

PITRA

Programa de Infraestructura del Transporte

Boletín técnico

29



LanammeUCR



PITRA

Vol 3. N° 29 / Julio 2012



Conceptualización y desarrollo del PaveLab

Ing. Edgar Camacho Garita

Unidad de Materiales y Pavimentos- PITRA

Contexto regional

La región centroamericana se encuentra en una posición estratégica para el intercambio comercial, particularmente entre los mercados asiático y europeo, pudiendo también vincular la costa este de los Estados Unidos de América con el mercado asiático.

Rodeados de esta realidad, Costa Rica tiene planteado el desafío para desarrollar una infraestructura de transporte, de mercancías y personas, que responda a las exigencias de mercado y que permita el desarrollo de la región.

¹ (Autoridad del Canal de Panamá, 2006)

Así como el Canal de Panamá ha permitido que la economía de ese país se desarrolle mediante el comercio y transporte de mercadería¹, así mismo la región centroamericana tiene la oportunidad de desarrollarse como un gran centro logístico de intercambio de mercaderías.

Con el pasar de los años, la dinámica de comercio dictada por el canal de Panamá ha convertido a Costa Rica en un puente para el intercambio de mercadería de nuestro vecino del sur con México y los demás países centroamericanos. A este proceso le debemos añadir todo lo concerniente a exportaciones e importaciones de la región que viajan por vía terrestre y que pasan por nuestro país.

Comité Editorial
del boletín
2012

Ing. Luis Guillermo Loría Salazar, PhD.
Coordinador General PITRA, LanammeUCR

Bach. Lionela López Ulate
Unidad de Capacitación y Transferencia Tecnológica

Daniela Alpízar Gutiérrez
Diseñadora Gráfica. Unidad de Capacitación y Transferencia Tecnológica

Como parte de las necesidades prioritarias que tiene Costa Rica en la actualidad se encuentra la modernización de su infraestructura vial, para que de esta manera pueda responder a las exigencias, realidades y oportunidades que plantea la región. Requerimos de una infraestructura que le permita competir al más alto nivel, como un centro logístico de intercambio y transporte de mercancías; tanto de norte a sur, como de oeste a este y viceversa.

Este potencial desarrollo de infraestructura ineludiblemente planteará grandes oportunidades para el desarrollo económico; desarrollo económico que solo podrá realizarse mediante un desarrollo progresivo y sostenido de la infraestructura dedicada al transporte. Procesos que están estrechamente vinculados.

Realidad nacional

Año con año se invierten miles de millones de colones en nuestras carreteras², particularmente en nuestros pavimentos. Esto con cargo a la hacienda pública, y en aras a mejorar la infraestructura vial. Estas inversiones son necesarias para el país, y deben ser garantes de que se conserven los activos viales que pertenecen a todos los costarricenses.

Sin embargo, cuando vemos el pobre desempeño funcional que tienen estas cuantiosas inversiones en nuestros pavimentos³, podemos apreciar que ocupamos desarrollar el conocimiento que tenemos de los materiales y las técnicas que estamos utilizando. El mencionado pobre desempeño de las intervenciones que se realizan obligará, en el corto tiempo, a estar reinvertiendo dinero en las mismas secciones que ya habían sido intervenidas; limitando de manera importante el uso de los escasos recursos económicos destinados al desarrollo y ampliación de nuestros activos viales.

El desarrollar el conocimiento de cómo dimensionar en forma óptima nuestros materiales y pavimentos, únicamente se podrá realizar mediante la generación de información científica certera y verás, que obedezca a las condiciones propias del país en cuanto a materiales, ciclos de temperatura y humedad, características del suelo, condiciones de carga y otras variables asociadas. El desarrollo de este conocimiento es lo que plantea el LanammeUCR mediante el desarrollo del Laboratorio

de Pavimentos o PaveLab, como un esfuerzo científico de primer nivel y una altísima inversión financiera.

Las inversiones en infraestructura vial son necesarias, pero si se quiere tener una mejora en el mediano plazo se debe garantizar que estas inversiones sean óptimas y durables en el tiempo.

LanammeUCR

El LanammeUCR busca brindar un aporte importante a la realidad nacional costarricense, en cuanto al desarrollo de información científica y el conocimiento integral de los pavimentos. Esto con el fin de generar una mejor dinámica en el desarrollo de la infraestructura vial costarricense y por ende en la calidad de vida de sus ciudadanos.

Consientes de la relevancia que el tema reviste para nuestro país, desde el año 2004 se inició un proceso de evaluación de la red vial nacional pavimentada de Costa Rica mediante equipos con la capacidad de medir regularidad superficial, capacidad de soporte y otros indicadores que se han venido implementando con los años. Este proceso se ha repetido cada dos años hasta la fecha.

Pero si bien es cierto la evaluación de la red es fundamental en la administración de la red vial nacional, no genera suficiente información para caracterizar detalladamente el deterioro de pavimentos costarricenses. Por tanto, desde el año 2005, y en busca de llenar la brecha de información científica necesaria para conocer el desempeño real de los pavimentos, y no solamente la condición mediante indicadores; se inicia el estudio de las metodologías disponibles para poder medir adecuadamente el desempeño real de las estructuras de pavimento a largo plazo.

El estudio identificó que son varios los países que habían realizado esfuerzos en cerrar esta brecha de información científica en cuanto al desempeño de los pavimentos. El monitoreo de desempeño se ha realizado de dos formas distintas, una de las cuales ha sido el monitoreo a largo plazo de secciones de pavimento, lo cual es altamente costoso, tanto desde el punto de vista económico como desde el punto de vista del tiempo necesario de monitoreo (estudios el deterioro de una estructura involucra monitorear la misma por más de 15 años). La opción al monitoreo a largo plazo corresponde a realizar ensayos de manera

² (Consejo Nacional de Vialidad, 2012)

³ (Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LanammeUCR), 2009)

⁴ (Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LanammeUCR), 2012)

acelerada (paso repetido de cargas) sobre estructuras de pavimento a escala natural, donde el deterioro que sufriría la estructura de pavimento bajo uso normal se simula en periodos que van desde pocos meses hasta pocos años.

Es claro que el equipamiento es de gran importancia en un proyecto como este. Sin embargo, la presencia de personal capacitado en el uso de los equipos, la interpretación y análisis de los datos es fundamental. De tal forma, a partir del 2005 varios profesionales jóvenes del LanammeUCR salieron del país a completar sus estudios de posgrado en el área de pavimentos, entendiéndose este proceso como una valiosa inversión que el país debía hacer. Actualmente estos profesionales se han incorporado nuevamente al LanammeUCR e impulsan junto con los demás profesionales este ambicioso proyecto, contando entre los títulos académicos doctorados y maestrías en el campo de pavimentos, materiales y geotecnia.

Ensayos de pavimentos a escala natural

Continuando con el proceso que ha permitido la conceptualización y el desarrollo del Pavelab, es para el año de 2007 que se inician los análisis de pre-factibilidad evaluando la posibilidad de realizar algún tipo de ensayo acelerado de pavimentos a escala natural en Costa Rica, ya que la opción de monitoreo a largo plazo no empezaría a solventar las necesidades del país hasta dentro de muchos años.

En algunos países se han desarrollado pistas o circuitos para hacer este tipo de estudios, variando siempre las dimensiones de la pista, los alcances del estudio y el dinero invertido. Cabe señalar que algunos de estos proyectos fueron temporales y otros han sido más duraderos en el tiempo.

La forma de aplicar las cargas que simulan el tránsito también ha sido desarrollada en varias maneras según el país encargado del estudio. Estando siempre asociado el nivel de inversión económica que se puede realizar, los objetivos del estudio y el plazo de desarrollo del proyecto.

Así por ejemplo, existen países que han desarrollado sus estudios por medio de una pista circular⁵, aplicando la carga mediante un elemento giratorio, tipo carrusel; el cual aplica la carga a la estructura colocada bajo él. Esta metodología de ensayo es parte de la escuela europea, particularmente francesa, del estudio de los pavimentos.

Como parte de las virtudes de esta forma de realizar el ensayo está que se pueden ensayar diferentes estructuras de pavimentos de forma simultánea, típicamente entre 4 y 6 estructuras según el radio de giro del equipo. Con una cantidad de repeticiones de carga que varía según la configuración del equipo, pero que en general es bastante representativa de la de un diseño actual.

Adicionalmente, esta metodología tiene la limitante de verse confinada al sitio donde se desarrolle el ensayo, sin mayor posibilidad de enfrentar los resultados a condiciones reales de campo; y limitándose de esta manera a estudios comparativos entre las secciones ensayadas y la observación en campo.

De destacar también, las instalaciones desarrolladas por el Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX), de España; presentan una configuración con características similares a las pistas circulares. Sin embargo consiste en una pista de 150 metros de largo con dos secciones rectas y dos secciones curvas, con seis tramos de ensayo de 25 metros de largo cada uno. Permitted velocidades de operación de hasta 60 kilómetros por hora⁷.

Una característica importante que presenta esta pista de ensayo de los años cincuenta es la cantidad de datos experimentales que se obtuvieron como producto de los recursos empleados y la gran inversión económica que se hizo.

Recientemente algunas entidades (académicos, industria y gobierno) de los Estados Unidos, han desarrollado sus propias pistas a escala natural, como por ejemplo *Minnesota Road Research Project (MnRoad)*¹⁰ en Minesota, o *The*



Figura 1. Carrusel para estudio de la fatiga en los pavimentos, LCPC Francia.⁶

⁵ (Laboratoire Central des Ponts et Chaussées, 2012)³. (Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LanammeUCR), 2009)

⁶ (Laboratoire Central des Ponts et Chaussées, 2012)

⁷ (Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas, 2012)



Figura 2. Pista de ensayo de firmes, CEDEX, España.⁸

NCAT Pavement Test Track¹¹ en Alabama; que utilizan la circulación de vehículos tripulados, o a control remoto, con cargas representativas. La mayor limitación que presenta utilizar esta configuración de pistas instrumentadas, en las cuales circulan vehículos normales, es que los costos de mantenimiento y desarrollo de las mismas son muy elevados (en el orden de varios millones de dólares por cada ensayo).

Tendencia actual

La tendencia que existe en la actualidad, en cuanto al desarrollo de proyectos para el análisis de pavimentos a escala natural es el uso de dispositivos móviles. La versatilidad de estos dispositivos para realizar los ensayos ha permitido que diversas entidades a nivel mundial: universidades, departamentos de transportes, centros de investigación y otros; los utilicen para simular las cargas de tránsito de los vehículos en campo.

El equipo más avanzado, y mayormente utilizado, en este campo lo ha desarrollado el *Council for Scientific and Industrial Research*, CSIR (Sudáfrica). El mismo se trata de un equipo que por medio de sistemas hidráulicos aplica una carga controlada, bajo las condiciones y número de repeticiones que sean necesarias para llevar una estructura de pavimento a la falla. Este dispositivo se ha denominado Heavy Vehicle Simulator (HVS).

Este equipo funciona en Sudáfrica desde 1978¹², fue desarrollado a partir de un prototipo de finales de los años sesenta; y actualmente es comercializado mediante la firma *Dynatest*; la cual es mundialmente reconocida en el campo de

la ingeniería de pavimentos, tanto por sus equipos como por su software de análisis de diversos problemas de ingeniería vial.

Durante la última década, el uso del equipo ha tomado un importante impulso, principalmente debido al crecimiento en el número de usuarios de estos tipos de ensayos¹³. Este impulso se ha fortalecido con la investigación y resultados obtenidos en los diferentes países alrededor del mundo que han implementado programas para la investigación y ensayo de pavimentos a escala natural. Ejemplo de esta tendencia son los equipos (HVS) que posee *Florida Department of Transportation* (FDOT), *University of California* en Davis, *California Department of Transportation* (CALTRANS), *Swedish National Road and Transport Research* (VTI), entre otros.



Figura 3. Fotografía histórica de la pista de Ottawa⁹

Los resultados de estas investigaciones se pueden resumir en la optimización del uso de los materiales disponibles en cada país, así como un ajuste a las condiciones de carga y climática particulares. Estos resultados han causado importantes ahorros a los diferentes administradores de las redes de carreteras alrededor del mundo.

De tal forma, en el año 2007 inicia en el LanammeUCR el estudio de factibilidad y presupuesto para la compra de un HVS, proceso que culmina durante el 2010 cuando se inicia el proceso de compra del equipo.

8. (Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas, 2012)⁶ (Laboratoire Central des Ponts et Chaussées, 2012)

9. (U.S. Department of Transportation, 2012)

10. (Minnesota Department of Transportation, 2012)

11. (National Center for Asphalt Technology, 2010)

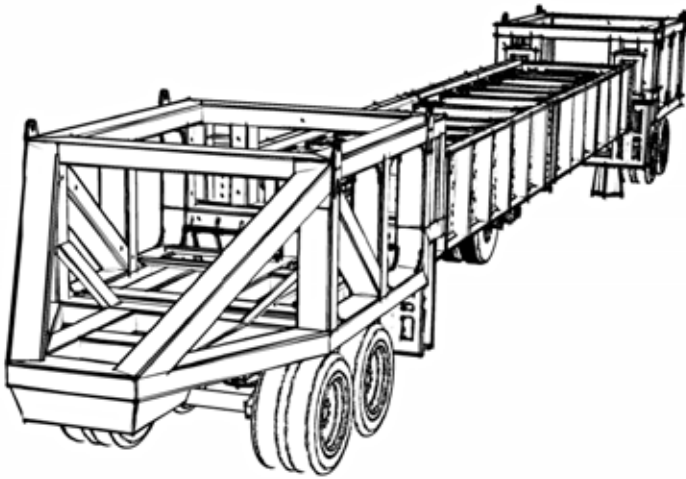


Figura 4. Modelo del Heavy Vehicle Simulator (Mark VI) adquirido por el LanammeUCR.

Durante el 2011, se adecúa el espacio disponible para la colocación del equipo HVS en las instalaciones de LanammeUCR; desarrollando el diseño de una estructura que permite contener el pavimento que se va a ensayar, así como el control de la saturación con agua de la estructura del pavimento.

Como parte del diseño de la estructura que contiene los pavimentos a ensayar, se realizaron modelaciones de elemento finito para definir las dimensiones necesarias para las pistas de ensayo. En las imágenes 5 y 6, se muestran algunos de los resultados obtenidos.

Al edificio que albergará el PaveLab, se le han realizado las modificaciones eléctricas y arquitectónicas necesarias para el adecuado funcionamiento del equipo. Este edificio se encuentra en la parte final de su proceso constructivo y se espera su entrega para el último trimestre de 2012; empezando su operación para el año 2013. En la imagen 7 se puede apreciar el acceso

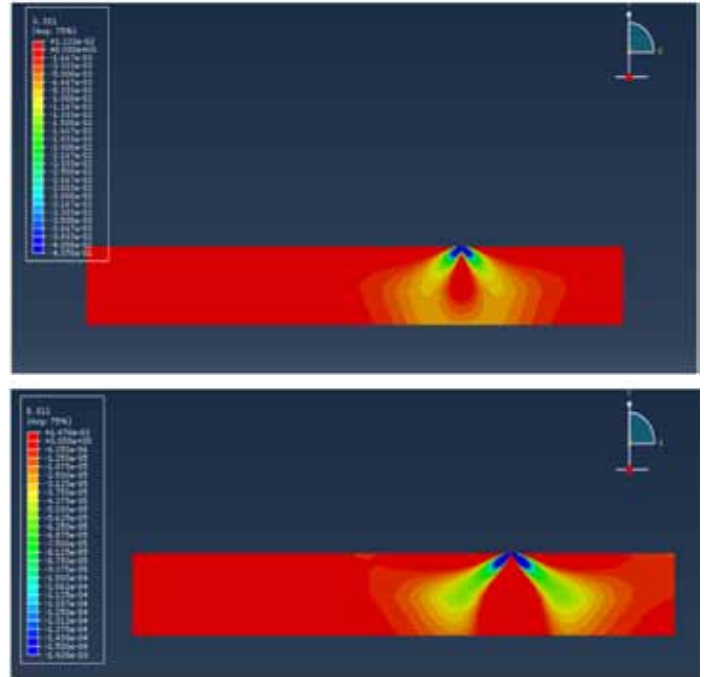


Figura 6. Modelaciones de elemento finito realizadas para definir dimensiones de fosa de saturación.

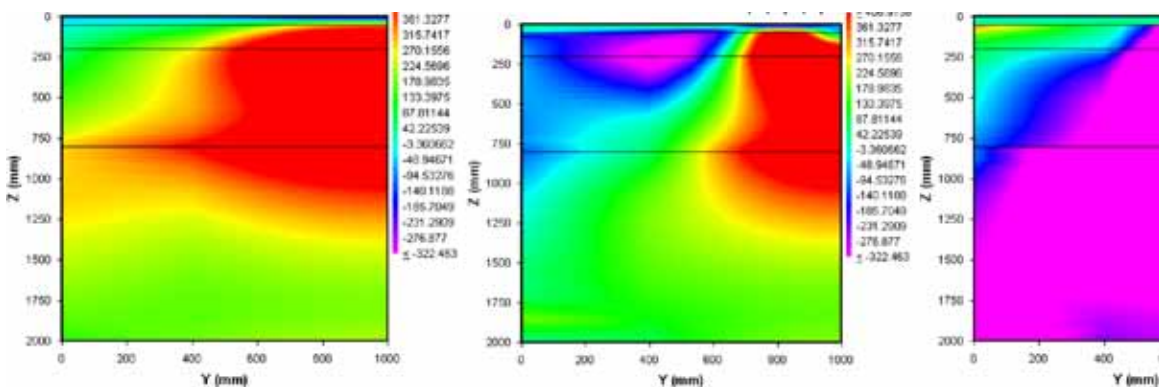


Figura 5. Modelaciones de elemento finito realizadas para definir dimensiones de fosa de saturación.

12. (Dynatest Consulting, Inc., 2012)9. (U.S. Department of Transportation, 2012)

13. (Heavy Vehicle Simulator Internacional Alliance, 2012)

principal que tendrá el laboratorio, en la fachada Este del edificio en construcción.

Construcción del equipo

En el mes de mayo de 2011 inicia la en los Estados Unidos, la construcción del HVS (Mark VI) adquirido por el LanammeUCR.

La construcción del equipo ha sido planteada en las siguientes etapas por parte del fabricante:

1. Recepción de la orden de compra.
2. Diseño.
3. Compra de materiales.
4. Manufacturación.
5. Ensamblado.
6. Puesta en servicio y prueba de fábrica (Estados Unidos).
7. Transporte.
8. Prueba en sitio (Costa Rica) y entrenamiento.

Este proceso está planteado para terminar en 18 meses, por lo que para el mes de Noviembre de 2012 el equipo estará en las nuevas instalaciones del LanammeUCR, en Costa Rica.



Imagen 7. PaveLab en construcción, Abril de 2012.

Existen diferentes países que desarrollan investigaciones con este tipo de equipos, sin embargo, de este modelo en particular (Mark VI), este será el tercer equipo en funcionamiento. Uniéndonos a la Universidad de California en Davis (Estados Unidos) y a la Universidad de Chang'an, Xi'an (China); con equipo de última tecnología para ensayo de pavimentos.

Para el año 2013 se espera el inicio de los ensayos con la primera pista de pruebas.



Imagen 8. Equipo en construcción Mayo de 2012

Referencias Bibliográficas

American Association of State Highway and Transportation Officials. (1993). AASHTO Guide for Design of Pavements Structures 1993. Washington, D.C.

Autoridad del Canal de Panamá. (Mayo de 2006). Canal de Panamá. Recuperado el 7 de Mayo de 2012, de <http://www.pancanal.com/esp/plan/estudios/0019-exec-ext.pdf>

Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas. (Mayo de 2012). Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas. Recuperado el 7 de Mayo de 2012, de Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas: <http://www.cedex.es/castellano/carreteras/instalaciones/pista.html>

Consejo Nacional de Vialidad. (Mayo de 2012). Consejo Nacional de Vialidad. Recuperado el 7 de Mayo de 2012, de Consejo Nacional de Vialidad: <http://www.conavi.go.cr/informacion/finanzas-presupuesto.html>

Council for Scientific and Industrial Research. (Mayo de 2012). Council for Scientific and Industrial Research. Recuperado el 7 de Mayo de 2012, de Council for Scientific and Industrial Research: [http://www.csr.co.za/Dynatest Consulting, Inc. \(Mayo de 2012\). Dynatest. Recuperado el 7 de Mayo de 2012, de Dynatest: http://www.dynatest.com/research-hvs.php](http://www.csr.co.za/Dynatest Consulting, Inc. (Mayo de 2012). Dynatest. Recuperado el 7 de Mayo de 2012, de Dynatest: http://www.dynatest.com/research-hvs.php)

Heavy Vehicle Simulator Internacional Alliance. (Mayo de 2012). Heavy Vehicle Simulator Internacional Alliance. Recuperado el 7 de Mayo de 2012, de <http://www.hvsia.co.za/>

Laboratoire Central des Ponts et Chaussées. (Mayo de 2012). LCPC - Exceptional Testing Facilities - Pavement fatigue carousel. Recuperado el 7 de Mayo de 2012, de <http://www.lcpc.fr/english/presentation-209/human-and-financial-resources/lcpc-exceptional-testing-220/>

Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LanammeUCR). (2009). Informe de Evaluación de la red vial nacional pavimentada de Costa Rica. San José, Costa Rica.

Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LanammeUCR). (Mayo de 2012). Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LanammeUCR). Recuperado el 7 de Mayo de 2012, de http://www.lanamme.ucr.ac.cr/index.php?option=com_content&view=article&id=418&Itemid=48

U.S. Department of Transportation. (Mayo de 2012). Federal Highway Administration. Recuperado el 7 de Mayo de 2012, de Federal Highway Administration: <http://www.fhwa.dot.gov/publications/publicroads/06mar/images/weing6.jpg>

Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA)

Coordinador General:

Ing. Luis Guillermo Loría, PhD.

Subcoordinador:

Ing. Fabián Elizondo, MBA.

Unidades:

Unidad de Auditoría Técnica

Coordinadora: Ing. Jenny Chaverri, MScE.

Unidad de Materiales y Pavimentos

Coordinador: Ing. José Pablo Aguiar, PhD.

Unidad de Evaluación de la Red Vial

Coordinador: Ing. Roy Barrantes

Unidad de Gestión Municipal

Coordinador: Ing. Jaime Allen, MSc.

Unidad de Capacitación y Transferencia Tecnológica

Coordinadora: Bach. Lionela López Ulate

Unidad de Desarrollo y Actualización de Especificaciones Técnicas

Coordinador: Ing. Jorge Arturo Castro

Unidad de Puentes

Coordinador: Ing. Rolando Castillo, PhD.