muñoz

Ingeniero Técnico de Obras Públicas // Auditor de Seguridad Vial // Coordinador General de Itsak

RESUMEN

Las Auditorías de Seguridad Vial son una herramienta al servicio de los técnicos que gestionan carreteras para conseguir una reducción en la accidentabilidad y minimizar las consecuencias de los accidentes que se producen en ellas.

La metodología que se presenta pretende analizar la función y la demanda de la carretera para que las soluciones a los problemas que se encuentren consigan mantener unos niveles de servicio acordes con las características de las vías, estudiar las causas de los accidentes que se producen de manera sistemática cada vez que se reúnen una serie de condicionantes para buscar soluciones que eliminen dicha accidentabilidad y realizar una inspección a los elementos funcionales de la infraestructura con el fin de intentar eliminar el resto de accidentabilidad no sistemática.

Todo ello apoyándose en un equipo verdaderamente multidisciplinar compuesto por expertos en el campo de la infraestructura vial, la industria del automóvil y las conductas humanas en la conducción.

Palabras clave: Seguridad Vial, Seguridad vial, Accidente, Tráfico, Auditoría de Seguridad Vial, Función de la vía, Estudio de accidentabilidad, Inspección de elementos funcionales, Equipo multidisciplinar.

En los últimos años se ha producido un incremento de la preocupación por la seguridad vial en las administraciones públicas y en la sociedad civil en general. La creación de asociaciones de víctimas de tráfico, de conductores, de motoristas, junto a los inventos de elementos de seguridad pasiva para vehículos, infraestructura o conductores llevados a cabo por personas preocupadas por la seguridad, ha hecho que se incremente la presencia de la seguridad vial en los medios de comunicación, tanto en campañas publicitarias como en apariciones en los telediarios, radios o periódicos, que se han sumado a las ya habituales campañas de concienciación promovidas por la Dirección General de Tráfico.

A las pérdidas humanas (indiscutiblemente las que más hay que lamentar), se les añade ahora el coste económico que los muertos o los heridos graves de los accidentes de tráfico ocasionan a la sociedad en conceptos de atención a accidentes,

gastos médicos, pérdidas de producción, pérdidas de cotización, etc (ver Foto 1). Según un estudio del año 2.011 llevado a cabo por la Universidad de Murcia y la Universidad Pablo de Olavide de Sevilla, el coste de una vida humana se estimó entonces en 1,4 millones de euros.

De gran importancia para la reducción de los accidentes son las campañas publicitarias de los diferentes organismos (públicos y privados) que ya hemos mencionado y que tratan de concienciar y crear buenas prácticas en los conductores, así como los cursos de enseñanza y formación en los colegios, las autoescuelas, etc.

La mejora de las infraestructuras también tiene que ser un avance importante para conseguir la reducción de la siniestralidad. Las herramientas de las que disponen los técnicos para aumentar los niveles de seguridad vial en la red de carreteras de los diferentes organismos que en España gestionan las vías son las auditorías e inspecciones de seguridad vial.

El objeto de este artículo es presentar una metodología para realizar auditorías de seguridad vial en fase de explotación que sirva para encontrar soluciones que reduzcan el número de accidentes tanto predecibles como no predecibles y de minimizar las consecuencias de aquellos que se produzcan.



Foto 1. Vehículo volcado tras sufrir una salida de vía.

OBJETIVOS DE LA METODOLOGÍA

Entre los objetivos que persigue la metodología que se expone a continuación, se encuentran los mismos que los que puede perseguir cualquier estudio de seguridad viaria:

- Descubrir las causas de los accidentes,
- Estudiar los problemas potenciales de seguridad viaria,
- Buscar soluciones para eliminar las causas de los accidentes y los problemas potenciales, y
- Buscar soluciones para minimizar las consecuencias de aquellos problemas que no se puedan evitar.

y otros más específicos que consisten en:

- Estudiar in-situ la interacción vehículo – infraestructura,
- Estudiar cómo influyen los elementos funcionales de la infraestructura en la conducta humana,
- Priorizar la realización de las soluciones, y
- Estructurar las soluciones para facilitar la organización de la Administración.

ESTRUCTURA DE LA METODOLOGÍA

La estructura de la metodología se representa en el esquema de la Figura 1. Como se puede ver en él, antes de hacer el estudio de accidentabilidad y la inspección de la carretera, se deben realizar una serie de trabajos previos que ayudarán a centrar la auditoría. Posteriormente, del estudio de accidentabilidad se deberán extraer los problemas principales de la carretera y de la inspección, aquellas deficiencias en los elementos funcionales de la infraestructura susceptibles de mejora.

METODOLOGÍA: TRABAJOS PREVIOS

Antes de ponerse manos a la obra con la auditoría, es necesario dedicar algo de tiempo a estudiar aspectos de la carretera que nos servirán para conocer mejor el tipo de vía que se quiere auditar. Estos trabajos nos facilitarán a posteriori la búsqueda y estructuración de los problemas que tenga la vía y nos ayudará a encaminar la búsqueda de soluciones.

1. Tramificación

Los trabajos previos comienzan llevándose a cabo una labor consistente en estructurar la carretera en tramos y subtramos. El criterio que rige la tramificación para detectar los tramos es buscar los nodos donde se producen cambios importantes de demanda de tráfico. Por ejemplo, en vías de alta capacidad, un intercambiador entre autopistas y/o autovías, un enlace que de acceso a una comarca importante, etc. se definirán como nodos y por tanto estaremos hablando de inicios o finales de tramos. En carreteras convencionales, una intersección que aporte una elevada IMD a la vía, o una sección donde las características de la carretera cambien (número de carriles, entorno urbano o interurbano...) pueden originar nodos.

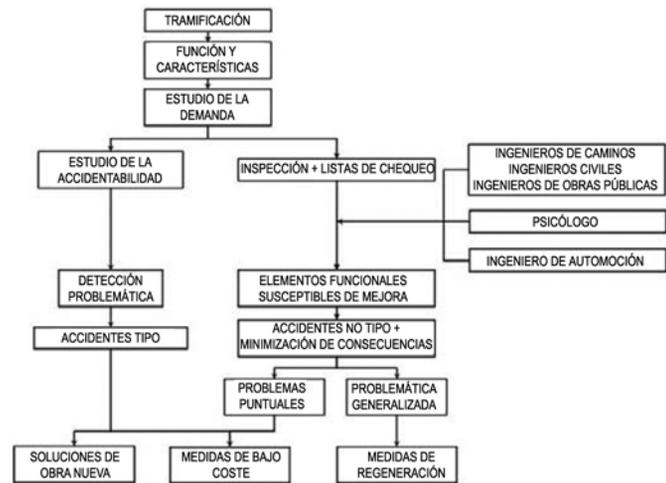


Figura 1. Metodología para la realización de auditorías en fase de explotación.

2. Función y características

Esta fase de la auditoría se efectúa con el objetivo de conocer las características generales de la vía para poder realizar el estudio de los accidentes y la inspección teniendo en cuenta un enfoque global de la carretera.

Las soluciones que se buscan, tendrán que tener sentido dentro de la función de la carretera, no pudiendo tomar medidas que entorpezcan el fin de la vía.

Las características geométricas, la existencia de estructuras, la velocidad legal, etc. junto al estudio de la demanda, nos ayudarán a formarnos una visión global de la carretera y específica de cada tramo (Foto 2).



Foto 2. Caso ficticio de autopista con velocidad señalizada 30 km/h.

3. Estudio de la demanda

Como complemento al estudio de la función y las características de la vía, se deberá realizar un estudio de la demanda de cada tramo de carretera que contenga los valores de las intensidades media laborales en día medio y día laborable, porcentaje de vehículos pesados, intensidades horarias, mensuales, velocidad media horaria, tipología de vehículos, etc.

Los beneficios que otorga este paso son diversos. Por un lado se pueden detectar las horas punta de tráfico y las horas valle, información que podrá cruzarse con el estudio de accidentabilidad para conocer qué porcentajes de accidentes se producen en cada franja horaria y conocer si éstos son achacables a congestiones, a circulaciones de velocidad libre, etc. Por otro lado, en casos concretos, la intensidad y la tipología del tráfico definirán las soluciones a seguir.

METODOLOGÍA: ESTUDIO DE LA ACCIDENTABILIDAD Y BÚSQUEDA DE SOLUCIONES

1. Estudio de la accidentabilidad

En esta fase de la auditoría se pretende estudiar para cada tramo o subtramo de la carretera auditada: la evolución de los accidentes, el accidente tipo y sus causas para aplicar medidas que eliminen el origen de los accidentes.

1.1. Evolución de la accidentabilidad: Índice de Peligrosidad e Índice de Mortalidad

Se calculan para cada tramo o subtramo los Índices de Peligrosidad y Mortalidad en cada uno de los últimos 5 años, de esta manera se puede conocer la tendencia de los accidentes en el último lustro y el nivel de peligrosidad en la actualidad.

Será importante tener en cuenta que no sólo disminuyen estos índices reduciendo el número de accidentes, sino que también un incremento de la Intensidad Media Diaria IMD los hace variar considerablemente. Por lo tanto se puede caer en el error de pensar que al disminuir los Índices de Peligrosidad y Mortalidad de una vía, se estaría trabajando en la dirección correcta desde el punto de vista de la seguridad viaria, cuando en realidad lo único que puede estar ocurriendo es que nuestra carretera tenga más tráfico pero el mismo número de accidentes.

Por lo tanto, este apartado puede complementarse con un estudio de la evolución del número absoluto de accidentes registrados a lo largo de los años.

1.2. Identificación del accidente o los accidentes tipo de un subtramo o tramo

Si la mejora de la Seguridad Viaria es una lucha constante por eliminar los accidentes de nuestras carreteras, será de vital importancia conocer al enemigo al cual nos enfrentamos. Por ello, en el estudio de la accidentabilidad se debe identificar el

tipo de accidente que se produce en cada uno de nuestros tramos o subtramos. El accidente tipo será aquel que se produce siempre que se dan una serie de condicionantes. Por ejemplo, si cada vez que llueve se producen salidas de vía.

Para encontrar el accidente tipo recurriremos a los datos registrados de cada accidente y de manera estadística se clasificarán según la tipología del accidente, la franja horaria en la que se produjo, las condiciones meteorológicas, etc. Una vez tengamos claro cual es el accidente tipo o los accidentes tipos, que se están produciendo en la vía que nos atañe, será necesario conocer las causas que lo producen para poder eliminarlo.

1.3. Búsqueda de las causas

La identificación de las causas de los accidentes se puede llevar a cabo tanto en trabajos de gabinete como de campo, e identificadas las mismas se puede empezar a trabajar en la búsqueda de soluciones para eliminar los accidentes (Foto 3).



Foto 3. Accidente en una vía de alta capacidad.

2. Búsqueda de soluciones (1ª Fase)

En esta primera fase de la búsqueda de soluciones, nos tendremos únicamente para buscar las soluciones a las causas que originan los accidentes tipo de cada tramo definidos en el estudio de accidentabilidad. Con ello se pretende eliminar todos aquellos accidentes predecibles que se producen en la carretera.

Estas medidas deberán tener un seguimiento en el futuro que atestigüe el buen o mal rendimiento de las mismas. Si llevada a cabo una medida para eliminar un accidente tipo, éste se sigue produciendo, habrá que hacer autocrítica y ver si se acertó al definir las causas del accidente o al elegir la solución para eliminarlo. Si el accidente tipo desaparece podremos afirmar que las medidas adoptadas han servido para eliminar un problema real de la carretera.

Como se expresaba en puntos anteriores, siempre se debe tener en cuenta la función y la tipología de la vía para proponer una solución a un problema. Las soluciones no podrán cambiar la función de la vía a no ser que exista otra infraestructura viaria que cumpla con la finalidad de la carretera auditada.

Las soluciones a los problemas podrán ser de dos tipos en función de su coste y plazo de ejecución:

- Soluciones de obra nueva: aquellas soluciones que requieran de la realización de un proyecto para llevarse a cabo. Ejemplos de ellas son los cambios en el trazado, la implantación de rotondas en las intersecciones, etc.
- Soluciones de bajo coste: aquellas que con poca inversión y en un corto espacio de tiempo se puedan ejecutar. Ejemplos de ellas son los cambios en los límites de velocidad, la implantación de radares, los reductores de velocidad, etc.

METODOLOGÍA: INSPECCIÓN DE LA CARRETERA Y BÚSQUEDA DE SOLUCIONES

1. Inspección

Eliminados los accidentes tipo o accidentes predecibles, es el turno de buscar cómo se puede reducir el resto de la accidentabilidad. De la misma manera se deben detectar aquellos problemas que potencialmente puedan originar accidentes y estudiar formas para reducir las consecuencias de todos aquellos accidentes que no se puedan evitar. Para ello se realizará una inspección a los elementos funcionales de la carretera, es decir, a la señalización vertical, horizontal, el balizamiento, el drenaje, el firme, etc. en la que se buscarán deficiencias, patologías, estados de conservación deficientes, etc., de los elementos (ver Foto 4).

Igual de importante será realizar una inspección concienzuda sobre la seguridad pasiva de la vía, es decir, sobre el estado de los márgenes de la carretera y los sistemas de contención de vehículos.

Esta inspección que engloba tanto seguridad activa como pasiva, se realizará bajo tres ópticas bien diferenciadas y a la vez complementarias entre sí:

- La visión de los ingenieros expertos en la infraestructura,
- La visión de los ingenieros expertos en la automoción, y
- La visión de los psicólogos expertos en conductas de tráfico.



Foto 4. Técnicos inspeccionando una intersección de una vía.

La razón de complementar la inspección de seguridad viaria de una carretera que puedan llevar a cabo ingenieros de caminos, ingenieros de obras públicas o ingenieros civiles, viene dada por la sencilla razón de que estadísticamente, los factores que entran en juego a la hora de producirse un accidente pueden ser tres (Figura 2):

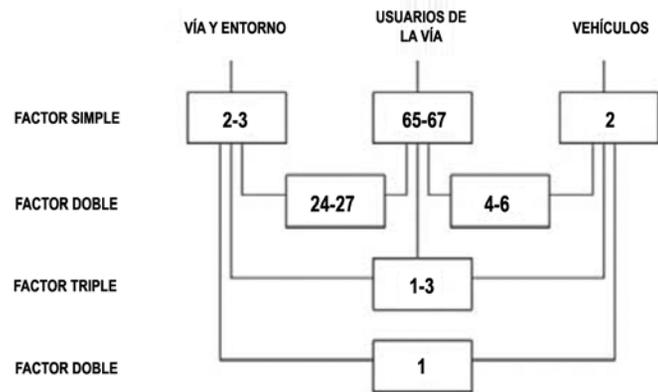


Figura 2. Factores de los accidentes en porcentaje. Fuente: B.E.Sabey y G. C. Staughton.

- El factor vía,
- El factor vehículo, y
- El factor humano.

Por lo tanto, una inspección llevada a cabo sólo por la óptica de los ingenieros con conocimientos de carreteras, sólo podrá eliminar los accidentes en los que entra en juego el factor vía (si se atiende a los datos de la Figura 2 entre el 2 y el 3% de los accidentes), mientras que una inspección realizada por expertos en cada rama ya citadas, podrá intervenir en todo tipo de accidente.

Cada grupo de expertos de cada materia tienen unos objetivos claros y definidos, pero en conjunto, tienen la misión de complementar sus conocimientos para proponer medidas en la carretera auditada que la hagan más confortable y segura.

1.1. Expertos en la infraestructura

Su misión es encontrar las deficiencias en el estado de los elementos funcionales de la vía. Para ello se ayudan de unas listas de chequeo las cuales tienen unos criterios de seguridad que tienen que ir chequeando a lo largo de la carretera. Si algún ítem de la lista es valorado de manera negativa, se recoge y posteriormente se buscará la manera de solucionar el problema.

1.2. Expertos en automoción

El objetivo de los expertos en automoción es circular por la carretera para comprobar cómo interactúa ésta con el vehículo. Principalmente detectarán deficiencias en el estado del firme. Otras veces detectarán problemas que pueden desencadenar un accidente lejos de la zona donde se localiza el problema.

1.3. Expertos en la psicología de los conductores

Como se muestra en la Figura 2, el factor que más interviene en los accidentes es el factor humano. El estrés, el cansancio, la ansiedad, los despistes, el mal genio, etc. son factores que pueden originar accidentes, por ello, los psicólogos deben detectar qué situaciones se dan en la carretera que favorecen la aparición en los conductores de esos estados. La señalización vertical u horizontal, el entorno, el trazado, etc. afectarán de manera concreta en la conducta de los conductores (Foto 5).

Sus propuestas siempre tendrán que ser revisadas por los ingenieros de caminos, obras públicas o civiles, para comprobar que no van en contra de cualquier normativa, código de circulación, etc.



Foto 5. Saturación de señales.

2. Búsqueda de soluciones (2^{da} Fase)

En la segunda fase de la búsqueda de soluciones se propondrán medidas para corregir las patologías, deficiencias o situaciones de riesgo que se hayan encontrado a lo largo de la inspección por algún miembro del equipo auditor.

Las soluciones pueden ir desde tareas de conservación y mantenimiento como una simple reposición de un elemento funcional (la sustitución de una señal en mal estado de conservación o el repintado de un tramo cuyas marcas viales hayan perdido las propiedades reflectantes) hasta un cambio en el diseño de un elemento o grupo de elementos similares (un cambio en el modelo de sistemas de contención, una reestructuración de la señalización vertical, etc).

Las soluciones de esta segunda fase se englobarán en dos grupos:

- Soluciones de regeneración: si las medidas solucionan un problema detectado de manera generalizada a lo largo de toda la carretera o de un tramo completo. Por ejemplo la regeneración de los sistemas de balizamiento si se encuentran en mal estado de conservación en un tramo completo,

- Soluciones de bajo coste: si la solución corresponde a un problema que se presenta en la carretera de manera puntual o poco generalizado a lo largo de sus tramos. Por ejemplo el desbroce en el interior de una curva que reste visibilidad, la señalización de una pendiente prolongada y peligrosa.

RESULTADO FINAL DE LA AUDITORÍA: CONCLUSIONES

Las conclusiones que se obtienen de esta metodología para la realización de auditorías de seguridad viaria son (ver Foto 6):

- En una primera fase se buscan soluciones para eliminar los accidentes predecibles o accidentes tipo.
- En la segunda fase se buscan soluciones para intentar evitar accidentes no predecibles y eliminar problemas potenciales de la vía, así como dotar a la infraestructura de medidas de seguridad pasiva.

Las medidas más urgentes de llevar a cabo coincidirán con las soluciones planteadas en la fase 1 de la búsqueda de soluciones. Dentro de ellas los pasos para priorizar las medidas deben ser pautados por la administración que es quien gestiona sus recursos económicos, pero la propia administración dispone de todas las medidas organizadas para que su tarea de gestión sea más sencilla, tal y como se muestra en el esquema de la Figura 3, gracias a haber organizado previamente las soluciones en Soluciones de Obra Nueva, Medidas de Bajo Coste y Medidas de Regeneración.

De esta manera las soluciones de obra nueva pasarán a ser competencia del departamento de proyectos, la ejecución de las soluciones de bajo coste podrá encargarse al departamento de conservación y mantenimiento, y por último las medidas de regeneración serán potestad del departamento de modernización (ver Figura 3).



Foto 6. En la primera fase de la auditoría de seguridad viaria, se buscan soluciones a los accidentes predecibles o accidentes tipo, y en la segunda fase evitar los accidentes no predecibles.

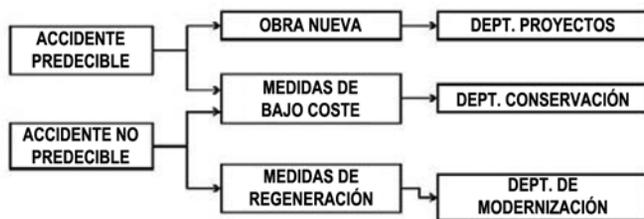


Figura 3. Organización de soluciones en la administración pública.

ADAPTACIÓN DE LA METODOLOGÍA A LAS NECESIDADES BIZKAIA, N-637

La metodología expuesta puede sufrir variantes en función de las necesidades del gestor de la carretera.

Recientemente se realizó una auditoría en la autovía N-637 conocida también como el corredor del Txorierrri y gestionada por la Diputación Foral de Bizkaia (DFB). Esta autovía forma parte del anillo metropolitano del área de lo que se conoce como el Gran Bilbao. Concretamente es la solución norte del anillo. Tiene una longitud de más de 20 kilómetros y cuenta con tramos con una demanda de hasta 160.000 vehículos/día (ver Figura 4).

Uno de los principales problemas que preocupaba a la DFB eran las retenciones que se producen en horas punta de la autovía y que conllevan numerosos accidentes por alcance. Además, quería realizar un estudio en el que se viese si las obras llevadas a cabo en el corredor del Txorierrri en los últimos años habían servido tanto para mejorar los niveles de servicio de la autovía como para reducir el número de accidentes.

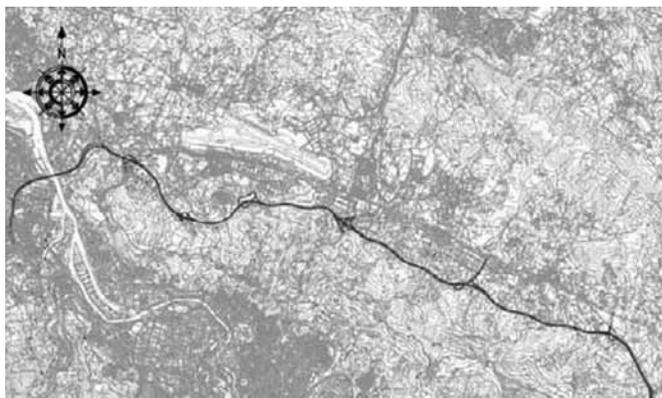


Figura 4. Trazado de la autovía N-637.

Por ello, se varió la metodología para elaborar una auditoría de seguridad viaria acorde a las necesidades y peticiones del gestor de la N-637. Este cambio en la metodología pretendía sumar dos nuevos objetivos a los que de por sí persigue la metodología original:

- Aunar criterios de Seguridad Viaria con criterios de Capacidad, y

- Conocer la efectividad de las medidas tomadas en los últimos 10 años.

El segundo objetivo coincide con el seguimiento de las soluciones propuestas en la fase 1 de la búsqueda de soluciones, del que ya se ha hablado en el apartado correspondiente.

La metodología empleada se representa en el esquema de la Figura 5.

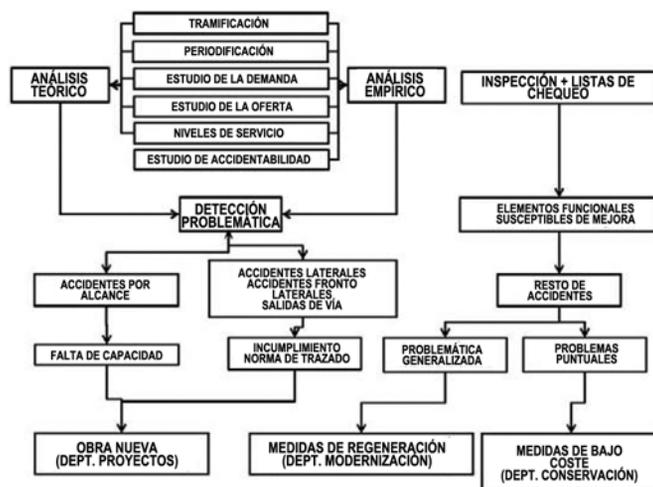


Figura 5. Metodología para la realización de una auditoría en carreteras de la Diputación Foral de Bizkaia.

1. Nuevos trabajos previos

A los trabajos de tramificación, estudio de la función y demanda, se les sumaron ahora nuevos trabajos.

1.1. Periodificación

Para conocer los periodos en los que se divide la vida de la autovía, se recopilaron todas las obras que se habían llevado a cabo en la autovía desde el año 2.000. Además, se adjuntaron hechos o situaciones que hubiesen producido cambios importantes en la demanda de la autovía como el cambio de situación del aeropuerto de Bilbao y al que da acceso la N-637. Superponiendo todas estas obras y acontecimientos se obtuvieron los periodos en los que se dividía cada tramo de la autopista. Estos periodos serán utilizados en el futuro a la hora de estudiar los cambios en los niveles de servicio o en la accidentabilidad.

1.2. Estudio de la oferta

El estudio de la oferta se dividió en dos partes:

- Por un lado se estudió si el trazado de la autovía permitía una velocidad acorde con la función de la vía, que no es otra que descongestionar la autopista A-8 asumiendo parte de su tráfico de largo recorrido, y
- por otro se estudió si las longitudes de trenzado, distancias entre enlaces, carriles de cambio de velocidad, etc. eran suficientes

para no perjudicar los niveles de servicio y la seguridad viaria, es decir se buscaron deficiencias en función de la norma de trazado.

1.3. Niveles de servicio

Se calcularon los niveles de servicio, de cada subtramo y en cada sentido, de todas las horas de los últimos 5 años con datos facilitados por la DFB.

Superponiendo este estudio con los periodos obtenidos en la realización de la periodificación, se pudo observar cómo habían mejorado o empeorado los niveles de servicio de cada sub-tramo de autovía.

2. ANÁLISIS TEÓRICO Y ANÁLISIS EMPÍRICO

Con las conclusiones de estos nuevos trabajos y las de los trabajos previos expuestos en la metodología original, se realizó un análisis teórico de la autovía para intuir en qué subtramos se podrían estar dando problemas de seguridad viaria o de falta de capacidad.

Se estimó que en aquellos subtramos en los cuales los periodos mostrasen niveles de servicio deficientes, se registrarían problemas con accidentes por alcance, mientras que en los subtramos que no hubiese suficiente longitud para los trenzados o los carriles de cambio de velocidad tuviesen una longitud insuficiente, se podrían estar dando accidentes laterales o frontolaterales.

De manera paralela se realizó un análisis empírico, con los mismos estudios del análisis teórico y un estudio de accidentabilidad. Se comprobó dónde, cuándo y de qué tipo se estaban produciendo accidentes, coincidiendo en muchos casos, como era de esperar, subtramos con problemas de retenciones con puntas de accidentes por alcance y subtramos con deficiencias con la normativa de trazado con accidentes frontolaterales y salidas de vía.

De estos dos análisis salieron los subtramos y enlaces que necesitan una ampliación de calzada o una remodelación del trazado (esquema de la Figura 6). Estas medidas que requerirán de la redacción de un proyecto pasaron a manos del departamento de proyectos de la DFB

3. INSPECCIÓN

Para terminar la auditoría, se realizó una inspección de seguridad viaria de los elementos funcionales de la carretera con los mismos criterios que la metodología original, dividiendo las soluciones definidas en la inspección en soluciones de regeneración o soluciones de bajo coste.

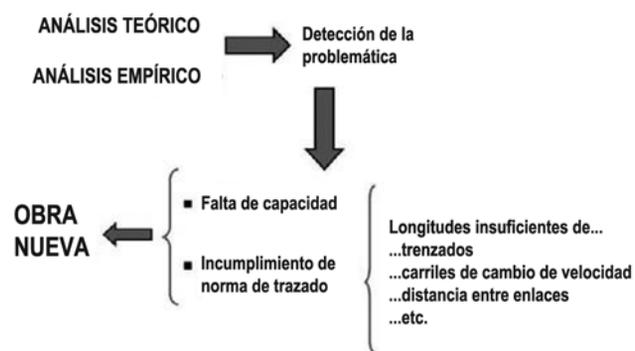


Figura 6 . Pasos para la detección de necesidad de obra nueva.

CONCLUSIONES

En resumen, la metodología para la realización de auditorías de seguridad viaria en fase de explotación, pretende detectar los accidentes predecibles para buscar en primera instancia una batería de soluciones que eliminen esta problemática, y posteriormente llevar a cabo una inspección de seguridad viaria, desde el punto de vista de todos los factores que entran en juego en los accidentes (infraestructura, vehículo y conductor) para minimizar el riesgo de que se produzcan o en su defecto, minimizar las consecuencias de los mismos. •

BIBLIOGRAFÍA

- I. Universidad de Murcia y Universidad Pablo de Olavide, Sevilla: "El valor monetario de una vida estadística en España".
- II. David Herrero Fernández, Universidad de Deusto: "Ira y agresión en la conducción. Medición, correlatos con ira y agresión genéricas y predictores psicofisiológicos, emocionales y conductuales".

Shell Bitumen

100
AÑOS
1914 = 2014



SHELL CARIPHALTE AM3

La fórmula ganadora
para exigencias extremas.



Technical
Partner



Scuderia
Ferrari

OPERACIONES DE PAVIMENTACIÓN CON ENCOFRADOS DESLIZANTES

Extracto del Manual de Diseño y Construcción de Pavimentos de Hormigón del Instituto del Cemento Portland Argentino. Capítulo 5 "Construcción", pp 5-30 a 5-38.

Existen diversos tipos de equipos de pavimentación, pero, en esencia, todos realizan la colocación, compactación y terminación del hormigón mediante un proceso de extrusión por el cual los moldes son forzados a pasar a través de la masa de hormigón que se encuentra estática sobre la cancha.

Para facilitar este procedimiento hay, generalmente, un primer conjunto de elementos que distribuye y empareja la cantidad de hormigón que ingresa al encofrado: tornillo sinfín o cuchilla/pala distribuidora (Figuras 1 y 2).



Figura 1. Distribución del hormigón con tornillo sinfín.



Figura 2: Distribución del hormigón con tornillo sinfín y pala distribuidora.

En segundo lugar, un sistema de vibradores de alta frecuencia fluidifica la mezcla para que resulte más fácil de moldear y densificar. En muchos equipos puede existir una compuerta que, además de permitir regular el ingreso de mezcla al molde, forma un recinto o cámara de vibrado que aumenta la eficiencia de la vibración y, por lo tanto, posibilita el aumento de la velocidad de pavimentación y las producciones (Figuras 3 y 4).

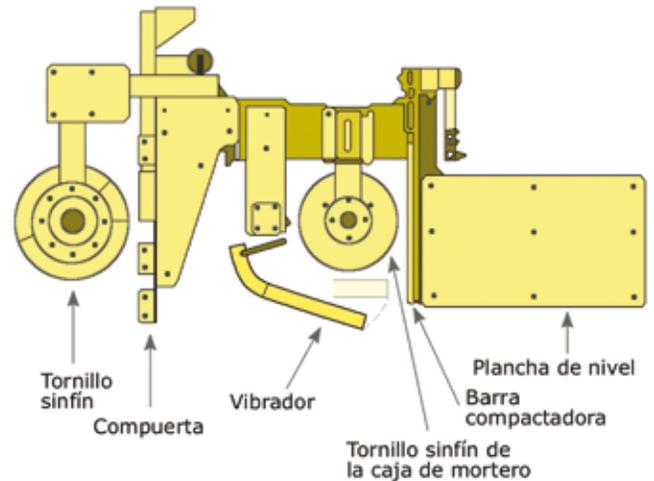


Figura 3: Con cámara de vibrado (molde cerrado).

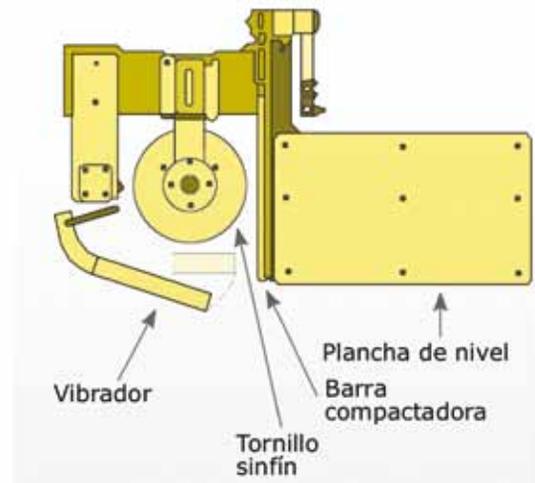


Figura 4: Sin cámara de vibrado (molde abierto).

Algunos sistemas de pavimentación poseen una barra compactadora, que consiste en una pequeña viga o varilla con movimiento oscilatorio ascendente/descendente, que “apisona” la superficie del hormigón, previo al ingreso al molde. Su función es la de ayudar en la compactación de la mezcla de hormigón, evitando que los agregados gruesos queden atrapados en la superficie y generen defectos en la terminación por arrastre de la plancha. Otras pavimentadoras no utilizan este elemento y, en cambio, le imprimen una acometida redondeada al molde o plancha superior de extrusión para facilitar el tratamiento de los áridos de mayor tamaño (Figura 5). En cualquier caso, siempre es aconsejable el uso de los diversos elementos de pavimentación de acuerdo con las instrucciones y especificaciones del fabricante de los equipos.

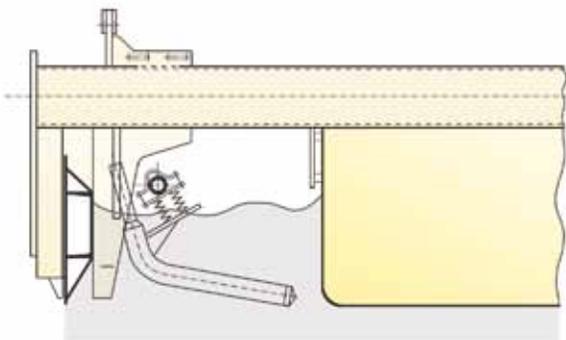


Figura 5: Molde con acometida redondeada.

En última instancia, el paso del molde o encofrado a través del hormigón fluidificado, le confiere la geometría definitiva a la sección de pavimento a construir. La presencia de herramientas de inserción automática de armaduras (pasadores o barras de unión), agrega otras funciones y utilidades a las pavimentadoras, descritas más adelante.

La presión sobre el hormigón en el proceso de extrusión está dada por: el peso del equipo de pavimentación, la potencia y frecuencia de los vibradores, y la diferencia de nivel entre la altura del hormigón en el ingreso al encofrado y la salida del molde. Debe existir estanqueidad en todo el conjunto plancha/bordeadores, para evitar pérdidas de presión y/o de mezcla. Este equilibrio de fuerzas está influenciado además por la consistencia del hormigón y la velocidad de avance de la pavimentadora.

Si la cantidad de hormigón que alimenta a la pavimentadora varía, el operador se ve obligado a modificar la velocidad de operación del equipo. Si las propiedades plásticas del hormigón cambian (situación no deseable), los primeros ajustes que se pueden realizar son en la frecuencia de los vibradores y, eventualmente, en la velocidad de pavimentación. Lo mismo ocurre si se modifica la altura de hormigón delante del tren, si hay pérdidas en el molde que hagan variar la presión de

extrusión, etc. Las variaciones frecuentes y significativas en cualquiera de estos parámetros requieren ajustes frecuentes y por ende, el resultado es un pavimento de superficie poco uniforme y terminaciones de baja calidad.

Deben tenerse en cuenta las premisas y recomendaciones para garantizar uniformidad en las características del hormigón y en la alimentación de la pavimentadora, con el objetivo de evitar la necesidad de ajustes por variaciones relacionadas con la materia prima de la pavimentación. En adelante se exponen algunos lineamientos relativos a la operación misma de los equipos de pavimentación, que también pueden tener elevada influencia sobre la calidad de los trabajos.

CALIBRACIÓN Y CONTROL DE LA PAVIMENTADORA

Previo al comienzo de los trabajos de colado de hormigón, se debe efectuar una calibración inicial de todos los elementos y componentes de la pavimentadora, verificando los siguientes puntos principales:

- Escuadrar el molde o encofrado deslizante.
- Alinear el molde respecto al eje del pavimento o línea guía de trabajo. El marco o bastidor de pavimentación debe estar paralelo a la línea guía; de otra forma, esta desviación de los moldes laterales producirá roturas y/o defectos de llenado en los bordes del pavimento, aun cuando las orugas del tren estén correctamente alineadas.
- Ajustar el gálibo de la plancha o molde a fin de obtener una superficie de pavimento lisa y uniforme. El encofrado está formado, en general, por una serie de módulos o secciones de moldes de diversas medidas (por ejemplo, 0,25 m - 0,50 m y 1,00 m), que permiten ajustar el ancho de trabajo deseado. Sin embargo, la plancha de extrusión debe estar perfectamente rectilínea, para lo cual se deben alinear y ajustar las diversas piezas que la componen, con el auxilio de una regla o tanza.
- Ajustar y calibrar también los bordeadores (moldes laterales). En esta tarea, la limpieza y mantenimiento apropiado son fundamentales para lograr la estanqueidad en la unión plancha – moldes laterales, y por lo tanto, un borde de buena calidad. Ya sea que estén formados por paneles móviles de accionamiento hidráulico o por moldes fijos, una correcta calibración y ajuste de los bordeadores evitara pérdidas de presión y de hormigón, roturas o desmontamientos, nidos de abeja o terminación deficiente del borde de pavimento.

- Nivelar y posicionar adecuadamente el molde de extrusión, el que debe ser coincidente con la pendiente transversal del pavimento a construir. En sentido longitudinal suele tener un pequeño ángulo de ataque (algunos milímetros), es decir, que la sección de salida es ligeramente menor que la de ingreso, generando una presión adicional de extrusión. Esta disposición puede ayudar en la tarea de lograr una superficie de pavimento bien cerrada, sin oquedades o nidos de abeja. Sin embargo debe cuidarse de no exagerar este ángulo de acometida, por cuanto si las presiones son muy elevadas, el sistema hidráulico del equipo tiende a ceder produciendo sistemáticas elevaciones del perfil longitudinal, perjudicando la rugosidad del pavimento.

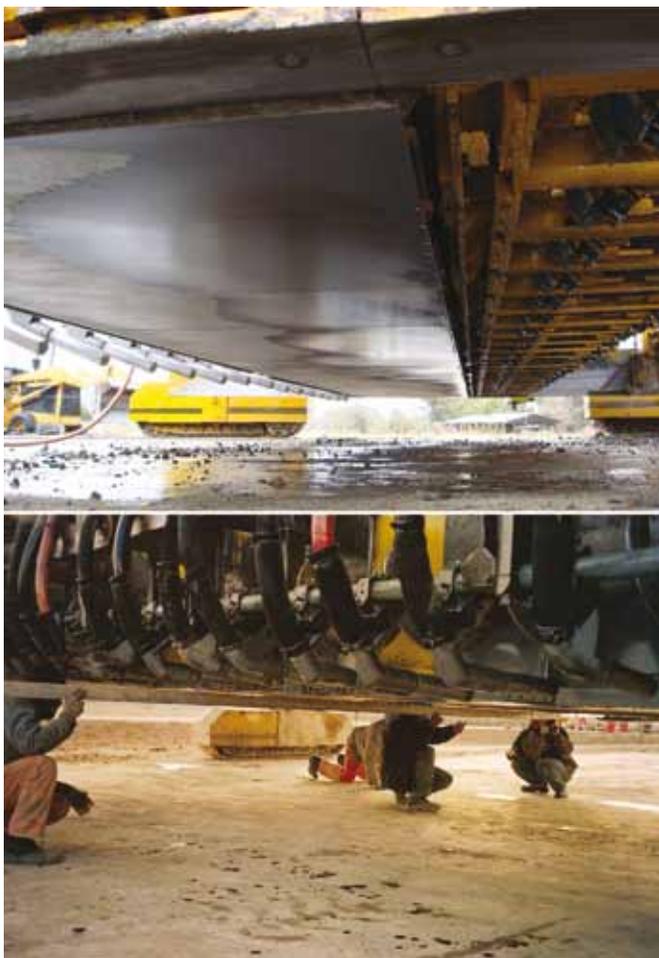


Figura 6: Calibración del molde y vista de vibradores.

Esta calibración se debe controlar y revisar periódicamente con la frecuencia que se considere adecuada para el tipo y categoría del proyecto. No obstante, deben verificarse diariamente los resultados que produce el tren de pavimentación durante los trabajos de colocación de hormigón fresco, observando la presencia de oquedades, nidos de abeja o dificultades para “cerrar” adecuadamente la superficie del pavimento. La revisión y control en el ajuste de moldes permite descartar

un problema de calibración como causante de este defecto, por lo que su origen debe buscarse en otras fases del proceso (mezcla deficiente, vibración insuficiente, etc.).

Tanto en estado fresco como endurecido, se debe controlar el perfil longitudinal y transversal entregado por el molde de la pavimentadora, utilizando una regla de 3 m que permite efectuar un primer control rápido. Si se observan defectos en los alineamientos verificados, atribuibles a una disposición o ajuste incorrectos del encofrado, se debe repetir nuevamente la calibración de todos estos parámetros, hasta eliminar las causas que originan una terminación de baja calidad.

VIBRADORES

Las pavimentadoras están provistas de vibradores internos de inmersión, que cumplen la función de consolidar y densificar la masa de hormigón, y facilitar el proceso de extrusión del pavimento. Los vibradores están montados sobre un barral, delante del molde de pavimentación, y según el equipo, pueden ser de accionamiento hidráulico o eléctrico.

La cantidad y posición de los vibradores depende del ancho de trabajo de pavimentación, de manera de fijar un espaciamiento horizontal acorde a la sección a consolidar, la zona de influencia de los vibradores y la velocidad de pavimentación. Son importantes en este aspecto las recomendaciones del fabricante del equipo y la propia experiencia de la contratista. La zona de influencia de un vibrador, desarrollada en forma cónica alrededor del peso de rotación, es función de la velocidad de pavimentación, las características propias del vibrador y la frecuencia empleada. En general, se ubican a distancias tales que haya un solape adecuado entre áreas de influencia; esta superposición (del orden de 5 cm a 10 cm) se hace para evitar la segregación. Generalmente se posicionan apenas por debajo de la superficie de pavimento terminada (menos de 10 cm), y ligeramente inclinados, pues un ángulo de ataque ayuda en la compactación del hormigón.

Durante las tareas de pavimentación, si se presentan variaciones en la trabajabilidad y consistencia de la mezcla, el operador efectúa ajustes en la frecuencia de vibración y/o en la velocidad de pavimentación a fin de alcanzar una correcta densificación del material, lo que en mayor o menor medida afecta la regularidad final alcanzada. Para evitar estos ajustes durante el proceso de producción es que se remarca la importancia de una alimentación continua y uniforme de hormigón a la pavimentadora.

Es aconsejable en las primeras jornadas de trabajo calibrar la frecuencia de vibración más adecuada para las características de la mezcla y la velocidad de pavimentación (definida por el equipamiento disponible), comprobando los resultados obtenidos, tanto en la terminación superficial como en la conformación y estabilidad de bordes y, en estado endurecido, por observación de testigos calados, verificando la correcta distribución de agregados, la ausencia de vacíos o nidos de abeja y, si es necesario, por la determinación de la densidad.

Aunque depende de los factores mencionados precedentemente, las frecuencias en el entorno de 6.000 vpm a 9.000 vpm (vibraciones por minuto) producen los mejores resultados para las velocidades de pavimentación habituales (entre 1,00 m/min y 1,80 m/min). Frecuencias mayores tienden a producir segregación de los agregados gruesos, mientras que las más bajas no permiten alcanzar una buena densificación del hormigón.



Figura 7: Vibradores.

Como se ha visto, los vibradores se encuentran programados a una frecuencia dada, previamente determinada por su aptitud y, si bien el operador puede ajustarla en cualquier momento para mejorar el proceso de extrusión, no es recomendable recurrir a altas frecuencias para corregir mezclas pobres o problemas de calibración de la pavimentadora. En estos casos, se debe abordar el verdadero problema que generan las deficiencias en la terminación y consolidación del hormigón.

Es importante hacer un control diario de funcionamiento de cada uno de los vibradores, verificando la frecuencia de trabajo (con dispositivos de control de fácil acceso) y reemplazar aquéllos que no estén en condiciones adecuadas. Es recomendable efectuar los controles apenas finalizada la operación de pavimentación, cuando aún mantienen la temperatura de régimen (hidráulicos), y asimismo contar con suficientes vibradores de repuesto para atender estas eventualidades.

Las pavimentadoras más modernas permiten contar con sistemas de vibrado inteligente, que pueden monitorear en forma continua la frecuencia de trabajo de cada vibrador, y facilitan al operador del equipo verificar la cuantía y uniformidad a cada instante.

AJUSTE Y POSICIONAMIENTO DE LOS SENSORES

Los sensores de las pavimentadoras, tanto de nivel como de línea, deben ser posicionados y calibrados de acuerdo con las especificaciones del fabricante y a las reglas del arte. La ubicación de los sensores de nivel, generalmente dos a cada lado de la pavimentadora, debe ser tal que la separación entre ellos no sea coincidente con la distancia entre pines, para eliminar la posibilidad de copiar errores por combado del hilo guía.

Con el molde de la pavimentadora posicionado y nivelado a la cota de proyecto del pavimento, y con el alineamiento adecuado, los sensores se ubican de tal manera que los brazos y las varillas estén tan cerca de la horizontal (de nivel), o de la vertical (de línea) como sea posible.

Los de línea, en general dos a un solo lado, se colocan a la misma distancia o separación del equipo.

Los sensores permiten además calibrar la sensibilidad de manera de evitar que el equipo efectúe ajustes cuando se producen cambios bruscos o perturbaciones (por ejemplo, cuando el sensor, atraviesa un nudo de empalme).

Colocación de pasadores y barras de unión

La colocación y posicionamiento de pasadores y barras de unión constituyen un tópico importante en la pavimentación con encofrados deslizantes, por lo que estas operaciones implican en términos de rendimientos y calidad final de terminaciones.

Es posible utilizar dos metodologías claramente diferenciadas para la instalación de pasadores y barras de unión, dependiendo de cómo se coloquen:

- Con canastos o armazones, fijados a la base antes del colado del hormigón;
- O mediante inserción en el hormigón fresco, a través de insertores automáticos de armaduras denominados DBI (pasadores) o TBI (barras de unión).



Figura 8: Canasto de pasadores.

Cada una de estas metodologías tiene sus beneficios y desventajas y, en cualquier caso, es indispensable respetar las mejores prácticas en el uso de cada una de ellas, considerando que es una tarea muy delicada y de alto impacto, tanto en la construcción del pavimento como en su comportamiento en servicio. En especial en el caso de los pasadores, la correcta alineación, en sentido vertical y horizontal tiene una importancia decisiva, y debe verificarse regularmente, ya que un posicionamiento deficiente puede tener un efecto muy perjudicial en el desempeño del pavimento.

La utilización de canastos requiere de un armazón suficientemente firme y robusto que asegure la indeformabilidad del conjunto ante el paso de la pavimentadora, y las elevadas presiones de extrusión que esta genera. Por otro lado se deben sujetar firmemente a la base, mediante clavado con ganchos o estacas, para evitar su arrastre o deformación que altere la posición final de los pasadores.

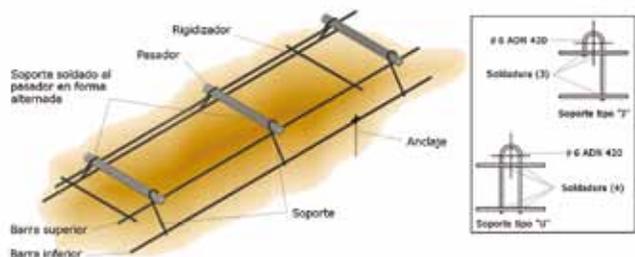


Figura 9: Esquema de canasto de pasadores.

La colocación de los canastos debe realizarse con precisión suficiente a la separación especificada en el proyecto para las juntas transversales de contracción, y en forma perpendicular al eje del pavimento (o pasadores paralelos al eje). Debe verificarse además la horizontalidad de los pasadores, dependien-

do del canasto, luego de los trabajos de fijación. No obstante su posición efectiva se debe indicar luego del paso de la pavimentadora, mediante alguna marca permanente en la base o en el mismo pavimento, a ambos lados de la calzada. Con estas referencias se procede luego al marcado o impresión en todo el ancho de la junta mediante el deslizamiento de una cuerda o cable que sirve de guía para el aserrado posterior de la junta.

Cuando se trabaja con pavimentadoras de encofrados deslizantes es usual el transporte de hormigón con camiones volcadores, que descargan directamente sobre la cancha. Este hecho impide la colocación previa de los armazones de pasadores en las juntas, pues entorpecerían el tránsito de los camiones. De tal manera, los canastos solo se pueden posicionar conforme avanza el tren de pavimentación.

Si se consideran las velocidades de pavimentación y las separaciones de juntas habituales, es posible advertir que el tiempo disponible para posicionar correctamente, y asegurar cada canasto son unos pocos minutos (2 min a 4 min). En consecuencia que la probabilidad que ocurran detenciones de la pavimentadora por demoras o contratiempos en la colocación de canastos es bastante elevada, con el consiguiente perjuicio en la producción y en la rugosidad final del pavimento. Esta situación puede evitarse si se utilizan otros dispositivos para la descarga de hormigón frente a la pavimentadora, como spreaders o cintas laterales.

Hay otros efectos no deseados en el uso de canastos con pavimentadoras de encofrados deslizantes, que son bien conocidos y que representan fuentes de rugosidad, tales como los producidos por deficiencias en la densificación en la zona del canasto; las deformaciones u ondulaciones causadas por la recuperación del armazón luego del paso del equipo, cuando desaparece la presión de extrusión; por restricción del hormigón a la salida del molde, entre otras. Una forma de minimizar estos defectos es la colocación del hormigón en la zona del canasto previo al paso de la pavimentadora, mediante un equipo distribuidor o spreader.

La otra alternativa de colocación de armaduras, que permite eliminar muchos de estos inconvenientes, es la utilización de los denominados insertores automáticos de pasadores (DBI) y de barras de unión (TBI), que efectúan la inserción de las armaduras en el hormigón fresco, detrás de la salida del molde.



Figura 10: Detalle de insertor automático de pasadores.

Existen varios tipos de DBI utilizados en las pavimentadoras, con funcionamiento y características diversas de acuerdo con el fabricante. Sin embargo, todos permiten realizar la inserción sin detener el equipo. Con las diferencias señaladas, estos sistemas se acoplan al tren de pavimentación, detrás de la plancha o molde deslizante, avanzando solidariamente con el conjunto. Consisten básicamente en un mecanismo que permite la distribución y posicionamiento de los pasadores en las separaciones previstas (mediante un carro que se desplaza transversalmente), y un conjunto de horquillas o pinzas que efectúan la inserción de las barras en el hormigón fresco.



Figura 11: Sistema insertores automáticos de pasadores.

En el momento de la inserción, todo el modulo o dispositivo se “desvincula” de la pavimentadora, deteniéndose en la posición de la junta, mientras los pasadores son empujados dentro de la masa del hormigón, hasta la profundidad especificada. El hincado se efectúa con vibración, para minimizar el esfuerzo y mejorar el recubrimiento del pasador con hormigón, y a su vez minimizar los danos que produce la inserción en el hormigón terminado.

Además estos equipos poseen una herramienta destinada a corregir o “cerrar” las improntas o hendiduras producidas por el hincado de los pasadores en el hormigón recién salido del molde de extrusión. Dependiendo del fabricante de la pavimentadora, con este fin se utiliza una viga oscilante o una segunda plancha o molde, acompañada de otro tamper o barra apisonadora, o combinaciones de ambos. La correcta operación de estos mecanismos tiene la particularidad de producir un rollo o excedente de hormigón delante de la viga o tamper, que asegura la reposición de mezcla en los orificios provocados por la inserción.

Entre las principales ventajas de la pavimentación con DBI se pueden citar:

- La ausencia de canastos o trabajos previos delante de la pavimentadora, que facilitan las tareas de descarga del hormigón, eliminando además, las causas que pueden producir detenciones o demoras, permitiendo una velocidad de operación constante, asegurando mayores producciones y mejor regularidad de los pavimentos.
- Eliminación de los mencionados efectos perjudiciales de las armaduras (canastos), y obtención de una singular economía de acero y mano de obra de fabricación de armazones.
- Agregado de peso y longitud al molde deslizante, contribuyendo a lograr una mejor regularidad superficial en los pavimentos.

No obstante, es necesario efectuar el ajuste y el mantenimiento adecuado de todo el sistema, verificando la alineación del conjunto (horquillas, bandejas, etc.), y regulando el tiempo y su frecuencia de vibración. También se debe controlar periódicamente la eficiencia en el posicionamiento y alineación de los pasadores (Figura 12) para evitar posibles problemas de despostillamientos, fisuración y transferencia de carga. Para ello se recomiendan las siguientes tolerancias:

- Traslación: ± 25 mm.
- Alineación: 2 % - 3 %.



Figura 12: Control de profundidad de colocación del pasador.

Por otra parte, las características del hormigón también tienen un rol importante en el desempeño de estos sistemas: mezclas bien dosificadas con adecuada trabajabilidad, producen buenos resultados, en tanto que mezclas de granulometrías muy abiertas, pueden originar migraciones de las barras dentro de la masa del pavimento. Asimismo, hormigones de asentamientos excesivamente bajos pueden provocar defectos de llenado y posterior aparición de pequeñas fisuras sobre las barras.

Defecto	Despost.	Fisuración	Transf. carga
Traslación Transversal			✗
Traslación Longitudinal			✗
Traslación Vertical		✗	✗
Desalineación Horizontal		✗	✗
Desalineación Vertical		✗	✗

Figura 13: Posibles problemas asociados a en el posicionamiento y alineación de los pasadores.

Sea cual fuere el método de colocación utilizado, los pasadores deben estar recubiertos por una capa fina de aceite o cualquier otra sustancia que minimice o impida su adherencia al hormigón, para permitir que las losas del pavimento se muevan independientemente.

Es importante que la película lubricante sea fina y de baja viscosidad, para evitar la formación de vacíos alrededor de la barra, que puedan ocasionar deterioros en servicio (no se recomienda el uso de grasa).

Es imprescindible además, que las barras estén libres de rebabas y desviaciones, que impidan su libre movimiento ante variaciones en la longitud de las losas.

Los sondeos periódicos y tan frecuentes como lo indique la experiencia o la confiabilidad de la metodología adoptada, en relación a la alineación y profundidad de los pasadores, son necesarios para garantizar su posicionamiento correcto. Estos controles se pueden efectuar mediante el retiro del hormigón fresco, exponiendo el pasador detrás del colado del hormigón, o en estado endurecido mediante la extracción de testigos o con ensayos no destructivos (pachómetro o radar GPR).

Se pueden hacer consideraciones similares respecto a la colocación de barras de unión en juntas longitudinales, aun cuando en este caso la alineación no es un aspecto crítico, ya que su función principal es la de anclar losas adyacentes. En la pavimentación con encofrados deslizantes las barras se pueden fijar a la base mediante el uso de canastos, en forma similar a los pasadores, mediante un doblado que permita que se autosustenten (Figura 14), o con insertores automáticos (TBI) en el hormigón fresco.



Figura 14: Autosustentación de barras de unión.

Estos últimos son de varios tipos, ubicados en el frente de la pavimentadora o en el mismo conjunto del DBI, cuando se construye en un ancho de trabajo tal que incluya una o más juntas longitudinales internas. En la construcción en fajas, por ejemplo en media calzada, se utilizan insertores laterales. •

El Manual de Diseño y Construcción de Pavimentos de Hormigón ha sido lanzado recientemente por el Instituto del Cemento Portland Argentino. Esta publicación brinda las herramientas necesarias para lograr un adecuado diseño y construcción, para satisfacer las necesidades del proyecto. Comprende cada uno de los aspectos que hacen al pavimento de hormigón, incluyendo el diseño del paquete estructural, el análisis de los materiales componentes, los métodos constructivos, el control de calidad, y las prácticas de mantenimiento y reparación.

En el sitio web del ICPA (www.icpa.org.ar) se puede descargar en forma gratuita la versión eBook del manual, previo registro de usuario.



radio cámara

no
me la
pierdo!



la escucho
en mi celu.

www.radiocamara.tv

Primer Programa 8 de abril - 11:30hrs

FO
DE
CO
DE LA CONSTRUCCIÓN



CÁMARA ARGENTINA
DE LA CONSTRUCCIÓN