



VIALIDAD Y TRANSPORTE

LATINOAMERICANO

Edición internacional

Año 1 - N° 02

Abril - Junio 2015

Lima, Perú

Informe
**La revolución
de la infraestructura
en Colombia**

Tecnología
**El dulce amargo
del uso de gaviones
en el Perú**

Seguridad vial
**Sistema de
Contención
de vehículos**

Un reto para solucionar el transporte masivo

El Metro de Lima



PAVIMENTACIÓN, MANTENIMIENTO Y MEJORAMIENTO DE VÍAS

LA SOLUCIÓN MÁS COMPLETA CON EL MEJOR SOPORTE POST-VENTA

LIMA
Sede Comercial y Administrativa
 Cristóbal de Peralta Norte 820, Surco
 Central 626 4000
 Whatsapp 988 474 662

 /ferreyros.SA
 clientes@ferreyros.com.pe
 www.ferreyros.com.pe

Ferreyros **CAT**
 una empresa Ferreyrcorp

Contenido

p06

El Tren Eléctrico de Lima

Urge en Lima la implementación de un sistema de transporte masivo de pasajeros.

p14

Sistema de contención de vehículos

Se implementan la aplicación de medidas correctivas a los traumatismos causados por las salidas vehiculares.

p18

La capacitación vial en Latinoamérica

Latinoamérica y el Caribe se enfrenta a uno de sus retos más apasionantes: la construcción de infraestructuras viales.



p30

La revolución de la infraestructura en Colombia

Colombia está viviendo una revolución en materia de infraestructura en los diferentes modos de transporte.

p36

Deterioro prematura de pavimentos

La infraestructura vial es fundamental para el desarrollo económico y social de un país.

p56

Planificación de la infraestructura en transporte

Para el éxito en una economía globalizada, no basta tener costos de producción óptimos. Los costos logísticos también deben serlo.

p60

El uso de gaviones en el Perú

Hace más de 40 años, se utiliza gaviones para construir defensas ribereñas en el Perú.

p70

El asfalto y su aplicación en carreteras

El asfalto no es un material empleado recientemente. Hay indicios de su uso desde la Mesopotamia.

p78

Los caminos del imperio incaico

Se extendieron por cumbres y valles para unir el antiguo territorio peruano. Fueron obras excepcionales.

 **VIALIDAD Y TRANSPORTE**
 LATINOAMERICANO

DIRECTOR: Ing. Jorge Lazarte Conroy
 GERENTE: Adrián Honorio

PRODUCCIÓN EDITORIAL: G7 consultores SAC

COLABORADORES: Christy García Godos Naveda, Lorena León Vásquez, Jhonny Figueres Castillo, Enrique Miralles Olivar, Walter Zecenarro Mateus, Luis Fernando Andrade, Javier Blossier, Luis Alfonso Peña Claros, Carlos M. Chang-Albitres, Edith Montes, Oscar Giovanon, Marta Pagola, Charly Hamoni Khabasi, Manuel Armando Ferrer Santiago, Alejandro Chang Chiang, Alberto Bardessi.

DISEÑO Y DIAGRAMACIÓN: Ronald Cossio Q.

OFICINA DE REDACCIÓN: Dirección: Jr. Montecarlo 260 – 402 – Surco. Teléfono: 372 3637 E-mail: revista@vialidadytransporte.com

Hecho el depósito legal en la Biblioteca Nacional del Perú N° 2015-02266

www.vialidadytransporte.com

Es una publicación de JORLACO EDICIONES S.A.C.

EDICIÓN INTERNACIONAL - DISTRIBUCIÓN GRATUITA

Los artículos firmados son de responsabilidad exclusiva del autor.

Editorial



Ing. Jorge Lazarte Conroy

La seguridad vial

Más de 3,600 personas mueren al año en el Perú debido a los accidentes de tránsito, de los cuales el 80% son peatones, según cifras extraoficiales. La mayoría de accidentes se produce en el rubro del transporte público urbano y luego en el interprovincial. El altísimo número de muertos y heridos constituye un grave problema aún sin resolver en el Perú. La atención sanitaria de estas víctimas, la mayoría entre 15 y 39 años de edad, cuesta alrededor de 150 millones de dólares anuales, cifra que representa el 0,17 por ciento del Producto Bruto Interno (PBI), según cálculos oficiales.

La inseguridad vial se debe a que el sector Transporte, en zonas urbanas, se convierte en refugio de quienes por falta de un empleo formal acuden a este oficio, sin vocación, ni calificación y en el ámbito interprovincial, a la informalidad existente y sin control por parte del Estado.

La situación se agrava debido a la ausencia de una coherente política estatal que ha convertido el sistema en caótico. En medio de esta selva sin control, las ganancias se obtienen sobre la base del mayor tiempo que el chofer permanece al volante, el mayor número de kilómetros recorridos, el mayor número de pasajeros o de carga, a un parque automotor (en su mayor parte obsoleto) y a una falta efectiva de control policial. El sistema, incluso, ha dado lugar a un singular código de comportamiento donde se han relativizado los valores, cuyo lema parece ser "vale todo", convirtiéndose en una tiranía que se impone en las calles y carreteras.

Es obvio, entonces, que mientras no se reestructure el esquema empresarial y laboral del transporte público, no exista una conciencia del cumplimiento de las normas y reglamentos por parte del peatón y del usuario de vehículos, pero especialmente el que los gobiernos de turno tomen conciencia de la importancia que tiene el ejercer el principio de autoridad, muy poco se puede avanzar para combatir la inseguridad vial existente.

Demandar la articulación de políticas eficientes entre el Ejecutivo, el Congreso, los Gobiernos Regionales y Municipalidades, Poder Judicial, Policía Nacional, SUNAT, SUTRAN e INDECOPI; va más allá de acciones que correspondan sólo

al terreno normativo, fiscalización y el control, necesarias pero insuficientes para revertir esta grave situación.

Es un error pretender reducir los accidentes de tránsito, desde un verticalismo estatal, tratando a los transportistas como elementos pasivos en la solución del problema, cuando por el contrario, deben ser considerados como agentes activos del cambio. Poco o nada sirve que un conductor evite infringir las normas sólo porque puede ser sorprendido en el acto.

Lo verdaderamente efectivo radica en lograr que los transportistas decidan manejar con responsabilidad, asumiendo como propias las normas y que adopten una conciencia ciudadana de respeto a la vida y a los derechos de los demás. Es importante trabajar en el comportamiento humano porque este, actualmente, es irracional, se basa en la viveza, el egoísmo y la ley propia.

Un ejemplo de cómo influye un mal comportamiento en la seguridad vial se registra en cualquier intersección a la hora punta. Ninguno deja pasar a otro vehículo a pesar de que sabe que no va a poder avanzar y obstaculiza el tráfico innecesariamente. Estas personas no se dan cuenta que si ceden el paso a otros vehículos porque les será imposible cruzar a pesar de estar en verde, se ahorrarían un galón de gasolina a diario y 30 minutos de viaje al día.

Es una tarea titánica pero no imposible. En otros países ha dado excelentes resultados el uso de campañas sistemáticas y sostenidas de comunicación social, que han demostrado ser una máquina poderosa de conducción y que han hecho posible modificar decisivamente aspectos sociales o políticos de un país.

Intentar convencernos de que el Perú avanza con sólo mencionar el número de kilómetros de carreteras pavimentadas y de calles y avenidas en buen estado, no es lo más adecuado. Los accidentes de tránsito han ocasionado dolor en miles de personas, han truncado vidas, han enlutado familias. Es el momento de enfrentar con seriedad y responsabilidad esta patética realidad e implantar una verdadera Seguridad Vial en el país.

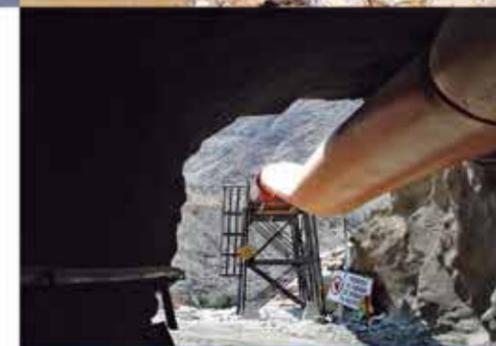
El director.

Soluciones simples para problemas complejos

GAVIONES

LÍNEAS DE PRODUCTOS

- Tuberías
- Geosintéticos
- Coberturas Industriales
- Visual
- Tensoestructuras
- Módulos para Campamentos
- Sistemas de Ventilación
- Tanques Flexibles
- Biodigestores
- Casas & Exteriores



MANGAS DE VENTILACIÓN



GEOCELAS



TUBERÍAS



MÓDULOS PARA CAMPAMENTOS

Av. Pedro Miota N° 910
San Juan de Miraflores, Lima, Perú
T: +511 617.8787
ventas@cidelsa.com



 /CidelsaOficial
www.cidelsa.com

Vista aérea de la estación San Borja Sur de la línea 1 del Metro. Entró en operaciones el año 2011.

Hacia la modernización del transporte masivo en Lima

Christy García Godos Naveda (*) / Lorena León Vásquez (**)



Lima, ciudad con más de 9 millones de habitantes, sufre hoy en día las consecuencias de un desarrollo urbano no planificado. El ciudadano enfrenta graves niveles de congestión y contaminación. En la práctica, el ciudadano o visitante de Lima, pierde al día entre 2 o 3 horas en el transporte. Esta situación se agrava si hablamos de ciudadanos de estratos económicos menos favorecidos que deben usar el transporte público, como único medio posible para satisfacer sus necesidades de movilidad.

Urge en Lima la implementación de un sistema de transporte masivo de pasajeros, seguro, confiable rápido y de calidad, que facilite la movilidad sostenible y genere bienestar a sus habitantes, a través de la expansión de la oferta, la cobertura (accesibilidad) y calidad del servicio.

A través de la implementación del sistema, se contribuirá indirectamente al mejoramiento de la sostenibilidad ambiental de la ciudad y al crecimiento económico de otras industrias localizadas en el área de influencia de estos grandes proyectos. De acuerdo al gráfico 1, se verifica que para ejes viales de transporte con demanda por encima de los 10,000 pasajeros, hora/sentido, las alternativas tecnológicas para el transporte masivo, pueden ser atendidas a través de sistemas Bus Rapid Transit (BRT), Light Rail Transit (LRT) y Mass Rapid Transit (MRT). Dicho escenario cambia para el caso de demandas superiores a 30,000 pasajeros hora/sentido, determinándose técnicamente que la solución más eficiente es el MRT o Metro pesado. Existen varios tipos de sistemas de transporte urbano. Es esencial seleccionar el

sistema más apropiado a cada caso o ciudad, este debe estar acorde con la distancia y el número de pasajeros a ser transportados, así mismo debe tenerse presente que la movilidad del ciudadano no se da necesariamente con el uso de un único sistema de transporte, en mucho caso es el resultado de una combinación de sistemas que deben estar adecuadamente coordinados a fin de reducir los costos de interconexión y hacer así más eficiente el sistema de transporte de la ciudad. Gráfico 2.

A nivel de la región tenemos por ejemplo el caso de Santiago de Chile donde la red de metro se complementa con el sistema de buses de la ciudad, así como con trenes de cercanía. Situación similar es observable en Sao Paulo (Brasil) y en Buenos Aires (Argentina). En una ciudad como Lima en constante crecimiento resulta necesaria la implementación de sistemas de transporte de diverso tipo, que se complementen y que atiendan las necesidades de transporte de la ciudadanía.

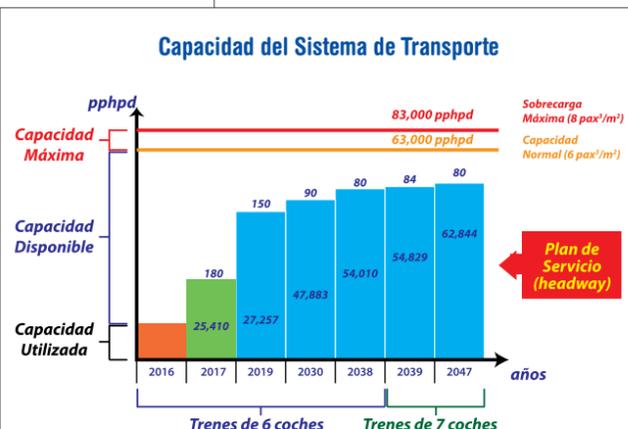
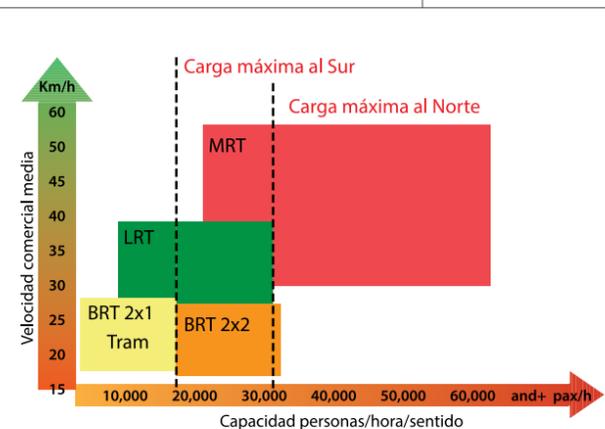
En comparación a otras ciudades de América Latina, Lima empieza con considerable retraso la modernización de

su sistema de transporte. Ya desde los años 70 se hablaba de la introducción de un sistema de Metro en la ciudad, sin embargo por diversos motivos políticos y económicos esta idea fue postergada. Es recién en el año 2010, cuando se impulsa la implementación de un sistema de transporte masivo planificado. Así mediante la publicación del Decreto Supremo N° 059-2010-MTC se establece el sistema de transporte masivo de Lima y Callao, el cual originalmente previó la implementación de 5 líneas de Metro para luego en el año 2013 incluir la sexta línea¹.

Un sistema de transporte que sea eficiente para la ciudad debe contemplar no solo la construcción de líneas de Metro, sino también la interconexión e integración con otros modos de transporte (metro, bus, taxi, bicicleta, entre otros). Cualquiera sea el sistema de transporte a elegir, éste debe ser planificado e implementado bajo el concepto de red, que permita ofrecer servicios puerta a puerta continuos que respondan a las necesidades del ciudadano y permitan una utilización eficaz y rentable del sistema, favoreciendo al mismo tiempo a la competencia entre los operadores.



El sistema del Metro en la línea 1 prevé un intervalo entre trenes de 6 minutos en hora punta y con capacidad de acortar frecuencias de hasta 3 minutos.



¹ La Red Básica del Metro de Lima fue aprobada mediante Decreto Supremo N° 059-2010-MTC, publicado el 24 de diciembre de 2010. Dicha norma establecía la implementación de cinco (5) líneas de metro con trazos referenciales. Posteriormente, mediante Decreto Supremo N° 009-2013-MTC, publicado el 10 de agosto de 2013, se incorporó la sexta línea al sistema.

Una ciudad como Lima no solo necesita Metros, necesita también otros sistemas como buses con corredores segregados (BRTs), trenes ligeros o tranvías. La definición del sistema a elegir dependerá exclusivamente de la demanda y de las condiciones técnicas propias de la ciudad. Asimismo, en una ciudad ya consolidada como Lima, la implementación de un sistema de transporte debe tomar en consideración los diversos efectos que éste puede tener a nivel urbanístico, a nivel de afectaciones prediales (procedimientos expropiatorios largos y complejos), detección de interferencias de servicios públicos, asunción de gastos asociados por imprevistos, entre otros elementos. Por otra parte, a la hora de decidir por uno u otro sistema, debe tomarse en consideración la vida útil o de uso que se desea del sistema, de ahí la necesidad de diseñar sistemas que respondan no sólo a la demanda o al problema de transporte actual, sino que además esté en capacidad de responder a la demanda futura, a las exigencias de los usuarios y a la planificación urbana del Estado para las próximas décadas.

A nivel de la región tenemos por ejemplo el caso de Santiago de Chile donde la red de metro se complementa con el sistema de buses de la ciudad, así como con trenes de cercanía. Situación similar es observable en Sao Paulo (Brasil) y en Buenos Aires (Argentina). En una ciudad como Lima, en constante crecimiento, resulta necesario la implementación de sistemas de transporte de diverso tipo, que se complementen (...)

La modernización de sistemas de transporte eficiente toma tiempo no solo por el tiempo de ejecución de las obras sino también por el tiempo de adecuación de la ciudad y de sus ciudadanos a los cambios. Proyectos de transporte urbano superan ampliamente los periodos de gobiernos nacionales y locales, de ahí la necesidad de tener una visión y planificación de largo plazo, donde se garantice la continuidad de las obras iniciadas y la ejecución de nuevas obras que complementen las ya existentes.

La línea 1
En Lima, el primer paso que se ha dado, ha sido la implementación de la Línea 1 del Metro de Lima, sistema que se inició históricamente a fines de los años 80's del siglo pasado y que finalmente entró en operación en el año 2011. Cabe señalar que esta línea fue implementada en dos fases, por un lado a través de la ejecución de las obras civiles y la implementación del equipamiento electromecánico, licitación que estuvo a cargo del Ministerio de Transportes y Comunicaciones y, por



La demanda está superando a la oferta en la línea 1 del Metro de Lima. Las autoridades deben buscar soluciones a este tema.

otro lado, la concesión de la operación y mantenimiento de la infraestructura férrea, licitación que estuvo a cargo de PROINVERSIÓN, en el marco de una Asociación Público Privada (APP) Cofinanciada. Esta línea tiene una extensión de aproximadamente 30 km, y se ha ejecutado en viaducto elevado. A la fecha, viene experimentando una demanda significativamente mayor a la demanda esperada. El sistema de operación prevé un intervalo entre trenes de 6 minutos en hora punta y con capacidad de acortar frecuencias de hasta 3 minutos. A la fecha esta línea está siendo operada por el consorcio Metro de Lima Línea 1, conformada por las empresas GYM Ferrovías S.A. (Perú) y Ferrovías S.A.C. (Argentina). La inversión total en infraestructura (obra civil) ascendió a US\$ 1,420 millones, mientras que la inversión en material rodante a la fecha asciende a aproximadamente US\$ 220, teniéndose prevista una inversión adicional en material rodante, obras de infraestructura y equipamiento electromecánico por aproximadamente US\$ 430 millones.

La línea 2

Continuando con el desarrollo ferroviario en la ciudad, la Línea 2 del Metro de Lima fue concesionada por PROINVERSIÓN



Plano de las líneas del Metro de Lima. Se aprecia la red básica aprobada por D.S. Nro. 059-2010-MTC, compuesta por cinco líneas, y se incluye la línea 6, propuesta en la actualización del Plan Maestro de Lima y Callao.

La construcción de una buena infraestructura de transporte, durable y sostenible para la ciudad de Lima y Callao, es impostergable, y necesita de inversiones bien planificadas, que garanticen el retorno adecuado en beneficios sociales que estimulen la economía local.

en marzo de 2014, en esta concesión se incluyó el ramal Av. Faucett – Av. Gamba-tta, debido a la necesidad de adelantar la prestación de servicio de transporte a la población del norte de la ciudad (Ventani-lla). La línea 2, tiene una extensión total de 27 km y el ramal Av. Faucett – Av. Gamba-tta de 8 kilómetros. Se ha previsto un total de 35 estaciones que esperan transpor-tar a más de 60,000 pasajeros día. Adicionalmente se ha previsto la interco-nexión con otros sistemas de transporte, así por ejemplo el proyecto contempla la interconexión con la línea 1 del metro de Lima, por lo cual deberá construirse una estación de interconexión, en la Av. 28 de Julio con la Av. Aviación; asimismo en la estación Grau deberá interconectarse con el Metropolitano y con la futura Línea 3 del metro de Lima.

Para esta línea y debido a la demanda esperada se ha previsto la aplicación de tecnología de última generación que, a su vez, obtenga un alto desempeño del sistema ferroviario para cubrir costos de operación y mantenimiento. Para ello, el proyecto ha incorporado especificaciones técnicas acordes a las mejores prácticas y recomendaciones de la Unión Internacio-nal de Transporte Público (UITP) que reco-miendan para nuevas líneas del metro la utilización de operaciones completamente sin conductor (GoA4).

En efecto, la implementación de dicha tec-nología obedece a que: (i) Los mayores costos en una explotación de metro son aquellos que corresponden al personal y al consumo energético. Al optarse por una solución sin conductor, el operador prescindirá de personal para la conducción de los trenes; y (ii) Los trenes controlados auto-máticamente consumen hasta 30% menos energía que aquellos con conductor gracias a la optimización de la aceleración, tracción y frenado, la cual genera paradas y arran-ques más precisos en las estaciones.

La línea 2 se ha previsto ser construida en subterráneo, utilizando tecnología de última generación. Las razones que jus-tifican la solución en subterráneo, como mejor opción desde el punto de vista técnico, obedece a las siguientes consi-deraciones:

- El trazo de la Línea 2 y el ramal dis-curre por importantes avenidas, y por zonas urbanas ya consolidadas, la alternativa subterránea reduce la re-moción de interferencia (de servicios públicos) y no afecta infraestructuras ya existentes (viaductos, intercambios viales, etc.)

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS METRO LIMA-CALLAO (LÍNEA 2)

DE LA INFRAESTRUCTURA	
Tipo de Infraestructura:	Subterránea
Tipo de túnel:	Bidireccional
Diámetro interno de túnel:	9.2 m
Longitud de túnel:	26.9 Km
Método Constructivo de túnel:	con TBM (Tunnel Boring Machine)
Patios – Taller:	2 <ul style="list-style-type: none"> Patio – Taller Santa Anita (Línea 2) Patio – Taller Bocanegra (Ramal)
Estaciones:	35 <ul style="list-style-type: none"> Por Ubicación: 13 en el Callao y 22 en la Ciudad de Lima Por método constructivo: 30 en cut&cover y 5 en caverna
DEL MATERIAL RODANTE	
Velocidad máxima:	80 km/h
Velocidad comercial:	35 km/h
Composición del tren:	<ul style="list-style-type: none"> 6 coches por tren al inicio de la operación 7 coches por tren en el futuro de la operación en función de la demanda
Capacidad por coche:	200 pasajeros
Densidad pasajeros transportados:	6 pax/m ²
Frecuencia teórica de licitación:	Hora punta 80 segundos
Frecuencias en Hora Punta:	Con el sistema operando en su totalidad <ul style="list-style-type: none"> @ 2.5 minutos para la Línea 2 @ 6 minutos para el Ramal
DE LA SUPERESTRUCTURA FERROVIARIA	
En túnel:	Vía en placa
Fuera de túnel:	Vía sobre balasto
Tipo de riel:	60 UIC
Sistemas de antivibración y ruido:	incorporados
DE LA ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA	
Tipo de Catenaria:	<ul style="list-style-type: none"> Catenaria rígida dentro del túnel Catenaria convencional fuera de túnel
Subestaciones Eléctricas:	De Alta Tensión (SEAT): <ul style="list-style-type: none"> 4 para la Línea 2 2 para el Ramal Rectificadoras (SER) <ul style="list-style-type: none"> 10 para la Línea 2 4 para el Ramal
Potencia eléctrica estimada:	Hasta el 2025: <ul style="list-style-type: none"> 110 MW para la Línea 2 17 MW para el Ramal
Suministro eléctrico provisto por:	<ul style="list-style-type: none"> En la Primera Etapa por Luz del Sur En la Segunda Etapa por Edelnor
DE LA AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA	
Sistema de señalización:	Sistema de señalización CBTC (Communication Based Train Control) por bloque móvil
Sistema de Control:	ATC (Automatic Train Control)
Grado de automatización:	GoA 4

- b. Debido al nivel de inclinación de la ciudad de Lima, en dirección este – oeste, si se iniciase un trazado en viaducto, las áreas que se requerirán para luego soterrar la vía en la zona centro sería bastante extensa (la pendiente de la vía no puede ser mayor al 3.5%), por lo que la afectaciones prediales e interferencia a ser removidas sería de un número considerable, que encarece el Proyecto.
- c. El Metro Subterráneo respecto al metro en viaducto, tiene un menor impacto sobre la vida de los ciudadanos, tanto por el impacto sonoro como por el impacto visual. El viaducto reduce la sección de las vías por las que discurre, generando espacios muertos y condenando el uso futuro de las calles.
- d. El metro subterráneo conduce, desde un punto de vista urbanístico, a un modelo de ciudad totalmente diferente al que se obtiene si se opta por una solución en viaducto.
- e. La solución subterránea libera por completo los espacios en superficie, pudiendo ser aprovechados bien para la circulación de vehículos bien para la peatonalización de las calles o su recuperación para usos lúdicos (parques, equipamientos sociales, etc.).
- f. Con el metro subterráneo se obtiene un modelo de ciudad con mejor calidad de vida para los ciudadanos que optimiza la revalorización urbanística de la ciudad.

Cabe señalar que a nivel mundial, respecto a la construcción de metros, se ha optado por la solución subterránea, por lo que está presente en las principales capitales de Europa y también en algunas de las más importantes ciudades Latinoamericanas, como Santiago de Chile o Sao Paulo.

De otro lado, respecto a la tecnología constructiva elegida para el caso de la Línea 2 del Metro de Lima y Callao (subterránea – Tunnel Boring Machine - TBM), debemos mencionar que ésta resulta ser la más segura en la actualidad para la construcción de túneles en medios urbanos, y la que menos incertidumbres presenta. En este sentido, se debe destacar que la construcción generalizada de túneles con la tecnología CUT&COVER (Trinchera) supone un alto impacto en superficie, con elevados costos sociales. Además, se incrementa de manera sustancial el riesgo por desvío de interferencias (servicios públicos), tanto por



↑ Congestión de tránsito en Lima a la hora punta. La mejora del transporte público en Lima se ha convertido en una prioridad urgente.

La línea 2 se ha previsto ser construida en subterráneo, utilizando tecnología de última generación. Las razones que justifican la solución en subterráneo, como mejor opción desde el punto de vista técnico.

la aparición de interferencias que no son posibles de detectar en fase de proyecto como por los plazos para la obtención de permisos para su desvío. Por su parte, la construcción de túneles con TBM resulta ser una tecnología más segura para la construcción de túneles, la que menos desviaciones presupuestarias implica y la que mejor garantiza el plazo de ejecución de las obras. A modo de conclusión, podemos indicar que los sistemas de transporte masivo

tienen grandes beneficios, como por ejemplo:

1. Proveen de una expansión significativa de la capacidad de transporte colectivo siendo un medio inclusivo para la población.
2. Mejoran la eficiencia, conveniencia y confiabilidad de los sistemas de transporte colectivo.
3. Minimizan los impactos de las actividades de transporte sobre el medio ambiente
4. Apoyan el crecimiento económico.



↑ Estación del Presbítero Maestro que pertenece a la segunda etapa de la línea 1. Esta etapa se puso en funcionamiento a mediados del 2014.

Conscientes de sus múltiples beneficios, la implementación de la red de metro para nuestra ciudad se plantea como un gran desafío. Bajo dicho contexto, PROINVERSIÓN por encargo del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, es responsable de continuar con el proceso de promoción y concesión de la Línea 3 (Norte – Sur) y Línea 4 (Este – Oeste) de la Red de Metro de Lima teniendo como punto de partida, la elaboración de los estudios de preinversión a nivel de perfil y de factibilidad, en el marco del Sistema Nacional de Inversión Pública (SNIP).

Cabe señalar que las autoridades con injerencia en transporte urbano en nuestra ciudad, buscan concretar no sólo la ejecución y explotación del sistema ferroviario, sino además la ejecución de proyectos viales y la explotación o posible expansión del BRT, bajo el ámbito de las competencias municipales (Municipalidad Metropolitana de Lima). Debido a que a la fecha no contamos con una autoridad única de transporte en Lima y Callao, es necesario trazar como objetivo común el alto grado de integración de los diversos modos de transporte, lo cual requiere, en la práctica, la coordinación y el consenso de las distintas autoridades involucradas,

para adoptar los acuerdos necesarios que permitan una integración no sólo física del sistema, sino también tarifaria y operacional. En ese sentido el reto para las autoridades es grande, y evidencia la necesidad de la implementación en un corto/mediano plazo de una autoridad única que vea a la ciudad como un todo, y que

En comparación a otras ciudades de América Latina, Lima empieza con considerable retraso la modernización de su sistema de transporte. Ya desde los años 70's se hablaba de la introducción de un sistema de metro en la ciudad, sin embargo por diversos motivos políticos y económicos esta idea fue postergada.

planifique su desarrollo y conectividad ordenada, en beneficio de los ciudadanos. La construcción de una buena infraestructura de transporte, durable y sostenible para la ciudad de Lima y Callao, es impostergable, y necesita de inversiones bien planificadas, que garanticen el retorno adecuado en beneficios sociales que estimulen la economía local.

Indudablemente, se requiere desarrollar y expandir a nivel nacional servicios de transporte de primera clase, que permita de manera eficaz fomentar nuestro crecimiento económico, para ello se necesita esfuerzos técnicos y económicos importantes. El primer paso para la implementación de este servicio será la Ciudad de Lima, considerando los niveles de densidad poblacional y demográfica, y ésta servirá de modelo para replicarlo, bajo consideraciones técnicas de seguridad y calidad, en las demás ciudades del país, respetando el entorno y las necesidades propias de cada zona.

(*) Economista. Especialista en temas ferroviarios; actualmente jefe de proyectos ferroviarios en Proinversión.

(**) Abogada; asesora técnica del equipo de proyectos ferroviarios de Proinversión.

Sistema de contención de vehículos

En los países de Latinoamérica, y especialmente en el Perú, se vienen implementando la aplicación de medidas correctivas a los traumatismos causados por salida vehicular no controlada en las carreteras.

Jhonny Figueres Castillo (*)

El presente artículo está basado en la aplicación de la ingeniería vial internacional, especialmente en Europa y Estados Unidos, donde se han desarrollado metodologías para evaluar los peligros de salida vehicular no controlada en las carreteras, efectuar su tratamiento y en caso necesario, seleccionar e instalar un adecuado SISTEMAS DE CONTENCIÓN DE VEHICULOS (SCV).

Los SCV están basadas en las normativas de ensayo EN 1317, Reporte 350 NCHRP y MASH, son para ensayar y evaluar los sistemas de contención vehicular, y de ninguna manera se deben considerar como una justificación en cuanto a dónde y en qué circunstancias se debería aplicar un sistema.

Los SCV, de acuerdo con la normativa internacional, los clasifican mediante características normalizados según el resultado de su comportamiento en los ensayos de choque a escala real o Crash Test.

La evaluación que hacen las normativas de ensayo a los sistemas de contención, permiten determinar, entre otras, las siguientes características de comportamiento:

- Nivel de contención.
- Severidad del impacto.
- Deformación del sistema de contención.
- Capacidad de redireccionamiento o trayectoria del vehículo antes y después de impactar el sistema.

Clasificación de los niveles de contención de las normas EN 1317, NCHRP 350 y MASH.

NIVELES DE CONTENCIÓN		
Niveles de contención	EN 1317	NCHRP 350 / MASH
Bajo	T1	
	T2	
	T3	
	N1	
	N2	TL2
Medio - Bajo	H1	TL3, TL4
	L1	
Medio	H2	
	L2	
Medio - Alto	H3	
	L3	
Alto	H4a	TL5, TL6
	L4a	
Muy Alto	H4b	
	L4b	

Clases de deformación según la UNE- EN 1317

Clases de anchuras de trabajo normalizado	Valor máximo de anchura de trabajo WN (m)	Clases de intrusión del vehículo normalizado	Valor máximo de intrusión VIN (m)
W 1	$W \leq 0,6$	VI1	$VI_N \leq 0,6$
W 2	$W \leq 0,8$	VI2	$VI_N \leq 0,8$
W 3	$W \leq 1,0$	VI3	$VI_N \leq 1,0$
W 4	$W \leq 1,3$	VI4	$VI_N \leq 1,3$
W 5	$W \leq 1,7$	VI5	$VI_N \leq 1,7$
W 6	$W \leq 2,1$	VI6	$VI_N \leq 2,1$
W 7	$W \leq 2,5$	VI7	$VI_N \leq 2,5$
W 8	$W \leq 3,5$	VI8	$VI_N \leq 3,5$
		VI9	$VI_N \leq 3,5$

NOTA 1: Se puede considerar un nivel de anchura de trabajo menor que W1.

NOTA 2: La deflexión dinámica y la anchura de trabajo permiten fijar las condiciones de instalación para cada barrera de seguridad y también definir las distancias a establecer delante de obstáculos para permitir que el sistema se deforme satisfactoriamente.

NOTA 3: La deformación del sistema cumplirá con los requisitos recogidos en la tabla 4.



Estos resultados son aprobados por las entidades certificadoras mediante el marcado CE y el Certificado de constancia de las prestaciones (emitido por el organismo notificado).

Los ensayos se realizan bajo condiciones reales estándares, entre las que se pueden mencionar:

- El terreno donde se realiza la prueba posee una superficie plana y nivelada, libre de obstáculos.
- Los elementos por ensayar se colocan simulando su uso en una vía recta.
- Se utilizan tipos específicos de vehículos. La masa, dimensiones y altura del centro de gravedad (CG), de los vehículos utilizados para cada nivel de ensayo, se especifican en las normativas.
- El vehículo se lanza para que colisione contra el sistema de contención a una cierta velocidad y trayectoria (ángulo de impacto), según la normativa y el nivel de ensayo.
- El vehículo se encuentra en circulación libre durante el ensayo, es decir, no se considera el efecto de los frenos ni posibles acciones con el volante.

Los puntos débiles que no contemplan los ensayos bajo condiciones reales:

- No se contemplan todas las posibilidades de accidente real.
- Características del vehículo ensayado no representativas del parque de vehículos actual.



Instalación inadecuada de acuerdo al Manual de Instalación.

(...) se deben considerar antes de hacer una selección definitiva del sistema de contención vehicular: nivel de contención, deflexión de la barrera, condiciones del sitio, compatibilidad con otros sistemas de contención vehicular, costos de instalación y mantenimiento, estética, condiciones ambientales, seguridad de otros usuarios e historial de desempeño del sistema.

MODELO DE MARCADO CE

	Marcado de conformidad CE, consistente en el símbolo "CE" que se indica en el Reglamento de Productos de la Construcción
01234	Número de identificación del organismo de certificación
AnyCo Ltd, PO Box 21, B-1050	Nombre o marca y domicilio del fabricante
09	Dos últimas cifras del año en que se fija el mercado
0124-CPR-00234	Número del certificado
UNE-EN 1317-5:2008+A2:2012	Norma Europea de referencia
Producto Conicbarrier, tipo C (doc. 334:Mayo 2002), barrera de seguridad doble para medianas en áreas de circulación	Descripción del producto y uso previsto
Comportamiento ante impacto: Nivel de Contención: H1 y H2 Severidad del impacto: A Anchura de trabajo: H1 - 1,1 m (W4) H2 - 1,9 m (W6) Deflexión dinámica: H1 - 0,5 m H2 - 1,3 m Durabilidad: S235 JR G2 galvanizado de acuerdo a la UNE-EN ISO 1461 Sustancias peligrosas: NPD	Información sobre las características regulares

MODELO DE CERTIFICADO DE CONSTANCIA DE LAS PRESTACIONES



Secuencia del impacto de un bus contra las barreras de seguridad que se han colocado en la avenida Javier Prado.

TL1 - TL2 - TL3 50 - 70 - 100	NCHRP 350 MASH	EN 1317	N1
TL4		N2	
TL5		H1-L1	
TL6		H2-L2	
		H3-L3	
		H4a-L4a	
		H4b-L4b	

Clasificación de vehículos según la normativa internacional.

(asi, anchos de trabajo, longitud mínima de impacto, deflexión dinámica y otros), los cuales están basados bajo los resultados de ensayos de choque real o crash test y respaldados bajo sus certificaciones de Marcado CE y Certificado de Prestaciones, por lo que la citada norma no limita la libre competencia.

Las especificaciones y planos de un proyecto requieren parámetros normalizados mínimos como es el caso de un nivel de contención, un ancho de trabajo, borde lateral y otros; estas pueden ser proporcionadas por cualquier proveedor que cumpla o supere con las exigencias mínimas establecidas

en el proyecto o estudio de Ingeniería, sin ser limitativo lo establecido en los planos del proyecto, debido a que estos sistemas pueden tener diferente configuración estructural y proporcionar parámetros normalizados iguales. En una aplicación de la instalación de SCV o barreras de seguridad (guardavías certificados) se ha realizado en la Vía expresa Javier Prado (8.375 metros de barreras) y en la Vía Expresa de Paseo de la República (4.299 metros de barreras).

(*) Dirección de Normatividad Vial Dirección General de Caminos y Ferrocarriles Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

- Debido a las características estructurales de los vehículos de ensayo puede haber diferencia de resultados al ensayar un mismo sistema con dos vehículos diferentes, aun cumpliendo con lo establecido en la norma.
- Características de ensayo (v, a, vehículo, masa...) VS accidente en carretera.
- Terreno inadecuado o diferente al ensayado.
- Altura de instalación variable y fuera de tolerancia: Una altura excesiva puede provocar momentos y esfuerzos para los que no están diseñados. O alturas por debajo de tolerancias (sea por una instalación defectuosa o por el recrido del asfalto) pueden provocar valores biomecánicos superiores a los de diseño
- Instalación defectuosa por falta de tornillos y pares de torque lo que puede provocar rotura de los elementos longitudinales que conforman SCV o funcionamiento diferente al funcionamiento del ensayo provocando una mayor deformación del SCV.
- Uso de sardineles o bordillos con altura mayor de 7 cm (sin tenerlo en cuenta para la instalación).

Los puntos débiles en los proyectos en ejecución no contemplan para la competitividad de proveedores de SCV:

- Los factores que se deben considerar antes de hacer una selección definitiva del sistema de contención vehicular: nivel de contención, deflexión de la barrera, condiciones del sitio, compatibilidad con otros sistemas de contención vehicular, costos de instalación y mantenimiento, estética, condiciones ambientales, seguridad de otros usuarios e historial de desempeño del sistema.
- La cimentación y el suelo son una parte integral del sistema de contención vehicular, se deben revisar detalladamente las condiciones en las que se realizaron los ensayos a escala real y las recomendaciones de instalación de los fabricantes para garantizar el adecuado comportamiento del dispositivo de contención en campo.
- En los diferentes proyectos que se vienen ejecutando se está contemplando dentro del expediente técnico de obra (planos específicos con una sola configuración estructural o modelo), lo que está siendo aplicado en forma errónea, la Directiva N° 007-2008-MTC/02 de Sistemas de Contención de Vehículos establece el requerimiento de los SCV bajo parámetros de comportamiento



Moderno paso a desnivel en Brasil, el país con mayor infraestructura vial en Sudamérica.

La capacitación vial en Latinoamérica y el Caribe

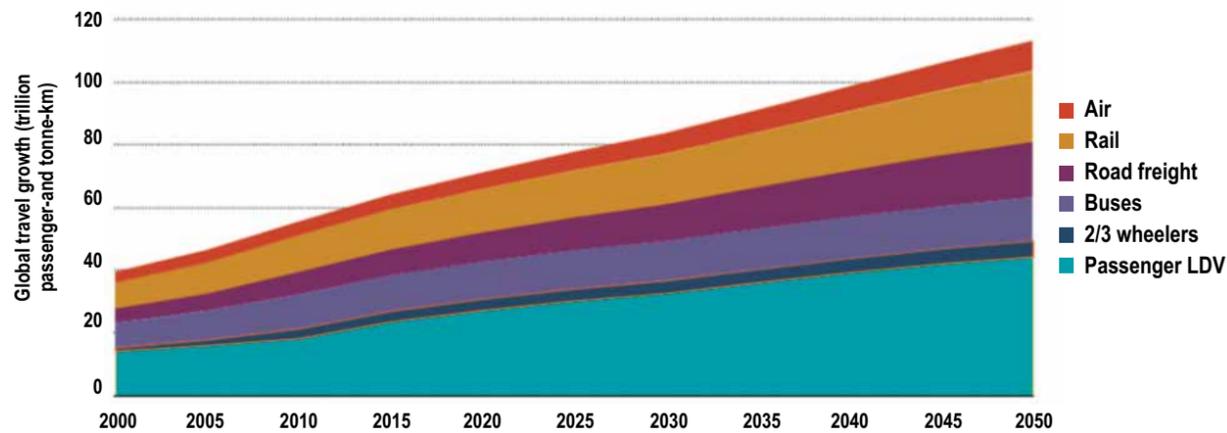
Durante los próximos años la región de Latinoamérica y el Caribe se enfrenta a uno de sus retos más apasionantes: la construcción de infraestructuras viales que, además de proporcionar accesibilidad a todos los territorios, incorporen las últimas técnicas de planificación, construcción, gestión y equipamiento para garantizar, en la medida de lo posible, la seguridad y comodidad de los usuarios. Para ello es vital que se cumpla un requisito: la adecuada capacitación de los técnicos y gestores encargados del diseño de las nuevas infraestructuras y de la mejora de las existentes.

↳ Enrique Miralles Olivar (*)

Imaginemos un mundo donde una gran parte de los profesionales de las distintas disciplinas no dedicaran el tiempo necesario para ampliar o al menos mantener actualizados sus conocimientos, ¿cómo afectaría este hecho a los usuarios de esos servicios? Imaginemos que, tras haber sido diagnosticados con una determinada dolencia por parte de nuestro médico de familia, acudiéramos al especialista y nos dijera que aunque es consciente de que existen tratamientos para lo que padecemos, él no los conoce porque no ha querido o no ha podido acceder a ellos. Imaginemos que, nuestro vehículo sufriera una avería y al acudir al taller más cercano el mecánico, tras revisar el problema, nos dijera que el problema tiene solución, pero que él no puede ayudarnos porque, aunque le ha pedido a su jefe muchas veces recibir un curso de capacitación sobre esa materia en concreto, jamás le ha sido concedido.

Imaginemos que, recibiéramos una llamada de un inspector de hacienda para comunicarnos que nuestra declaración de la renta no se ajusta a las directrices que marca la ley y que cuando le replicáramos que su evaluación era incorrecta porque estaba refiriéndose a una legislación derogada nos contestara que él no tenía constancia de dicho cambio. Sin duda alguna en cualquiera de los tres casos optaríamos por consultar a otro experto que pudiera acreditar estar en posesión de los conocimientos necesarios para desempeñar su labor. Imaginemos ahora que se va a construir una nueva infraestructura vial y que los técnicos que deben supervisar el proyecto y la posterior obra, no poseyeran los conocimientos más actualizados en materia de trazado, equipamiento, seguridad vial, etc. ¿Qué recurso les queda en este caso a los usuarios, que sufren esa carencia de formación de los profesionales que deben velar por su seguridad?

La mayoría de las personas, cuando utilizamos un servicio, ya sea público o privado, solemos pensar que los profesionales que lo ofrecen o lo supervisan poseen los conocimientos necesarios para ello, pero la realidad nos demuestra que esto no siempre es así, ya sea por falta de tiempo, de recursos económicos o de interés. Durante los próximos años la región de Latinoamérica y el Caribe se enfrenta a uno de los mayores retos de su historia en cuanto a construcción y adecuación de sus infraestructuras viarias se refiere. Muchos son los datos que apuntan hacia un aumento de la movilidad, tal como puede apreciarse en las gráficas 1 y 2, donde se muestra la expectativa de crecimiento del transporte global y el aumento del porcentaje de población urbana en determinados países latinoamericanos, respectivamente. Sin embargo, las infraestructuras viarias de la región de Latinoamérica y el Caribe todavía presentan deficiencias significati-



Gráfica 1. Crecimiento estimado del transporte global. Fuente: Global Land Transport Infrastructure Requirements. International Energy Agency.

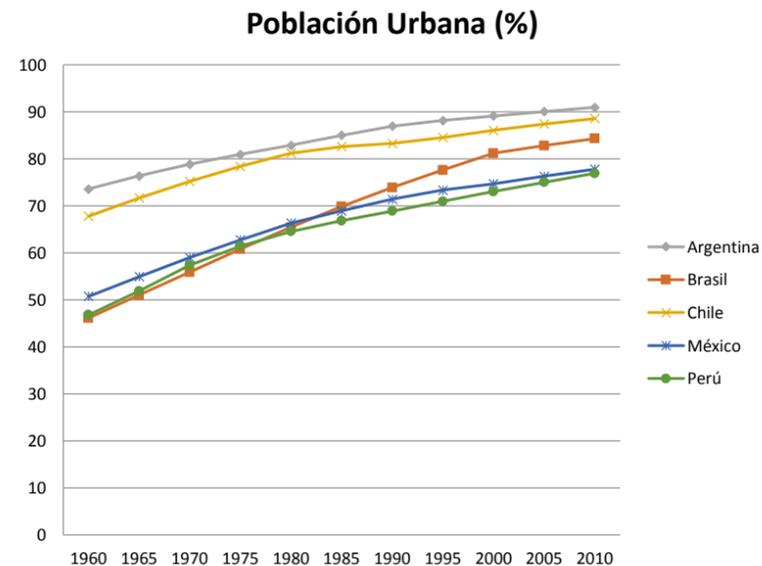
vas, ya sea en lo que respecta a la accesibilidad, o bien a su calidad en términos de conservación, dotación de equipamiento o incluso del porcentaje de vías pavimentadas, tal como se puede apreciar en la [gráfica 3](#).

Este hecho se pone de manifiesto en un informe del World Economic Forum llamado "The Global Competitiveness Report 2013-2014", en el que Argentina, Brasil, Chile, México y Perú ocupan los puestos 103, 120, 27, 51 y 98, respectivamente, de una lista de 148 países, en relación con la calidad de la infraestructura vial.

La mayoría de los gestores de estos países son conscientes de este déficit así como de las recomendaciones de organismos internacionales como Naciones Unidas sobre la necesidad de diseñar planes de seguridad vial adaptados a la realidad de cada país, entre cuyas medidas se encuentran la mejora de las infraestructuras viarias y la capacitación de los profesionales del sector.

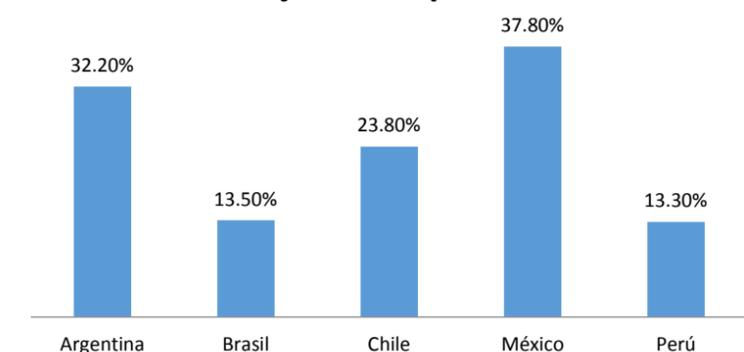
Algunos países de la región de Latinoamérica y el Caribe son considerados como emergentes, prueba de ello es la evolución de su Producto Interno Bruto, que en los últimos años ha experimentado un crecimiento notable, tal como puede apreciarse en la [gráfica 4](#).

Durante los próximos años, Latinoamérica se enfrenta al reto de conjugar dos necesidades complementarias: dotar de accesibilidad a su territorio y hacerlo prestando una especial atención a los estándares de seguridad. Al margen de la obligación ética y técnica de construir las infraestructuras viales garantizando al máximo los estándares de seguridad, existe una



Gráfica 2. Porcentaje de población urbana en países de Latinoamérica. Fuente: World Bank.

Porcentaje de red pavimentada



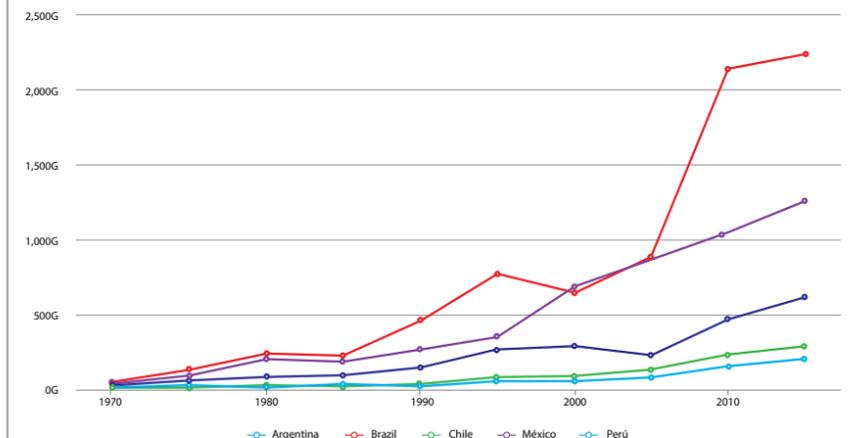
Gráfica 3. Porcentaje de red pavimentada en países de Latinoamérica (2011). Fuente: World Bank.

razón socio-económica de peso, puesto que siempre será más económico prevenir que curar. Los análisis beneficio-costo aplicados tras la realización de dos herramientas preventivas como son las auditorías y las inspecciones de seguridad vial no dejan lugar a las dudas: siempre será más eficaz y más rentable prevenir los accidentes que paliar sus consecuencias. Sin embargo, para que este reto pueda llevarse a cabo felizmente, es necesario que los técnicos y gestores responsables cuenten con una capacitación adecuada, tal y como promueve el Plan Mundial para el Decenio de Acción para la Seguridad Vial 2011-2020, que en el Pilar 2, dedicado a las vías de tránsito y movilidad más seguras, incluye una actividad relativa a "alentar la creación de capacidad y la transferencia de conocimientos en materia de infraestructuras seguras, mediante:

- la creación de alianzas con los bancos de desarrollo, las autoridades nacionales, la sociedad civil, los proveedores de servicios educativos y el sector privado para garantizar la comprensión y aplicación acertadas de los principios del diseño de infraestructuras seguras;
- la promoción de la formación en materia de seguridad vial y de soluciones de ingeniería de seguridad de bajo costo, auditorías de la seguridad y evaluaciones de las carreteras;
- la elaboración y promoción de normas para el diseño y el funcionamiento de vías de tránsito seguras que reconozcan e integren los factores humanos y el diseño de los vehículos".

En este sentido, no puedo por menos que destacar la labor que los Bancos de Desarrollo están llevando a cabo en la región, liderando y financiando actuaciones e iniciativas encaminadas a la consecución de estos objetivos. Tal es el caso del Banco Mundial, que permitió la financiación de una plataforma de formación (www.aecarreteraformacion.com) para el sector viario de habla hispana, mediante la cual se puso en marcha un Programa Avanzado de Capacitación para técnicos y gestores de la Agencia Nacional de Seguridad Vial de Argentina.

Abundando en esta cuestión, cabe destacar que en el corto plazo el Instituto Vial Ibero-Americano (IVIA) contará con su propia plataforma de formación en virtud



Series: GDP (current US\$)
Created from: World Development Indicators
Created on: 04/17/2015

Gráfica 4. Evolución del Producto Interno Bruto en países de Latinoamérica. Fuente: Banco Mundial.

a un acuerdo firmado con la Asociación Española de la Carretera.

Otro ejemplo destacable corresponde a una iniciativa liderada por el Banco Interamericano de Desarrollo, que en 2008 financió la realización de un "Diagnóstico de Seguridad Vial en América Latina y Caribe", en el cual, además de identificarse el estado de cada uno de los países de la región desde el punto de vista de la seguridad vial, se estableció un Plan de Acción y se desarrolló una "Guía BID de Apoyo a Proyectos de Seguridad Vial", una herramienta on-line para la elección de soluciones en cada uno de los cuatro factores que intervienen en la seguridad vial: el marco institucional, legal y de control, el factor humano, la infraestructura y el vehículo.

Además de los Bancos de Desarrollo, muchas son las organizaciones que en los últimos años se están preocupando por afrontar con éxito el reto de la capacitación de técnicos y gestores en la región: universidades, administraciones públicas, organizaciones sin ánimo de lucro, asocia-

ciones y agrupaciones empresariales, etc. En este sentido, es menester destacar una iniciativa que tendrá lugar los días 15, 16 y 17 de junio de 2015 en Madrid (España). Se trata del Congreso INTER-CISEV 2015, un foro que cuenta con la colaboración institucional de la Dirección General de Tráfico del Ministerio del Interior del Gobierno de España (DGT) y está organizado por el Instituto Vial Ibero-Americano (IVIA), la Confederación Nacional de Autoescuelas de España (CNAE), la Fundación Española de la Seguridad Vial (FESVIAL) y la Fundación MAPFRE. Este Congreso nace con el objetivo de profundizar en algunas de las materias analizadas desde una perspectiva más genérica en los Congresos Ibero-Americanos de Seguridad Vial (CISEV) y en esta ocasión lleva por lema: "La capacitación, la educación y la formación vial, claves para lograr los objetivos del Decenio".

(*) Director Técnico Asociación Española de la Carretera España, emiralles@aecarretera.com

REFERENCIAS

- "The Global Competitiveness Report 2013-2014". World Economic Forum.
- "Global Land Transport Infrastructure Requirements". International Energy Agency.
- Indicadores del Banco Mundial: <http://datos.bancomundial.org/indicador>
- Plan Mundial para el Decenio de Acción para la Seguridad Vial 2011-2020. Naciones Unidas. http://www.who.int/roadsafety/decade_of_action/es/
- Plataforma de Formación del Sector Viario: www.aecarreteraformacion.com
- Guía BID de apoyo a proyectos de Seguridad Vial: <http://www.iadb.org/es/temas/transporte/guia-bid-de-seguridad-vial/guia-bid-de-apoyo-a-proyectos-de-seguridad-vial,4018.html>
- INTERCISEV 2015: <http://www.institutoivia.com/INTERCISEV-2015.asp>

La gestión de infraestructura vial debe guardar las normas adecuadas para otorgar seguridad a los vehículos y pasajeros.

La importancia de las normas de gestión vial

Walter Zecenarro Mateus (*)

Las normas son instrumentos de gestión de gran importancia para el buen diseño, construcción y mantenimiento o conservación de la infraestructura vial del país, y por tanto, deben ser cumplidas por todos quienes tienen la responsabilidad de su aplicación y fiscalización. Claro está, que para ello también es de igual importancia, su constante provisión y actualización.

Es de gran importancia contar con buenas normas para la gestión de la infraestructura vial, pero tiene similar importancia, velar por su debido cumplimiento. Como sabemos, las normas son instrumentos que rigen el diseño, construcción y conservación o mantenimiento de las carreteras del país. Con seguridad, un proyecto bien diseñado, es decir cumpliendo con los parámetros mínimos que establece la normativa vigente, tanto en sus características geométricas como en sus demás componentes, será un factor preponderante para alcanzar los objetivos propuestos. Del mismo modo, una obra que se ejecuta cumpliendo las especificaciones técnicas de construcción que establece la norma, contribuirá a su satisfactoria conclusión y a alcanzar la vida útil para la que ha sido diseñada durante su etapa de operación, a costos previsibles y razonables de mantenimiento; todo lo cual, implica un mejor nivel de servicio con Seguridad Vial y, por ende, a una mejor utilización de los recursos del Estado.

Por ello, resulta de trascendental importancia el cumplimiento de la normatividad vigente, tanto por quienes tienen la responsabilidad de diseñar, construir, conservar y/o supervisar los proyectos de infraestructura vial, como por aquellos que tiene la obligación de fiscalizar o velar por su cumplimiento. Claro está, para alcanzar tales altos objetivos, tiene igual importancia que la normativa sea materia de permanente revisión y actualización a fin de complementarla y adecuarla de acorde a la experiencia en su aplicación, y a la permanente evolución tecnológica en que se encuentra la ingeniería vial, como toda ciencia y técnica. Dicha importante acción, sin embargo, no solo es obligación de los organismos o entidades que tienen la responsabilidad funcional de proveer las normas, sino, también, de todos aquellos que tienen la calidad de usuarios con fines de diseñar, construir o efectuar las labores de mantenimiento o conservación vial, así como de las personas, entidades o gremios involucrados de una u otra forma con la gestión de la infraestructura vial.

En el caso del Perú, el Ministerio de Transportes y Comunicaciones a través de la Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, es el órgano de ámbito nacional encargado de normar sobre la gestión de la infraestructura de caminos, puentes y ferrocarriles, así como de fiscalizar su cumplimiento.

Para tal fin, tiene como marco legal, la Ley General de Transporte y Tránsito Terrestre N° 27181, y los Reglamentos Nacionales de Gestión de Infraestructura Vial, y de Jerarquización Vial, los cuales entre otros, establecen que los Manuales de Carreteras que son once (11), constituyen documentos de carácter normativo, que rigen a nivel nacional y son de cumplimiento obligatorio, por los responsables de la gestión vial de los tres (03) niveles de gobierno (Nacional, Regional y Local), mientras que el Clasificador de Rutas, el Registro Nacional de Carreteras y los Inventarios Viales, constituyen instrumentos oficiales de apoyo a la gestión vial.

En tal contexto, la Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, viene trabajando en la provisión de las citadas normas, lo cual implica elaborar, revisar, actualizar, aprobar y difundir las mismas en forma permanente y sostenida, acorde al marco legal antes indicado.

En el cuadro siguiente, puede apreciarse el estado situacional de las normas que rigen la gestión de la infraestructura vial:

N°	MANUALES DE CARRETERAS (D. S. N° 034-2008-MTC)	SITUACIÓN	DOCUMENTO
1	Diseño Geométrico	Aprobado	R.D. N° 31-2013-MTC/14
2	Suelos, geología, geotecnia y pavimentos	Aprobado	R.D. N° 10-2014-MTC/14
3	Puentes	En proceso de actualización	
4	Túneles, muros y obras complementarias	En proceso de aprobación	
5	Hidrología, hidráulica y drenaje	Aprobado	R.D. N° 20-2011-MTC/14
6	Especificaciones técnicas generales para construcción	Aprobado	R.D. N° 22-2013-MTC/14
7	Ensayo de materiales	En proceso de aprobación	
8	Estudios socio ambientales	Pendiente	
9	Dispositivos de control de tránsito automotor para calles y carreteras	Actualización concluida (Publicación para aportes)	
10	Seguridad Vial	En proceso de contratación	
11	Mantenimiento o conservación vial	Aprobado	R.D. N° 08-2014-MTC/14

N°	OTRAS NORMAS	SITUACIÓN	DOCUMENTO
1	Manual de Inventarios Viales	Aprobado	R.D. N° 09-2014-MTC/14
2	Glosario de Términos de Uso Frecuente en Proyectos de Infraestructura Vial	Aprobado	R.D. N° 18-2013-MTC/14
3	Especificaciones Técnicas de Pinturas para Obras Viales	Aprobado	R.D. N° 02-2013-MTC/14
4	"Glosario de Partidas" - aplicables a obras de rehabilitación, mejoramiento y construcción de carreteras y puentes	Aprobado	R.D. N° 17-2012-MTC/14
5	Reductores de velocidad tipo resalto para el Sistema Nacional de Carreteras (SINAC)	Aprobado	R.D. N° 23-2011-MTC/14
6	Demarcación y Señalización del Derecho de Vía	Aprobado	R.M. N° 404-2008-MTC/02
7	Sistema de Contención de Vehículos Tipo barreras de Seguridad	Aprobado	R.M. N° 824-2008-MTC/02



(*) Director General de Caminos y Ferrocarriles, Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú.

Conservación vial en el Perú

Las políticas del Sector Transportes, en lo que se refiere a vialidad, se orientan a potenciar y expandir los impactos positivos que conlleva la mejora de la transitabilidad de las redes viales y la recuperación del patrimonio vial del país, a partir de una visión de conjunto.

Luis Alfonso Peña Claros (*)



Proyecto Perú otorga mayor énfasis a la conservación vial, consecuentemente habrá menores intervenciones en rehabilitaciones.

(*) Gerente-UGC-Provias Nacional.

El propósito del Ministerio de Transportes y Comunicaciones es mejorar y alcanzar niveles razonables de transitabilidad y gestión en los tres tipos de redes viales: nacional, departamental y vecinal. En ese contexto, el año 2007, se creó el Programa de Infraestructura Vial - "Proyecto Perú", como un programa de conservación y desarrollo de Infraestructura Vial que implementa un NUEVO SISTEMA DE GESTIÓN VIAL en el país, entendiéndose por gestión vial, la construcción, rehabilitación, mejoramiento, conservación, atención de emergencias viales, relevamiento de información y operación de la Red Vial Nacional. El Programa "Proyecto Perú" fue diseñado para poner en servicio y asegurar el funcionamiento permanente de las carreteras de alto y bajo volumen de tránsito, buscando la consolidación de "corredores económicos", a través de la intervención en Corredores Viales (entre 200 a 500 kilómetros) que favorezcan el desarrollo sostenido y la mejora en el nivel de competitividad de las diversas poblaciones del interior del País en carreteras. Desde su implementación el año 2008, hasta el 2013, el balance de eficacia del Programa "Proyecto Perú" fue positivo porque se aseguró la intervención de una red de 15,000 kilómetros de carreteras que forman parte de la Red Vial Nacional, a través de contratos de servicios de gestión y conservación vial, cuyos plazos fluctúan entre tres y cinco años, en los que el riesgo se transfiere al contratista, se privilegian los controles y condicionan

los pagos a los resultados obtenidos o niveles de servicio alcanzados y que aseguran una atención oportuna de las emergencias viales. La estrategia de este modelo de contratación resultó inédito y todo un emprendimiento pues sectorialmente nunca se habían realizados contrataciones tan ambiciosas en sus fines, objetivos, sistemas de control, cuantías y plazos. Los contratos celebrados se avocan fundamentalmente a los componentes de Conservación Vial, Atención de Emergencias viales y Relevamiento de información (Inventarios Viales, Estudios de tráfico, Origen-Destino), componentes todos ellos que se encontraban muy por debajo de los estándares internacionales. El componente de "transferencia de riesgo" es consustancial al contrato, pues durante su vigencia, el contratista propone las soluciones tecnológicas a implementar en la vía, las aplica y luego se ocupa de la conservación de la vía, la misma que a su vez es controlada por niveles de servicio, debiendo sostener un estándar predeterminado para no ser penalizado. De este modo, se establece un doble mecanismo de seguridad, primero en la calidad de la propuesta tecnológica y segundo en la calidad (oportunidad y gestión) de las actividades de conservación; ambas en el ámbito del contratista. Bajo este nuevo sistema se da mayor énfasis en la conservación vial, consecuentemente habrá menores intervenciones en rehabilitaciones, siendo estas últimas por cierto muy onerosas para el Estado.

En efecto, las intervenciones en rehabilitación de carreteras pueden alcanzar precios que, dependiendo de las características geográficas del terreno o alcance técnico del proyecto, oscilan entre los 600 mil y un millón de dólares por kilómetro, por lo que el gasto en la preservación (conservación) de la vía es siempre preferible antes que destinar tantos recursos a periódicas rehabilitaciones, bajo contratos de obra tradicionales, que no permiten medir resultados ni transferir riesgos, innecesarios de implementarse un adecuado programa de conservación. Con el modelo del programa "Proyecto Perú" se desarrolla precisamente una cultura de conservación preventiva, con la finalidad de evitar el deterioro prematuro de las vías, mediante intervenciones rutinarias y periódicas oportunas. Esto significa en la práctica, actuar permanentemente para mantener las carreteras en óptimas condiciones de transitabilidad. Pero las ventajas de un sistema orientado al desarrollo de actividades de conservación preventiva no se limita a éstas, sino que además de sus ventajas comparativas frente a los sistemas de mantenimiento vial tradicionales, permite un crecimiento paulatino de las carreteras, según sus necesidades, de acuerdo al aumento de tráfico que se genere a propósito del buen nivel de conservación que alcancen las vías a través del Programa "Proyecto Perú". Es por ello que cuando se trata de carreteras afirmadas, la intervención es paulatina mediante un desarrollo vial continuo (Ver Gráfico N° 01), que conlleva a un uso ra-



cional de los recursos del Estado, iniciándose éste con pavimentos básicos, siendo esta una tecnología intermedia entre el no pavimentado (afirmado) y el pavimento (asfaltado - MAC).

Los pavimentos básicos están compuestos de material granular seleccionado de cantera para la base, la misma que es estabilizada con emulsión asfáltica u otro estabilizador, siendo el objetivo de la estabilización incrementar la resistencia estructural de la base, la cual lleva en la parte superior un recubrimiento superficial bituminoso como protección. Es necesario acotar que los pavimentos básicos se utilizan en vías de bajo volumen de tránsito, colocándose estos pavimentos en todas las zonas en las que las carreteras tienen el terreno consolidado y en sectores puntuales de las vías que aún no cuentan con terreno consolidado, o que atraviesan fallas geológicas, el trabajo que se efectúa es en la vía No Pavimentada (afirmado).

La estrategia principal es la de lograr incrementar el tráfico en los corredores viales intervenidos a fin de superar la rentabilidad exigida en flujo vehicular (volumen de tránsito) fijada por el Sistema Nacional de Inversión Pública (SNIP), y poder pasar de esa manera a intervenciones con estándares de ingeniería mayores; el trabajo que se realiza en las vías es tal cual se encuentran éstas, no se realizan cambios en la geometría como es el caso de curvas, anchos, ni pendientes, puesto que las actividades son de conservación.

De este modo, el crecimiento de la vía es gradual, iniciamos en corredores viales que incluyen tramos de bajo volumen de tráfico en vías generalmente afirmadas, que generan (o derivan) tráfico luego de ser intervenidos bajo el sistema del Programa "Proyecto Perú"; luego de ello, con los nuevos resultados de la medición del tráfico (que también se realiza periódicamente durante el contrato), estos tramos pueden convertirse en proyectos de inversión viables, que permitan desarrollar mayores trabajos de ingeniería, (convertirse en carreteras duales de 6.60 o 7.20 metros de ancho, con superficie de rodadura tanto de pavimento flexible como de pavimento rígido, con mejoramiento de curvas y pendientes, obras de artes, túneles etc.); pero si acaso los corredores viales no generaran mayor tráfico (lo que implicaría que no justifiquen inversiones mayores), quedarán con los pavimentos básicos ya colocados, y además de ello, con contratos de gestión y

conservación vial por niveles de servicio, (con intervenciones de conservación rutinaria y periódica) asegurarán el óptimo funcionamiento de la Carretera, pues el Ministerio tiene la responsabilidad de conservar la vías en forma integral y permanente.

Características de "Proyecto Perú"

El objetivo y característica principal que busca el programa es alcanzar la conectividad y transitabilidad, teniendo como finalidad dinamizar económicamente las poblaciones intermedias de estos corredores económicos a través de todo el País, los cuales tiene en promedio entre 200 a 50 Km. de longitud, y que mínimamente deben interconectar a dos departamentos, o una frontera con alguna población importante, teniéndose en algunos casos contratos que atraviesan hasta 04 departamentos.

Se tercerizó los trabajos de gestión y conservación de las carreteras mediante contratos de mediano plazo, supervisados por niveles de servicio, siendo este un nuevo negocio en el País para la industria de la construcción, aunque no se trata de ejecución de obras, la realización de los servicios están bastante ligados con los servicios de ingeniería (ingeniería de conservación), y así mismo se trata de una nueva forma de gerenciar las carreteras en Perú.

En las carreteras de bajo volumen de tránsito, se impulsa el desarrollo de la innovación tecnológica con el uso de estabilizadores en las actividades de colocación de pavimentos básicos en protección del afirmado.

Asimismo en las carreteras de alto volumen de tránsito a partir del año 2012 se ha promovido la utilización de tecnologías modernas para su conservación periódica, que no están dentro de la ingeniería tradicional, como es el caso del uso de asfaltos reciclados y espumados a través de

maquinaria de última generación (recicladoras), colocadoras de Micro pavimentos (Macro power).

Es así como se confiere a la "conservación vial" la categoría de actividad estratégica para la preservación del mayor patrimonio que tiene el País que son sus carreteras.

Beneficios de "Proyecto Perú"

El desarrollo del programa también ha alcanzado beneficios directos e indirectos:

Beneficios directos:

- Intervención inmediata en la vía, permitirá elevar el nivel de serviciabilidad en un corto plazo.
- Reducción de costos operativos.
- Reducción de los costos de los fletes.
- Reducción de los tiempos de viajes.
- Rentabilidad Social: Población atendida – mejor conectividad - menos reclamos
- Inventarios Viales – Data real del tráfico – permite planificar con mayor precisión las intervenciones a nivel definitivo.

• Eficiencia y eficacia en el gasto.

Beneficios indirectos:

- Aumento de la plusvalía de los terrenos adyacentes a la carretera.
- Aumenta el dinamismo económico entre las localidades colindantes a la carretera (comercio, turismo, agricultura, etc.).
- Aumento de servicios (Postas Medicas, Colegios, Comisarias, Telecomunicaciones, etc)

Resultado de "Proyecto Perú"

El Programa entre el periodo 2007 – 2014 has ejecutado 43 contratos por periodos de 5 años con los que se ha intervenido 15,517 Km. de carreteras de la Red Vial Nacional. (Ver Cuadro N° 01)

De los cuales se han intervenido 10,273 Km. con actividades de solución básica, recapeos y afirmados y de los intervenidos con solución básica se colocó como protección bituminosa con Slurry Seal, Otta Seal y Tratamiento Superficial Simple. (Ver Cuadro N° 02)

Cuadro N° 01

CONSERVACIÓN VIAL POR NIVELES DE SERVICIO		
DESCRIPCIÓN	CONTRATOS	INVENTARIO
En Ejecución	37	13,687
Iniciados	6	1,829
TOTAL	43	15,517

Cuadro N° 02

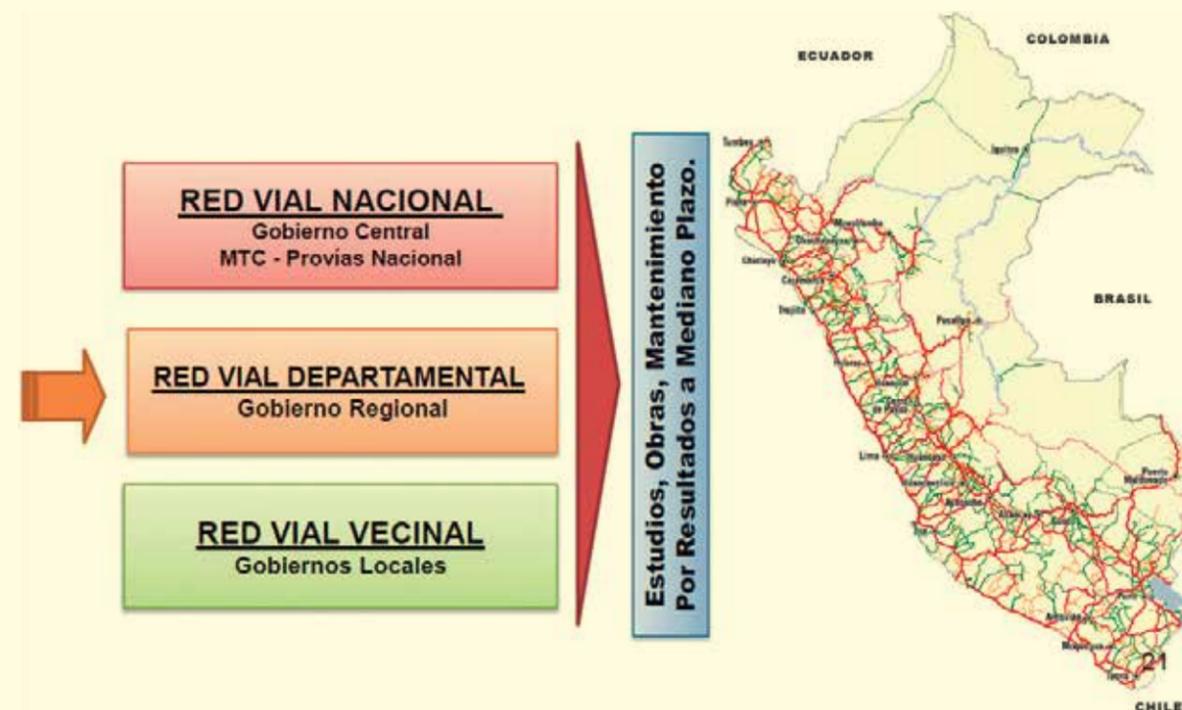
	EJECUTADO (Km.)
SOLUCIÓN BÁSICA	5,095
RECAPEOS	2,955
AFIRMADO	2,224
TOTAL	10,273



SOLUCIÓN BÁSICA	
INTERVENCIÓN	EJECUTADO (Km)
Slurry Seal	37
Otta Seal	6
TSS	43
TOTAL	5,095

La Red Vial Nacional

EL Gobierno Nacional tiene jurisdicción en todo el territorio de la Republica, los Gobiernos Regionales y Municipales la tienen en su respectiva circunscripción territorial. Ley de Bases de Descentralización (Ley 27783).



Actualmente tiene una longitud de 23,072 Km. De carreteras existentes y 2,458 Km. De carreteras en proyecto, haciendo un total de 25,530 Km; Está conformada por 120 Rutas distribuidas en: i) 3 Ejes Longitudinales, ii) 20 Ejes Transversales, iii) Variantes y Ramales y iv) En Proyecto.

EJES VIALES	TIPO DE ADMINISTRACIÓN				TOTAL	Estruct. (%)
	RVN NO CONCESIONADA		RVN CONCESIONADA			
	Longitud (Km.)	(%)	Longitud (Km.)	(%)		
Longitudinal Costa	1.272	7	1.298	24	2.571	11
Longitudinal Sierra	2.715	15	590	11	3.305	14
Longitudinal Selva	1.317	7	421	8	1.738	8
Variantes y Ramales	3.386	19	485	9	3.871	17
Transversales	9.019	51	2.569	48	11.588	50
TOTAL	17.709	100	5.363	100	23.072	100

Fuente: DGCF-MTC

VISTAS FOTOGRÁFICAS
Tramo: HUANUCO – LA UNION – HUALLANCA – Dv. ANTAMINA

Km 260+150

ANTES



DESPUÉS



ANTES

Km 283+200 (sector Jacas Chico)



DESPUÉS



ANTES

Tramo: QUEROBAMBA - MOROCHUCOS



DESPUÉS



ANTES

Puente Tinkuy - Tramo Rosario Sivia



DESPUÉS



Instalación de Puentes modulares.



Congreso nacional de pavimento asfáltico

El Instituto Latinoamericano de Investigación y Estudios Viales, con sede en el Perú, está organizando el Primer Congreso Nacional de Pavimento Asfáltico, el cual está despertando gran expectativa en el sector.

Los temas que se tratarán en el congreso son de vital importancia para el desarrollo de la infraestructura vial en el país y en el mundo. Por tal razón, se espera un lleno de bandera en este evento que es el primero que organiza este año el Instituto Latinoamericano de Investigación y Estudios Viales (ILIEV) que preside el Ing. Jorge Lazarte. Litigantes asfáltico, agregados para mezclas asfálticas, mezclas bituminosas: diseño y producción, tecnología de construcción de pavimentos flexibles, tecnología de conservación y mantenimiento de pavimentos, tratamiento superficiales, reciclado de mezclas asfálticas y control de calidad, son

algunos de los temas que se abordarán en el mencionado congreso. Expositores nacionales e internacionales de reconocido prestigio, están confirmando su participación en el evento que se realizará entre el 13 y 14 de octubre del presente año, en las amplias instalaciones del Sonesta Hotel El Olivar. En forma simultánea al congreso, se desarrollará el Expopavimento que reunirá a expositores de diferentes países. Las inscripciones ya están abiertas y cualquier informe se podrá recibir en los teléfono 51-1-4778693, 51-1-4778693 o escribir al correo: inscripciones@rosmarasociados.com





La revolución de la infraestructura en Colombia

↳ Luis Fernando Andrade (*)



Colombia está viviendo una revolución en materia de infraestructura en los diferentes modos de transporte en el país: carreteras, ferrocarriles, puertos y aeropuertos. En el 2014 se realizaron inversiones por 5.000 millones de dólares, tres veces más de lo que se invertía al inicio de la década. Se trata de un cambio total de la tendencia que traía el país por décadas y que lo privó de tener una infraestructura moderna y amplia, acorde con sus necesidades de crecimiento económico y de progreso para los colombianos.

La ausencia de inversión en infraestructura desfavorece la posición comercial del país frente a otros de igual nivel de desarrollo como México y Chile, resta competitividad a los industriales y priva a los colombianos de contar con vías amplias y seguras, con modernas especificaciones para su comodidad. A grandes problemas, grandes soluciones. El Gobierno del presidente Juan Manuel Santos tomó la decisión trascendental de impulsar la inversión estatal, y estimular la privada en proyectos de infraestructura de transporte. En ese sentido, lanzó el más ambicioso programa de infraestructura vial del país: La Cuarta Generación de Nuevas Autopistas e introdujo cambios fundamentales para asegurar la llegada de inversionistas privados. Una estrategia inspirada en aquella que emprendió el país al comenzar la década del 2000 para revitalizar el sector petrolero. Con los cambios introducidos, el país espera duplicar el monto invertido en el 2014 en los próximos años, impulsado principalmente por el programa de la

Cuarta Generación de Nuevas Autopistas y proyectos de iniciativa privada en ferrocarriles, puertos y aeropuertos, así como en la movilidad urbana como el Metro de Bogotá y los trenes ligeros.

Los avances

En materia de vías, el programa de Cuarta Generación de nuevas autopistas avanza con total éxito. En la historia de Colombia nunca habíamos tenido procesos tan grandes en contratación de obras de infraestructura, sobre todo de manera tan transparente y tan eficaz. Hemos logrado el objetivo de vincular a importantes compañías nacionales y extranjeras. Los cambios introducidos han logrado varios objetivos: Primero, asegurar que los proyectos estén debidamente estructurados, antes de iniciar las licitaciones. Segundo, eliminando los anticipos en dinero y pagando a los concesionarios únicamente contra entrega de obras. Tercero, asegurando que los contratistas tengan capacidad técnica y financiera para llevar a cabo las obras. Cuarto, generando procesos de licitación transparentes y con



criterio de selección sencillos y objetivos. Y finalmente, asegurando una adecuada supervisión de las obras.

Los resultados se han dado mucho mejor de lo esperado.

El programa vial se dividió en tres fases que hemos llamado "olas".

La primera "ola", compuesta por 10 proyectos, está totalmente contratada. Estamos hablando de inversiones por 6.000 millones de dólares y más de 1.100 km intervenidos, lo cual, ya es un paquete histórico de contratación.

La segunda "ola" la estamos contratando y estamos recibiendo las propuestas económicas. Vamos a adjudicar este tramo de la Cuarta Generación entre finales del presente semestre y comienzos del segundo semestre. Se trata de 9 proyectos con un total de 1.700 km de intervención con inversiones cercanas a los 6.000 millones de dólares.

La tercera ola la componen otros 9 proyectos, la cual esperamos iniciar el proceso de licitación en el segundo semestre de este año. Se trata de inversiones por 5.200 millones de dólares con más de 1.800 km intervenidos.

Adicionalmente, esperamos adjudicar 9 proyectos de iniciativa privada con inversiones por más de 6.000 millones de dólares.



El esquema de concesiones actual ha sido bien recibido por las empresas privadas. La transparencia y eficacia de los procesos de contratación los han blindado de casos de corrupción y contamos con empresas sólidas técnica y financieramente, lo que garantiza que las vías se harán tal como fueron contratadas y con reglas de juego claras.



El efecto de dichas inversiones no es menor: Esperamos generar en la etapa de construcción más de 400.000 empleos entre directos e indirectos, con un efecto de 1,5 puntos porcentuales de crecimiento adicional en la economía, que se expandió en un 4,6 por ciento en el 2014. El programa contempla intervenir de más de 7.000 kilómetros de vías que conectan las principales ciudades entre sí, con los puertos y con las zonas de frontera. Las inversiones permiten construir casi 1.400 km de dobles calzadas, 141 túneles que suman 125 km, y 1.300 viaductos que suman 146 km.

Las inversiones alcanzan un total de 50 billones de pesos, unos 24.000 millones de dólares, lo que supera en muchas veces incluso proyectos como el Canal de Panamá.

¡Es lo más grande que se ha hecho en la historia del país!

Bases sólidas

Para darle bases sólidas a este programa, contamos con el apoyo del Congreso para la aprobación y expedición de leyes fundamentales como la de Infraestructura y la de Asociaciones Público-Privadas (APP). Este cambio legal ha permitido despertar un enorme interés entre concesionarios colombianos y extranjeros que

están participando activamente en nuestro programa. Paralelamente, se fortaleció la institucionalidad del sector con la creación de la Agencia Nacional de Infraestructura, actualmente una entidad sólida, con los mejores profesionales en los campos de la estructuración, diseño, adjudicación y gestión de contratos de infraestructura de transporte.

La entidad ha sido reconocida internacionalmente como la más importante a nivel del Hemisferio Occidental en promover Asociaciones Público Privadas.

Es muy importante destacar que estos contratos, contrario a los de anteriores generaciones, no tienen anticipos. El Gobierno sólo paga y permite el uso de los peajes por obra construida a satisfacción y no compromete un solo peso de los recursos públicos antes de que esto suceda.

Pese a que el esquema de concesiones es aplicado desde hace 25 años en el país, se detectó que no fue bien manejado y tampoco estaba a cargo de instituciones fuertes.

Hoy las cosas han cambiado. El esquema de concesiones actual ha sido bien recibido por las empresas privadas. La transparencia y eficacia de los procesos de contratación los han blindado de casos de corrupción y contamos con empresas sólidas técnica y financieramente, lo que garantiza que las vías se harán tal como fueron contratadas y con reglas de juego claras.

También hubo cambios en materia legal. El Congreso apoyó este esquema con la expedición de la Ley de Infraestructura, la cual ha sido un pilar fundamental para el éxito del programa, así como de la gestión de los contratos existentes.

Su principal virtud es que ha permitido la vinculación de muy importantes empresas colombianas y extranjeras (de Francia, Israel, Italia, México, España, Costa Rica, Perú, Ecuador, Brasil, entre otros) que han visto la seriedad, transparencia y eficacia de los procesos de contratación. Además, define claramente cómo deben ser atendidos los temas prediales, de servicios públicos, consulta con las comunidades y solución de litigios.



Para minimizar sobre costos y cambios sobre la marcha en los contratos, se planearon y diseñaron bien los proyectos, algo que no caracterizaba a Colombia en el pasado.

En ese sentido, el Gobierno Nacional a través del Ministerio de Transporte y la ANI, tomó la responsable y estricta decisión de diseñar y planear muy bien los proyectos para el programa de Cuarta Generación. La inversión en este tema fue la más alta jamás hecha por alguna administración, superior a los 200.000 millones de pesos (unos 90 millones de dólares).

Adicionalmente, contamos con el trabajo

en equipo de las distintas entidades del Gobierno, de las gobernaciones y municipios, y más de 700 funcionarios, coordinados para que los cronogramas y tiempos previstos se cumplieran con estricto apego a las directrices del presidente Juan Manuel Santos.

Compromiso total

El sector privado ha mostrado un compromiso total en torno al programa. Así lo atestiguan las pólizas de garantía de seriedad en las ofertas que han traído los grupos conformados para presentar propuestas.

Las pólizas han sido expedidas por presstantes y reconocidas firmas aseguradoras bajo las estrictas reglas de juego establecidas. Si se rompe la garantía de seriedad, el Gobierno ejecuta esas pólizas, salvaguardando los recursos públicos.

Los grupos que se han adjudicado los proyectos de la primera ola están realizando en este momento las tareas pre operativas, como licencias ambientales, consultas a comunidades y cierres financieros, lo que muestra la seriedad en sacar adelante las obras que se comprometieron a realizar.

Financiación y anticorrupción

Las fuentes de financiación son distintas y se resumen en los aportes del Gobierno, los del propio concesionario y de las entidades financiadoras.

Es muy importante destacar que estos contratos, contrario a los de anteriores generaciones, no tienen anticipos. El Gobierno sólo paga y permite el uso de los peajes por obra construida a satisfacción y no compromete un solo peso de los recursos públicos antes de que esto suceda.

Todo el diseño del programa de nuevas autopistas estuvo basado con el objetivo de erradicar la corrupción y castigar las malas prácticas. Aquí hemos tenido el acompañamiento de los organismos de control (Procuraduría General) y de la Secretaría de Transparencia de la Presidencia de la República.

Adicionalmente, se ha hecho firmar a los nuevos concesionarios un pacto de transparencia, que hace parte del convenio interadministrativo con la Secretaría de Transparencia de la Presidencia de la República, que ha sido una herramienta clave para el manejo de información y sistema de alertas tempranas ante posibles casos de corrupción.

La Secretaría de Transparencia lanzó el Mecanismo de Denuncias de alto Nivel, recomendado por la OCDE para prevenir hechos configurativos de corrupción en la administración pública con participación del sector privado.

Estamos orgullosos del programa de la Cuarta Generación de nuevas autopistas, la mayor apuesta del Gobierno colombiano por el progreso y el desarrollo del país.

(*) *Presidente de la Agencia Nacional de Infraestructura de Colombia*

Deterioro prematuro de pavimentos

La infraestructura vial es fundamental para el desarrollo económico y social de un país, especialmente la red de carreteras. Las condiciones de la red de carreteras afectan el tiempo, la eficiencia, y el costo total del transporte. Una red de carreteras en buen estado es fundamental para el transporte de productos, servicios, y materiales para aumentar la competitividad y la calidad de inversión de un país.

✍ Carlos M. Chang-Albitres (*)

✍ Edith Montes (**)

Los pavimentos que componen la red vial de carreteras requieren de mantenimiento y rehabilitación para preservarse en buen estado y proveer un sistema confiable para la población y los transportistas. Los tres elementos principales que afectan el desempeño de los pavimentos son: las cargas de tráfico, el medio ambiente, y la edad del pavimento. Dentro de estos factores, la magnitud y frecuencia de las cargas de tráfico tienen un impacto significativo en la vida útil del pavimento y deben controlarse tomando las medidas correctivas necesarias para evitar el deterioro prematuro.

Los pavimentos que están sometidos a cargas extraordinarias requieren de intervenciones de mantenimiento mucho más frecuentes y de acciones correctivas no previstas para reparar el daño causado por las cargas extraordinarias.

Este artículo analiza diferentes clases de camiones con cargas extraordinarias con diferentes configuraciones de ejes y llantas, y evalúa el impacto de la carga en el pavimento. Además, concluye que los camiones de carga especial o extraordinaria deben limitarse en el uso y número de repeticiones sobre el pavimento debido al

alto daño que causan, y recomienda establecer un control de pesos máximo a fin de verificar que no se superan los límites permisibles de acuerdo a normas.

Las condiciones de la red de carreteras afectan el tiempo, la eficiencia, y el costo total del transporte (WisDOT, 2006). Una red de carreteras en buen estado es fundamental para el transporte de productos, servicios, y materiales que aumentan la competitividad y la calidad de inversión de un país. Los pavimentos que componen la red vial de carreteras requieren de mantenimiento y rehabilitación para preservarse en buen estado y proveer un sistema confiable para la población y los transportistas.

Los tres elementos principales que afectan el desempeño de los pavimentos son: las cargas de tráfico, el medio ambiente, y la edad del pavimento. Dentro de estos factores, la magnitud y frecuencia de las cargas de tráfico tienen un impacto significativo en la vida útil del pavimento y deben controlarse tomando las medidas correctivas necesarias para evitar el deterioro prematuro.

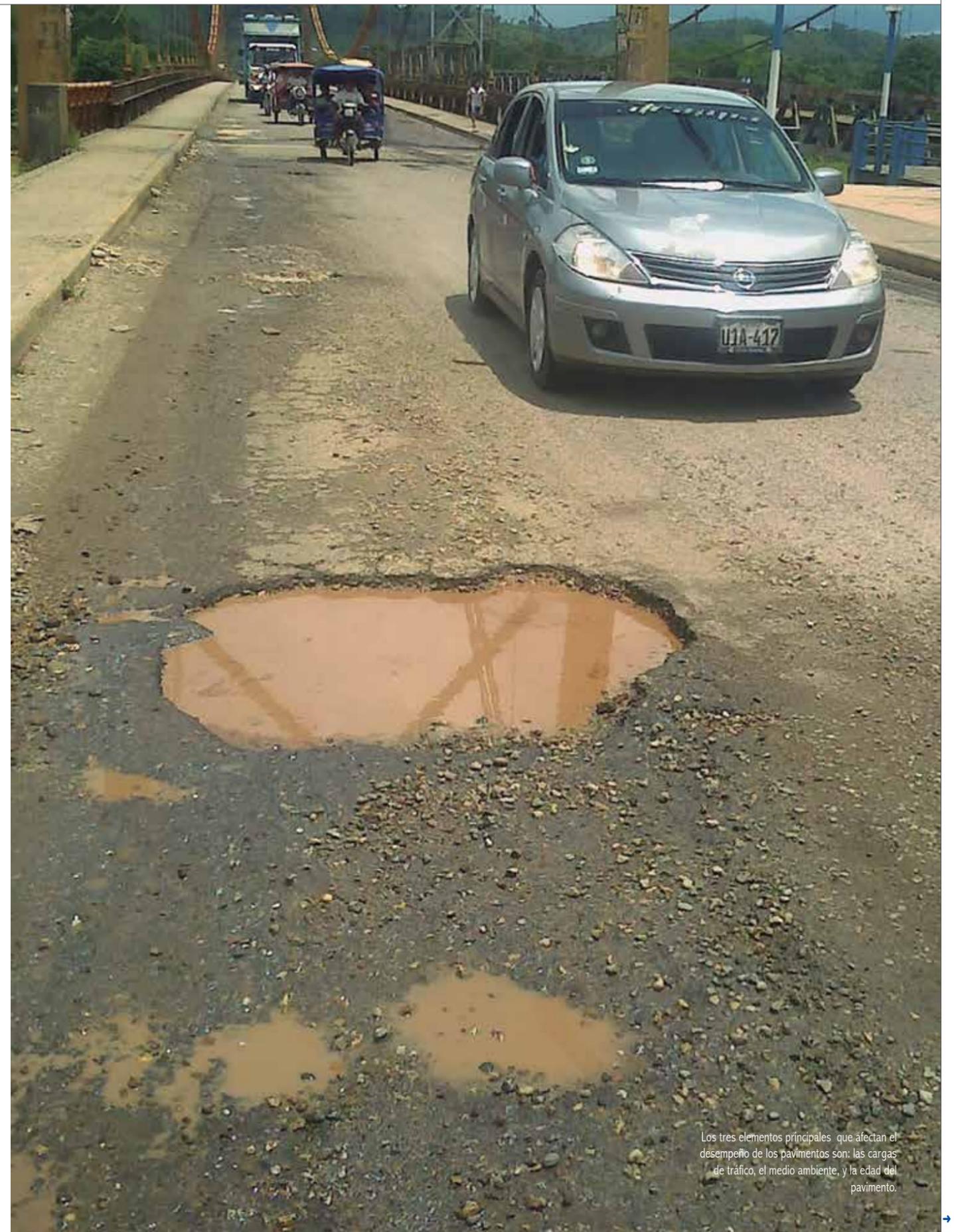
Los pavimentos que están sometidos a cargas extraordinarias requieren de in-

tervenciones de mantenimiento mucho más frecuente y de acciones correctivas no previstas para reparar el daño causado por las cargas extraordinarias. Existen diferentes clases de camiones, cada camión usa diferentes números de ejes y llantas siendo el impacto de la carga en el pavimento dependiente de la configuración del camión y de los pesos por eje. La intensidad y el número de repeticiones de las cargas de tráfico afectan la estructura del pavimento y reducen su vida útil.

Normatividad

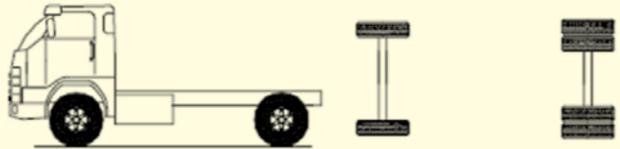
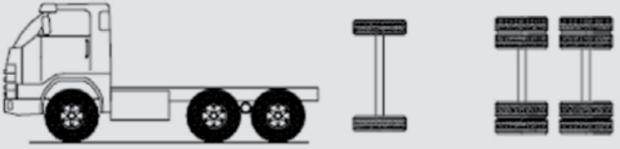
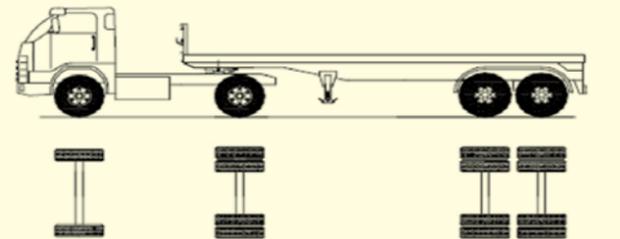
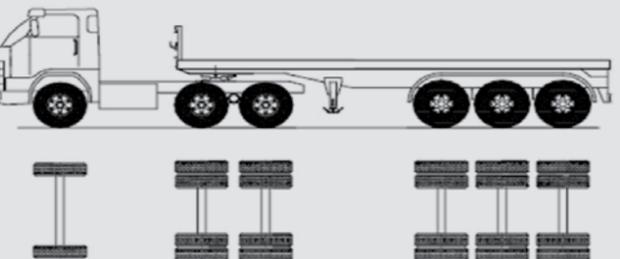
El Decreto Supremo N 058-2003-MTC promulgado el 12 de octubre de 2003 aprueba el Reglamento Nacional de Vehículos en el Perú. En este Reglamento se describen los vehículos con los pesos y medidas máximas permitidas a circular por la red vial del Perú. Los camiones estándar están compuestos por combinaciones de ejes simples, ejes Tandem (2 ejes), y ejes Tridem (3 ejes), cada uno de los ejes puede tener neumáticos simples o duales. La **Tabla 1** ilustra algunas de las más comunes configuraciones de ejes en camiones (El Peruano, 2003).

El camión estándar típico es el C2 con un



Los tres elementos principales que afectan el desempeño de los pavimentos son: las cargas de tráfico, el medio ambiente, y la edad del pavimento.

Tabla 1: Configuración y descripción de vehículos con diferentes tipos de ejes (Troncoso, 2011)

TIPO	DESCRIPCIÓN GENERAL	CONFIGURACIÓN ESQUEMÁTICA DEL VEHÍCULO
C2	Camión con un eje simple de rueda simple (7 t) y un eje simple de rueda doble (11 t). Peso bruto máximo = 18 t	
C3	Camión de un eje simple de rueda simple (7 t) y un eje tándem (18 t). Peso bruto máximo = 25 t	
T2S2	Tracto-Camión con semi-remolque con un eje simple de rueda sencilla (7 t.), un eje simple de rueda doble (11 t) y un eje tándem (18 t). Peso bruto máximo = 36 t	
T3S3	Tracto-Camión con semi-remolque con un eje simple de rueda simple (7 t), un eje tándem (18 t) y un eje tridem (25 t). Peso bruto máximo = 50 t	

peso bruto máximo total de 18 t. y el T3-S3 de 48 t que es el peso máximo de los vehículos autorizados a circular.

En el Perú, la Resolución Directoral N° 2226-2008-MTC/20 del 23 de Setiembre del 2008 presenta la Directiva N° 008-2008-MTC/20 que regula el procedimiento para el otorgamiento de autorizaciones especiales para vehículos que transportan mercadería especial y/o para vehículos especiales. En esta Directiva se indica que aquellos vehículos que superen las cuarenta y ocho toneladas (48 ton.) de peso bruto vehicular

requieren de autorización especial (El Peruano, 2008).

Deterioro prematuro

Los pavimentos tienen distintos tipos de falla, entre las principales están las fallas por fatiga (Fotografía 1) y por deformación permanente (ahuellamiento, Fotografía 2). Estas fallas dependen de los tipos de carga y de las configuraciones de ejes y llantas de los camiones y de su efecto en la estructura del pavimento.

La fatiga es un daño progresivo causado por las repeticiones de carga a que está

sometido durante su vida en servicio mientras que el ahuellamiento puede producirse por exceso en la magnitud de carga. Las cargas extraordinarias o especiales dañan la estructura del pavimento, acelerando el deterioro, reduciendo la vida útil.

A medida que las cargas por eje son incrementadas, la estructura del pavimento reduce su vida útil. El daño al pavimento causado por las cargas extraordinarias o especiales aumenta rápidamente con el aumento de carga por eje. Los efectos de las cargas por ejes y configuración de llantas sobre diferentes tipos de pavimentos

Fotografía 1: Fisuras masivas km 37+690, La Oroya- Dv. Cerro de Pasco



Fotografía 2



fueron analizados por el AASHTO en pruebas realizadas en carreteras de Ottawa. Estas pruebas crearon las unidades de daño, las cuales representan un método sencillo para medir el daño en el pavimento basado en la relación entre la carga por eje y el correspondiente daño causado en el pavimento. Una unidad de daño es equivalente a una repetición de un eje cargando 9 toneladas. Los resultados de estas pruebas mues-

tran que un camión con tres ejes simples con un peso total de 23 t. causa 2.1 unidades de daño mientras que un camión de tres ejes simples con un peso total de 29 t. causa 6.1 unidades de daño. Esto indica que mientras la carga solo aumentó 26%, las unidades de daño aumentaron el 200% (WisDOT, 2006). Ejes no convencionales, cuyos pesos máximos están normados en la Directiva N° 008-2008-MTC/20, son mostrados en la Figura 3.

La Directiva también indica que para requerimientos superiores a los mostrados en la Figura 1 se debe considerar un eje rodado cuádruple especial y su capacidad aumentará en 12 t. por eje adicional. Cabe señalar que los Estados Unidos, la normatividad señala un peso máximo de 20,000 libras (9.72 t) para un eje simple, y de 34,000 libras (15.42 t) para un eje tándem, cargas superiores requieren de análisis y permisos especiales y están sujetas a una tarifa especial de peaje, o una penalidad si es que circulan sin la debida autorización.

Debido a las diferentes configuraciones de ejes, AASHTO utiliza Ejes Equivalentes (EE) para determinar el número de repeticiones de carga equivalente que el pavimento puede soportar. Un EE equivale al efecto de deterioro causado por un eje simple de dos ruedas cargado con 8.2 t. de peso y con neumáticos con presión de 80 lb/pulg² (Barriga-Dall'Orto, 2011). La Tabla 2 muestra la relación de cargas por eje usadas para calcular los EE por camión.

Cabe señalar que las ecuaciones mostradas en la Tabla 2 son empíricas y aproximadas. Un análisis riguroso implicaría el cálculo de esfuerzos y deformaciones y el uso de métodos mecánicos para la evaluación del daño.

Sin embargo, metodologías simplificadas como la presentada en este artículo hacen tomar conciencia de la necesidad de evaluar los daños causados en el pavimento por cargas extraordinarias y tomar conciencia de la necesidad de implementar

Figura 1: Pesos máximos permitidos por eje en vehículos especiales (El Peruano, 2003)

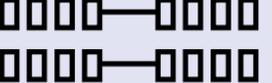
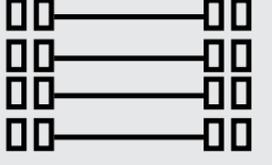
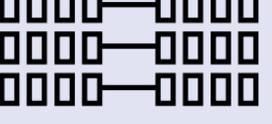
EJES CONVENCIONALES		
EJES	TIPO	MÁXIMO
	EDRC (EJE DOBLE RODADO CUÁDRUPLE)	15,000
	EDRC (EJE DOBLE RODADO CUÁDRUPLE)	28,000
	ECRD (EJE CUÁDRUPLE RODADO DOBLE)	32,000
	EDRC (EJE TRIPLE RODADO CUÁDRUPLE)	36,000

Tabla 2: Relación de cargas por eje para determinar ejes equivalentes (EE)
(Barriga-Dall'Orto, 2011)

TIPO DE EJE	EJE EQUIVALENTE (EE8.2 TN)
Eje Simple de ruedas simples (EES1)	$EES1 = [P/6.6]4$
Eje Simple de ruedas dobles (EES2)	$EES2 = [P/8.2]4$
Eje Tandem (1 eje ruedas dobles + 1 eje rueda simple) (EETA1)	$EETA1 = [P/14.8]4$
Ejes Tandem (2 ejes de ruedas dobles) (EETA2)	$EETA2 = [P/15.1]4$
Ejes Tridem (2 ejes de ruedas dobles + 1 eje rueda simple) (EETR1)	$EETR1 = [P/21.7]4$
Ejes Tridem (3 ejes de ruedas dobles) (EETR2)	$EETR2 = [P/22.9]4$
P= peso real por eje en toneladas	

una política integral de control de pesos. Si comparamos los camiones de configuración especial con un camión estándar, observamos que los camiones de configuración especial sobrepasan el número de ejes y cargas establecidas para los camiones estándar.

Estos vehículos son usados para el transporte de cargas especiales o extraordinarias, es decir, cargas más pesadas de lo normal. En este análisis usaremos un camión estándar para comparar el daño

que causan los camiones de cargas extraordinarias en comparación a estos. Las características de estos camiones se detallan a continuación.

- El camión estándar elegido es el tipo C2 el cual consiste en un camión con un eje simple (7 t.) de rueda simple y un eje simple de ruedas dobles (11 t.).
- El camión de configuración especial (CCE1) que consta de 1 eje simple de ruedas simples (7 t.), 1 eje tridem (24.4 t.), y 8 ejes simples de ruedas cuádrup-

ples en dos grupos (13.4 t x 8 = 107.2 t.). Este camión de carga especial o extraordinaria fue diseñado para transportar una carga de 60.6 toneladas. Debe observarse que en esta configuración de carga especial el eje rodado cuádruple especial de 13.54 t. superan el límite de 12 t. por eje adicional indicado en la norma peruana. La Figura 2 muestra la configuración de ejes del camión tipo CCE1.

- El camión de configuración especial

(CCE2) posee 1 eje simple de ruedas simples (7 t.), 1 eje tridem (24.4 t.), y 10 ejes simples de ruedas cuádruples (12 t. x 10 = 120 t.). Este camión de carga especial o extraordinaria fue diseñado para transportar una carga de 83 toneladas. La Figura 3 muestra la configuración de los ejes del camión tipo CCE2.

- El camión de configuración especial (CCE3) consta de 1 eje simple de ruedas simples (7 t.), 1 eje tridem (29.9 t.), y 10 ejes de ruedas cuádruples en dos grupos (14.64 t. x 10 = 146.4 t.). Este camión de carga especial o extraordinaria fue diseñado para transportar una carga de 105 toneladas. La Figura 4 muestra la configuración de ejes del camión tipo CCE3.

Usando las formulas de la Tabla 2, los ejes equivalentes por camión fueron calculados. Las configuraciones de 4 o más ejes fueron analizados como ejes Tandem por cada par de ejes que contenían. Por ejemplo, el camión CCE3 fue analizado con un eje Tridem, dos ejes Tandem (sección media) y tres ejes Tandem (sección final). Los resultados son aproximados y sirven para mostrar las diferencias de ejes equivalentes por tipo de camión. El camión C2 consta con 4.504 ejes equivalentes, el camión CCE1 tiene 59.604 ejes equivalentes, el camión CCE2 tiene 48.418 ejes equivalentes, y el camión CCE3 tiene 105.775 ejes equivalentes. Lo cual indica que el daño producido por el camión CCE1 es equivalente a 13.2 repeticiones de un camión tipo C2. Asimismo, si un camión de carga especial CCE2 pasara por un tramo

de carretera causaría el mismo daño que 10.75 repeticiones de un camión de tipo C2. El camión CCE3 causa el mayor daño en el pavimento ya que una repetición de este camión equivale a 23.48 repeticiones de un camión tipo C2.

Es interesante notar que el camión CCE2 tiene un valor de ejes equivalentes menor al del camión CCE1 debido a que el CCE2 tiene dos ejes simples de rueda doble más que el camión CCE1, lo cual hace que se distribuya mejor la carga reduciendo el número total de ejes equivalentes. Asimismo, el camión CCE3 tiene el mismo número de ejes que el camión CCE2, sin embargo el número de ejes equivalentes es más del doble que el del CCE2 debido a la configuración de los ejes y el aumento en el peso de la carga.

Cada repetición de los camiones de carga especial reduce la vida útil de la carretera en forma significativa debido a que las cargas especiales tiene un nivel alto de ejes equivalentes, tomando en cuenta que los pavimentos están diseñados a soportar cargas estándar. La relación del incremento del nivel de daño a causa de la carga no es lineal, más bien tiene una relación exponencial a la cuarta o sexta potencia (Freewebs, 2012). Debido a esta relación, un pequeño aumento en la carga por eje causa un daño mucho mayor en el pavimento, causando una reducción significativa en su vida útil.

Conclusiones

Los camiones de carga especial o extraordinaria deben limitarse en el uso y

frecuencia sobre el pavimento debido al alto número de ejes equivalentes que presentan, lo cual acelera el deterioro del pavimento en forma exponencial. Así por ejemplo, el daño de un camión especial CCE1 es equivalente a 13.2 repeticiones de un camión tipo C2, y el daño de un camión CCE2 es equivalente a 10.75 repeticiones del camión de tipo C2; y el CCE3 hasta 23.48 repeticiones del camión de tipo C2. Las carreteras son un patrimonio invaluable a proteger y las cargas extraordinarias que circulan por los pavimentos deben controlarse. El daño causado por las cargas extraordinarias demanda actividades de mantenimiento correctivo y de rehabilitación no contempladas cuando los vehículos que circulan por el pavimento están constituidos por cargas estándar normales.

Puesto que el daño es causado por la magnitud y frecuencia de los ejes actuantes en el pavimento, el control de pesos máximo debe realizarse por eje a fin de verificar que no se superen los límites permisibles por eje de acuerdo a normas. La distribución de las cargas y composición de los ejes también influye en el nivel de daño causado en el pavimento, para un mismo peso, causa menor daño el vehículo que tiene más ejes.

(*) Universidad de Texas en El Paso El Paso TX, EUA, cchangalbitres2@utep.edu

(**) Universidad de Texas en El Paso, El Paso TX, EUA, emontes3@miners.utep.edu

Figura 2: Configuración esquemática del vehículo CCE1



Figura 3: Configuración esquemática del vehículo CCE2



Figura 4: Configuración esquemática del vehículo CCE3



Referencias bibliográficas

- Barriga-Dall'Orto. "Servicio de Consultoría Elaboración de la Sección de Suelos y Pavimentos del Manual de Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos". Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Perú, 2011
- El Peruano. "Reglamento Nacional de Vehículos". Decreto Supremo 058-2003-MTC. Lima, Perú, 2003
- El Peruano. "Normas y Procedimientos para el Otorgamiento de Autorizaciones Especiales para Vehículos que Transportan Mercancía Especial y/o para Vehículos Especiales". Resolución Directoral No 2226-2008-MTC/20. Lima, Perú, 2008
- Freewebs. Chapter 3 Factors Affecting Pavement Performance. Disponible en: <http://www.freewebs.com/sairrazaq/pavement%20performance.pdf>. Fecha de Consulta: Noviembre 2, 2012
- Troncoso, J.R. "Evaluación del Espectro de Carga y Coeficientes de Daño en el Corredor de la Avenida Boyacá, Bogotá D.C.". Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia, 2011
- Wisconsin Department of Transportation (WisDOT). "How Vehicle Loads Affect Pavement Performance". Wisconsin Transportation Bulletin No. 2. Wisconsin, 2006



Modelo mecanicista empírico para análisis de pavimentos flexibles

Oscar Giovanon (*)
Marta Pagola (**)

Este es un modelo mecanicista empírico desarrollado en el Laboratorio Vial de la Universidad Nacional de Rosario, Argentina. En este artículo, se comentan las aptitudes del modelo y se muestra una primera calibración de los sub modelos que lo integran

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

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

- Los materiales asfálticos resultan susceptibles a condiciones de frecuencia y temperatura (como variables de principales).
- Los suelos y materiales granulares son susceptibles al nivel de tensiones y contenido de humedad (como variables de principales).

- Cada una de las capas constitutivas del pavimento se encuentran, en general, constituidas por un conglomerado de diferentes materiales.
- El entorno climático variable condiciona tanto mediante la temperatura como mediante el contenido de humedad.
- Las fallas estructurales se producen por fatiga, siendo la reiteración de las cargas, variable en intensidad y frecuencia.
- La vida útil de la estructura no finaliza con la aparición de la primera fisura en el punto más crítico, sino cuando es evidente en superficies con diferentes grados de fisuración y/o deformaciones plásticas.
- Frente a esta problemática, los planteos mecanicistas a nivel estructural, pueden catalogarse según los distintos grados de aproximación en: condiciones medias ponderadas, consideración de períodos anuales en condiciones iniciales y análisis incremental a lo largo de la vida en servicio.
- Adoptado el tercer enfoque, sobre la base de priorizar los aspectos de ma-

yor peso, se plantea un modelo multicapa pseudo dinámico con posibilidad de considerar el comportamiento no lineal de los materiales. Se analiza, aplicando incrementos finitos, la evolución de los materiales en el tiempo conjuntamente con los aspectos estacionales del tránsito y el clima, como se esquematiza en la **Figura 1**.

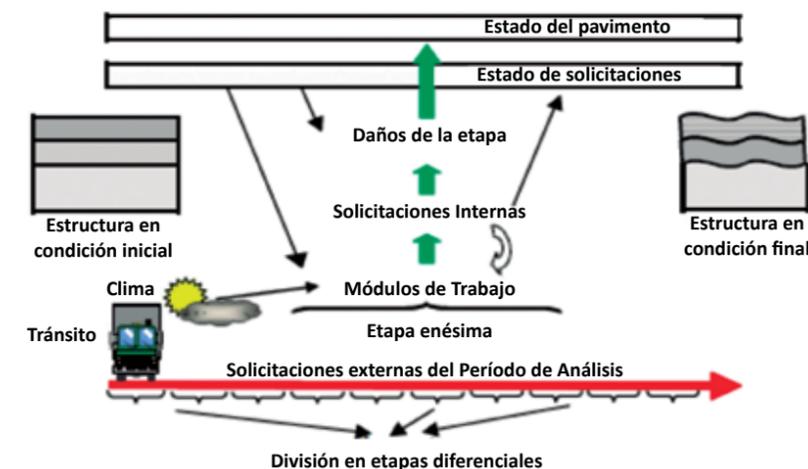
Adicionalmente y reconociendo la importancia de los datos, el modelo integra dentro de sí la posibilidad de ajuste de los módulos aplicando un Sistema Experto, en base a diferentes tipos de mediciones de campo y/o laboratorio (Giovanon e Pagola, 2007).

Estructura del modelo

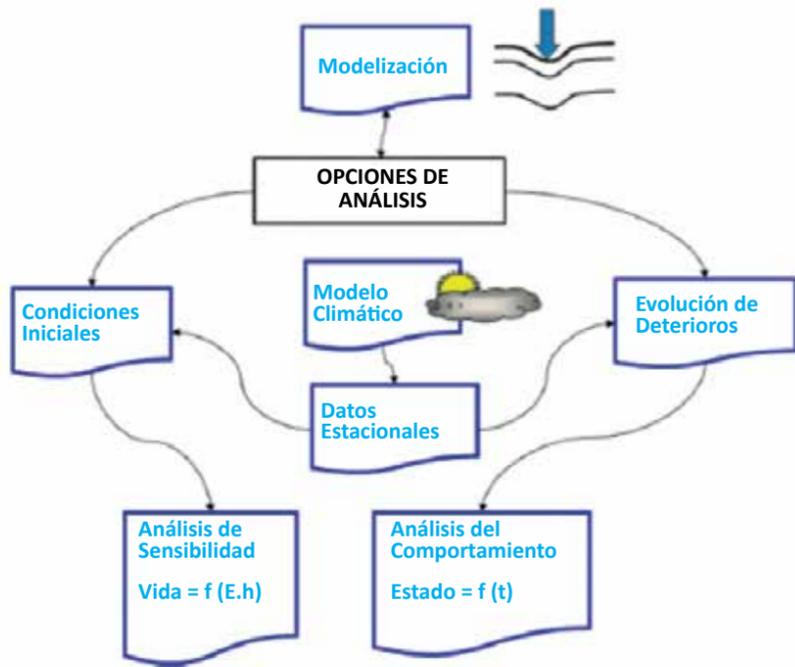
El modelo desarrollado BackViDe está constituido por un conjunto de subprogramas que interactúan entre sí, permitiendo una optimización entre los programas que efectúan más eficientemente la resolución de algoritmos y aquellos que brindan una interfaz amigable con el usuario.

Para constituir la interfaz con el usuario se adoptó una planilla Excel y para la resolución de los algoritmos correspondientes se optó por la realización de programas ejecutables desde una plataforma Fortran. Existen tres programas externos que interactúan mediante archivos de intercambio de datos y de banderas de finalización de procesos, siendo sus funciones las siguientes:

- **Backmod:** realiza el proceso de retroajuste modular en base a mediciones de deflexión.
- **Vida:** calcula la vida útil de la estructura aplicando un modelo mecanicista de comportamiento en condiciones iniciales, con la posibilidad de declarar períodos dentro del año.
- **Deterioro:** calcula la evolución de los deterioros de superficie aplicando un modelo mecanicista empírico, considerando las variaciones de los materiales en el tiempo.



Clasificación de vehículos según la normativa internacional.



deterioro producido por la acción de las cargas como el curado de las emulsiones asfálticas, el envejecimiento de las capas de rodamiento asfálticas por acción del clima, el endurecimiento de las capas con ligante hidráulico, el deterioro por fatiga y efectos estacionales, se adicionan los submodelos de Curado, Envejecimiento, Daño y Estacionalidad.

Es posible generar desde el programa una gran cantidad de gráficos de los numerosos resultados intermedios, en referencia a la variación de la rigidez, se ejemplifica en la **Figura 3** la variación del módulo de una carpeta de rodamiento asfáltica en función del tiempo, pudiéndose evidenciar, en esta gráfica, las variaciones dadas por: los ciclos anuales, el proceso de envejecimiento y el deterioro por fisuración.

Resistencia a la Fatiga

Entendiendo a la fatiga como el efecto reiterado de las cargas, en forma genérica, se engloban en ella tanto los procesos de fisuración como los de acumulación de deformaciones plásticas. Dado que el comportamiento de los materiales depende de los estados de solicitaciones previos se requiere, en ambos procesos de fatiga, considerar la historia de tensiones. Esta historia se resume en un parámetro particular para cada proceso.

Fisuración

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

Se incluye un factor que se aplica para fisuras iniciando desde la superficie y afecta las solicitaciones admisibles. Se considera también el efecto de concentración de tensiones, mediante un factor asociado al estado y modo de fisuración del material de la capa adjunta.

Este planteo obliga a poner de manifiesto la propagación de fisuras dentro de la estructura hasta la superficie y la vinculación del daño de la capa de superficie con la

intensidad de la fisuración. En el modelo pueden diferenciarse cuatro etapas, que se esquematizan en **Figura 4**, si estas evolucionan de abajo hacia arriba.

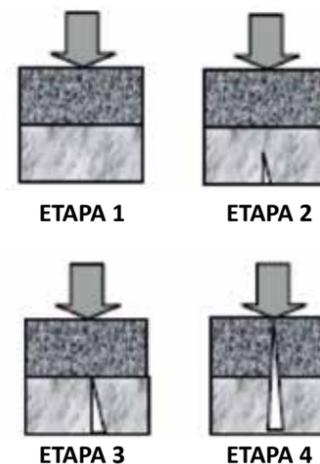


Figura 4. Etapas del deterioro fisuración.

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

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

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

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

El progreso de fisuras es modelado habitualmente mediante la ley de Paris (Martínez e Angelone, 2003), que representa adecuadamente a los materiales sólo cuando estos se comportan a medianas o bajas temperatura e insume gran cantidad de esfuerzo computacional, haciéndola inadecuada por el momento para su utilización en estructuras a escala real y modelos incrementales.

Es por ello que se aplica un modelo simplificado, donde una vez iniciada la fisura progresa con una velocidad de propagación función del daño que sigue acumulando el punto de inicio de la fisura, hasta

interesarse a la totalidad de la capa. A partir de este momento la totalidad de la capa progresa a la misma tasa de daño.

Deformaciones plásticas

El criterio de falla por ahuellamiento en el Modelo Incremental fue adoptado en base a una ecuación general de manera que su formato sea común a todos los tipos de materiales, expresando el valor de la deformación plástica en función del número de ciclos (Aussedat, 1977). Dado que las solicitaciones de cada período son variables en valor y número, se adopta a la deformación específica plástica acumulada como el parámetro que representa la historia de tensiones de cada punto.

Variables del entorno

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

El tránsito se representa mediante el número de reiteraciones del eje adoptado como referencia, este eje consiste, por defecto, en un eje simple de ruedas duales de 80 KN. pudiendo ser definido por el usuario para representar casos particulares. Este criterio fue adoptado momentáneamente en lugar del espectro de carga, para reducir los tiempos de procesamiento y permitir la calibración del modelo con los datos de campo disponibles localmente, hecho que podrá modificarse en posteriores versiones.

Es posible establecer la fracción del valor anual del tránsito para cada período, hasta en períodos de cuatro horas de cada día típico de cada mes, dependiendo de la discretización temporal adoptada por el usuario.

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

En referencia al clima, la cantidad de datos requeridos depende, al igual que el tránsito, de la opción de discretización temporal seleccionada dentro del año, mensual o diaria. Se diferencian los datos de temperatura, que afectan a las capas de materiales asfálticos y los datos estacionales concebidos para representar por ejemplo, las variaciones del contenido de humedad en los suelos y materiales granulares.

Las temperaturas del pavimento (cada cuatro horas, de cada día típico de cada mes, cada 5 centímetros de profundidad) pueden ser importadas desde archivos de clima generados desde el programa de simulación de clima "Tempe", sobre la base de los datos de la zona como temperatura ambiente, radiación solar, velocidad del viento y características de los materiales en general. Las ubicaciones del conjunto de archivos climáticos preexistentes, se brindan georeferenciadas en un archivo tipo kmz facilitando la selección de datos climáticos para una dada ruta, mediante la visualización de estas ubicaciones.

Los factores estacionales aplicables a todos los tipos de capas, pueden expresarse mensualmente y en forma diferenciada para cada una de las capas. Estos factores multiplican a los módulos de trabajo, de cada capa, luego de todas las consideraciones particulares del tipo de material.

Deterioro de superficie

La versión actual del modelo permite obtener las variaciones del ahuellamiento, el porcentaje de fisuras, el porcentaje de Baches y la rugosidad a lo largo del período de análisis.

El ahuellamiento es valorado integrando la deformación específica plástica de los diferentes puntos de la estructura a lo largo de las capas y de los períodos temporales.

Para el porcentaje de fisuras se plantea un submodelo empírico que lo calcula a partir del daño en la superficie y análogamente se procede en relación al porcentaje de baches.

Para obtener la rugosidad, el submodelo correspondiente plantea, a partir del valor de IRI inicial, una variación obtenida como la suma de un incremento anual fijo más otro en función de la variación de los otros deterioros (en particular ahuellamiento y baches).

Clasificación de vehículos según la normativa internacional.

En la **Figura 2** se muestra un esquema simplificado del modelo desarrollado, indicando las principales interacciones.

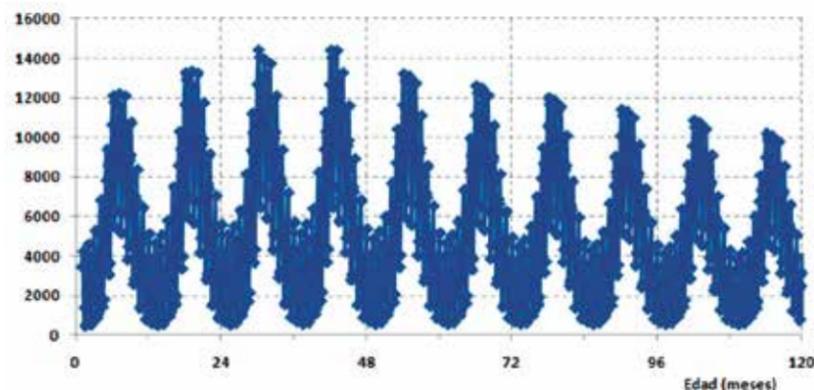
Caracterización de los materiales

Dado que a los distintos materiales empleados en las estructuras viales les corresponden diferentes criterios para la caracterización de su rigidez y resistencia a fatiga, se plantean en el modelo 4 diferentes tipologías para los mismos: mezclas asfálticas, no ligados, no ligados con comportamiento no lineal, y cementados con ligantes hidráulicos. Los criterios empleados son los siguientes.

Rigidez

Para las mezclas asfálticas se utiliza la Curva Maestra del Módulo Dinámico (Martínez e Angelone, 2009) para evaluar los esfuerzos del tránsito, y la Curva Maestra de Relajación (Walubita et al, 2010) (Rowe e Sharrock, 2011) para los esfuerzos asociados al clima. Los materiales no ligados no lineales se caracterizan con su Módulo Resiliente (Angelone et al, 2009), adoptando una ecuación que expresa la rigidez en función de dos invariantes de tensiones: teta y tao octaédrico.

Para poner de manifiesto otros aspectos relacionados al paso del tiempo o al



Clasificación de vehículos según la normativa internacional.

Es posible simular la realización de acciones de mejora y colocación de nuevas capas estructurales luego del inicio del análisis, esto se logra indicando la edad en la que esta acción se realizará y sus características. En la versión actual del modelo es posible la incorporación de cualquier tipo de capa en superficie, y también la acción de fresado, que implica la eliminación de un espesor a declarar, pudiendo representarse reciclados parciales y reconstrucciones.

Primera calibración

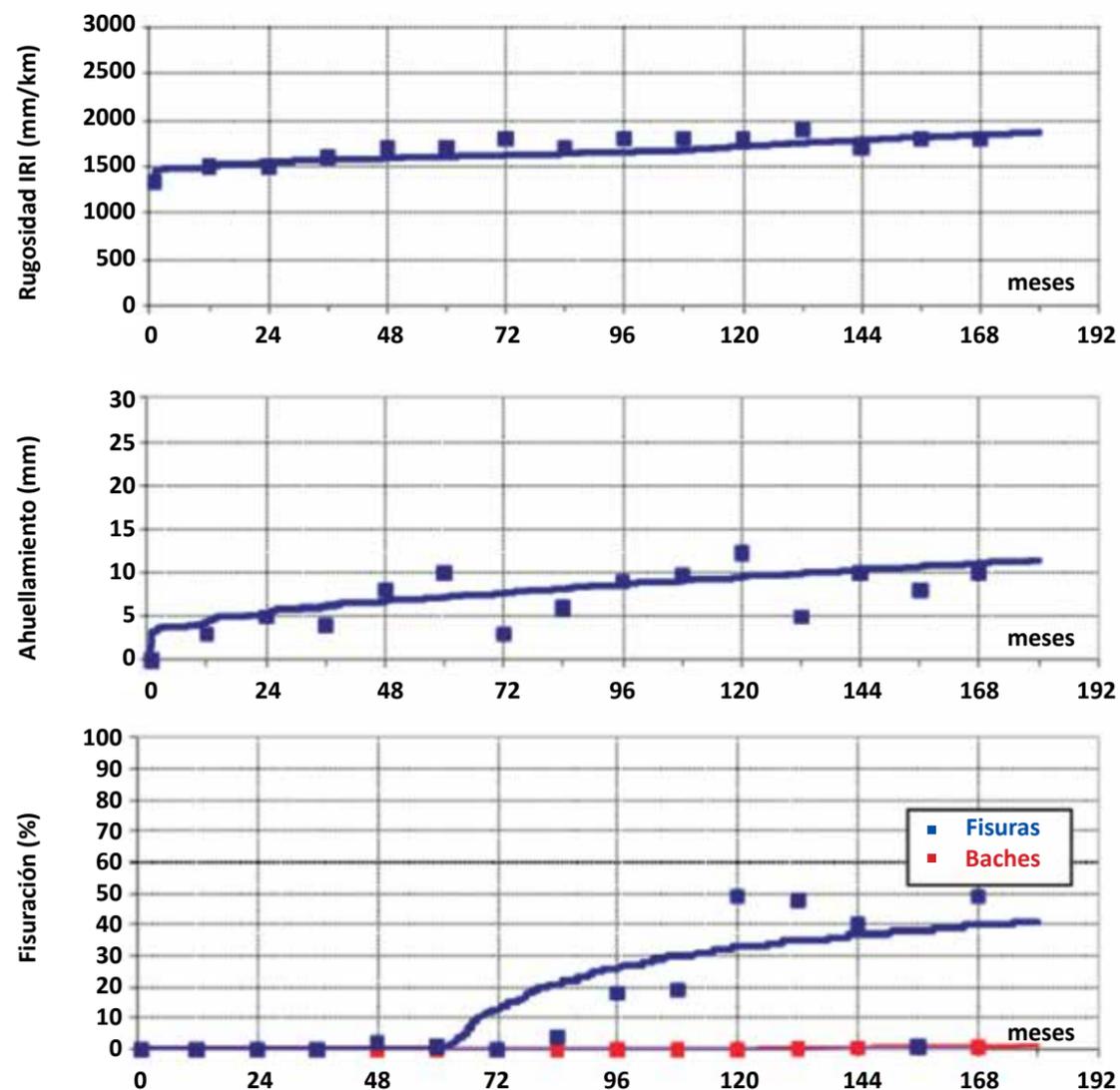
Los criterios de falla obtenidos en ensayos de laboratorio no pueden ser directamente aplicables en los modelos mecanicis-

tas, requiriéndose un proceso de calibración. Esto es consecuencia entre otros aspectos del conjunto de simplificaciones que se realizan en el modelo apartándolo de la realidad, y de las diferencias en los estados de tensiones entre los ensayos de caracterización e insitu (Giovanon e Pagola, 2012).

Los datos disponibles para la primera calibración del modelo de comportamiento corresponden a un conjunto de rutas en servicio nacionales y provinciales de las que se cuenta con información de sus capas estructurales, deflectometría, tránsito y comportamiento. Esta adopción tiene como beneficio que las técnicas constructivas, la valoración del tránsito y en general las

evaluaciones; resultan similares a las que se aplicarán posteriormente en el diseño o constatación de vidas útiles. En contraposición se dispone de menor cantidad de ensayos sobre los materiales y en general presentan mayores dispersiones, particularmente las asociadas a la agresividad del tránsito y a las evaluaciones de estado.

La Figura 5 muestra las gráficas correspondientes a los parámetros de estado de la superficie generadas por BackViDe luego de haber realizado el ajuste de los submodelos, en el tramo T10, observándose una adecuada correspondencia entre los valores medidos (indicados con puntos) y las estimaciones (graficadas con trazo continuo).



▲ Clasificación de vehículos según la normativa internacional.

Se evidencia en estas gráficas la dispersión de los datos de campo originada por corresponder estos tramos a rutas en servicio donde no se tuvo especial cuidado al efectuar las evaluaciones de estado. En particular el ahuellamiento y la fisuración se determinaron visualmente mediante un muestreo de 20 m/Km.

Pese a disponer por el momento de sólo once tramos, se plantea el análisis de confiabilidad sobre los parámetros de Ahuellamiento y Fisuración en base a la hipótesis que el logaritmo del error del número de reiteraciones presenta una distribución normal. Esto permite optar por una confiabilidad de la prognosis, función de la desviación estándar del logaritmo del error de estimación.

Se obtuvo una desviación estándar en fisuración de 0.17 y en ahuellamiento 0.39 (motivado por la existencia de discrepancias marcadas en los tramos T06 y T08). Como referencia para valorar la magnitud de estas desviaciones se recuerda que el modelo de la metodología empírica AASHTO 1993, presenta una desviación del indicador global PSI de 0.35, en relación a su experiencia origen donde fueron ensayados todos los materiales y pesados todos los vehículos que circularon; recomendando valores entre 0.40 y 0.50 para su aplicación en pavimentos de la red vial. La comparación con estos valores recomendados, permite expresar como satisfactoria la aproximación obtenida por el modelo desarrollado.

Conclusiones

Se dispone de un modelo mecanicista empírico capaz de predecir el Comportamiento en Servicio de los Pavimentos Flexibles, este modelo cuenta con una importante herramienta para el retroajuste modular en base a mediciones de campo y/o de laboratorio.

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

El modelo desarrollado es apto para valorar el comportamiento de una estructura vial (evolución de los parámetros de estado en superficie en el tiempo) en base al análisis de los esfuerzos introducidos por las cargas del tránsito y del clima. Mediante la simulación de los fenómenos de fisuración por fatiga bajo carga, acu-

mulación de deformaciones plásticas en los distintos materiales y fallas por fisuración térmica, se llega a expresar el comportamiento de la estructura analizada en función de los parámetros de superficie que valoran la aptitud de la misma para brindar una adecuada calidad a los usuarios, rugosidad, porcentaje de fisuras, porcentaje de baches y ahuellamiento.

En el análisis incremental, se realizan innovaciones al poner de manifiesto las diferentes etapas de progreso de fisuras dentro de la estructura, como así también el deterioro modular debido a los procesos de fatiga.

Se propicia, a partir de los logros alcanzados, continuar con la calibración del

modelo en diferentes tramos de manera de ajustar las dispersiones de predicción calculadas. Se plantea también el objetivo futuro de vincular los resultados de ensayos de caracterización de los materiales en laboratorio con las distintas constantes de los submodelos, quedando así las constantes de calibración de los submodelos como parámetros regionales independientes del material utilizado. ●

(*) Laboratorio Vial IMAE, FCEIA, Universidad Nacional de Rosario, Rosario, Argentina, ogiovanon@hotmail.com

(**) Laboratorio Vial IMAE, FCEIA, Universidad Nacional de Rosario, Rosario, Argentina, pagola@fceia.unr.edu.ar

Bibliografía

- Angelone S., Martínez F., Cauhape M., Balestrini G. 2009. Evaluación de modelos para la predicción del módulo resiliente de suelos de subrasante. XV Congreso Argentino de Vialidad y Tránsito, Mar del Plata.
- Aussedat G. 1977. Léssai de fluage dynamique dans la formation des enrobés et le dimensionnement des chaussées. publicación especial V del Laboratorio Central de Puentes y Caminos de Francia.
- Giovanon O., Pagola M. 2007. Hacia un Sistema Experto en el Diseño de Pavimentos. 14º Congreso Ibero-Latinoamericano del Asfalto, La Habana, Cuba.
- Giovanon O., Pagola M. 2012. Relevant aspects in failure criteria. MAREPAV7 the seventh International Conference on Maintenance and Rehabilitation of Pavements and Technological Control, Auckland - New Zealand.
- Martínez F., Angelone S. 2009. Evaluation of different predictive dynamic modulus models of asphalt mixtures used in Argentina. Eighth International Conference on the Bearing Capacity of Roads, Railways, and Airfields, Illinois. EEUU.
- Martínez F., Angelone S. 2003. Determination of fracture parameters of asphalt mixes by the repeated indirect tensile test. 6Th International RILEM Symposium Performance Testing and Evaluation of Bituminous Materials, Zurich, Suiza.
- Rowe G., Sharrock M. 2011. Alternate Shift Factor Relationship For Describing The Temperature Dependency Of The Visco-Elastic Behavior Of Asphalt Materials. Transportation Research Board Annual Meeting, Washington, DC.
- Walubita L., Alvarez A., Simate G. 2010. Evaluating and comparing different methods and models for generating relaxation modulus master-curves for asphalt mixes. Construction and Building Materials, Published by Elsevier Ltd.

Características

El modelo mecanicista empírico para análisis de pavimentos flexibles tiene las siguientes características:

- Dispone de un Sistema Experto para la modelización por retroajuste.
- Simula la evolución de la estructura a lo largo de la vida en servicio considerando variaciones de tránsito, clima y comportamiento de los materiales.
- Considera la simulación de los fenómenos de fisuración por fatiga bajo carga, acumulación de deformaciones plásticas por los distintos materiales y fallas por fisuración térmica.
- Permite expresar el comportamiento de la estructura analizada en función de parámetros de superficie rugosidad, porcentaje de fisuras, porcentaje de baches y ahuellamiento.
- Incorpora la opción de análisis con las metodologías mecanicistas clásicas.

Muros de suelo reforzado con paramento de paneles de concreto

Charly Hamoni Khabasi (*)
Manuel Armando Ferrer Santiago (**)

Los desafíos que actualmente representan los proyectos dentro de la ingeniería civil son cada vez más complejos y exigentes en cuanto a su vida útil, resistencia y estética, por lo que se deben incorporar soluciones prácticas, económicas y con alto valor técnico. En base a estos criterios, la inserción de refuerzos dentro del suelo como elementos que brinden aporte estructural y resistencia mecánica a la tracción es una técnica conocida desde siglos, siendo desarrollada en los años 60, brindando en la actualidad interesantes soluciones ingenieriles.

Desde hace tres décadas la ingeniería ha incluido los muros de suelo reforzado como solución innovadora, ya que presentan muchas ventajas con respecto a los muros de concreto tradicionales, estos MSR generalmente están compuestos por un paramento y un relleno compactado reforzado de alta resistencia colocadas dentro del suelo en capas sucesivas.

En general, los MSR, basan su funcionamiento en la estabilización mecánica del relleno mediante un elemento de refuerzo, permitiendo que la masa de suelo estabilizada actúe como un bloque, el cual es en definitiva el que constituye un muro de contención, confiriéndole propiedades mecánicas a la tensión que el suelo naturalmente no posee, mediante el refuerzo con un material sintético. La fuerza total de tensión obtenida de esta manera es directamente proporcional a la cantidad de refuerzo instalado, por lo que es posible “diseñar” la resistencia del material, según las condiciones de carga solicitadas.

Los MSR, en este caso de paramentos con paneles prefabricados de concreto son estructuras de contención compuestas básicamente por una losa de nivelación sin función estructural (de concreto simple sin refuerzo interno), un paramento frontal que aporta confinamiento y protec-

ción ante agentes erosivos, además de sus componentes estructurales que son las cintas de refuerzo polimérico conectadas a los paneles de concreto y un material de relleno granular compactado que componen el macizo reforzado con sus sistemas de drenaje internos para evitar la saturación del material de relleno.

Para su dimensionamiento, previo a los análisis externos e internos, son realizadas exploraciones en campo, levantamientos topográficos de la zona del proyecto, condiciones del subsuelo y propiedades del suelo o la roca en el área de la construcción y al frente de la estructura para la evaluación de factibilidad. Es requerimiento inicial, conocer los parámetros geotécnicos, características geológicas de la superficie, incluyendo la geomorfología de los afloramientos rocosos, cortes o excavaciones existentes que pueden proveer información sobre las condiciones del subsuelo, evaluar su estabilidad, prevenir asentamientos potenciales, nivel freático, drenajes, clima, condiciones meteorológicas, sismicidad de la zona, potencial de licuación, entre otros, antes de diseñar un muro de suelo reforzado.

Dicha investigación, es orientada a obtener la información que puede influenciar en el diseño y estabilidad de la estructura final como la capacidad de carga de la ci-

mentación, las deformaciones admisibles, la estabilidad de la estructura y condiciones que a su vez prevalecerán en la etapa de construcción de la estructura.

Algunos documentos importantes a usar en la etapa preliminar de investigaciones son mapas geológicos del área, mapa de sismicidad, mapas topográficos y fotografías aéreas.

Los diseñadores de los sistemas de suelo reforzado, están en la capacidad de interpretar los datos iniciales, realizar el análisis y diseño de los muros, tomando en cuenta los datos antes mencionados. Todo diseño de suelo reforzado, capacidad portante entre otras especificaciones deben ser avaladas por los ingenieros responsables de la obra antes de la ejecución de la misma.

Al contar con escasa o limitada información se tiende a aumentar los factores de seguridad lo que conlleva a:

- Sobredimensionamiento de la estructura, que se puede traducir en aumento de costos de la estructura entre otros.
- Falta de requisitos técnicos que nos podría arrojar un proyecto bajo en costo y deficiente técnicamente.

De aquí la importancia de una buena y completa exploración inicial. Adicional a la exploración inicial, se obtienen datos del material que serán usados como relleno estructural que pueden ser obtenidos de canteras cercanas; el volumen y calidad debe ser estudiada completamente con ensayos de granulometría, plasticidad, permeabilidad, peso específico, humedad, ph, resistividad, contenido de sales

En general, los Muros de suelo reforzado (MSR) con paneles prefabricados de concreto, basan su funcionamiento en la estabilización mecánica del relleno mediante un elemento de refuerzo, permitiendo que la masa de suelo estabilizada actúe como un bloque, el cual es en definitiva el que constituye un muro de contención (...)

incluyendo sulfatos, sulfuros y cloruros ya que existen estándares mínimos para ser usados en muros de suelo reforzado y es el elemento de mayor importancia en conjunto con los refuerzos para la estabilidad del muro en las condiciones a las que ha sido diseñado; el material con el que se ha realizado el diseño debe coincidir con el material utilizado en la instalación, si este varía se realizará una verificación al diseño y nuevos análisis. AASHTO recomienda lo siguiente para los suelos a ser empleados como material de relleno: Ver tabla 1.

El Índice Plasticidad < 6.

Para refuerzos con geosintéticos se recomienda los siguientes valores de PH. Ver tabla 2.

Los factores de seguridad que en general se usan para la verificación de estabilidad externa e interna (FHWA NHI-10-024) son los siguientes:

1. Estático:

$F_s = 1.30$ donde los parámetros geotécnicos son confiables;

$F_s = 1.50$ donde los parámetros geotécnicos están basados en la información limitada y existe incertidumbre; y

$F_s = 1.50$ donde el muro sostiene una gran carga o un talud posterior.

2. Pseudo-Estático:

$F_s = 75\%$ del factor de seguridad estático

La teoría básica de los MSR involucra un análisis de estabilidad externa, en que se verifica el comportamiento de la estructura como un bloque, y un análisis interno, en que se verifica la transferencia de esfuerzos desde el suelo a las cintas poliméricas de refuerzo, lo que permite que de ambos análisis se defina la geometría y cantidad necesaria de refuerzo en el muro para su buen funcionamiento ante las condiciones dadas en el sitio. El esfuerzo se transmite directamente por fricción entre el suelo y la cinta de refuerzo.

El estudio y análisis de las estructuras de muro de suelo reforzado están basadas en la normativa propuesta por la AASTHO en la Standard Specifications for Highway Bridges y por la Publication N° FHWA-NHI-00-043 de la FHWA.

El procedimiento general o metodología mencionada se puede apreciar en la Figura 1.

U.S. Sieve Size	Percent Passing
100 mm	100
420 μ m	0-60
75 μ m	0-15

Tabla 1. Granulometría recomendada por AASHTO (FHWA NHI-10-024)

Base Polymer	Property	Criteria	Test Method
Polyester (PET)	pH	$3 < \text{pH} < 9$	AASHTO T-289
Polyolefin (PP & HDPE)	pH	$\text{pH} > 3$	AASHTO T-289

Tabla 2. Recomendaciones de PH para rellenos y para refuerzos poliméricos (FHWA NHI-10-024)

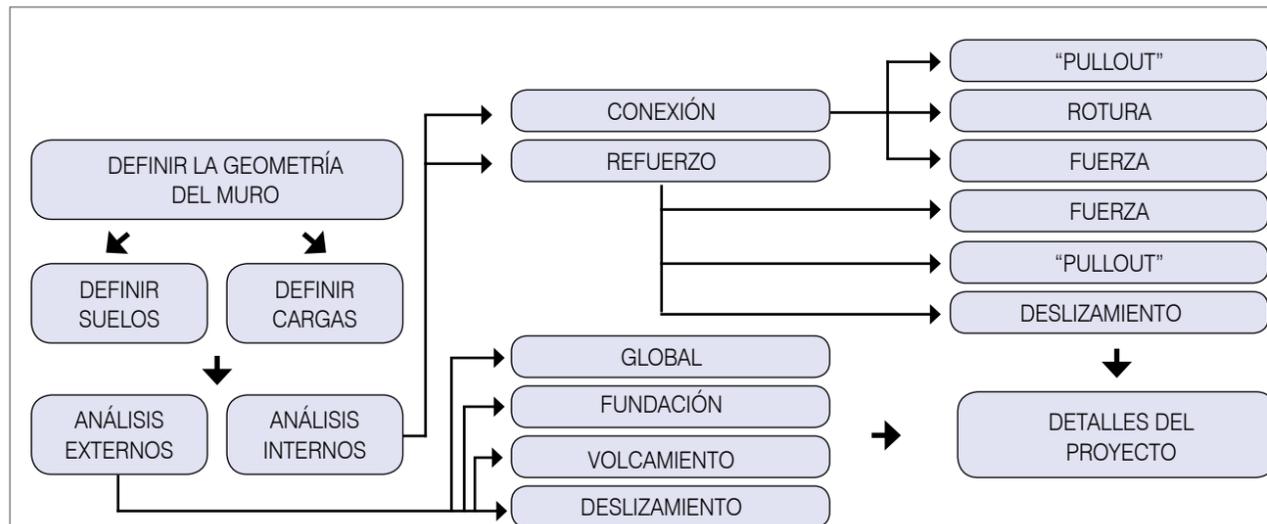


Figura 1. Procedimiento – Metodología de Diseño Muros MSR.

Los análisis de estabilidad pueden ser modelados mediante software que realiza las verificaciones:

- **Estabilidad externa:** deslizamiento en la base, punzonamiento, volcamiento y estabilidad global. Ver Figura 2.
- **Estabilidad interna:** arrancamiento y rotura del refuerzo polimérico. Ver Figura 3.

Un ejemplo importante de la aplicación de estos sistemas de contención, como parte del importante progreso de la Ciudad del Cusco-Perú, específicamente en la construcción de obras modernas de infraestructura vial, es el proyecto y ejecución de la nueva Vía de Evitamiento Cusco, la cual une las zonas de Angostura y Agua Buena

con una longitud aproximada de obra de 9,7 kilómetros de pasos peatonales y vías rápidas vehiculares que conectan la ciudad del Cusco con la Carretera Interoceánica, que une Perú y Brasil, con el paso de vehículos ligeros y pesados.

Dicha obra, entre otras aplicaciones, involucra una moderna ciclo vía, 6 intercambios viales, vías auxiliares y más de 8 pasos a desnivel al que han sido proyectados y ejecutados con MSR con placas de concreto prefabricadas y cintas poliméricas de refuerzo con secciones de distintas alturas.

El desafío para el desarrollo de la obra fue el tipo de suelo de fundación blando poco permeable y napa freática alta, arrojando resultados de asentamientos considerables que las estructuras proyectadas no serían capaces de soportar, por lo que antes de la construcción de los MSR se realizó el reforzamiento de la cimentación mediante la colocación de columnas de grava, en los casos más críticos, mejoramiento de suelo con enrocado, geotextiles, y geomallas para todos los MSR que permitan una adecuada transferencia de carga de la estructura hacia el suelo blando; las columnas de gravas y los refuerzos geosintéticos dan el aporte de mejorar el suelo y adicionalmente las columnas de grava aceleran el proceso de consolidación ya que sin esta solución combinada la ejecución de la vía y pavimentación demoraría muchos meses para su ejecución. Al igual que las soluciones antes mencionadas, los muros de suelo reforzado dan un elevado aporte en rendimiento y tiempo de ejecución luego de tener el terreno de fundación apto para la instalación de los mismos.

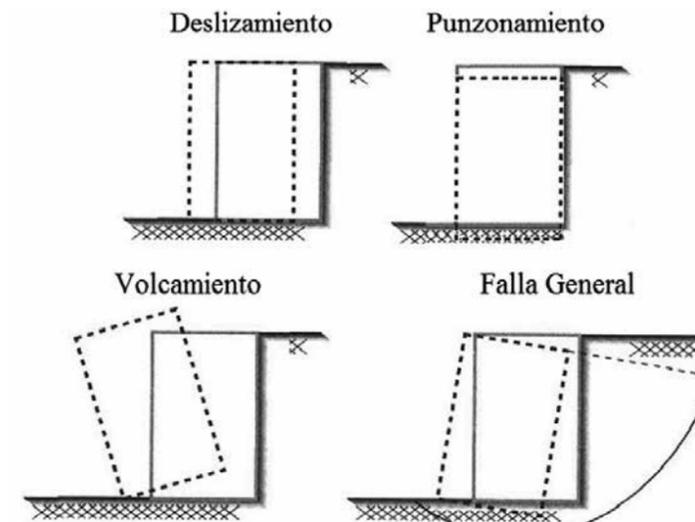


Figura 2. Análisis de Estabilidad Externa.

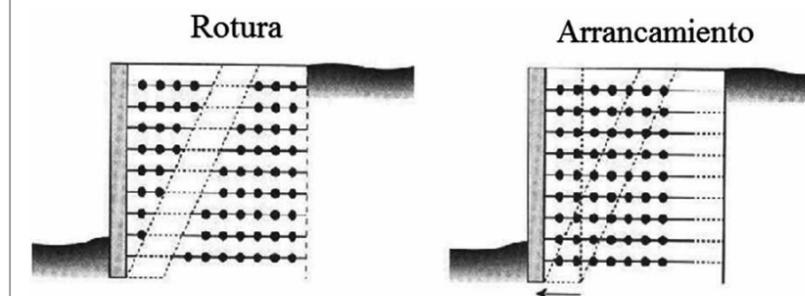


Figura 3. Análisis de Estabilidad Interna.

Los sistemas de suelo reforzado en la vía Evitamiento Cusco, son del tipo back to back los que conforman las rampas de acceso a los puentes, del tipo simple de un solo paramento y superpuestos los que conforman pasos de desnivel, con alturas de muros entre 2 y 17m y longitudes de refuerzos poliméricos entre 4 y 10 m, variables, dependiente de la altura y los datos del suelo de fundación de cada zona y la carga de vialidad correspondiente.

A pesar de ser muros que se pueden diseñar con cargas uniformes o puntuales, en la Vía Evitamiento Cusco los estribos de puentes se ejecutaron usando muros de concreto armado, para utilizar un sistema conocido pero perfectamente los muros de suelo reforzado pueden ser usados como estribos portantes y soporte de las vigas del puente en base a diseños, carga viva y carga muerta.

Cada zona de fundación de muros fue estudiada independientemente y en forma conjunta con las estructuras y terraplenes de suelo que se proyectaban ejecutarse en toda la vía de evitamiento.

Como mencionamos anteriormente, el tipo de suelo encontrado en la zona del proyecto es un material muy blando cuya resistencia al corte no drenada $C_u=20\text{Kpa}$. Acorde a la dimensión y altura de los terraplenes y muros de suelo reforzado a ejecutarse fue necesario el empleo de geomallas de refuerzo en la cimentación considerando que este refuerzo aumente el factor de seguridad contra ruptura global y permita controlar los asentamientos diferenciales.

Las geomallas aportan un refuerzo de tipo estructural a nivel de la cimentación controlando los asentamientos diferenciales y distribuyendo de mejor manera la carga proveniente del terraplén hacia el suelo blando, a su vez incrementando el factor de seguridad contra ruptura global (...)

Generalmente los tipos de fallas estudiados para casos de terraplenes de suelo cimentados sobre suelo blando consideran condiciones de estado último de ruptura donde los mecanismos de falla se dan por deslizamiento lateral y ruptura global. Ver figura 4 y 5.

Y para un estado límite de servicio se consideran las asentamientos excesivos que se puedan presentar a nivel de la cimentación. Ver figura 6.

Para poder determinar la cantidad de refuerzo de geomallas a emplearlos en la cimentación, se procedió a realizar

las modelaciones de las secciones geotécnicas de los muros y terraplenes de suelo para calcular el factor de seguridad contra rotura global considerando características geotécnicas del suelo blando en la zona y la carga transmitida hacia el suelo.

Para este proceso se aplicó el criterio de evaluación de la estabilidad de la estructura para una condición a corto plazo al finalizar la etapa de construcción.

De los análisis de estabilidad realizados se obtuvieron los siguientes resultados: Ver Tabla 3.

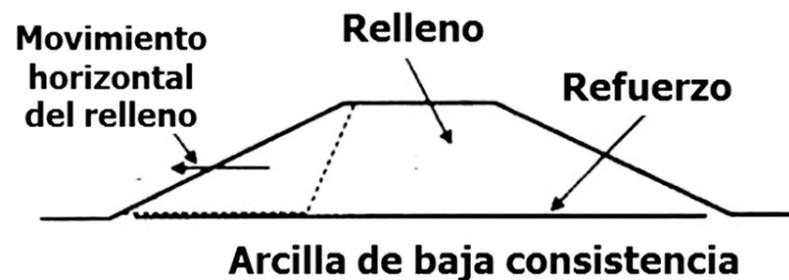


Figura 4. Deslizamiento Lateral.

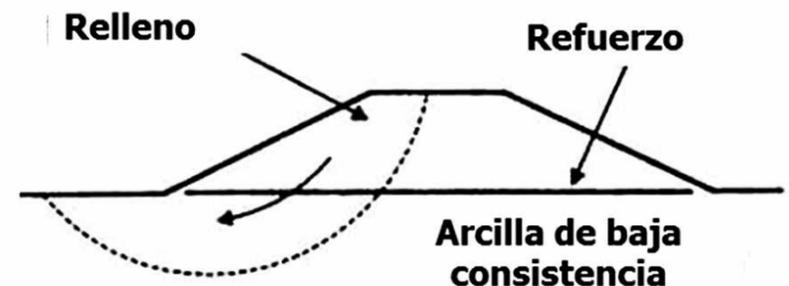


Figura 5. Ruptura Global.



Figura 6. Asentamientos excesivos a nivel de cimentación.

Altura de Sección evaluada	Resistencia al corte no drenada del suelo	Tipo de Apo-yo de los Mu-ros MSR	Factor de Seguridad
18.0m	20 Kpa	Cimentación directa sobre suelo blando	0.66
18.0m	20 Kpa	Mejoramien-to con Enro-cado	1.15
18.0m	20 Kpa	Mejoramien-to con Enro-cado y Refor-zado con Geomallas de 400 KN/m	1.49

Tabla 3. Propiedades de Suelo de Relleno para Modelo Instrumentado Escala Real.

En la Figura 7 se muestra la superficie de ruptura global analizada, así mismo en la Tabla se muestran los factores de seguridad obtenidos para la misma superficie de ruptura pero con condiciones de refuerzo en la cimentación. De la verificación por ruptura global considerando solo el relleno estructural sin

aporte de los elementos de refuerzo de los MSR los cuales no aportan en minimizar los asentamientos en la base (éstos sólo aportan en brindar un refuerzo interno del relleno estructural por ruptura interna) podemos apreciar que el factor de seguridad en condición de corto plazo es crítico al término de la construcción del terraplén Fs

= 0.66 por lo cual se estima que los asentamientos totales y diferenciales afectarán la estructura de la vía.

Por esta razón es necesario adoptar técnicas de consolidación del terreno mediante columnas de grava para mejorar las condiciones a largo plazo de la cimentación y aumentar los parámetros de resistencia al corte de los suelos que permitan una estabilidad a largo plazo del terraplén, así mismo es necesario adoptar técnicas de refuerzo de suelo con geomallas para controlar los posibles asentamientos y la estabilidad global en la condición a corto plazo durante la construcción de los terraplenes. Estas columnas de grava sirven como columnas drenantes que aceleran el asentamiento y además densifican el suelo.

Las geomallas aportan un refuerzo de tipo estructural a nivel de la cimentación controlando los asentamientos diferenciales y distribuyendo de mejor manera la carga proveniente del terraplén hacia el suelo blando, a su vez incrementando el factor de seguridad contra ruptura global, el cual se obtuvo un valor de 1.49 en condición estática.

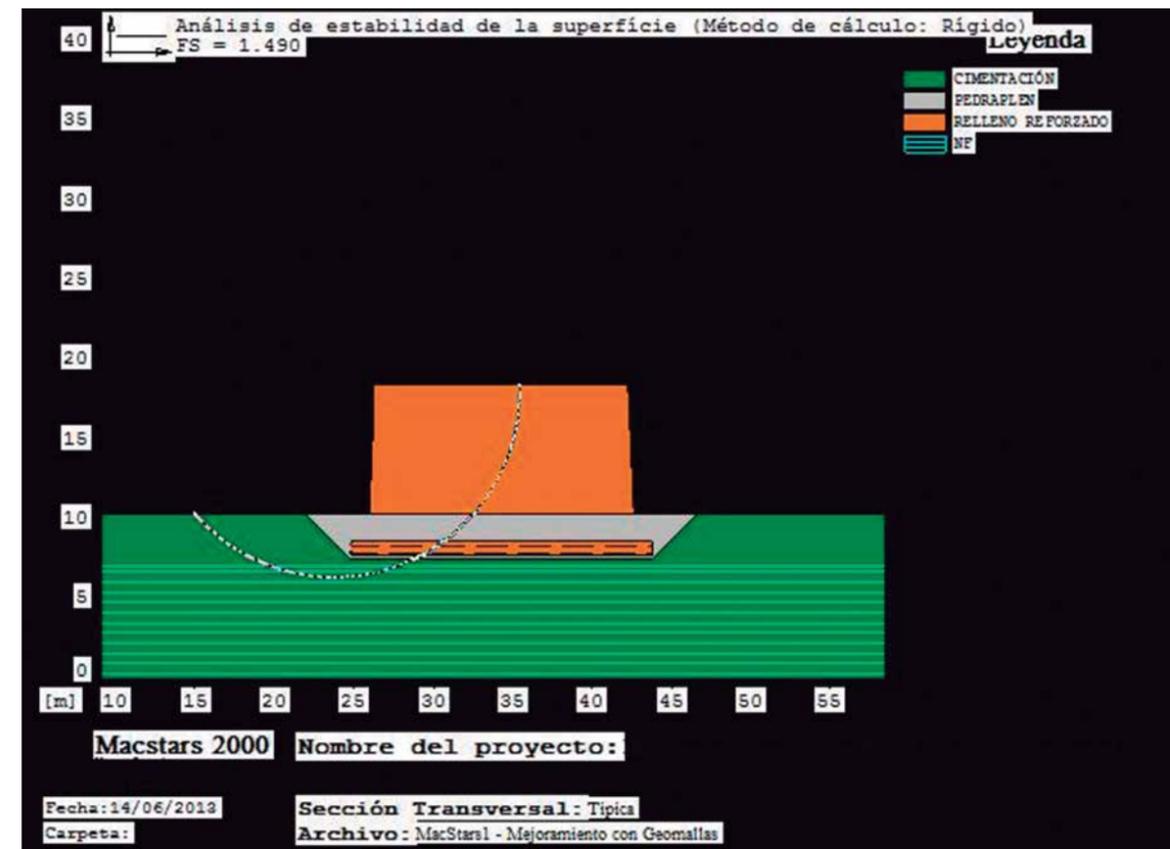


Figura 7. Superficie de Ruptura Global Calculada.



▲ Rampa de acceso al puente con muro de suelo reforzado back to back culminado.

En los distribuidores viales de la Obra Vía Evitamiento Cusco predominan la estructura de muros de suelo reforzado- con soluciones como lo son las columnas de grava de aproximadamente entre 10 y 14m de profundidad y 1m en general de diámetro, mejoramiento de suelo con geomallas y enrocado de 2.0m de espesor, un muro de suelo reforzado tipo Back to Back con paneles de concreto y cintas poliméricas y los elementos de vialidad como lo son las losas de aproximación, defensas laterales, berma central y pavimentación.

Para la construcción de los muros de suelo reforzado en esta obra y en general se usa un método secuencial que inicia desde la preparación del terreno de fundación del muro, encofrado, vaciado y fraguado del solado de nivelación, posicionamiento y ajuste de la primera fila de paneles, apuntalamiento y colocación de pernos

Se recomienda realizar investigaciones adicionales a los muros de suelo reforzado con placas de concreto para evaluar su comportamiento sísmico, aunque por experiencias de muros de suelo reforzado en zonas de ocurrencia de sismos, éstos han tenido un excelente comportamiento.

de ajuste, colocación del geotextil en las juntas de paneles, extendido y compactación de la primera capa de relleno, colocación y conexión del primer nivel de refuerzo, compactado de la segunda capa de relleno, posicionamiento de los apoyos de EPDM e inicia la etapa repetitiva del procedimiento hasta alcanzar la altura de diseño.

Como conclusiones de los MSR, estos sistemas presentan muchas ventajas con respecto a los convencionales muros de concreto, tales como su simplicidad constructiva, que no requiere de un numeroso equipo de trabajo, habilidades especiales para la construcción, requiere menos espacio en el paramento frontal de la estructura lo que facilita las operaciones en la construcción; las características fundamentales: son estructuras semi-flexibles, tolerantes a las deformaciones y su paramento frontal no tiene función estruc-

tural, sirve para prevenir la erosión del material de relleno y confinamiento.

Por chequeos topográficos de alineamiento y asentamientos en obra se puede constatar que son muros flexibles y tolerables a deformaciones cumpliendo su función de contención para lo que son diseñados, sin afectar la transitabilidad de la vía y con un buen diseño aunque el muro se vea afectado por algún factor externo, internamente va a mantener su estabilidad estructural.

Se recomienda realizar investigaciones adicionales a los muros de suelo reforzado con placas de concreto para evaluar su comportamiento sísmico, aunque por experiencias de muros de suelo reforzado en zonas de ocurrencia de sismos, éstos han tenido un excelente comportamiento.

Es importante indicar que si se fractura el paramento o lo retiramos por alguna razón, el muro de suelo reforzado continúa siendo estable quedando solo desprovisto de confinamiento y protección erosiva; se puede observar esto también en taludes reforzados donde la única protección es la vegetación.

(*) Ing. geólogo, product manager de Maccaferri

REFERENCIAS

- AASHTO (2002). "Standard Specifications for Highway Bridges, 17th Edition", American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, DC
- AASHTO (2010). "LRFD Bridge Design Specifications, 5th Edition", American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, DC.
- Maccaferri do Brasil – Jundiá / San Paolo "MacForce - Modelo en escala real Instrumentado"
- STANDARD SPECIFICATIONS FOR HIGHWAY BRIDGES (1991). "Fourteenth Edition with Interim Specifications – Bridges", American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, D.C.
- Peter L. Anderson, Robert A. Gladstone, John E. Sankey. "State Of The Practice Of Mse Wall Design For Highway Structures".
- Prashant J. Navalakha, Minimol Korulla, Jayakrishnan P. V, Amrit Kumar, Maccaferri India. "Polymeric Strip Reinforced Soil True Bridge Abutments".
- U.S. DEPARTMENT OF TRANSPORTATION FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION (2001). "Mechanically Stabilized Earth Walls and Reinforced Soil Slopes Design & Construction Guidelines. Publication No FHWA-NHI-00- 043. National Highway Institute - Office of Bridge Technology".
- U.S. DEPARTMENT OF TRANSPORTATION FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION (2009). "Design and Construction of Mechanically Stabilized Earth Walls and Reinforced Soil Slopes – Volume I Y II. Publication No FHWA-NHI-10- 024. National Highway Institute - Office of Bridge Technology".

XVII CILA
CONGRESO Ibero Latinoamericano del Asfalto 2015

16 - 20 - NOVIEMBRE - HOTEL LLAO LLAO
 BARILOCHE - PATAGONIA - ARGENTINA

Temas:

- ▶ Materiales asfálticos
- ▶ Agregados
- ▶ Diseño y proyecto de pavimentos
- ▶ Construcción de pavimentos flexibles
- ▶ Conservación de pavimentos flexibles
- ▶ Técnicas de pavimentación teniendo en cuenta la economía de energía y el impacto ambiental
- ▶ Gerenciamiento de pavimentos
- ▶ Misceláneos sobre materiales o aplicaciones bituminosas
- ▶ Formación de recursos humanos

¡Inscríbese YA!
 Cupos limitados
www.cila2015.com.ar



El transporte multimodal es un sistema que aún no se pone en práctica en el Perú en su real dimensión.

La planificación de la infraestructura en transporte

Alejandro Chang Chiang (*)

La economía globalizada a nivel internacional obliga a los países ser más competitivos, los productos que se producen deben llegar a los mercados en condiciones de calidad y de precios que le permita competir en forma exitosa.

Para tener éxito en una economía globalizada, no basta tener costos de producción óptimos. Los costos logísticos también deben serlo. Si estos últimos son tan elevados, las ventajas comparativas se desvanecen, impidiendo abrir nuevos mercados o que nuevos fabricantes ingresen al mercado peruano desplazando a sus productos.

Los costos logísticos básicamente están conformados por los costos del manipuleo, del almacenaje y por los servicios de transporte que requieren infraestructura

que el Estado debe proveer en calidad, seguridad y oportunidad.

La infraestructura de transporte debe promover servicios de transporte en condiciones de seguridad y a costos razonables que permitan que los productos puedan competir a nivel mundial. Este rol implica ingentes recursos económicos y plazos largos para identificar los proyectos y ejecutar las obras, requiriendo un sistema de planificación soportado con un sistema de información estructurado, que permita visualizar el comportamiento del tráfico que, conjuntamente con las herramientas que nos da la prospectiva, facilite planes de desarrollo de largo plazo, cuya ejecución deberá solucionar la demanda de la población en la oportunidad requerida.

De otro lado, para que la infraestructura de transporte promueva servicios competitivos, se requiere una red integrada, en donde los caminos, las carreteras, las vías férreas, los puertos y aeropuertos formen parte de ella, contribuyendo a que los productos que se fabrican en los centros de producción lleguen a los mercados en buenas condiciones.

Sin embargo, en el Perú cada modo de transporte es tratado en forma independiente, agravándose con la existencia de dependencias estatales que actúan como compartimentos estancos en el Estado. Así, se mejora un puerto para tener

servicios competitivos, pero su acceso es complicado y lo que se ahorra en los servicios portuarios, se pierde en la congestión para su acceso. Esta situación se origina por la estructura institucional, la legislación y la falta de un sistema de planificación orientado a la satisfacción de la demanda.

Es necesario tener visión y enfoque diferentes para solucionar la problemática del transporte. Conocer las necesidades de la movilidad de la carga y de las personas para luego planificar la infraestructura para satisfacer las necesidades del transporte. Sin embargo que una Dirección se encargue de los aeropuertos, una autoridad de los puertos, otra Dirección de las vías férreas y otro ente para carreteras. Es el diseño institucional que establece las normas legales vigentes.

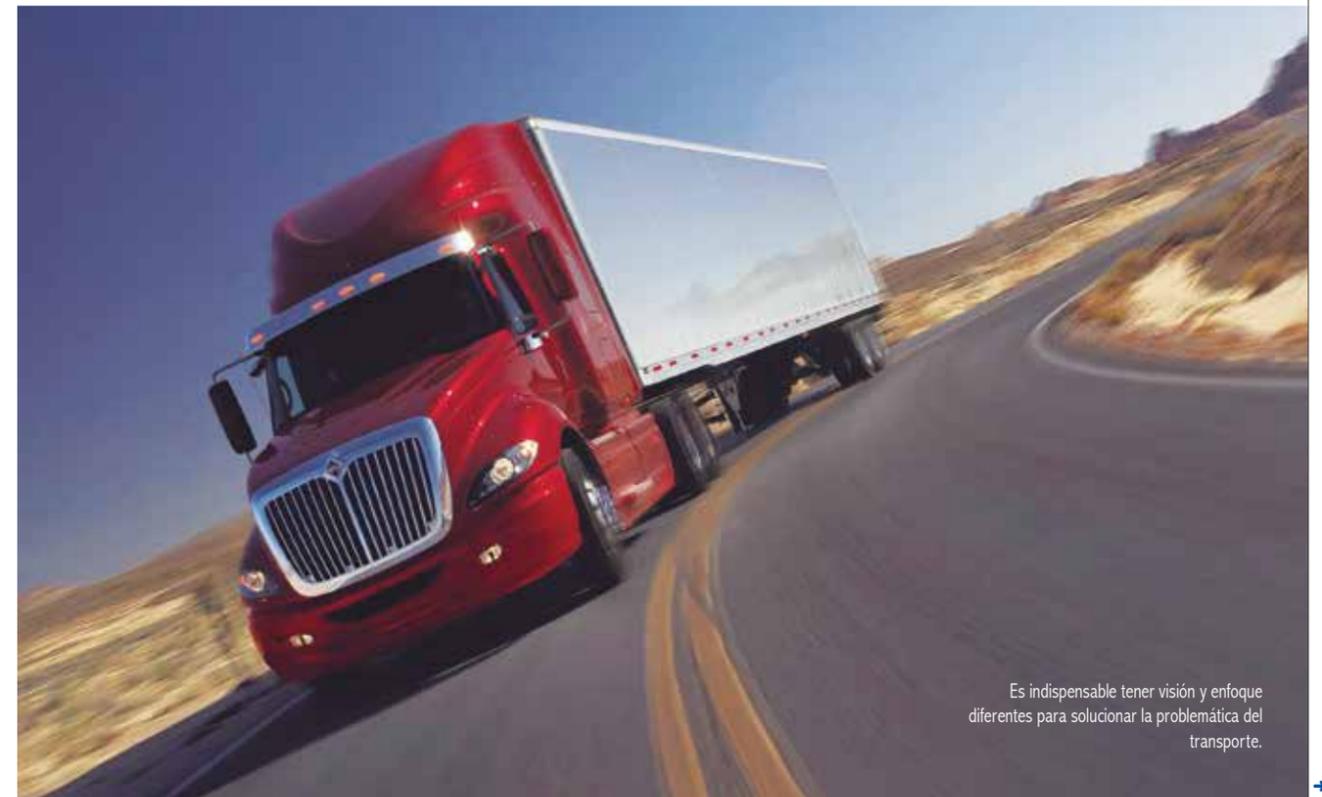
El Ministerio de Transportes y Comunicaciones ya identificó la teoría de la planificación multimodal, pero en la práctica no la implementa porque le falta comprensión y

decisión de las autoridades. Es una cultura que hay que cambiar.

Además, existen conceptos que erróneamente se aplican, conceptos que se encuentran internalizados tanto en dicha Institución como en el Sector como, por ejemplo, confundir tránsito con transporte cuando se trata conceptos diferentes, planificar de lo particular a lo general cuando debe ser al revés, autoridad que también opera cuando no debe operar, que la responsabilidad de cada proceso está diluida cuando debe haber un solo responsable, que más de una autoridad tiene competencia sobre un territorio cuando debe haber uno solo.

Por ello es necesario llevar a cabo una reforma institucional profunda para que el proceso de planificación de la infraestructura de transporte se encuentre bajo la responsabilidad de una sola autoridad que, aplicando los conceptos en forma correcta, elabore los planes multimodales debidamente articulados, para poder

El Ministerio de Transportes y Comunicaciones ya identificó la teoría de la planificación multimodal, pero en la práctica no la implementa porque le falta comprensión y decisión de las autoridades. Es una cultura que hay que cambiar.



Es indispensable tener visión y enfoque diferentes para solucionar la problemática del transporte.

atender la demanda de los servicios de transporte en forma oportuna.

Es necesario contar con planes nacionales de aeropuertos, carreteras, puertos y vías férreas para que la ejecución de proyectos se realice con eficiencia a través de la obra pública o con la participación de la inversión privada y que contribuya a integrar los diferentes modos de transporte para tener servicios de transporte competitivos.

Es necesario revisar las competencias de los gobiernos regionales sobre los puertos y aeropuertos regionales, la planificación de su infraestructura de transporte y la aprobación de sus planes de inversión en este sector. Es conveniente armonizar la ejecución de los proyectos de infraestructura para darle la prioridad correspondiente en función a las necesidades de

transporte de los productos para ser trasladados desde los centros de producción al mercado.

Creación del sistema

Todos sabemos que una buena gestión se sustenta en la buena planificación que realiza la administración. Sin embargo en el caso de la infraestructura de transporte, factor importante para el desarrollo socio económico del país, el sistema de planificación se encuentra desarticulado, en donde las responsabilidades del sistema está asignado a diferentes dependencias y organismos que no coordinan entre sí, que es la característica de la gestión por estancos de la administración pública. El sistema de planificación de la infraestructura de transporte debe estar bajo la responsabilidad de una sola dependencia

El sistema de planificación de la infraestructura de transporte debe estar bajo la responsabilidad de una sola dependencia en donde dicha infraestructura sea considerada como una red integral que facilita la movilidad de los bienes y de las personas, cualquiera sea el modo de transporte o el nivel de gobierno que tenga la competencia.

en donde dicha infraestructura sea considerada como una red integral que facilita la movilidad de los bienes y de las personas, cualquiera sea el modo de transporte o el nivel de gobierno que tenga la competencia. Tema aparte es el tránsito y el transporte en las ciudades.

Cabe anotar que la infraestructura de transporte, caminos, vías férreas, puertos y aeropuertos, de ámbito nacional es de competencia del Gobierno Central, de ámbito regional a los Gobiernos Regionales, mientras que los de ámbito local y urbano son de competencia de los gobiernos locales.

La propuesta, en realidad, corresponde a una planificación multimodal de donde se desprende los planes nacionales de la red nacional de carreteras, de vías férreas, de puertos y de aeropuertos. En su elaboración se debe tener un enfoque logístico, identificando las cadenas productivas y los corredores de transporte. Sobre la base de estos planes nacionales se elaboran los planes maestros y deben ser aprobados por el responsable del sistema.

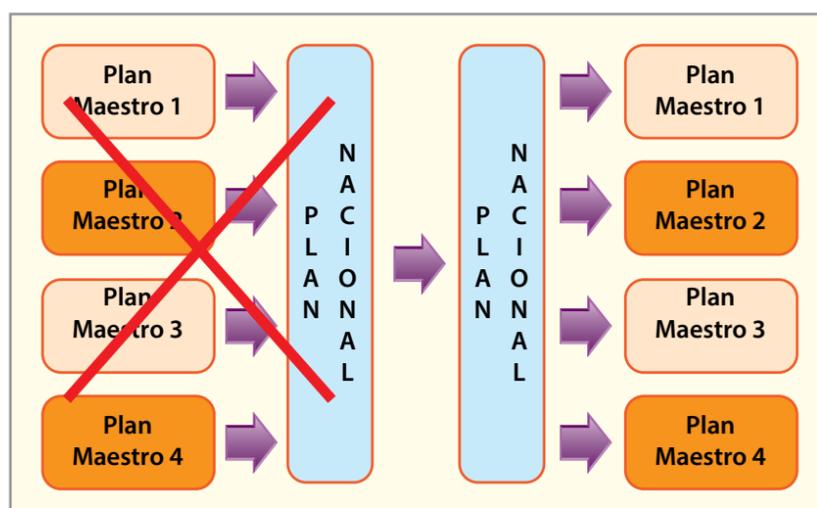
El enfoque logístico estaba ya en la agenda del personal de la Oficina de Planificación y Presupuesto del Ministerio de Transportes y Comunicaciones y se había identificado las cadenas logísticas y los corredores de transportes por lo que el concepto de planificación multimodal no era novedad. En el Gráfico N° 1 se muestra el esquema de planeamiento multimodal.

El Gobierno Central debe coordinar y apoyar a los Gobiernos Regionales y Locales para la elaboración de sus planes e integrados a la red de infraestructura de transportes.

Gráfico N° 1
PALNIFICACIÓN MULTIMODAL



Gráfico N° 2
PLANEAMIENTO: DE LO GENERAL A LO ESPECÍFICO



El puerto del Callao, uno de los más importantes de la región. Es el tercer puerto con mayor movimiento de contenedores de la Costa Oeste de Latinoamérica.



El Ferrocarril Central está siendo sub utilizado en cuanto al transporte de carga. Podría dársele mayor importancia.

La aprobación de los proyectos está normada por el sistema nacional de inversión pública, la misma que debería ser revisada a fin de que la evaluación se realice por proyectos integrales (corredores de transporte) y no por proyectos individuales. De esta manera se reducirán los plazos del ciclo del proyecto.

De otro lado, la planificación debe hacerse de lo general a lo particular y no al revés como actualmente se realiza. En el Gráfico N° 2 se muestra esta situación.

La formalización del procedimiento de gestión de infraestructura, así como del sistema de planificación, permitirá contar con un banco de proyectos y facilitará la aprobación de las iniciativas privadas a fin de que su evaluación considere el impacto integral sobre los planes multimodales nacionales, regionales o locales.

El país es unitario y, por tanto, la aprobación de los proyectos regionales y locales debe tener la participación del Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Malas experiencias de otros países, como inversiones de millones de dólares efectuadas en infraestructura no son utilizadas por no haber tráfico.

La decisión de ejecutar un proyecto a través de la participación del sector privado

o por obra pública debe corresponder a una Oficina de Planificación. La dependencia encargada de las concesiones tampoco debe tener competencia para realizar inversiones dentro de una concesión. Por tanto es necesario adecuar las funciones de esta Oficina, para el cumplimiento de un procedimiento de gestión de la infraestructura.

Finalmente, el sistema de planificación

con un buen sistema de información, permitirá contar con un banco de proyectos y se podrá elevar el nivel de calidad de diseño de las obras y podrá quizás, ahorrarse millones de nuevos soles al ser más eficiente la gestión de inversiones.

(* Ingeiero Industrial, Consultor de empresas, ex Presidente de Consejo Directivo de OSITRAN y ex Vice Ministro de Transportes.

El dulce amargo del uso de gaviones en el Perú

Hace más de 40 años, se utiliza gaviones para construir defensas ribereñas en nuestro país. Su eficacia, durabilidad, adaptabilidad al entorno y su bajo costo, lo han convertido en una solución eficiente durable para obras de prevención de erosión y desbordes de ríos.

↳ Javier Blossiers (*)

En las últimas tres décadas, la eficacia y vida útil de los gaviones se ha ido mermando de modo progresivo con gran perjuicio en la calidad y confiabilidad de nuestras obras de infraestructura de prevención, principalmente en cantos de ríos y carreteras. Estos hechos ocurren por la falta de una normatividad que establezca las características mínimas para los gaviones, la misma que debe fundarse sobre las experiencias de otros países con regímenes hidráulicos similares a nuestros ríos.

¿Qué está pasando en Perú? ¿Por qué aún no contamos con una norma para los gaviones, si han pasado décadas desde que se comenzó a aplicarlos? ¿Es falta de prevención, es negligencia? ¿Acaso no interesa la calidad, seguridad y mayor durabilidad de nuestras construcciones con gaviones?

Desde los años 60, hemos apostado por construir defensas ribereñas con gaviones, cuya eficacia y superioridad ante los muros de concreto están comprobadas mundialmente; sin embargo, los gaviones que se vienen aplicando en el país colapsan con más frecuencia ante la fuerza de nuestros ríos, comprometiendo recursos adicionales importantes para sus rehabilitaciones.

Este comportamiento de rehabilitaciones de las obras con gaviones es repetitivo y nadie parece notar la causas que lo generan y por lo tanto la solución. Con este artículo explicaré una visión de los gaviones y su uso, con miras a generar un marco técnico mínimo que beneficiará al Perú.

Los gaviones: efectividad vs calidad

Como definición simple que muchos ingenieros conocen: los gaviones son elementos de confinamiento modular, generalmente de forma prismática, elaborada con mallas metálicas torsionadas y que se rellenan de piedras o de suelos finos con la ayuda de geobolsas alveolares para lograr bloques modulares pesados que se usan en soluciones de contención y erosiones sumergidas, principalmente.

El peso de estos bloques modulares unidos entre sí, deben soportar la fuerza tractiva del río sin desplazarse. La estructura porosa del gavión tiene gran capacidad drenante y filtrante, que bajo ciertas condiciones disipa la energía del río de manera suficiente de modo que este, no sea capaz de transportar los materiales subyacentes que protege.



Entre las principales ventajas del uso de los gaviones de modo correcto frente a las defensas ribereñas tradicionales construidas de concreto, destaca:

- Su adaptabilidad a las condiciones geomorfológicas de sitio con alta integración a su entorno.
- Su gran capacidad drenante y filtrante que elimina las presiones hidrostáticas existentes en otros sistemas.
- Su flexibilidad que le permite acomodarse a los desniveles y asentamientos del terreno de fundación.
- Su versatilidad arquitectónica, constructiva, operativa y de reparación.
- Es un procedimiento constructivo simple y rápido. Puede instalarse con presencia de lluvias y/o sumergidos. Puede ser llenado de piedras o materiales finos propios del lugar.
- Menores costos contra obras convencionales; los rangos típicos comparados oscila entre los 40% a 75%.

Pero todos estos beneficios que nos brindan los gaviones para construir defensas ribereñas seguras y durables no se reflejan de manera contundente en nuestras obras generando desconfianza en la eficacia de los gaviones como sistema constructivo. Las razones para que muchas obras se construyan de manera inadecuada son la falta de una normatividad y del conocimiento sobre los gaviones. Se usan gaviones que no cumplen los requerimientos mínimos para el control de la erosión y para resistir las tensiones mínimas de sus rellenos, de sus contenciones y los embates de los ríos. Frente a deformaciones mínimas típicas de las socavaciones de ríos,

suelen romperse generando colapsos y en el mejor de los casos pérdidas de bienes materiales.

¿Dónde está la reglamentación de uso del gavión?

La calidad de una obra depende de manera directa de la calidad de sus componentes. Por tal, la garantía de la calidad de un producto en el libre mercado debe estar fundada sobre normas de manera que fijen los mínimos valores que deben cumplir.

En lo referido a los gaviones, el Perú es el único país en Latinoamérica que no tiene norma de gaviones. No obstante, esta falencia legal se justifica tomando de manera voluntaria en algunos casos la norma americana ASTM 975 y la norma brasileña 10514 referidos a los gaviones hexagonales torsionados. Veamos los alcances de cada norma y sus diferencias:

ASTM A 975:

Norma Americana referidas a los gaviones hexagonales torsionados, orientada a un gran espectro de ríos muy similares a la realidad peruana. En esta norma se indica cuatro características básicas fundamentales.

1. El tipo de alambre que debe usar. Es de acero con bajo contenido de carbono.
2. El tipo de revestimiento del alambre.
3. La resistencia de la malla: Indica las resistencias mínimas de las mallas para gaviones.
4. Y la geometría de las cocadas, bordes de mallas y diámetros de alambres (ver Tabla 1. Malla, alambre de

malla...): descripción completa sobre gaviones caja. Fijando como mínimos para cocadas 8x10 con alambre 2.70mm; resistencia última 2,080 kgf/ml; y para cocada 6x8, alambre 2.20mm; resistencia última 1,335 kgf/ml. Descripción completa sobre los gaviones tipo colchón.

NBR 10514

Norma brasileña referida a los gaviones hexagonales torsionados que es una copia modificada del ASTM A 975; la cual destaca porque es más flexible en sus exigencias de calidad de los gaviones debido a que permite el uso de alambres más delgados con cocadas más pequeñas y más grandes de lo establecido en la norma americana; por ejemplo, utilizan una cocada 10x12 con alambre 2.70mm. Estas características se explican por el régimen hidráulico de los ríos brasileños (sin piedras y meandros) muy diferenciados de las corrientes peruanas. A continuación, nos referimos a dos características básicas fundamentales de esta norma:

1. El tipo de alambre que usa y diámetros específicos. La resistencia del tipo de alambre en esta ley es inferior a la norma americana ya que sólo pide un mínimo de 380MPa, menos de los 485MPa que pide la ASTM. Además, se adiciona dos tipos de cocadas, una más pequeña y otra más amplia de las cocadas recomendadas por la norma ASTM. Esta norma de Brasil fija el mínimo a la cocada 10x12 con alambre 2.70mm con resistencia última de 1,200 kgf/ml. Es decir, permite

Descripción	Gavión Caja		Gavión Colchón	
	Revestimiento metálico	Plastificado	Revestimiento metálico	Plastificado
Tipo de Malla	8x10	8 x10	6 x 8	6 x 8
Abertura de Malla	83 x 114 mm	83 x 114 mm	64 x 83 mm	64 x 83 mm
Alambre de Malla	3.05 mm	2.70 mm	2.20 mm	2.20 mm
Alambre de Borde	3.80 mm	3.40 mm	2.70 mm	2.70 mm
Alambre de Amarre	2.20 mm	2.20 mm	2.20 mm	2.20 mm
Rings de fijación	3.00 mm	3.00 mm	3.00 mm	3.00 mm
Alambre de atirantado de caras	2.20 mm	2.20 mm	2.20 mm	2.20 mm
Alambre de atirantado de esquinas	3.80 mm	3,80 mm	N/A	N/A
Revestimiento aproximada en Kg/ml	2,680	2,080	1,335	1,335
Revestimiento nominal de PVC	0.50 mm	0.50 mm	0.50 mm	0.50 mm
Revestimiento nominal de PVC	0.38 mm	0.38 mm	0.38 mm	0.38 mm

(*) Todos los valores de ϕ son nominales mínimos.

Tabla 1. Malla, alambre de malla y alambre de borde - Características

) Malla D (mm)	Desvíos (%)	Alambre de malla		Alambre de borde		Resistencia estimada Kg/ml	Peso de malla sin alambre de borde (kg/m ²)
		ϕ (mm)	Desvíos (%)	ϕ (mm)	Desvíos (%)		
50	+16 / -4	2.00	± 0.05	2.40	± 0.06	1400	1.20
		2.20	± 0.05	2.70	± 0.06	2600	1.60
60	+16 / -4	2.00	± 0.05	2.40	± 0.06	850	1.00
		2.20	± 0.05	2.70	± 0.06	1300	1.20
		2.40	± 0.06	3.00	± 0.07	1800	1.40
		2.70	± 0.06	3.40	± 0.07	2600	1.70
80	+16 / -4	2.40	± 0.06	3.00	± 0.07	1300	1.10
		2.70	± 0.06	3.40	± 0.07	2000	1.40
		3.00	± 0.07	3.90	± 0.08	2700	1.70
100	+16 / -4	2.7 (*)	± 0.06	3.40	± 0.07	1200	1.20
		3.00	± 0.07	3.90	± 0.08	1900	1.40
		3.40	± 0.07	4.40	± 0.08	2900	1.90

Variación hacia abajo
Similares al ASTM A 975
Variación hacia arriba

(*) Mínimo ϕ recomendado por la norma
Usar 2.4mm la resistencia mínima de la malla cae a 650 kgf/ml

Tabla 2. Malla, alambre de malla y alambre de borde - Características

una cocada más grande con un alambre más delgado, características que al aplicarse en defensas ribereñas van a fallar porque no soportarán la fuerza de los ríos peruanos.

2. Y la geometría de las cocadas, bordes de mallas y diámetros de alambres: En la Tabla 2, se puede ver las cuatro dimensiones de las cocadas que propone esta norma; sus dimensiones 60 y 80 equivalen al colchón (6x8 de cocada) y a la caja (8x10 de cocada), respectivamente. En ambas dimensiones, se puede notar que permite un alambre más débil, y esto se agrava más cuando en la cocada más grande de 100mm (10x12) puede tener un alambre exageradamente liviano de 2,7mm, el cual si se aplica en una defensa ribereña se incrementa el riesgo de colapsos.

Estas dos normas han sido la guía por varios años en nuestro país para aplicar gaviones. Ambas normas están íntimamente vinculadas a todo lo mencionado en el ítem 1.2. En América Latina, todos los países de la región cuentan con su norma. Pero en Perú aún no hemos hecho el esfuerzo por contar con una normativa que mejore la seguridad y durabilidad de las defensas ribereñas que construimos, siendo este un producto de uso generalizado.

El transcurrir de los años y las experiencias de los desastres provocados por los desbordes de los ríos, no han generado el interés de formalizar el uso de este sistema que será eficiente si es que la calidad

de sus materiales tiene relación con las características de los ríos a los cuales va a controlar.

La norma brasileña en su extremo más liviano no es recomendable para el Perú, pero se viene usando con total libertad desde hace más de tres décadas. La situación se agrava cuando ni siquiera se respeta estas dos normas mencionadas y aprovechando de la falta de una reglamentación, se viene utilizando gaviones con características inferiores aun a lo que exige la normativa de Brasil; es así que se utilizan gaviones con cocadas 10x12 y alambre 2.4mm (resistencias a la rotura de solo 650 kgf/ml muy por debajo de los 2,000 kgf/ml mínimo que debe tener),

En 1982 y 1983, se presentó El Niño con gran intensidad, fue uno de los más fuertes en la historia del Perú. Arrasó severamente la infraestructura instalada incluyendo las recientemente reparadas, declarándose en emergencia las obras de defensas ribereñas, puentes y demás sobre cantos de ríos. En estos años, se consolida la tendencia del uso de los gaviones en el Perú.

con uso libre y sin remordimientos del que específica, del que lo compra y del que lo vende.

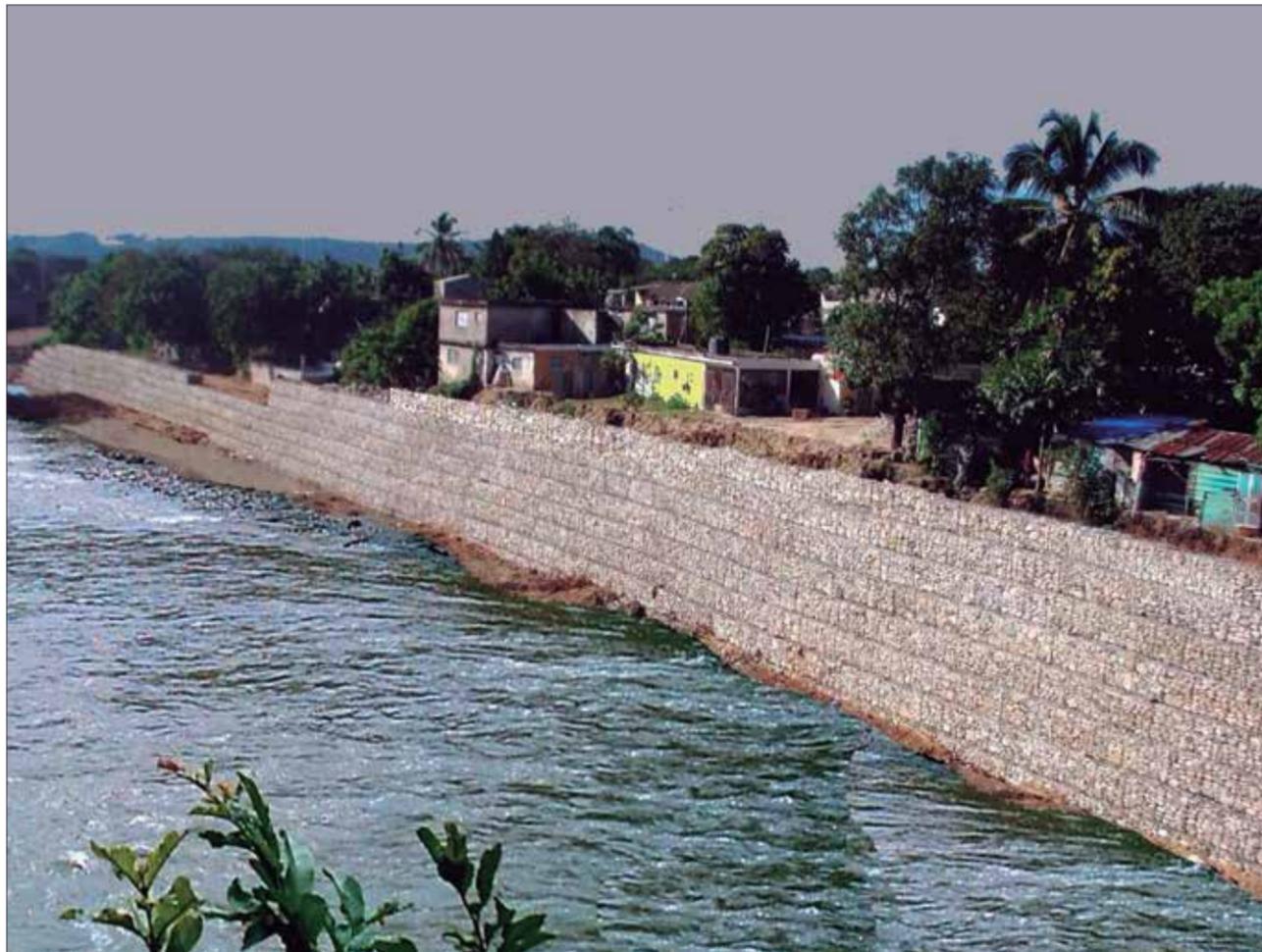
¿Ignorancia o interés comercial?

En América Latina, los gaviones se usaron a finales de los años 60. Eran gaviones con galvanización pesada y se comenzaron a usar de manera esporádica en construcciones para la industria petrolera y minera, gracias a recomendaciones de algunos ingenieros que habían tenido contacto con ese tipo de producto innovador en obras europeas. En esa misma década, ya se tenía normas de gaviones con galvanización pesada y geometría basadas en el esfuerzo y durabilidad.

En Perú, la aplicación de gaviones se volvió una necesidad por la llegada de varios fenómenos como el de El Niño. En 1972, se produce este fenómeno climatológico de mediana intensidad que deteriora de manera importante la infraestructura instalada sobre todo en el norte del país y abre un escenario de urgencia para obras de defensas ribereñas, aplicándose de manera masiva soluciones tradicionales.

Al año siguiente, El Niño regresa casi con la misma intensidad con consecuencias acumuladas severas para el país lo cual dispara los planes de rehabilitaciones y prevenciones. Es en esta fecha que se inician las importaciones de gaviones generalmente de EE.UU y que estaban regidos a la norma americana ASTM A 975. Se comienza, también, de manera regular las especificaciones para las obras de rehabilitaciones y prevenciones.

En 1976, El Niño vuelve al país y daña las obras realizadas en el 72 y 73, lo que de-



mostró que las defensas ribereñas hechas de concreto no eran lo suficientemente resistentes; ya que la base de estas estructuras se debilita ante la socavación de las corrientes, por su rigidez no permite su reacomodo y colapsa de manera total, lo que finalmente culmina en el desborde del cauce. Ante esta coyuntura, se intensificó la importación de gaviones, ya no sólo de Estados Unidos, sino también de Brasil. En 1982 y 1983, se presentó El Niño con gran intensidad, fue uno de los más fuertes en la historia del Perú. Arrasó severamente la infraestructura instalada incluyendo las recientemente reparadas, declarándose en emergencia las obras de defensas ribereñas, puentes y demás sobre cantos de ríos. En estos años, se consolida la tendencia del uso de los gaviones en el Perú. A pesar que para estas fechas se importaban gaviones según las exigencias de la norma norteamericana ASTM A 975, por las emergencias y prioridades declaradas se abrió paso a importaciones de gaviones inadecuados para nuestros ríos (cocadas 10x12mm), con mayores márgenes desde el punto de vista comercial. En este tiempo, lo que sí se seguía respetando eran los diámetros de alambres mínimos de 2.70mm.

Pasada la emergencia, las autoridades no reaccionaron ante esta tendencia de usar gaviones de menor calidad para construir nuestras defensas ribereñas. En el 1987 y el 1992, otra vez se presenta El Niño de mediana intensidad, pero con destrucción de la infraestructura instalada. La demanda creciente del uso de gaviones continua y las importaciones de gaviones 10x12 desde Brasil van en aumento. A pesar de la tendencia creciente del uso de los gaviones en el Perú, no ocurre de modo reactivo una normalización para garantizar valores mínimos de estos materiales; quizá por negligencia o por la falta de conocimiento.

¿Batalla que perdemos?

En el 1994, se inicia la fabricación de gaviones a partir de importaciones de malla 8x10 desde Chile y Ecuador; se inicia la curva de aprendizaje sobre este producto y una puja comercial con los importados desde Brasil. Debido a la competencia local, en este tiempo las importaciones de Brasil típicas mantienen la misma cocada de 10x12, pero involucran a un alambre inferior, es decir de 2.70mm a 2.40mm, resultando en calidades

y prestaciones del gavión muy por lo bajo de los mínimos que se debe tener. La nueva presentación de muy baja calidad de los gaviones brasileños estuvo acompañada de fuertes campañas de marketing y publicidad, con el único propósito de aprovechar la gran masa de proyectos especificados con gaviones en la obras de reparaciones, reconstrucciones y prevenciones por daños del fenómeno del Niño. Esta merma en la calidad del producto fue y es solo posible por la falta de una norma para gaviones. En el 1997, se potencia la capacidad de fabricación de gaviones basados en la norma ASTM A 975 con otra máquina más 10x12, 8x10 y 6x8. En el 1997 y el 1998 en el Perú se producen fenómenos de El Niño catastróficos con destrucción masiva de obras. La tendencia creciente del uso de gaviones es exponencial y las importaciones de gaviones 10x12 desde Brasil van en aumento con especificaciones muy por debajo de los mínimos técnicos. En este tiempo nace en el Perú otra fábrica de gaviones 10x12. En el Perú aún no se instala normas fijando los mínimos requerimientos para los gaviones adecuados a la geografía de nuestro país.

Para finales de la década de los 90, el Perú tiene fabricación nacional de todo tipo de gaviones, incluso, los de calidad por debajo de los requerimientos mínimos debido a la falta de normatividad oficial del uso de gaviones. Esta pésima calidad de gaviones ya es de uso masivo, lo que deriva a obras de muy baja calidad y nula seguridad. Los daños frecuentes de este tipo de soluciones con gaviones inadecuados, se explican y/o justifican con los eventos hidrológicos extraordinarios y se continúa con su uso. En la actualidad, las inversiones estatales con gaviones en años normales, supera los 30 millones de soles anuales y se dirige principalmente a obras de defensas ribereñas, en ellas se usan mayoritariamente (sobre el 80%) gaviones inadecuados con características por debajo de las exigencias mínimas técnicas, representando pérdidas importantes por las frecuentes rehabilitaciones y mejoramientos. Según la Autoridad Nacional del Agua, existen 137 ríos en diversas regiones del

Perú que están en constante riesgo de desborde ante la temporada de lluvias intensas o ante la presencia de El Niño. Este año, se han declarado en emergencia a Tumbes, Moquegua, Tacna, Amazonas, San Martín, Loreto, entre otras regiones por desborde de sus ríos; y en este marco las aplicaciones de gaviones inadecuados, continúa. Todo esto sigue sucediendo gracias a la falta de normatividad estatal sobre las mínimas características que deben tener los gaviones, más allá de la falta de conocimiento de la comunidad técnica sobre este producto y de los intereses comerciales siempre presentes.

Consideraciones técnicas

Si bien en nuestro país hay un vacío legal, los ingenieros y responsables de obras no deben caer en la ignorancia y dejarse llevar por el tipo de gavión más accesible económicamente, sino buscar la calidad y tener en cuenta los siguientes aspectos técnicos:

1.1.1 Los Esfuerzos Límites que deben respetarse.

Considerando un escenario de un metro cúbico el peso volumétricos de piedras de relleno de Gaviones los pesos de estos oscilan entre los 1400 kgf/m³ a 1800 kgf/m³. Si el relleno fuera material fino (material de sitio), estos pesos pueden llegar hasta los 2,000 kgf/m³. Sobre estos esfuerzos se basa el espíritu de la norma ASTM. Es importante mencionar que el diámetro de las piedras de relleno es directamente proporcional al coeficiente de fricción e inversamente proporcional a su peso volumétrico y a la reducción de la capacidad erosiva. Es decir cuánto más grueso es el diámetro de los rellenos, el gavión instalado pesará menos, tendrá mayor fricción y protegerá menos de la erosión.

1.1.2 La resistencia de la malla.

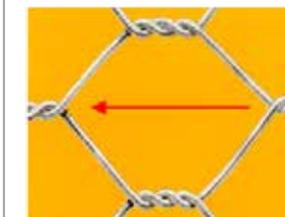
El gavión está conformado por mallas metálicas hexagonales de comportamiento biaxial asimétrico. Un experto en gaviones debe de conocerlo a fin de diseñar con los factores de seguridad respectivos considerados en el lado más débil. Es importante mencionar que la resistencia de la malla es directamente proporcional al diámetro del alambre e inversamente proporcional a la abertura de su cocada; es decir a mayor cocada menor resistencia. Las normas existentes sobre gaviones respetan resistencias mínimas de las mallas vinculados al peso volumétrico esperado de sus rellenos.

1.1.3 El sentido de la malla.

Por su naturaleza biaxial es muy importante el sentido de las mallas o distribución de las mismas en el gavión. A continuación un cuadro de resistencia de mallas variando los diámetros de los alambres y el tipo de cocada.

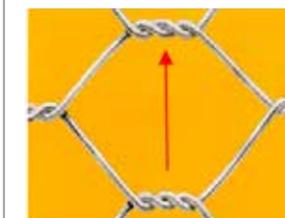
1.1.4 Las tolerancias de las medidas de las cocadas

Como ya se dijo que la resistencia de las mallas es inversamente proporcional a la abertura de sus mallas. Los fabricantes suelen usar las tolerancias al máximo para incrementar utilidades. Por ejemplo; si consideramos las medidas mínimas de las cocadas como 60mm, 80mm, 100 y 120mm, la norma brasileña permite adicionales de estas medidas hasta en +16%. La norma ASTM A 975 permite +17% para 60mm, +14% para 80mm y +25% para la medida de 100mm si consideramos su medida asociada al 80mm. Las medidas adicionales obviamente significa una reducción de su resistencia casi en la misma proporción porcentual indicada, lo cual debe considerarse en el diseño como condición límite y/o señalar meno-



Resistencia paralela a la torsión

Ø mm A° Alma	Medida nominal de Cocada en cm.		
	6x8	8x10	10x12
3.40			5600
3.30			5300
3.20			4950
3.00		5300	4450
2.70		4300	3450
2.40	4200	3350	2550
2.20	3500	2700	1900
2.00	2800	2000	1200



Resistencia ortogonal a la torsión

Ø mm A° Alma	Medida nominal de Cocada en cm.		
	6x8	8x10	10x12
3.40			2900
3.30			2650
3.20			2400
3.00		2700	1900
2.70		2000	1200
2.40	1800	1300	650
2.20	1300	900	300
2.00	850	500	30

■ ASTM A 975
■ NBR 10514
■ Se comercializa

res tolerancias en la abertura de cocada (Los fabricante nacionales pueden reducir estos márgenes). En estos aspectos no descuidar la medida del lado mayor de las cocadas pues es común supervisar los lados menores, cuando ambos son muy importantes para la resistencia final de la malla. Estos límites deben ser conocidos de manera completa y evitar así el sub dimensionamiento de la seguridad de las obras, el tamaño de los rellenos de piedras que se pueden usar, sus costos y por lo tanto las características que va a tener.

1.1.5 El tipo de alambre.

Con el fin de facilitar el tejido sin que se fatigue, los alambres deben ser de bajo contenido de carbono tipo SAE 1008. Si se usan alambres diferentes ya sea para abajo o para arriba; el producto llamado gavión será inferior. Sobre este aspecto por ejemplo la norma ASTM A 975 indica que los alambres deben tener una resistencia entre 485 MPa a 515 MPa. La norma Brasileña NBR 10514 indica 380MPa a 500MPa. Nuevamente estos aspectos están directamente relacionados a la resistencia de la malla y por lo tanto al gavión.

1.1.6 El diámetro de los alambres

Este aspecto está directamente relacionado a la resistencia de la malla. En esta característica nuevamente influye mucho las tolerancias que las normas permiten, por ejemplo; la norma ASTM A 975 permite variaciones de hasta 0.10mm para los diámetros de los alambres. La norma Brasileña NBR 10514 permite de 0.06mm a solo 0.07mm dependiendo del diámetro. Los fabricantes por un sesgo comercial, siempre irán a los límites inferiores que la norma permite salvo que el diseño indique lo contrario.

1.1.7 El recubrimiento y tipo de galvanización de los alambres

Este aspecto es fundamental para el almacenamiento de gaviones, es importante contra la oxidación en obra y es de menor importancia contra la abrasión. Al respecto la norma ASTM A 975 recomienda 4 tipos de revestimientos: El Estilo 1 es un recubrimiento pesado de zinc. El Estilo 2 es un recubrimiento de zinc + 5% de aluminio. El recubrimiento 3 es lo indicado por el Estilo 1 + un recubrimiento de PVC y el Estilo 4 es 100% Aluminio. Dentro de este espíritu de la norma, el Estilo 3 es la mejor opción contra la abrasión pues combina dureza y plastificación, pero esta característica no es significativa contra el impacto de bolonería siendo necesario en esos casos el blindaje flexible de los mismos.

Para finales de la década de los 90, el Perú tiene fabricación nacional de todo tipo de gaviones, incluso, los de calidad por debajo de los requerimientos mínimos debido a la falta de normatividad oficial del uso de gaviones. Esta pésima calidad de gaviones ya es de uso masivo, lo que deriva a obras de muy baja calidad y nula seguridad.

1.1.8 El recubrimiento plástico

Este recubrimiento ayuda de modo significativo contra la oxidación y la abrasión (El PVC es más resistente contra la abrasión que el acero), pero debe respetar la calidad del PVC y su espesor. Para ello las normas Del ASTM A 975 indican como mínimo un espesor de 0.38mm y las normas brasileñas de 0.40mm; en el mercado es típico encontrar espesores de 0.50mm.

1.1.9 La simetría de las mallas.

La simetría de las mallas garantiza las características esperadas de ella, la no ocurrencia de ello significará la desmejora de las mismas.

El gavión tiene muchas variables que determinan sus características y que exigen que el especificador y/o diseñador los conozca a profundidad de modo que los manipule y/o modele apropiadamente en su cálculo para garantizar la calidad de las mismas. Si los gaviones no están especificados de modo completo y claro, será potestad del comprador o del fabricante agregarle comercialmente lo más conveniente.

Asimismo, los gaviones pueden tener diversas presentaciones que las hagan adaptables al terreno donde se aplicará. Pueden armarse en forma de caja, colchón, saco y gavión armado; mencionamos algo sobre este aspecto: Gavión tipo caja que presenta un panel de refuerzo fabricado con malla hexagonal de doble torsión. Este panel está conformado por una malla uniforme y continua, el cual se introduce en la masa terreno garantizando un mejor desempeño en terrenos que requieren mayor refuerzo de suelo tales como contención y estabilización de taludes; y en rellenos para diferentes aplicaciones.

Gavión tipo colchón son estructuras que poseen forma de prisma rectangular, elaborados con malla hexagonal de doble torsión producida con alambres de acero recocido revestidos. Los gaviones son subdivididos en células por diafragmas cuya función es reforzar la estructura. Estos elementos estructurales flexibles, armados, drenantes y aptos son utilizados en la construcción de los más diversos tipos de estructuras (muros de contención, presas, canales, etc.).

Gaviones Saco es un elemento fabricado a partir de un único panel de malla hexagonal de doble torsión producido a partir de alambres de bajo carbono con recubrimientos de 3zn o bezinal (zn+5%al). Son usados principalmente en obras de emergencias, en obras hidráulicas donde las condiciones locales requieren de una rápida intervención o cuando el agua no permite fácil acceso al lugar (instalaciones subacuáticas) o cuando el suelo de apoyo presenta baja capacidad de soporte.

Malla Gavión es una malla hexagonal de doble torsión, que tiene la finalidad de rehabilitar los lados gastados de los gaviones, la construcción de rellenos armados con fachadas de gaviones y el revestimiento de taludes evitando el desprendimiento y caída de rocas.

Más allá del vacío normativo que sufrimos en el Perú y de las presiones comerciales; los diseños de obras con gaviones, su supervisión su construcción, etc.; está a cargo normalmente de ingenieros especialistas. Frente a la falta de normatividad para los gaviones, con este artículo hacemos un llamado, a la comunidad de ingenieros peruanos, para que corrijan estas anomalías con su filtro experto y vinculante. Como ingenieros somos responsables que nuestras obras sean seguras.

Ya son muchos los años de silencio y de falta de reacción de los órganos normativos del Perú, ya es tiempo de establecer la norma de gaviones en el Perú con la cual se fijen las características mínimas que evitarán interpretaciones, discusiones, confusiones, pujas comerciales y sobre todo la superficialidad en sus especificaciones. De esta manera, se logrará realmente la mejora de la calidad y durabilidad de las obras con gaviones para el beneficio de la infraestructura y poblaciones vulnerables en el Perú y de mantener en alto el buen concepto regional de la ingeniería en el Perú.

(*) Gerente de Ingeniería de Cidelsa



TIERRA VIVA
HOTELS
Seize your day



ESTAMOS EN CINCO DESTINOS DEL PERU:
LIMA, CUSCO, PUNO, AREQUIPA Y MACHU PICCHU



CONTRIBUIMOS A QUE TU VIAJE SE
CONVIERTA EN UNA EXPERIENCIA INOLVIDABLE

www.tierravivahoteles.com

6° CONGRESO IBEROAMERICANO DE PAVIMENTOS DE HORMIGÓN

Entre el 23 y 24 de abril se realizó en Iguazú, Argentina, el Sexto Congreso Iberoamericano de Hormigón al que asistieron representantes de veinte países.

Quince expertos compartieron sus conocimientos a los largo de esos dos días. El próximo congreso se realizará en el Perú en el año 2017.



MACCAFERRI

ENGINEERING A BETTER SOLUTION

Somos especialistas con más de 125 años de experiencia a nivel mundial

Soluciones que brindamos



Terramesh System para suelos reforzados



Redes para el control de caídas de rocas



Geomallas MacGrid para refuerzos de suelo



Gaviones para obras de contención y defensas ribereñas



Geocompuestos de drenaje - Macdrain

Carretera Nueva Panamericana Sur Km. 33, Lurín - Lima
Telf. (51-1) 201-1060
E-mail: marketing@maccaferri.com.pe

www.maccaferri.com.pe

El asfalto y su aplicación en carreteras

Carretera pavimentada mediante un riego de sello (EUA, actual).

El asfalto no es un material empleado recientemente. Hay indicios de su uso desde hace cientos de años en la Mesopotamia. Este es un repaso histórico de cómo ha venido evolucionando la utilización del asfalto en la construcción de vías terrestres.

✍️ Alberto Bardessi (*)

Como en tantas otras actividades de la vida humana, como la creación de las primeras ciudades, la construcción de los primeros templos o el desarrollo de la escritura, hay que remontarse a una de las cunas de la humanidad, la Mesopotamia de los sumerios del cuarto milenio a.J.C., para encontrar los primeros vestigios del empleo del asfalto en forma de mástico de asfalto natural, finos minerales y fibras vegetal. Como material adherente en la mampostería de ladrillo, como material de estanqueidad e, incluso, como solados y caminos peatonales. También se han encontrado ejemplos del empleo del asfalto en el valle del Indo y, según algunos expertos, el término latino *bitumen* proviene del sánscrito. Egipcios, griegos y romanos emplearon con profusión el asfalto. En cualquier caso, se trata de asfaltos naturales procedentes de depósitos o yacimientos superficiales como el famoso "betún de Judea" procedente del lago llamado *Asfaltites* por los griegos, pero más conocido por todos como Mar Muerto.

En la propia Biblia encontramos referencias al uso del asfalto: en la construcción del Arca de Noé, en las "andanzas" del joven Moisés o en la descripción de la Torre de Babel. De hecho, según la traducción o versión de la Biblia que leamos, podemos ver que se utilizan indistintamente términos como betún, asfalto, alquitrán, brea. Parece que la maldición bíblica de la Torre de Babel afectó al asfalto desde el primer día. Y después de miles de años seguimos igual. Lo que es *bitumen* o betún en Europa es *asphalt* o asfalto en América. Afortunadamente ya no los confundimos con alquitrán y brea, *tar & pitch*, por lo menos no lo hacemos la mayoría de los profesionales de la ingeniería. Sea cual fuere el término escogido, aunque a partir de aquí nos referiremos siempre a él como asfalto, se trata de un producto procedente del tratamiento de crudo de petróleo, de gran complejidad química, color negro brillante, olor característico, in-

sensible a la acción del agua, que cambia su consistencia con la temperatura y que presenta unas excelentes propiedades adhesivas con la mayor parte de los materiales. El asfalto comparte muchas de estas características con su "primo" el alquitrán, ligante que procede del carbón o de la madera. Pese a esa similitud, el alquitrán ha dejado de emplearse de forma habitual siendo sustituido por el asfalto en la práctica totalidad de las aplicaciones. Las razones para ello son, en primer lugar, de peligrosidad de las emisiones del alquitrán para la salud, en segundo lugar, de sus peores prestaciones mecánicas y, por último, de disponibilidad.

Dando un largo salto en la Historia, en la primera mitad del siglo XVIII se descubren yacimientos de asfalto natural en Suiza y Francia. Algunos años después, en la Francia de la primera mitad del XIX empieza a utilizarse en aplicaciones aisladas, generalmente en puentes y en zonas urbanas (Burdeos y Lyon en 1810), bajo forma de mástico. Así, hacia 1820, París cuenta con numerosas calles asfaltadas y con cerca de 1.000 km de aceras peatonales. Muy rápidamente esta técnica se exporta a las potencias de la época, Inglaterra y Prusia, y a la costa este de los E.U.A.. En España la primera pavimentación asfáltica se produce en 1857 en la Puerta del Sol

Dando un largo salto en la Historia, en la primera mitad del siglo XVIII se descubren yacimientos de asfalto natural en Suiza y Francia. Algunos años después, en la Francia de la primera mitad del XIX empieza a utilizarse en aplicaciones aisladas, generalmente en puentes y en zonas urbanas (Burdeos y Lyon en 1810), bajo forma de mástico.



Vista actual del Mar Muerto. En sus orillas de extraña asfalto natural.

de Madrid. En 1880, Washington D.C. ya es la ciudad con más calles pavimentadas con asfalto en el mundo.

Sin embargo, el desarrollo de la pavimentación en carreteras no llegó de la mano del asfalto natural sino del alquitrán obtenido en las fábricas de gas y en las coquerías que alimentan la industria siderúrgica. Parece que el descubrimiento de las ventajas que proporcionaba el alquitranado de los caminos de piedra machacada fue meramente accidental. Pero sea como fuere, la técnica se completa con la aplicación de arena y/o gravillas sobre el alquitrán, probablemente para evitar que se pegue a los cascos de las caballería y las ruedas, y surgen los riegos de sellos (*chipseals*). Los riegos de sello con alquitrán constituyen el origen de la pavimentación moderna de carreteras.

Y subrayamos lo de moderna porque la pavimentación de caminos es una rama de la ingeniería y una parte de la gestión gubernamental con, al menos, tres mil años de antigüedad. Por todos es conocida la potentísima red de vías del imperio romano, unos 100.000 km en su apogeo, de la que una parte significativa, al estilo de nuestras autopistas actuales, estaban terminadas con grandes losas, generalmente de basalto, que actuaban a modo de pavimento. Por su forma de trabajar, técnicamente se podría afirmar que los ingenieros romanos implantaron los pavimentos rígidos con juntas sin pasadores (método californiano). Entre esta época y el siglo XIX surgen y caen muchos otros imperios: chino, otomano, azteca, inca, español, francés... y tantos otros, pero las técnicas de pavimentación siguen sin evolucionar, cuando no empeorar. Salvo excepciones, los caminos se construyen con tierra y únicamente en las grandes ciudades, en sus plazas y calles más importantes, se emplean pavimentos de adoquines

(...) la segunda parte del siglo XX ve florecer las redes de carreteras en todos los países. Más rápido, con más intensidad y, probablemente, con mayor calidad en los países más ricos, pero crecimiento en todos. Y sobre casi todas esas carreteras, las soluciones asfálticas.



▲ Pavimentación de calles con mástico de asfalto natural. Francia.



▲ Reciclado de pavimento en frío con emulsión.

de piedra. Hubo que esperar hasta 1816 y 1819 para que el genial agrimensor escocés Jhon L. McAdam publicara sus dos tratados sobre carreteras: *Remarks on the Present System of Road-Making* y *Practical Essay on the Scientific Repair and Preservation of Roads*. La necesidad de elevar la rasante sobre el terreno y la forma convexa con bombeo a dos aguas son, además del archifamoso macadam, sus aportaciones de mayor impacto. La base conceptual está servida. Algo después, en 1834, Poncelau incorpora los rodillos compactadores a vapor. Pero volvamos al final del siglo XIX y descubriremos otro elemento que tiene un impacto decisivo sobre el desarrollo de las carreteras: la invención del automóvil. En efecto, este "diabólico artefacto" como fue calificado en sus orígenes, empieza a adueñarse de los caminos y ya en 1901 provoca la creación de en Francia de una "Liga contra el polvo en las carreteras" promovida por el Dr. Guglielminetti, que posteriormente será uno de los representantes de Francia en el Primer Congreso Mundial de la Carretera en 1908 (origen

de la AIPCR). Ante el fracaso de su pretensión inicial de que se prohibieran los automóviles, cambia su discurso e inicia una cruzada para promover el alquitranado de las carreteras. Algo similar debió de ocurrir en el resto de países avanzados de la época, de tal forma que al inicio de la Primera Guerra Mundial todos ellos tenían una pequeña parte, la de mayor tráfico, de la red de carreteras con revestimiento. Incluso España, con algo de retraso (el primer camino alquitranado se ejecuta en Lugo en 1904 con material procedente de la fábrica de gas de La Coruña), se incorpora a los nuevos usos y en 1926 se lanza el "Circuito Nacional de Firmes Especiales" durante uno de los gobiernos de Primo de Rivera. Aunque suene paradójico, el objetivo prioritario es abrir el territorio al turismo que se mueve en automóvil. Cosas ambas reservadas a las clases más pudientes de la época. Sea como fuere, la red pavimentada había alcanzado los 7.000 km cuando se inicia la Guerra Civil en 1936 de los que un 75% emplean riegos superficiales y profundos. ¿Qué razones hay para ese éxito? Sin



▲ Regador de asfalto al "viejo estilo"

duda las mejoras que para casi cualquier condición climatológica ofrecen los caminos pavimentados sobre los de tierra. No se embarran cuando llueve, no hay polvo cuando están secos... Pero además su calidad de rodadura y su durabilidad son incomparables. Criterios que hoy retenemos como prioritarios en la gestión de la red viaria.

Pero también el cambio en los modos de transporte prioritarios. Hasta bien avanzado el siglo XX el modo de transporte mayoritario es el ferrocarril pero de forma rápida e imparable es sustituido por la carretera. Y el país motor del cambio es E.U.A. Las cifras hablan por sí solas. En 1930, su parque vehículos es superior a los 25 millones con un ratio de motorización superior a los 200 vehículos por mil habitantes. Europa se queda muy atrás. Sólo Francia y Gran Bretaña superan el millón de vehículos con ratios de motorización por debajo de los 40 vehículos por mil habitantes.

Este avance en la motorización sólo fue posible de la mano del desarrollo de la industria del refinado de petróleo y, por tanto, de la puesta a disposición del asfalto tal y como lo conocemos hoy día. Se trata de un producto barato, que funciona muy bien y prácticamente inagotable, al menos con la mentalidad de la época. En 1902 ya se producen 18.000 toneladas de asfalto. En 1919 se crea la Asphalt Association que posteriormente se transformará en el



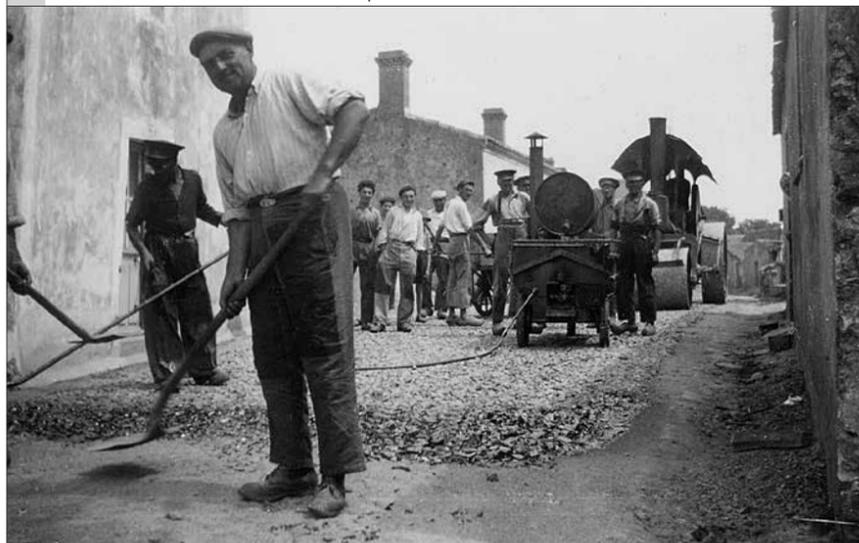
▲ Rodillo Barber 1925.

Asphalt Institute. En 1921, el Congreso de los E.U.A. enmienda la Federal Aid Road Act de 1916, potenciando la construcción y mejora de las carreteras como elemento esencial para permitir el progreso económico de la nación. Un último empujón legal, con la U.S. Defense Act de 1941, potenciando la construcción de carreteras como contribución al esfuerzo bélico, termina de configurar la más potente red de carreteras conocida hasta entonces. En este período se produce otro cambio

trascendental. Se trata de la evolución de las primeras carreteras pavimentadas mediante riegos de sello a las más potentes carreteras con pavimento de hormigón, o concreto, asfáltico. En los últimos años del XIX y principios del XX, compañías como Barber Asphalt Paving o Warren Brothers empiezan a poner en el mercado maquinaria para la construcción de pavimentos asfálticos. En 1910 aparecen las primeras plantas con tambor-secador que permitirán la fabricación a gran escala de hormi-



↑ Ford T de 1910. La motorización inicia su imparable crecimiento.



↑ Asfaltado sobre macadam. Francia. Periodo entreguerras.

gones asfálticos. No significa eso que se diera un salto radical y se abandonara la técnica de los riegos. Antes al contrario, E.U.A. era, y sigue siendo, el país con más superficie pavimentada con esta técnica. Simplemente, las mayores exigencias del tráfico conllevan soluciones más potentes y de ahí la evolución a los hormigones asfálticos desde los riegos de sello y de penetración.

Mientras tanto, Europa se mueve también aunque a menor velocidad. En Versalles, Francia, se coloca en 1909 una capa de mezcla asfáltica de 5 cm de espesor pero que responde más bien a un mástico mezclado con áridos gruesos 10/40 mm. Hasta los años 30, el betún se importa en bidones desde E.U.A. y el alquitrán sigue siendo el ligante mayormente empleado. Además, existe una cierta contestación social al empleo de hormigones asfálticos ya que su coste por metro cuadrado do-

bla el de los riegos de sello con alquitrán. Habrá que esperar el despegue de las infraestructuras europeas tras la guerra para que esta situación se invierta motivada por el auge de la industria petrolera y el decaimiento de la producción de gas a partir del carbón que, paulatinamente, es sustituido por gas natural. Todo este "boom", que abarca desde principios de siglo pero que realmente explota tras el final de la II Guerra Mundial,

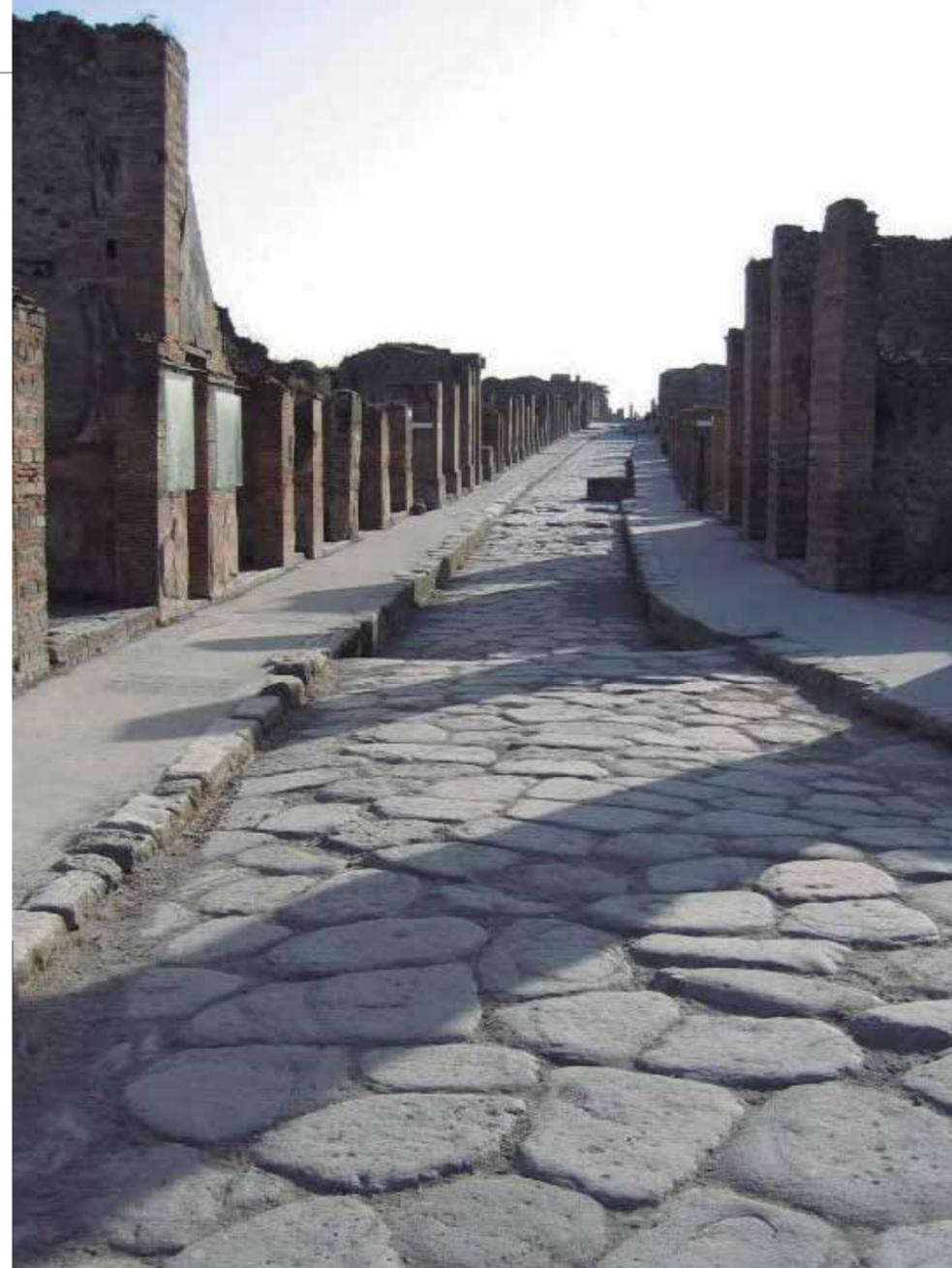
Las emulsiones constituyen hoy la gran alternativa de empleo del asfalto frente a las aplicaciones en caliente, aunque aún queda mucho camino por recorrer. Como es bien conocido, las emulsiones son dispersiones de un líquido en otro como, por ejemplo, la leche o la salsa mayonesa.

requiere inevitablemente de un desarrollo tecnológico en paralelo. Se trata de, por un lado, entender el funcionamiento mecánico del asfalto y, por otro, de asegurar que sus aplicaciones son duraderas. Viscosidad, penetración y otros, son ensayos de asfaltos que se ponen a punto en esta época y que, al día de hoy, siguen siendo ampliamente utilizados y que han servido de base a diferentes tipos de especificaciones nacionales y supranacionales (p.e. la actual de la Unión Europea). Pero inmediatamente se ve que el asfalto es un producto de comportamiento complejo cuya comprensión requiere estudios profundos. Así surgirán los trabajos, por citar algunos, de Pfeiffer sobre la medida de la susceptibilidad térmica a través del Índice de Penetración, de Van der Poel que en 1954 introduce el concepto de módulo de rigidez del asfalto así como un modelo predictivo de cálculo a partir de la frecuencia de la sollicitación y la temperatura mediante su famoso ábaco, o los de Heukelom que en 1960 "simplifica" en un ábaco, la variación de la penetración y la viscosidad respecto de la temperatura. Más recientemente los estudios sobre la curva maestra del módulo, los diagramas de Black y Cole-Cole...Y todo ello para desembocar en el que probablemente es el cambio conceptual más importante en materia de ensayos y especificaciones del asfalto: el sistema SUPERPAVE desarrollado en el marco del Strategic Highway Research Program. Un sistema que idealmente establece unos requerimientos prestacionales a los asfaltos, en términos de rigidez, fragilidad y fatiga para las condiciones más críticas de envejecimiento, que deben cumplirse para las condiciones climatológicas y de tráfico de la carretera en que van a ser empleados.

Para los hormigones asfálticos, los primeros ensayos y procedimientos de diseño hacen referencia al contenido de asfalto y de huecos (vacíos), lo que sigue siendo hoy día la base la mayor parte de los procedimientos empíricos. En los años 20, P. Hubbard y F.C. Field desarrollan uno de

los primeros métodos de evaluación de las propiedades físicas mediante su conocido ensayo de estabilidad al corte por penetración de un pistón, especialmente indicado para mezclas finas, y ya en los años 30, primero F. Hveem y posteriormente B. Marshall desarrollan procedimientos de diseño de mezclas. Ni que decir tiene que el procedimiento Marshall, su sistema de preparación y rotura de probetas, ha sido la referencia mundial para el diseño de hormigones asfálticos mediante la determinación de huecos y el análisis de la deformación (total, estabilidad y módulo) desde que fue adoptado por el Corps of Engineers y por el Asphalt Institute. Pero ello no significa que la tecnología se haya mantenido paralizada desde entonces. Al contrario, el comportamiento y el diseño de hormigones asfálticos ha ido mejorando paulatinamente. Ensayos de comportamiento a deformación en pista, de módulo complejo, de fatiga, de resistencia al agua, de escurrimiento, de indentación...y un largo etcétera para intentar optimizar las mezclas de cara a sus prestaciones a escala real. Cuando no ha sido posible anticipar comportamientos en laboratorio se han desarrollado ensayos en campo para conocer el comportamiento en uso: la rugosidad, la regularidad, la porosidad, la sonoridad, muchos de ellos ligados a los dos condicionantes básicos que se exigen a las carreteras: la seguridad y la comodidad.

Hablamos de asfalto y de pavimentación asfáltica con carácter general, pero si por algo se caracteriza este producto es por su capacidad de adaptación a casi cualquier entorno de trabajo ofreciendo soluciones operativas y durables con formas muy diferentes de aplicación, es decir estamos ante un producto muy versátil. Así, podemos formular asfaltos blandos adaptados a firmes muy flexibles y/o para climas muy fríos o, por el contrario, formular asfaltos de mayor módulo adaptados a tráfico intenso en climas muy cálidos. Si hablamos de formas de empleo, el asfalto suele emplearse mayoritariamente en caliente, esto es, reduciendo su viscosidad mediante el aumento de temperatura. Pero podemos también reducir la viscosidad mediante otros sistemas de forma que su aplicación se realice a temperaturas menores, incluso en muchos casos a temperatura ambiente. Disponemos de tres formas de reducir la viscosidad: los asfaltos diluidos (cutbacks), también denominados fluidificados o líquidos, las emulsiones y el asfalto espumado (asphalt foam).



↑ Vía romana en Pompeya. Italia.



↑ Microglomerado en frío.



Mezcla con caucho reciclado (asphalt rubber).

En los asfaltos diluidos mezclamos el asfalto con un disolvente afín. Formulamos con diferentes proporciones de disolvente, en orden a reducir más o menos la viscosidad, y con un tipo diferente de disolvente en función de la velocidad a la que queramos que éste se evapore (proceso de curado). En base a ello, tenemos tres tipos de asfaltos diluidos: de curado rápido, medio y lento (RC, MC, SC) para los que se emplean, respectivamente, la nafta/gasolina, el queroseno o el gasoil/diésel, incluso en combinación entre ellos. El uso de unos u otros dependerá de la aplicación: riegos de sello, de liga, de imprimación, mezclas abiertas. Esta técnica se conoce casi desde el principio de los pavimentos asfálticos y aún hoy día sigue empleándose de forma bastante generalizada si bien, paulatinamente, está siendo sustituida por las emulsiones para la mayoría de las aplicaciones por razones de coste, medioambientales y de seguridad laboral.

Las emulsiones constituyen hoy la gran alternativa de empleo del asfalto frente a las aplicaciones en caliente, aunque aún queda mucho camino por recorrer. Como es bien conocido, las emulsiones son dispersiones de un líquido en otro como, por ejemplo, la leche o la salsa mayonesa. En el caso de las empleadas en carreteras son dispersiones de asfalto en agua en las que un tercer componente, el emulsio-

nante también denominado emulsificante o emulgente, juega un papel fundamental en tres aspectos: la propia producción de la emulsión, en la rotura de la emulsión, es decir, en la separación posterior de la fase ligante de la fase acuosa y en la adherencia del asfalto a los agregados pétreos. Las emulsiones de asfalto fueron desarrolladas y patentadas por un químico inglés, H.A. Mackay, en 1922. Su éxito fue notable ya que la producción europea de emulsiones se estimaba ya en 1926 en unas 150.000 toneladas. Sin embargo, se trataba de emulsiones de tipo aniónico (pH > 7) que sólo funcionan correctamente con agregados de naturaleza básica, por ejemplo calizos. La aparición en 1951 de las emulsiones catiónicas, patente ESSO, amplía el espectro de agregados utilizables. A partir de ahí, la producción mundial, crisis aparte, ha ido aumentando hasta situarse próxima a los 10 millones de toneladas lo que representa aproximadamente un diez por ciento del consumo mundial de asfalto.

La gama de emulsiones disponibles es muy amplia, distinguiéndose por la velocidad de rotura (rápidas, medias, lentas y sobreestabilizadas), por el contenido (35 al 75%) y tipo (asfalto puro, fluidificado, duro/blando, modificado,...) de ligante, etc. Todo para poder cubrir el enorme campo de sus aplicaciones: riegos anti-polvo, de liga, de curado, de imprimación,

de sello, mezclas abiertas y cerradas, lechadas, microaglomerados, reciclados. Desde este punto de vista, las emulsiones son la forma de empleo más versátil y especializada dentro del mundo del asfalto y, sin duda, ello hará que su empleo siga creciendo en base a las mayores exigencias ambientales y de seguridad. Salvo una ruptura tecnológica que no es imaginable al día de hoy, pero tampoco descartable.

Y por último el asfalto espumado. El último sistema en llegar y el menos desarrollado. Consiste en el aumento temporal del volumen de un cierta masa de asfalto mediante la inyección de pequeñas cantidades de agua en el asfalto caliente que al vaporizarse forman burbujas de vapor de agua. La relación de volumen inicial y final (ratio de expansión) y de su duración (vida media) son los parámetros que caracterizan este proceso. El asfalto espumado se ha empleado con éxito en algunos países: Noruega, Canadá, Sudáfrica,... pero todavía está lejos de haberse popularizado aunque sea una alternativa a considerar de cara al futuro especialmente en el campo de las mezclas tibias de las que se hablará posteriormente.

Volviendo al desarrollo de las carreteras, la segunda parte del siglo XX ve florecer las redes de carreteras en todos los países. Más rápido, con más intensidad y, probablemente, con mayor calidad en los



Moderna planta de blendeo y despacho de asfaltos (Cartagena-España, 2010).

(...) dos aspectos que están marcando los últimos avances tecnológicos: la mejora de las condiciones de trabajo y la reducción del impacto sobre el medio ambiente. Tres grandes campos de actuación: temperatura de aplicación, reutilización de residuos y reciclado de mezclas.

países más ricos, pero crecimiento en todos. Y sobre casi todas esas carreteras, las soluciones asfálticas que no paran de innovarse y adaptarse a las exigencias de los usuarios y los mercados a las condiciones de tráfico y climatología. Algunos países desarrollan variantes adaptadas a sus condiciones como, por ejemplo los Hot Rolled Asphalt en Gran Bretaña, los Gussasphalt en Alemania, los Soft Asphalt en los países nórdicos europeos. Empleamos asfaltos muy duros para conseguir mezclas de alto módulo que incrementan la capacidad portante de los firmes. Modificamos las granulometrías para dotar a las rodaduras con mezclas que proporcionan mayor seguridad y confort, como las mezclas porosas o las discontinuas. Algunas de estas soluciones requieren ligantes con altas prestaciones y surgen los asfaltos modificados con polímeros. Aunque con algunas referencias anteriores, los asfaltos modificados se ponen a punto en los años 70, destacando inicialmente los formulados con EVA y SBS. Hoy día, el empleo de asfaltos modificados está ampliamente sobre todo para la ejecución de capas de rodadura y algunos tipos

de mezclas especiales: antifisuras, anti-ahuellamiento. También las emulsiones se benefician de la modificación con polímeros, generalmente látices de SBR, lo que permite dar un salto de prestaciones y durabilidad en los tratamientos superficiales. Muy especialmente en las lechadas (Slurry seal) que pasan a denominarse microaglomerados (Microsurfacing) ampliándose su campo de aplicación en operaciones de conservación a todo tipo de carreteras y aeropuertos. Para finalizar este repaso a la historia y el desarrollo de los asfaltos hay que referirse a otros dos aspectos que están marcando los últimos avances tecnológicos: la mejora de las condiciones de trabajo y la reducción del impacto sobre el medio ambiente. Tres grandes campos de actuación: temperatura de aplicación, reutilización de residuos y reciclado de mezclas. La puesta a punto de soluciones de puesta en obra a menor temperatura (125-140°C) con las llamadas mezclas asfálticas tibias (Warm mixes), o semicalientes en España, mediante adiciones para reducir la viscosidad del asfalto o facilitando la mezcla y compactación con pequeñas proporciones de humedad, están permitiendo re-

ducir significativamente los consumos, los humos y las emisiones de gas de efecto invernadero. Algo menos avanzadas pero sin duda con gran futuro, las mezclas templadas (Half-warm mixes) fabricadas con emulsiones y áridos calentados alrededor de los 100°C.

Por el lado de la reutilización, y sin ánimo de ser exhaustivos, los asfaltos han mostrado su capacidad para aprovechar muchos residuos procedentes de otras industrias: de la industria de los neumáticos (asphalt rubber), de la impermeabilización, de la textil (fibras), de los aceites lubricantes, de los plásticos. Y como regalo final, la tecnología asfáltica ha sido capaz de desarrollar también un amplio abanico de soluciones (en planta o in situ, en caliente o en frío) para reciclar las mezclas asfálticas al final de su vida de forma la mezcla fresada (RAP) puede aprovecharse al 100% en nuevas mezclas. Lo que constituye una ventaja extraordinaria tanto desde el punto de vista económico como ambiental y que nos permite afirmar que tal y como ha sido en el pasado y es en el presente, el asfalto seguirá siendo en el futuro, con bastante probabilidad de acierto, la solución de referencia para la construcción y la conservación de carreteras.

(*) El autor de este trabajo no es historiador, ni pretende parecerlo. Simplemente es un entusiasta del asfalto y su tecnología, a la que ha dedicado una buena parte de su actividad profesional como ingeniero civil. Es bastante posible, por tanto, que el lector encuentre algunas inexactitudes o eche en falta algunas referencias.



Camino Inca en un paraje de Ancash.

Los caminos del imperio incaico

Se extendieron por cumbres y valles para unir el antiguo territorio peruano. Fueron obras excepcionales que sorprendieron a los conquistadores españoles y a los cronistas de la época.

Unidad de investigación

Los incas tuvieron una visión íntegra del mundo que los rodeaba, a tal punto que percibieron, quizá mejor que los individuos de generaciones posteriores, la importancia de las vías de comunicación para llevar su cultura a todos los rincones de su inmenso imperio. Por muchos siglos, y aún después de la Conquista y Virreinato, los denominados caminos de los incas fueron las únicas arterias que posibilitaron el desplazamiento de los pobladores antiguos y el transporte de sus productos. Fue paradójico que las mismas vías construidas por los grandes señores de los

reinos prehispánicos para aprovisionarse de alimentos y riquezas, y someter a los pueblos, fueran usadas por los españoles con los mismos propósitos. Y durante un largo periodo de la Historia, los caminos de los incas fueron utilizados para unir a los pueblos del Perú. Las mencionadas vías fueron obras colosales que maravillaron los ojos de los españoles, al punto que los más destacados cronistas hacen mención de su calidad y de la técnica con que fueron construidas. Se dice que superaron inclusive a las grandes vías romanas. "Una de las cosas de que yo más me ad-

miré, contemplando y notando las cosas deste reino, fue pensar cómo y de qué manera se pudieron hacer caminos tan grandes y soberbios como por él vemos y qué fuerza de hombres bastaron a los hacer y con qué herramientas y estrumentos pudieron allanar los montes y quebranta las peñas, para hacerlos tan anchos y buenos como están", refiere Pedro Cieza de León, en sus crónicas tituladas "El señorío de los incas". En sus páginas, en las que dedica un capítulo a los caminos, él mismo opina, refiriéndose a las dificultades que tendrían los españoles para emularlos: "porque me

parece que si el Emperador quisiese mandar hacer otro camino real, como el que va de Quito a Cuzco o sale del Cuzco para ir a Chile, ciertamente creo, con todo su poder para ello no fuese poderoso ni fuerzas de hombres le pudiesen hazer sino fuese con la orden tan grande que para ello los Incas mandaron que hobiese".

Caminos que unían al imperio

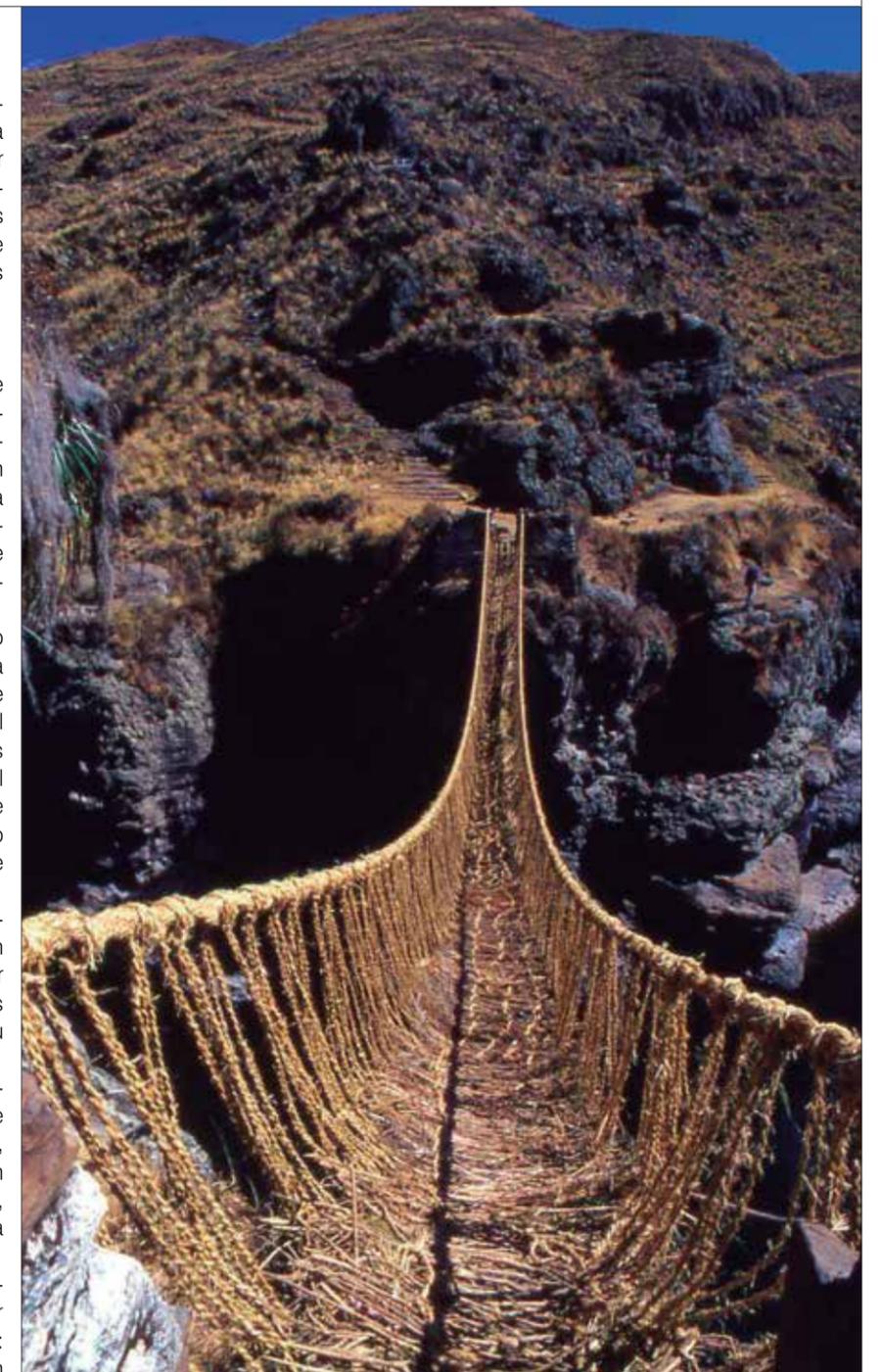
Los incas tuvieron una capacidad increíble para modificar el paisaje natural. Cultivaban hasta en las laderas de los cerros mediante terrazas o andenes. Y pusieron gran ingenio en vencer las dificultades que la geografía andina les presentaba. El historiador francés Louis Boudín manifiesta que "ríos, montañas, vegetación, todo obstáculo y hostilidad del medio" en el Perú. El territorio está prácticamente ocupado por la mayor parte de la cadena orográfica que cruza longitudinalmente el continente sudamericano. Tanto en el sur como en el centro del país se unen de gigantescos cerros, el de Vilcanota, en el Cuzco, y el Cerro de Pasco, y en medio de ellos se encuentran cimas elevadísimas, así como profundos valles, que hacen un contraste único en el mundo.

Desde el Cuzco, que fue la ciudad principal del imperio, los incas construyeron los caminos que atravesaron la singular geografía, por donde se desplazaban los guerreros para unir a los pueblos bajo su dominio.

Los cronistas dan diferentes versiones sobre los caminos del reino, pero ninguna se contraponen entre sí. Garcilaso de la Vega, citando a los cronistas que contemplaron la grandeza de las vías casi un siglo antes, habla de dos grandes caminos uno de la sierra y otro de la costa.

Por su parte, Pedro de Cieza León refiere que los caminos están extendidos por todo el territorio dominado por los incas: "Destos caminos reales había muchos en todo el reyno, así por la sierra como por los llanos".

El mestizo Garcilaso señala que los dos famosos caminos que hubo en el Perú se atribuyen al reinado de Huayna Cápac. "La obra fue tan grande que excede a toda pintura que della se puede hacer", indica el historiador peruano. Cita para el propósito a Agustín Zárate, quien en su Libro Primero, capítulo trece, al hablar del origen de los incas, dice: "Guaincaba (que quiere decir mancebo rico) que fue el que más tierras ganó y acrecentó su señorío y el que más justicia y razón tuvo en la tierra, y la redujo a



El camino construido quedó tan llano que podía ir una carretera por él, según Agustín De Zárate, quien no obstante señala que con las guerras de los indios y de los españoles las mamposterías fueron quebradas para impedirles el paso entre los adversarios.

policía y cultura, tanto que parecía cosa imposible una gente bárbara y sin letras regirse y tenerle tanta obediencia y amor sus vasallo, que en servicio suyo hicieron dos caminos en el Perú". Según De Zárate, citado por el historiador mestizo, ninguna de las siete maravillas de la Antigüedad se hicieron con tanta dificultad y trabajo como los caminos en honor de Huayna Cápac. La vía de la sierra habría sido hecha para que el mencionado inca volviese triunfante luego de la conquista de Quito, provincia que sometió luego de vencer grandes dificultades



por causa de los malos caminos y grandes quebradas que había por donde iba.

Esta ruta se construyó por toda la cordillera, muy ancha y llana, "rompiendo e igualando las peñas donde era menester, e igualando y subiendo las quebradas de mampostería; tanto, que algunas veces subían la labor desde quince y veinte estados de hondo, y así dura este camino por espacio de quinientas leguas".

El camino construido quedó tan llano que podía ir una carretera por él, según Agustín De Zárate, quien no obstante señala que con las guerras de los indios y de los españoles las mamposterías fueron quebradas para impedirles el paso entre los adversarios.

Este mismo cronista, para dar una idea cabal sobre las vías reales señala: "Y verá la dificultad desta obra quien considerare el trabajo y costa que se ha empleado en España para allanar dos leguas de sierra que hay entre el Espinar de Segovia y Guadarrama, y cómo nunca se ha acabado perfectamente, con ser paso ordinario por donde tan continuamente los Reyes de Castilla pasan con sus casa y corte todas las veces que van o vienen del Andalucía o del reino de Toledo a esta parte de los puertos".

Es importante esta apreciación, puesto que los caminos de los incas superaban no sólo en calidad sino en extensión a los hechos por los europeos.

La ruta de la costa

El camino de la sierra no fue el único que los servidores de Huayna Cápac hicieron. Cuando el mismo inca retornó a Quito, provincia de la que era muy aficionado porque él la había conquistado, quiso hacerlo por la costa. Entonces, los indios le hicieron por los llanos otro camino, "de tanto dificultad como el de la sierra, porque en todos los valles donde alcanza la frescura de los ríos y arboledas, que, como arriba está dicho, comúnmente ocupada una legua, hicieron un camino que casi tiene cuarenta pies de ancho, con muy gruesas tapias del un cabo y del otro y cuatro o cinco tapias en alto".

De Zárate dice que el camino que cruzaba los valles costeros y, al salir, de ellos, continuaba por los arenales, hincando palos y estacas por cordel, para que no se perdiese ni torciese. Acerca de la extensión de esta vía, refiere que tenía las mismas quinientas leguas que el de la sierra, nada menos.

Sobre este punto, Garcilaso cita también a Cieza de León, quien habla de la existencia de los dos caminos.

Acerca de la vía de la sierra, Cieza de León señala: "De Ipiales se camina hasta llegar a una provincia pequeña, que ha por nombre Guaca, y antes de llegar a ella se ve el camino de los Ingas, tan famoso en estas parte como el que Aníbal hizo por

los Alpes, cuando bajó a la Italia, y puede ser tenido éste en más estimación, así por los grandes aposentos y depósitos que había en todo él, como por ser hecho con mucha dificultad, por tan áspera y frágil sierras, que pone admiración verlo".

El mismo Cieza de León menciona el "gran camino" de los llanos, es decir, la costa, aunque da cuenta de que "por muchos lugares está ya desbaratado y deshecho". "Y en estos valles y en la costa, los caciques y principales, por su mandato (del inca), hicieron un camino tan ancho como quince pies. Por una parte y por otra iba una pared mayor que un estado bien fuerte, y todo el espacio deste camino iba limpio y echado por debajo de arboledas, y de estos árboles, por muchas partes caían sobre el camino ramos dellos llenos de fruta. Y por todas las florestas andaban en la arboledas muchos andaban en las arboledas muchos géneros de pájaros y papagayos y otras aves".

Ya se ha dicho que los caminos hechos por los incas eran tan largos que había de una parte a otra de mil y doscientas leguas, según Cieza de León. Pero es bueno poner de relieve que no sólo eran admirables por su extensión, sino también por la técnica con que fueron hechos, a lo cual se agrega que a cada cierto trecho se encontraban construcciones que servían para el aposento de los viajeros. ●

CONSULTORA EN INGENIERÍA



MEJORANDO TU VIDA

AUDITORÍA DE RECAUDO Y TRÁFICO



Permite tener control del tráfico vehicular y del recaudo de ingresos.

ESTUDIOS DE DEMANDA



Obtenemos indicadores para futuras concesiones o iniciativas privadas.

INFRAESTRUCTURA VIAL



Desarrollamos estudios básicos, factibilidad, definitivos y supervisión.

INVENTARIOS VIALES



Se realizan para conocer las condiciones de operatividad y funcionalidad de una vía.

TRÁNSITO Y SEGURIDAD VIAL



Planteamos soluciones con un enfoque de seguridad, comodidad, eficiencia y factibilidad económica.

SOMOS LA MEJOR GARANTÍA DE UN BUEN TRABAJO

Av. Bertoloto 124, San Miguel, Lima.
Teléfono: 0511 - 4607196
mtvperu@mtvingenieros.com



www.mtvingenieros.com

AMENIDADES

Centro de trabajo

q	t	d	g	n	r	b	o	n	o	i	c	a	t	u	p	m	a	x	s
z	i	t	r	a	b	a	j	o	s	e	g	u	r	o	g	m	v	d	c
k	w	o	e	s	e	t	n	e	d	i	c	c	a	l	w	z	a	e	k
c	c	p	y	j	f	t	u	i	l	i	m	p	i	e	z	a	n	t	x
z	a	p	e	b	k	s	a	v	r	c	q	u	d	m	o	w	h	f	g
i	r	y	c	a	r	g	a	l	a	b	o	r	a	l	v	q	k	n	m
n	p	a	o	f	i	c	i	n	a	i	n	c	i	d	e	n	t	e	s
o	i	d	o	h	r	a	e	n	f	e	r	m	e	d	a	d	e	s	i
i	n	b	l	r	i	e	s	g	o	s	p	f	x	j	z	d	v	h	e
s	t	s	o	g	s	e	i	r	e	d	s	e	r	o	t	c	a	f	j
e	e	s	o	r	u	g	e	s	n	i	s	o	t	c	a	i	t	p	a
l	r	c	b	f	q	v	m	s	k	r	n	h	l	i	o	f	k	a	e
x	i	e	t	r	v	b	o	e	s	a	y	n	e	d	r	o	u	c	s
u	a	g	e	l	o	y	n	d	t	v	a	x	j	b	c	f	q	i	t
h	p	r	a	c	t	i	c	a	s	d	e	t	r	a	b	a	j	o	r
m	f	q	v	y	o	n	p	x	a	b	k	b	i	u	k	g	e	x	e
n	w	m	o	r	o	d	i	u	r	p	d	l	h	a	y	f	c	u	s
q	d	s	h	y	g	v	l	p	e	m	n	r	z	t	x	c	w	o	k
b	i	a	f	x	p	i	l	z	w	t	o	j	d	y	q	c	h	r	s
v	e	f	m	u	g	b	n	a	k	r	t	k	n	f	i	g	z	c	y

accidentes
actos inseguros
carpintería
enfermedades
factores de riesgo
incidentes
orden y aseo
prácticas de trabajo
riesgos
trabajo seguro
limpieza
carga laboral
estrés
oficina
amputación
ruido
lesión

5				8	6			1
		2	7			6		
	7	1				2	5	
9				2			7	
3			1	4	5			6
	6			9			2	4
	5	3				4	6	
		8	9		3	5		
2			5	1				7

S
U
D
O
K
U

		7	1				5	
				7	4	8		
	2		3	8			7	6
				4	8		1	9
		8				5		
6	9		5	3				
8	7			1	9		3	
		3	8	5				
1				3	9			

INDUSTRIA DEL CEMENTO

Se brinda información técnica contenida en artículos, colección de libros, informes de congresos, simposium, coloquios, etc.

TECNOLOGÍA DEL CONCRETO

Contiene documentación sobre el análisis e investigación en concreto contenido en artículos, informes y técnicos.

NORMALIZACIÓN

Esta sección contiene las referencias de las Normas Técnicas Peruanas sobre cemento, concreto y áreas relacionadas, clasificadas en sectores. Así como los enlaces a los textos completos de las normas obligatorias. Se presenta ponencias de difusión de las normas.

PAVIMENTOS

Presenta información técnica actualizada de la tecnología aplicada en la construcción de pavimentos, contenida en colecciones de libros, artículos de revistas, papers de congresos, simposios.



ASOCEM
ASOCIACION DE PRODUCTORES DE CEMENTO

BIBLIOTEK v.6.1
Sistema de Gestión de Bibliotecas

VIVIENDA

Brindamos información especializada, noticias sobre los materiales y procesos de construcción, contenida en las colecciones.

BOLETINES TÉCNICOS

Publicados por Asocem contiene información especializada, comentarios de normas técnicas en la industria del cemento, concreto y áreas relacionadas.

ENLACES DE INTERÉS

Contiene los enlaces a páginas web relacionados a la industria del cemento, del concreto y pavimentos, construcción a nivel mundial.

SERVICIOS DE CONSULTA EN GENERAL Y PARA ASOCIADOS

Servicio de alerta de información de artículos, noticias publicadas en revistas, webs del sector industrial. Búsquedas de información a solicitud del cliente. Consulta de Material Bibliográfico, previa cita.

Calle Río de la Plata 167 Of. 101 San Isidro Tel: 441-4963 441-4965

www.asocem.org.pe



PERÚ

Ministerio
de Transportes
y Comunicaciones



I Congreso Nacional de Pavimentos Asfálticos

13 y 14 de
octubre 2015
Lima – Perú

¡Inscríbese ya!
Cupos limitados

LUGAR: Sonesta Hotel El Olivar
Pancho Fierro 194, San Isidro
Lima – Perú

TEMARIO:

- Litigantes asfálticos
- Agregados para mezclas asfálticas
- Mezclas bituminosas: diseño y producción
- Tecnología de construcción de pavimentos flexibles
- Tecnología de conservación y mantenimiento de pavimentos
- Tratamientos superficiales
- Reciclado de mezclas asfálticas
- Control de calidad

EXPOPAVIMENTO

Simultáneamente al Congreso se desarrollará el Expopavimento, en un amplio salón de exposiciones donde se exhibirá lo última en tecnología sobre la especialidad.

Informes: Secretaría y organización: Rosmar & Asociados
Tel. (51 1) 4778693 – 4778694 * Fax (51 1) 4774798
Email: inscripciones@rosmarasociados.com