

ASFÁLTICA

REVISTA TÉCNICA



- ☞ **Ensayos de evaluación del comportamiento a la deformación permanente de mezclas asfálticas**
- ☞ **Ligantes modificados, asfaltos especiales y aditivos**
- ☞ **Procesamiento del rap para su utilización en mezclas asfálticas recicladas en caliente: una revisión del estado del arte**



**EXPERTOS EN
PAVIMENTOS DE
LARGA DURACIÓN**



**TECNOLOGÍA EN PAVIMENTOS Y
MATERIALES ASFÁLTICOS**

Más de
30.000 KM
Construidos con Asfalto
Modificado Stylink^{MR}



matech

Materials Testing Technology

DISTRIBUIDOR EXCLUSIVO
PARA MÉXICO, CENTROAMÉRICA Y EL CARIBE

PON LOS EXPERTOS EN TU LABORATORIO. NOSOTROS TRABAJAMOS MÁS.



PRENSA SERVO-HIDRÁULICA 30 KN,
MÓDULO DINÁMICO NIVEL III



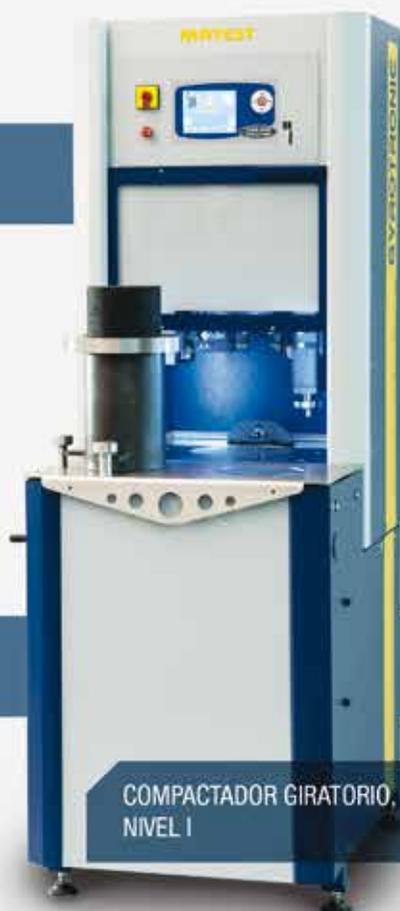
4PB AUTÓNOMO SERVO-NEUMÁTICO,
FATIGA NIVEL IV



RUEDA DE HAMBURGO,
NIVEL II



Hamburg Wheel
Tracker in USA



COMPACTADOR GIRATORIO,
NIVEL I

MATEST PAVETEST

Certificada en ISO 9001

Estricta conformidad
Protocolo AMAAC,
Normas ASSHTO y ASTM

MATECH OF AMERICAS CORP.,
S. DE R.L. DE C.V.

Acueducto #5501-03 | La Flor de Nieve
H. Puebla de Zaragoza | 72176 (PUE.)
MEXICO.

T. (+52) 222 503 4653 / 222 503 4654
info@matech.mx

www.matech.mx

www.matech.com | www.pavetest.com



La única planta de contraflujo mexicana... está entre las mejores del mundo.

- ▶ **Fabricación robusta y de gran calidad, para durar muchos años trabajando libre de problemas.**
- ▶ **Adaptada a los difíciles combustibles alternos del mercado mexicano.**
- ▶ **Menor consumo de combustible, el 65% de otras, por:**
 - El sistema de contraflujo.
 - Su quemador de "Aire total" y "Potencia variable".
 - Su precalentador de combustible integrado.
 - Su tambor hermético a entradas de aire frío.
- ▶ **Menor consumo de asfalto al incorporar los finos menores a 15 micrones dentro de la película de asfalto.**
- ▶ **Menor consumo de agregados y de asfalto con su gran capacidad de incorporación de RAP.**
- ▶ **Cumplimiento total de la normatividad de la SCT y los cuatro niveles del protocolo AMAAC.**

- ▶ **Cumplimiento muy sobrado de la más estricta normatividad ambiental SEMARNAT.**
Puede producir en la Zona del Valle de México, en las Zonas Críticas y en el Resto del País.
- ▶ **Mayor duración y menor mantenimiento de las carpetas.**
 - Sin oxidación.
 - Sin segregación.
 - Con excelente reincorporación de finos.
 - Mezcla libre de contaminación por residuos de combustible, gracias a su precalentador integrado.
- ▶ **Mayor captación de clientes por carpetas de menor costo, mayor duración y menor mantenimiento.**
- ▶ **Gran oportunidad de captación de trabajos; tan sólo el 5% de las plantas en México son de contraflujo.**
- ▶ **Con un precio tan sólo 30% mayor que la planta de flujo paralelo.**
... y se puede comprar tan sólo el tambor y aprovechar las tolvas y el tanque que se tenga.
- ▶ **Y con el ya conocido soporte y asesoría TRIASO®.**

Háblenos
para una
plática
ilustrativa

- ▶ Sin ningún compromiso.
- ▶ Nos interesa divulgar estos avances tecnológicos como una aportación a la mejora de las carreteras y el medio ambiente de nuestro país, ¡Somos mexicanos!
- ▶ Bienvenidas las solicitudes de instituciones educativas, órganos de gobierno, agrupaciones civiles e individuos sin interés de compra.

Sumario

Ensayos de evaluación del comportamiento a la deformación permanente de mezclas asfálticas	5
Ligantes modificados, asfaltos especiales y aditivos	12
Procesamiento del RAP para su utilización en mezclas asfálticas recicladas en caliente: una revisión del estado del arte	19
Mezclas asfálticas en caliente el caso por la sostenibilidad	27
Recomendaciones prácticas para el uso de retrocálculo en la revisión estructural de pavimentos flexibles bajo los esquemas de conservación de carreteras tipo Asociación Público Privadas (APP)	35
Rejuvenecimiento de RAP mediante la consideración del parámetro Glover & Rowe	43
Amor, paz y... asfalto	52
Fue un placer conocerte... amigo y compañero Javier Esteban Herrera Lozano	54
Viaje al centro del hombre	56

Presidente

Raymundo Benítez López

Vicepresidente de construcción

Luis Guillermo Limón Garduño

Vicepresidente técnico

Francisco Javier Moreno Fierros

Vicepresidente de distribución

Juan Adrián Ramírez Aldaco

Secretario

Fernando Mazín Cristo

Tesorero

J. Jesús Martín del Campo Limón

Vocales

Diana Berenice López Valdés

Gabriel Hernández Zamora

Horacio Delgado Alamilla

Javier Gutiérrez Cisneros

Jorge Alarcón Ibarra

Luis Eduardo Payns Borrego

Martín Serrano García

Rafael Martínez Castillo

Comisión de honor

Roberto Garza Cabello

Ignacio Cremades Ibáñez

José Jorge López Urtusuástegui

Comisión de vigilancia

Fernando Martín del Campo Aviña

Israel Sandoval Navarro

Hugo Bandala Vázquez

Director General

Jorge E. Cárdenas García

dirgral@amaac.org.mx

www.amaac.org.mx

Diseño y formación

Lizbeth de Lucio



Editorial



Pensar en realizar un proyecto es un paso muy importante, crearlo y llevarlo a cabo es un gran logro, pero mantenerlo cumpliendo con sus objetivos de realizar investigaciones y desarrollo tecnológico en materia de asfaltos, promover su mejor uso, fomentar el desarrollo tecnológico, coadyuvar en la gestión y coordinación de proyectos, difundir los conocimientos es realmente digno de celebrar.

El 7 de agosto de 2017, la Asociación Mexicana del Asfalto, está cumpliendo veinte años y ese logro se debe a la participación activa y profesional de sus socios.

Durante este tiempo AMAAC ha sido un organismo catalizador del avance de la tecnología relacionada con los pavimentos asfálticos, difundiendo las técnicas que han impactado en la ingeniería civil y química, y se ha convertido en una asociación altamente efectiva al servicio de la sociedad.

Todo este desarrollo se basa en la guía de sus diez Consejos Directivos y sus Comités Técnicos integrados por grupos de socios que han cimentado el crecimiento, fortalecimiento y consolidación de AMAAC, la cual ha alcanzado un prestigio nacional e internacional.

La fecunda labor de AMAAC a lo largo de estos años a través de sus asociados está plasmada en un gran número de publicaciones, producto de los eventos técnicos realizados sobre temas muy diversos relacionados con las diferentes etapas de la cadena productiva del asfalto, lo cual constituye un testimonio del impacto que ha tenido esta asociación en el desarrollo de la infraestructura vial de nuestro país.

Celebremos este aniversario participando de forma más activa en las acciones que realiza la asociación, ofreciendo nuestra experiencia técnica, capacitándonos para lograr la calidad en nuestro trabajo diario, colaborando en los comités técnicos y, sobre todo, siendo mejores seres humanos en beneficio de México.

¡Preservar es asfaltar!

Raymundo Benítez López
Presidente
Décimo Consejo Directivo



El Roble de Bodmer, 1865

Claude Monet (1840-1926)

Monet continúa con la tradición académica pero su manera de trabajar es absolutamente vanguardista; interesándose por captar la luz directamente del natural recoge las diferencias lumínicas de manera prodigiosa. El color es aplicado de manera rápida y contundente, utilizando pinceladas cortas de forma rápida y fluida sin interesarse por formas o contornos como se observa en el fondo.

Ilustración sobre el original
Por: Omar Maya V.

Ensayos de evaluación del comportamiento a la deformación permanente de mezclas asfálticas

Francisco J. Romero Lozano, AMAAC
Alumno de maestría, Universidad Autónoma de Querétaro
Yelitza Ayala del Toro, AMAAC
Alumna de doctorado, Universidad Autónoma de Chihuahua
tecnico2@amaac.org.mx

Introducción

En México, el principal modo de transporte para personas y carga es por carretera. De acuerdo a datos viales de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (2015), se observa que el volumen del tránsito vehicular ha sufrido un incremento considerable a través de las últimas décadas, y más notable aún en niveles de carga. Es conocido que los pavimentos flexibles son susceptibles a presentar diversos problemas, sin embargo, éste incremento ha ocasionado la presencia de degradaciones prematuras en el pavimento, las cuales se ven reflejadas a una temprana edad de su vida útil.

Cuando el pavimento flexible es sometido a solicitaciones mecánicas y climáticas, presenta diversas degradaciones (deterioros). Entre las principales se encuentran la deformación permanente, el agrietamiento por fatiga, la fisuración térmica, los desprendimientos, etcétera.

La deformación permanente (rodera), es una de las degradaciones más importantes de los pavimentos flexibles en México. Este problema está asociado a la estructura misma de la mezcla asfáltica, las condiciones de tránsito en el pavimento y el pobre control de calidad durante la construcción del pavimento. Las roderas son deformaciones plásticas que surgen en la superficie de rodamiento de un pavimento flexible, se presentan en la zona de mayor incidencia de los neumáticos de vehículos pesados. Comúnmente aparecen como una depresión longitudinal con ligero levantamiento lateral de la mezcla asfáltica. En los últimos años estas degradaciones se han presentado de forma prematura, lo cual ha dado lugar a la aparición de nuevos métodos de diseño de la mezcla asfáltica.

Para evaluar la resistencia a la deformación permanente en las mezclas asfálticas existen diferentes ensayos, los cuales se pueden agrupar en dos clasificaciones generales: ensayos empíricos y ensayos mecánicos.

Actualmente, en México se utiliza un ensayo empírico de rueda cargada (*Wheel Tracking Test*) para estimar la deformación permanente de una mezcla asfáltica durante su diseño en laboratorio. Sin embargo, la tendencia mundial para

la evaluación de la deformación permanente se inclina hacia la evaluación mediante ensayos mecánicos.

Es importante mencionar que la estimación de la deformación permanente en materiales que se emplean para pavimentos flexibles, depende en gran medida de los métodos de ensayo y de los procedimientos que se utilizan para la fabricación de los especímenes de prueba.

Hablando de ensayos mecánicos, la correlación entre ellos para evaluar la deformación permanente en laboratorio con respecto a lo que acontece en el campo, es adecuada según Kaloush, Witczak & Sullivan (2003). Lo anterior de acuerdo a que el análisis de la deformación permanente mediante un ensayo mecánico en un laboratorio es posible, ya que un esfuerzo desviador es capaz de inducir cambios volumétricos en la mezcla hasta llegar a un valor de deformación en la zona terciaria donde se producirá el flujo plástico. Y a su vez, en el campo de los pavimentos flexibles el ahuellamiento se puede desarrollar en dos etapas: una debido a las cargas de tráfico produciendo una acumulación de deformación vertical permanente en la carpeta asfáltica. La segunda, que puede o no ocurrir, es la relacionada a la deformación cortante producida por la inestabilidad de la mezcla; misma que es debida a la deformación lateral de la capa del pavimento.

Kaloush, Witczak & Sullivan (2003), señalan que el comportamiento general de las mezclas asfálticas obedece a la velocidad de aplicación de carga, la temperatura, el envejecimiento del asfalto y el contenido de vacíos de aire de la mezcla. Además de que, a niveles bajos de esfuerzo aplicado, una mezcla asfáltica puede exclusivamente presentar un comportamiento en la zona primaria y/o secundaria (Figura 1), sin embargo, a mayores niveles de esfuerzo, obtenemos mezclas que llegan a experimentar deformaciones en la zona terciaria, la temperatura de ensayo es parte fundamental para llegar a la zona terciaria.

La zona primaria concierne a un periodo de postcompactación donde la deformación permanente se acumula rápidamente, esta se presenta durante las primeras pasadas (minutos) del ensayo. En la zona secundaria se describe la deformación permanente que presenta la mezcla, las deformaciones incrementales disminuyen con el paso del tiempo alcanzando un valor “constante” y finalmente la zona terciaria, que define el proceso de desgranamiento del espécimen, esta



Figura 1. Representación gráfica de resultados en pruebas típicas de deformación permanente.

zona se presenta principalmente en muestras que son susceptibles al daño por humedad.

Evaluación de la deformación permanente

Existen diversos métodos para el diseño de una mezcla asfáltica en caliente, en México desde hace varias décadas uno de los métodos más utilizados es el método Marshall. Expuesto por Bruce Marshall, ingeniero de asfaltos del departamento de autopistas del estado de Mississippi. Luego de una extensa investigación y múltiples estudios de correlación, el cuerpo de ingenieros de Estados Unidos adoptó, mejoró y añadió ciertos aspectos al procedimiento de prueba Marshall, desarrollando un criterio de diseño de mezclas asfálticas. Garnica *et al.*, (2004). El método Marshall fue creado para un tránsito y cargas muy diferentes a las condiciones que tenemos actualmente y utiliza un ensayo empírico de estabilidad y flujo para evaluar la deformación permanente de la mezcla asfáltica.

En la norma N.CMT.4.05.003/2008; la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), establece los requisitos de calidad que deben cumplirse para el método Marshall y especifica que para un tránsito mayor a 10 millones de ejes equivalentes (8,2 t) se requiere de un diseño especial de la mezcla. Esto refuerza lo que en líneas anteriores se comentó, el método se formuló para tránsito y cargas muy diferentes a las condiciones de hoy en día. Además, la metodología no considera el comportamiento y desempeño que tendrá la mezcla asfáltica a lo largo del tiempo.

Para 1994 en los EE.UU., se dio a conocer una nueva metodología de diseño volumétrico de mezclas asfálticas, Superpave (Superior Performance Asphalt Pavements). Dicho método según Witczak & Sotil (2005), abandona los procedimientos empíricos usados hasta ese momento como el de Marshall, enfocándose en propiedades fundamentales de los cementos asfálticos y las mezclas asfálticas.

En el año 2008 la Asociación Mexicana del Asfalto implementó una metodología de diseño a la que llamó: Protocolo AMAAC para el diseño de mezclas asfálticas densas en caliente —derivado de la metodología Superpave—, la cual tiene la particularidad de evaluar la mezcla con base a su desempeño, estableciendo cuatro diferentes niveles de diseño que comprenden la evaluación de la susceptibilidad a la humedad y la deformación permanente, además de dos ensayos mecánicos, el módulo dinámico y el ensayo de fatiga.

Enfocándonos de manera específica en la evaluación de la deformación permanente —Nivel II Protocolo AMAAC— de la mezcla, esta se determina mediante un ensayo de rueda cargada (Wheel Tracking Test) con tres diferentes equipos: rueda cargada de Hamburgo (HWT), analizador de pavimentos as-

fálticos (APA) y ensayo de pista española. El principio de evaluación es el mismo: Determinar la susceptibilidad a la falla prematura de la mezcla asfáltica a deformación permanente, debido a la debilidad en la estructura del agregado pétreo o inadecuada rigidez del asfalto.

El método de ensayo consiste en la aplicación de $705 \pm 4,5$ N de carga —rueda metálica— en movimiento, sobre especímenes de mezcla asfáltica de dimensiones: 150,0 mm de diámetro y $\pm 60,0$ mm de altura aproximadamente y con un contenido de vacíos de aire de $7 \pm 1\%$. Estos son sumergidos (condición saturada) a 50°C y se someten a 20000 pasadas de la rueda cargada a una velocidad de 30,5 cm/s, provocando 50 ± 5 pasadas por minuto. La deformación máxima permitida por el método de ensayo son 10,0 mm. Con lo anterior se simula el paso repetido de los vehículos cargados para predecir la deformación permanente esperada; midiendo la profundidad de la deformación (rodera) en milímetros a cada pasada, y detectando el punto de inflexión de desgranamiento, así como el número de repeticiones (pasadas) de carga para alcanzar la falla de la mezcla analizada.

En la Figura 2, se ilustra un esbozo general donde se ejemplifica lo descrito anteriormente.

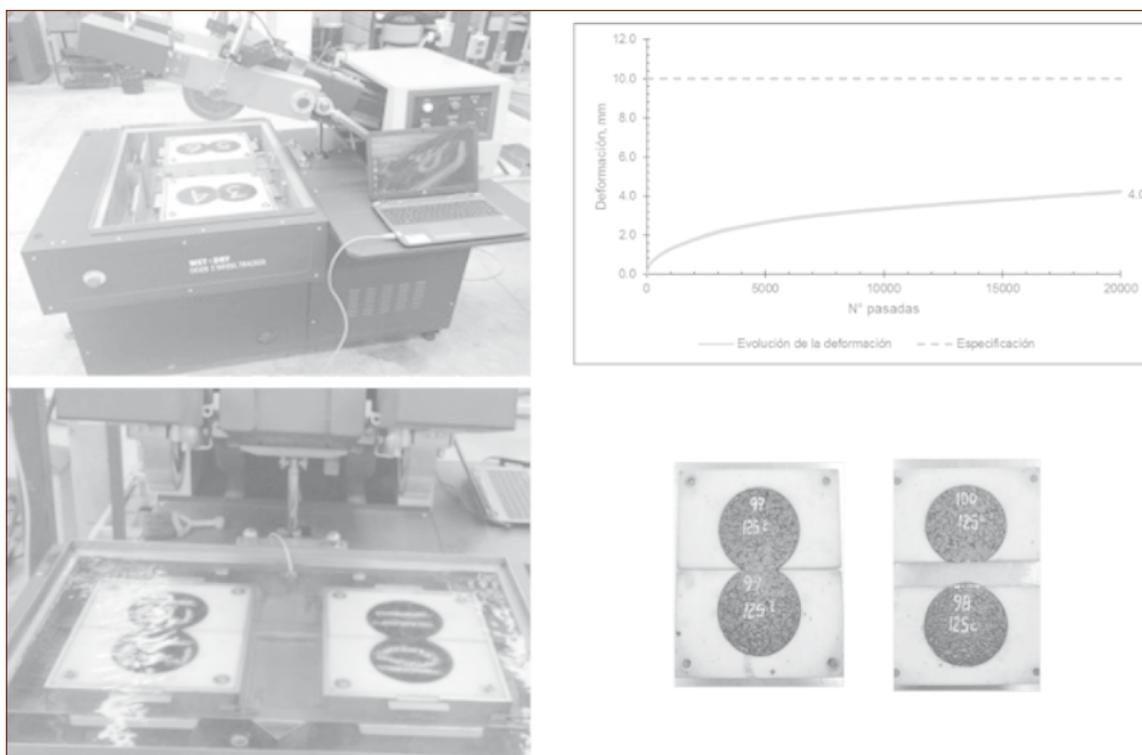


Figura 2. Ensayo de deformación permanente mediante la rueda cargada de Hamburgo.

Es importante mencionar que los errores más comunes en el ensayo son causados por el corte transversal a los especímenes (cuando usamos de 6" de diámetro) y en el sistema de montaje de los mismos, provocando un ligero "escalonamiento" entre ambos especímenes al momento de unirlos. Lo anterior deriva en una medición no confiable. Por lo anterior es recomendable el uso de un solo espécimen por rueda, con un diámetro de 10".

En la Tabla 1 se muestran las especificaciones del número de pasadas para provocar una deformación máxima de 10,0 mm para cada nivel de tránsito definido por el Protocolo AMAAC.

Tabla 1. Número de pasadas mínimas para la deformación máxima de 10,0 mm	
Nivel de tránsito	Pasadas mínimas para una deformación máxima de 10,0 mm
Bajo	10 000
Medio	15 000
Alto	20 000
Muy Alto	20 000

Una vez finalizado el ensayo, se analizan los datos obtenidos en el mismo. El resultado de la deformación se reportará como el valor promedio de ambos pares de especímenes, así mismo, mediante una gráfica del comportamiento de la mezcla asfáltica en la rueda cargada de Hamburgo, se graficará la profundidad de rodera en función del número de pasadas, a partir de esta gráfica (Figura 3) se obtendrán los siguientes análisis:

Deformación máxima de rodera en mm: promedio de la deformación máxima que presentan los especímenes de la rueda 1 y 2.

Estabilidad dinámica (ED): Se refiere al valor de la pendiente en la zona secundaria (de la evolución de la deformación permanente), donde se describe la deformación permanente que presenta la mezcla asfáltica. La estabilidad dinámica (ED) está definida como:

$$ED = \frac{(15 * V)}{(l_{60} - l_{45})} \quad (1)$$

Donde:

ED: Estabilidad dinámica, [pasadas/mm]

V: Velocidad de la rueda metálica, [pasadas/min]

l_{60} y l_{45} : Deformación vertical de la mezcla asfáltica a los 45 y 60 minutos (2 250,0 y 3 000,0 pasadas), [mm].

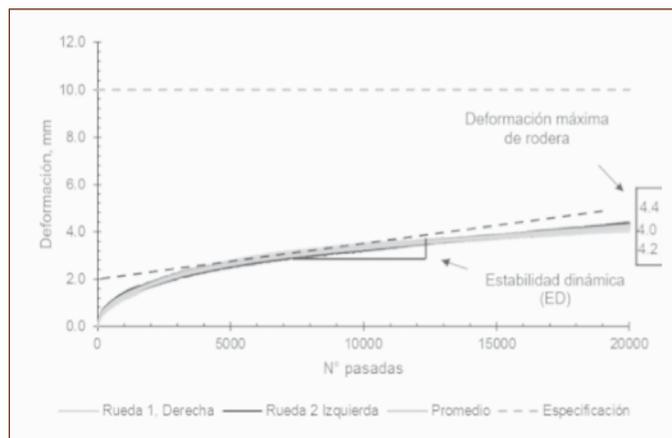


Figura 3. Deformación de rodera.

De acuerdo con el comportamiento general ilustrado en la Figura 1, observamos en la Figura 4, la evolución de la deformación permanente de una mezcla asfáltica ensayada mediante la rueda cargada de Hamburgo, en la cual se identifican las tres zonas principales del comportamiento general: (1) acumulación de la deformación permanente durante los primeros minutos del ensayo; (2) la deformación permanente de la mezcla; y (3) inicio del desgranamiento del espécimen.

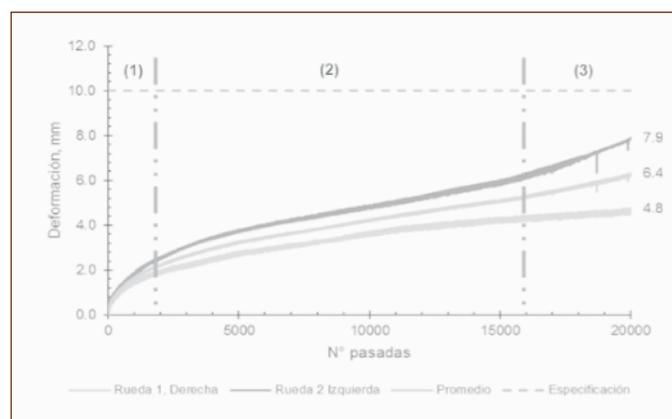


Figura 4. Representación gráfica de los resultados de ensayo.

Ensayo mecánico para deformación permanente

Ensayo de carga repetida a compresión uniaxial. Número de flujo, AASHTO TP79-15

La tendencia mundial acerca de la evaluación de la deformación permanente en mezclas asfálticas se inclina hacia la realización de ensayos mecánicos (Biligiri, Kaloush, Michael, & Witczak, 2007). En 2004 el equipo de investigación del proyecto 9-19 del NCHRP recomendó la evaluación del parámetro número de flujo por medio del ensayo de carga repetida.

El número de flujo se define como el número de ciclos de carga que corresponde a la tasa mínima de cambio de la deformación permanente axial durante el ensayo de carga repetida. El número de flujo es una propiedad relacionada con la resistencia de una mezcla asfáltica a la deformación permanente. Se puede utilizar para evaluar y diseñar una mezcla con una resistencia específica a este modo de falla. Por lo anterior, un enfoque para el análisis de la deformación permanente en mezclas asfálticas en caliente es emplear un ensayo de carga repetida (dinámica) y registrar la deformación permanente acumulada como función del número de ciclos (repeticiones) durante la ejecución del ensayo.

El ensayo se realiza de acuerdo a la norma AASHTO TP79-15, es definido como un ensayo simple de comportamiento; los especímenes son fabricados en laboratorio por medio del compactador giratorio con un diámetro de 150 mm y altura de 170 mm; a partir del cual, es necesario extraer un núcleo de 100 mm de diámetro ya que el espécimen de ensayo es de 100 mm de diámetro y 150 mm de altura para mezclas fabricadas con un tamaño nominal menor o igual a 37,5 mm; con un rango de vacíos de $\pm 0,5\%$ del óptimo de diseño.

El procedimiento del ensayo utiliza un ciclo de carga de 1,0 segundo de duración. Un espécimen de mezcla asfáltica es sometido a la aplicación de 0,1 segundos de carga *haversine* seguido por 0,9 segundos período de relajación Figura 5.

El ensayo se realiza en una cámara de temperatura controlada a una sola temperatura efectiva, y puede ejecutarse con o sin confinamiento, esta última condición con el fin de simular las condiciones de los esfuerzos en campo. Durante todo el ensayo se registran las deformaciones permanentes axiales y radiales que presenta la mezcla asfáltica, de acuerdo con el reporte núm. 465 del NCHRP (Witczak Kaloush, Pellinen, El-Basyouny & Von Quintus, 2002) el ensayo tiene una duración de 10 000 ciclos o hasta que la mezcla asfáltica falle en la zona terciaria, el número de ciclos dependerá de los niveles de esfuerzo y temperatura aplicada.

Es importante mencionar que la máquina de ensayo necesaria para la ejecución de este ensayo (Número de flujo), es la misma que se utiliza para los ensayos: módulo dinámico, tiempo de flujo, fatiga por flexión, tensión indirecta y módulo resiliente (Figura 6), dependiendo el alcance o necesidades del laboratorio.

Típicamente los resultados del ensayo son presentados en relación a la deformación permanente acumulada en el eje de las ordenadas frente al número

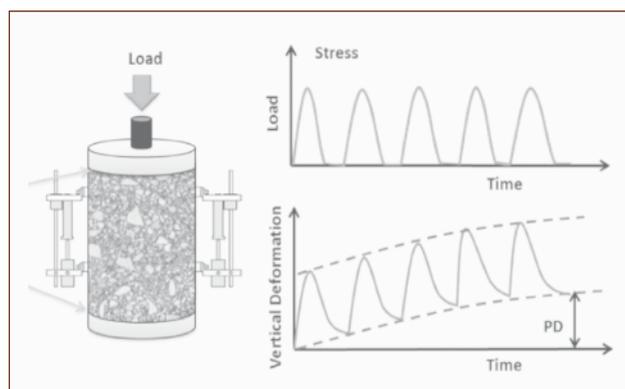


Figura 5. Configuración del ensayo número de flujo.



Figura 6. Equipo e instrumentación del espécimen para la ejecución del ensayo número de flujo.

de ciclos de carga en el eje de las abscisas, Figura 7. Además, los parámetros obtenidos de este ensayo son la intersección (a) y la pendiente (b), estos parámetros se derivan de la zona secundaria (lineal), son constantes de regresión de un modelo estadístico basado en zona lineal (secundaria) de la deformación.

El punto de partida o el número de ciclo en que el flujo o zona terciaria se produce se conoce como el número de flujo.

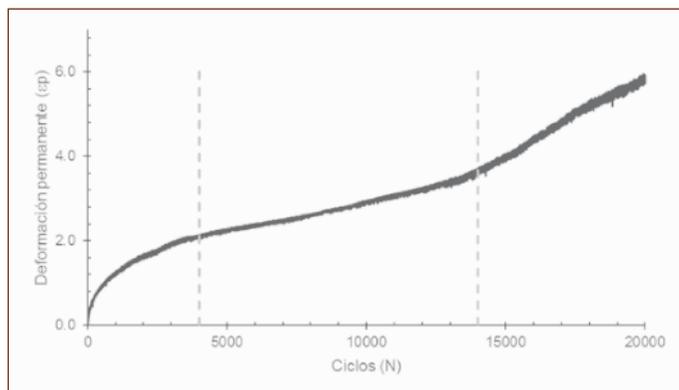


Figura 7. Representación típica de resultados en ensayo de carga repetida.

Como se muestra en la figura anterior, la intersección (a), representa la deformación permanente en el ciclo número 1, $N = 1$; y la pendiente (b) representa la tasa de cambio de la deformación permanente como una función del cambio en ciclos de carga ($\log N$), ambos parámetros derivan de la zona lineal o secundaria. La relación log-log se expresa por el modelo clásico de potencia.

$$\epsilon_p = aN^b \quad (2)$$

Donde a y b son coeficientes de regresión que dependen del material y las condiciones de prueba.

De acuerdo con la investigación de Zhang, *et al.*, los datos que se obtienen a partir del ensayo de número de flujo son: (1) Número de flujo (NF) en ciclos, se refiere al número de ciclos necesarios para que la mezcla asfáltica entre en la zona terciaria de la deformación permanente. (2) Deformación permanente acumulada de la mezcla asfáltica (ϵ_p). (3) Tiempo (t) en minutos, donde inicia el flujo (zona) terciario.

Comentarios finales

La capa de rodadura en los pavimentos asfálticos, está sometida a solicitaciones climáticas y de carga que son variables en el tiempo. Por lo cual, el comportamiento de la mezcla asfáltica puede definirse como complejo, ya que depende tanto de la temperatura como de la duración y velocidad de las cargas que le son aplicadas. Por lo que la evaluación de su desempeño debe ser realizada a partir de la medición de sus propiedades mecánicas y reológicas.

Al mismo tiempo, resaltar que la estimación de la deformación permanente en materiales que se emplean para pavimentos flexibles, depende en gran medida de los métodos de ensayo y de los procedimientos que se utilizan para la fabricación de los especímenes de prueba.

Es importante mencionar que después de analizar algunos de los ensayos de mayor impacto a nivel

mundial para la evaluación de la deformación permanente en mezclas asfálticas en caliente: ensayo de módulo dinámico, ensayo de carga repetida (número de flujo), ensayo estático de fluencia (tiempo de flujo), ensayo de compresión axial cíclico; sería indispensable determinar cuál de ellos se adapta de mejor manera a las condiciones de México, y esto será de acuerdo con la gama de equipos que se encuentran en el mercado. Convenientemente, la máquina de ensayo necesaria para la ejecución de los ensayos número de flujo y tiempo de flujo, es la misma que se utiliza o se podría utilizar para los ensayos: módulo dinámico, fatiga por flexión, tensión indirecta y módulo resiliente, dependiendo el alcance o necesidades del laboratorio.

Lo anterior para ser usado en conjunto con el procedimiento de diseño volumétrico Superpave, que en México se ha denominado Protocolo AMAAC. Pretendiendo reforzar dicho procedimiento de diseño y garantizando un rendimiento adecuado de la mezcla respecto a la deformación permanente.

Además, es importante recalcar la importancia de utilizar ensayos mecánicos sobre todo en la evaluación de materiales no convencionales (frías, tibias, RAP), mismos que actualmente son tendencias en la innovación de tecnologías especializadas en mezclas asfálticas. 

¿Quieres profundizar?

- ^[1] Kaloush, K., Witczak, M., & Sullivan, B. (2003). Simple performance test for permanent deformation evaluation of asphalt mixtures. *Rilem Symposium* (págs. 498-505). USA: Manfred N Partl.
- ^[2] Garnica Anguas Paul, Delgado Alamilla Horacio, Gómez López José Antonio, Alonso Romero Sergio, Alarcón Orta Humberto Alonso (2004). "Aspectos del diseño volumétrico de mezclas asfálticas". Publicación técnica núm. 246. Instituto Mexicano del Transporte. Querétaro, Méx.
- ^[3] Witczak, M., & Sotil, A. (2005). Últimos avances de Superpave: Buscando un ensayo que acompañe al método. Universidad San Ignacio de Loyola. Perú.
- ^[4] AMAAC-PA-MA-01. (2013). Diseño de mezclas asfálticas de granulometría densa de alto desempeño. Asociación Mexicana del Asfalto A.C. Ciudad de México.
- ^[5] Biligiri, K. P., Kaloush, K. E., Michael, S. M., & Witczak, M. W. (2007). Rational modeling of tertiary flow of asphalt mixtures. TRB No. 2001 (págs. 63-72). Washington, D.C.
- ^[6] American Association of State Highway and Transportation Officials, AASHTO TP 79-15, "Standard Test Method for Determining the Dynamic Modulus and Flow Number for Hot Mix Asphalt (HMA) Using the Asphalt Mixture Performance Tester (AMPT)".
- ^[7] Witczak, M., Kaloush, K., Pellinen, T., El-Basyouny, M., & Von Quintus, H. (2002). NCHRP Report 465: Simple Performance Test for Superpave Mix Design. Washington, D.C.: National Academy Press.
- ^[8] Zhang Jun, Alvarez Alex E., Ick Lee Sang, Torres Angela, Walubita Lubinda F. (2013). "Comparison of flow number, dynamic modulus, and repeated load tests for evaluation of HMA permanent deformation". *Construction and Building Materials* 44, 391-399.

Llévanos contigo...

¡Descarga nuestra App!



Ligantes modificados, asfaltos especiales y aditivos

Comité técnico francés para carreteras (CTR)

Cristales, bolas, polvos, fibras... Hay algo “mágico” en el mundo de los ligantes modificados y de los asfaltos especiales que proviene de la fascinación ejercida por la fisicoquímica de los materiales. Más allá de la sorpresa que manifiestan los usuarios ante la coloración de los revestimientos, son las opciones tecnicoeconómicas esenciales que entran en juego. En efecto, los ligantes modificados y los asfaltos especiales desempeñan un papel primordial, puesto que los primeros se utilizan tanto en las capas de rodadura como en los sistemas antifisuras o en los tratamientos superficiales, mientras que el ámbito de preferencia de los segundos es de las soluciones contra las roderas.

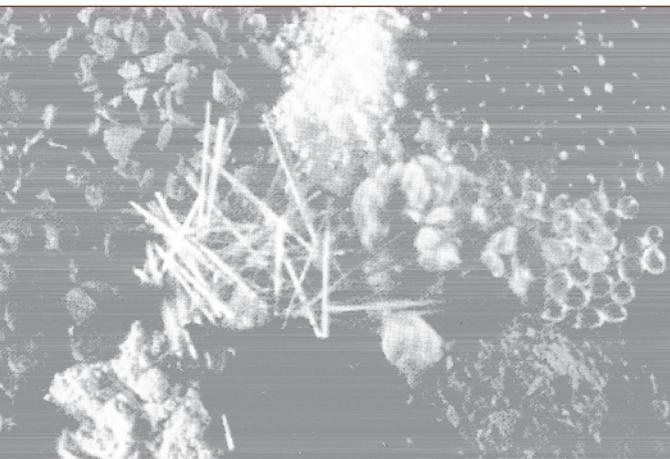
Productos o aditivos para modificar los ligantes

Las mayores necesidades que experimentan los firmes (tránsito, cargas transportadas) y el precio de los productos petrolíferos han incitado a la comunidad técnica francesa a desarrollar nuevas técnicas y productos innovadores.

Con un consumo de aproximadamente 250 000 toneladas de asfaltos modificados y 80 000 toneladas de asfaltos especiales al año, o sea más del 10% de su consumo total de asfalto, Francia está a la vanguardia de la innovación y de la utilización de estos tipos de ligantes. Si bien son símbolos modernos de la búsqueda de resultados, los ligantes modificados y los asfaltos especiales también son los herederos de una larga historia... El primer artículo sobre un aditivo a las mezclas asfálticas (azufre) data de 1938, y Francia utilizó por primera vez un ligante polímero en una obra en 1972. Pero, son las dos crisis del petróleo de 1973 y 1979 que incitaron a los técnicos y los responsables a buscar soluciones innovadoras para optimizar los contenidos de asfalto, reducir el espesor de las capas de rodadura (inferior a 5 cm) e incluso de las capas de asiento, y aumentar la durabilidad de la calzada.

Algunas definiciones importantes...

¿Cuál es la diferencia entre un ligante modificado y un ligante con aditivo?
¿Por qué un asfalto debe ser “especial”?





NIESTRAS EMPRESAS TRABAJANDO EN CONJUNTO PARA CONTINUAR

CONSTRUYENDO LOS CAMINOS DE MÉXICO



EJECUCIÓN DE PROYECTOS



EMULSIONES



MEZCLAS ASFÁLTICAS



DISTRIBUCIÓN AC-20 (SOMOS DISTRIBUIDOR AUTORIZADO POR PEMEX)

Antes de entrar en el detalle de los ámbitos de uso y de los componentes, es importante formular algunas definiciones:

- **Ligantes modificados.** Son ligantes asfálticos cuyas propiedades han sido modificadas por el empleo de agentes químicos (caucho natural, polímeros sintéticos, azufre, compuestos organometálicos). Esos agentes, introducidos generalmente en el asfalto de base en planta, modifican la estructura química y/o las propiedades mecánicas del asfalto. El ligante modificado se puede caracterizar como tal y separadamente del aglomerado.
- **Asfaltos especiales.** Son el resultado de un procedimiento particular de refinado. Algunas de sus características difieren o van más allá de las normas que definen los asfaltos utilizables en las técnicas viales. Responden pues a usos y exigencias de un comportamiento bien definido.
- **Aditivos.** Los aditivos se incorporan en la mezcladora en el momento de la preparación del aglomerado, por lo que en general no es posible caracterizar el conjunto de ligantes y aditivos en la obra.

Las ventajas y los ámbitos de uso de los ligantes modificados, los asfaltos especiales y los aditivos

El proceso que ha impulsado a la comunidad técnica francesa a desarrollar a escala industrial el estudio de los ligantes modificados, los asfaltos especiales y los aditivos ha sido guiado por imperativos económicos y técnicos. Las limitaciones económicas han conducido a los responsables a reducir los espesores y a aumentar la durabilidad de los revestimientos, en un contexto de toma de conciencia general del valor del patrimonio vial. Los procesos técnicos han impuesto una respuesta adaptada a las exigencias cada vez mayores en el campo de la seguridad, la comodidad de los usuarios de la carretera y la perennidad de la calzada. Esta búsqueda permanente de resultados responde al aumento del tránsito, tanto en volumen como en agresividad. La ventaja de los ligantes modificados y los asfaltos especiales radica pues en su capacidad para superar ese desafío. Por otra parte,

esta búsqueda de resultados conduce a la elaboración de productos muy precisos: los ámbitos de uso pretenden, en el seno de una técnica, cumplir con las necesidades del propietario y, por lo tanto, prevenir la aparición de patologías en distintos lugares.

Los ámbitos de uso desde el punto de vista de las técnicas

Considerados desde el punto de vista de las técnicas y los productos, los principales ámbitos de uso de los ligantes modificados, los asfaltos especiales y los aditivos son:

- **Aglomerados delgados, muy delgados y ultradelgados.** Los ligantes modificados van a permitir optimizar el contenido de asfalto, eliminar la exudación y mejorar la cohesión del aglomerado, para garantizar de este modo una mayor durabilidad.
- **Aglomerados drenantes.** Como los aglomerados drenantes son poco sensibles a las roderas, los ligantes modificados van a tener por efecto aumentar la cohesividad del material, mejorar su comportamiento al arranque y, también, favorece la adhesividad a los agregados y reducir los riesgos de pérdida de aglomerado provocada por el agua. En el caso de los aglomerados drenantes de muy elevado contenido de vacíos (>25%), los ligantes modificados o los ligantes a los que se han adicionado fibras que permiten, gracias a su mejor comportamiento al escurrimiento y a su viscosidad más elevada a las temperaturas de aplicación, aumentar el contenido de ligante (y también reducir el riesgo de pérdida de aglomerado). De modo general, gracias al mayor espesor de la película de ligante, permiten retrasar el envejecimiento y contribuyen así a una mayor durabilidad.
- **Aglomerados de módulo elevado.** En el ámbito de las capas intermedias o capas de base, los asfaltos especiales (de clase 10/20 o 15/25) permiten reforzar la resistencia a la fatiga y principalmente, el comportamiento a las roderas. Gracias al esfuerzo de los módulos de rigidez, pueden aligerar la estructura de la calzada. En general, no son modificados por polímeros.
- **Tratamientos superficiales.** El ligante modificado mejora la resistencia a las sollicitaciones de

tracción y cizallamiento, y confiere el tratamiento una menor susceptibilidad térmica. De este modo el comportamiento del tratamiento bajo tránsito elevado y fuertes variaciones climáticas mejora claramente.

Los ámbitos de uso desde el punto de vista de las patologías

Los ligantes modificados y los asfaltos especiales desempeñan un papel esencial en el mejoramiento de los resultados y en el tratamiento de las grandes patologías de las calzadas.

- Lucha contra los defectos superficiales. La cohesión del asfalto polímero en torno al agregado favorece con el tiempo el mantenimiento de las características superficiales y, en particular, de aquellas asociadas a la rugosidad del revestimiento.
- Lucha contra las roderas. Es una de las principales aplicaciones y razones de ser de los asfaltos modificados o especiales. Con tránsito muy pesado y canalizado durante periodos de temperaturas elevadas, los productos a base de asfaltos modificados o especiales resultan más eficaces que los cementos asfálticos semi-granosos clásicos, incluso realizados con un asfalto de clase 35/50. Los asfaltos especiales de clase 10/20 o 15/25 presentan además buenas características de resistencia a la fatiga.
- Lucha contra las fisuras. Los ligantes modificados se utilizan en capas delgadas o en membranas para retardar el ascenso de fisuras a partir de las capas de asiento de materiales tratados con ligantes hidráulicos. Esa propiedad se debe a su flexibilidad a bajas temperaturas y a su buena rigidez a temperaturas elevadas. Los ligantes modificados también pueden emplearse en las capas superficiales asfálticas con objeto de retardar el ascenso de fisuras.
- Lucha contra los defectos de impermeabilización. Las mismas propiedades hacen que estos ligantes se elijan preferentemente para las capas de impermeabilización de las grandes estructuras debido a su aptitud para resistir a los alargamientos elevados y a la fatiga a la flexión.

- Finalmente, en los últimos años ha surgido un nuevo ámbito de uso: el refuerzo de la señalización para las infraestructuras urbanas y la seguridad. Se trata de una categoría particular de ligantes especiales, los ligantes de síntesis claros y pigmentables utilizados en los carriles para ciclistas, las aceras, las áreas de estacionamiento y las bandas a lo largo de las barreras de seguridad de la parte central de las autopistas.

Las limitaciones de uso

Los límites de esos productos radican en su adaptación a las exigencias del propietario. El costo de las técnicas a base de ligantes modificados o con aditivos depende de las evoluciones del precio del asfalto y del precio de los aditivos, para comportamientos iguales con productos clásicos. La variedad de la red francesa, la importancia del tránsito y de las cargas transportadas, así como las variaciones climáticas del país (zonas oceánicas, continentales y mediterráneas) obligan de todas maneras a la comunidad técnica a disponer de una amplia gama de productos muy precisos. La adaptación de la composición de esos ligantes a las exigencias técnicas y económicas ha permitido una ampliación de su ámbito de uso.

Los componentes y la formulación

Los componentes de los ligantes modificados. La gran mayoría de los asfaltos modificados lo son por medio de polímeros termoplásticos, subdivididos en dos familias: los elastómeros y los plastómeros.

- **Los elastómeros.** El producto más usado es el copolímero SBS (estireno-butadieno-estireno). De fácil empleo y bien adaptado a una fabricación en continuo, los SBS aportan al asfalto una mayor flexibilidad a bajas temperaturas y un mejor comportamiento al calor.
 - Los plastómeros. El producto más conocido es el EVA (etileno-vinilo-acetato). Asociado al asfalto, aporta también una disminución de la susceptibilidad térmica. Incluso, a veces, se utilizan esos dos productos asociados.
 - Por último, también se utilizan otros agentes para modificar el asfalto: es el caso del polvo

JUNTOS POR TODO EL CAMINO

Aquello que construyes bajo tus pies no lo es todo, en todo momento te estás preguntando por el futuro, en aquel reto que precisas cumplir. Estamos allí para poder hacerlo juntos. Esto significa contar con nuestros equipos para todas tus aplicaciones o necesidades de tu obra diaria, con el respaldo de **MADISA** a fin de mantenerlos operando eficientemente y el entrenamiento a tu personal en las últimas técnicas y tecnologías. Son estas las herramientas que te permitirán construir el éxito y cumplir con los desafíos que se te presenten en el camino. Visita nuestros enlaces en línea, los aplicativos móviles, las calculadoras de producción, entre otros. Tenemos los recursos desde el movimiento de tierras y cimentación hasta la pavimentación. Es para lo que estamos preparados.



01 800 92 62347

www.madisa.com

MADISA® 

MAQSA® 

fino de caucho, obtenido por rallado de neumáticos de camiones y automóviles.

- **Los aditivos.** Los principales aditivos pueden clasificarse en cinco categorías:
 - Los aditivos de síntesis (poliolefinas). La propiedad de esos productos radica en aumentar la rigidez del ligante.
 - Las materias plásticas recicladas. Los productos más usados en Francia son los desechos de cables telefónicos (varios miles de toneladas), que mejoran sensiblemente las propiedades contra las roderas de los aglomerados. Frente a la escasez de esos desechos, se utilizan granulados de polietileno puro, que presentan las mismas características.
 - Los granulados de caucho. Obtenidos a partir de desechos de neumáticos, estos polvos finos cuyos granulados miden en general 2 mm mejoran la resistencia a la fisuración y amortiguan el impacto de los neumáticos. Este aditivo permite reducir el ruido de rodadura.
 - Las fibras. Se clasifican en tres categorías: orgánicas (esencialmente la celulosa), sintéticas (poliéster, polietileno, polipropileno, acrílico), minerales o metálicas (vidrio, roca, acero). Estas fibras tienen un efecto muy positivo, a corto plazo, al evitar el escurrimiento del ligante y, a largo plazo, en la durabilidad de la mezcla bituminosa por un refuerzo de su cohesión.
 - Por su parte, las fibras de vidrio o sintéticas tienen una acción positiva sobre la fijación del asfalto y la rigidez del aglomerado.
- **Los asfaltos especiales.** Pueden clasificarse en tres grandes categorías:
 - Los asfaltos duros. Son los asfaltos de clase 15/25 y 10/20. La clase 5/10 está aún en fase de experimentación. Bien adaptados a la prevención de las roderas por fluencia, esos asfaltos son, no obstante, sensibles a las bajas temperaturas y, por lo tanto, a la fisuración térmica. Su empleo como capa de base o intermedia les protege de este inconveniente. Sin embargo, algunos asfaltos especiales de grado 15/25 pueden utilizarse como capa de rodadura en ciertas condiciones.

- Los asfaltos especiales multigrados. Aportan una respuesta a la vez a los riesgos de rodera y de fisuración, habida cuenta de su amplio intervalo de temperatura de uso. Se trata de asfaltos cuya consistencia a 25 °C es la de los asfaltos 50/70 en cuanto a penetración, pero cuyo comportamiento en frío se asemeja más al de los asfaltos 70/100 y cuyo comportamiento en caliente se asemeja más al de los asfaltos 35/50.
- Los ligantes especiales pigmentados. Los nuevos modos de fabricación permiten hoy en día obtener ligantes claros sintéticos, que se pueden utilizar para la fabricación de aglomerados coloreados de crema, rojo, blanco, verde o azul. Las propiedades reológicas de esos asfaltos son muy próximas a las de los asfaltos clásicos para grados equivalentes. Algunos de sus efectos merecen una atención especial: un ligante claro reducirá la temperatura superficial del aglomerado sometido a los rayos del sol. Este mismo color claro puede permitir reducir muy sensiblemente el costo del alumbrado en un túnel.

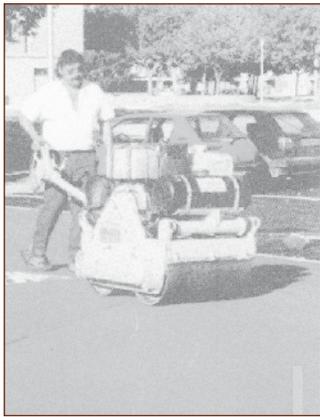


Fabricación del asfalto modificado

Unidad de fabricación y pupitre de control con opción de automática.

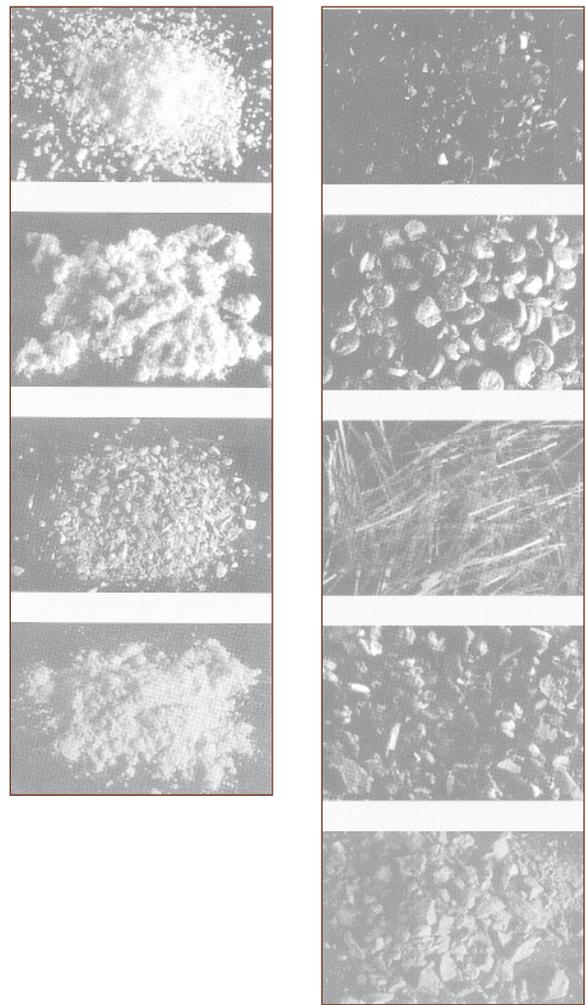
Las particularidades de puesta en obra

La puesta en obra de los materiales modificados o especiales requiere a menudo precauciones de compactado, especialmente la de los asfaltos duros. En el caso de aglomerados a base de asfaltos modificados con polímeros (elastómeros, en particular), se suele desaconsejar el uso de la compactadora de neumáticos a favor de la compactadora de tipo tándem (llantas lisas).



Ligantes especiales pigmentados

Esos ligantes se emplean con frecuencia en las aceras, los aparcamientos y los carriles para ciclistas, así como en las calzadas. En efecto, las calzadas de color claro permiten reducir el alumbrado de los túneles.



Productos para modificar los ligantes en planta y aditivos agregados en la mezcladora

Polvillos de caucho, polietileno puro, fibras sintéticas, desechos de cables, polvos minerales, fibras naturales...



DÉCIMO CONGRESO MEXICANO DEL ASFALTO

Nuestra prioridad: **Preservar los pavimentos asfálticos**

Participa con los hashtag:

#10CongresoAMAAC

#EligeAsfalto

congresoamaac.com.mx

Procesamiento del RAP para su utilización en mezclas asfálticas recicladas en caliente: una revisión del estado del arte

Orlando Ramos Villanueva
Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Querétaro
ramos.orlando.ic@gmail.com
Pedro Limón Covarrubias
Gerente de servicios a la construcción, Lasfalto S. de R.L. de C.V.
pedro@surfax.com.mx

Introducción

Durante o al final de su vida útil, los pavimentos asfálticos deben ser rehabilitados o reconstruidos, lo que involucra importantes inversiones del orden de millones de dólares. Sin embargo, los costos generales de estas actividades pueden disminuir dependiendo de las cantidades de reciclado consideradas en estas operaciones, así como el uso de materiales vírgenes que incrementan los costos directos. Aunado a lo anterior, existen consecuencias ambientales que incluyen el agotamiento de recursos naturales (agregados y aglutinantes asfálticos), emisiones de gases de efecto invernadero (CO_2 , CH_4 , NOX) y problemas relacionados con la disposición de materiales desechados. De acuerdo a lo anterior, la Tabla 1 enlista el consumo energético y emisiones de CO_2 provenientes de la producción de pavimentos asfálticos. Las unidades para el consumo de energía enlistadas en esta tabla corresponden a Mega-Joules (MJ) y a unidades de Barril de Petróleo Equivalente (BPE), por cada tonelada de mezcla asfáltica producida.

Tabla 1. Uso de energía y emisiones de gases de efecto invernadero relacionados a la producción de mezclas asfálticas en caliente

Aspecto	Consumo de energía (MJ / T)	Consumo de energía (BPE)	Emisiones de gases (kg / T)
Aglutinante asfáltico	4900	0,83	285
Agregado triturado	40	0,0068	10
Producción de mezcla asfáltica en caliente	275	0,046	22
Transporte de mezcla asfáltica	0,9	0,0002	0,06
Tendido de mezcla asfáltica	9	0,0015	0,6

El reciclaje de materiales que proviene de los pavimentos deteriorados existentes es una alternativa para reducir los efectos negativos antes mencionados. Considerando la misma idea es como nace el concepto de Recuperado de Pavimento Asfáltico (RAP).

Muchas ventajas de la utilización del RAP en los trabajos de construcción, rehabilitación y reconstrucción de pavimentos asfálticos han sido reconocidas, incluyendo las siguientes:

1. Ahorros económicos en materias primas, puesto que el RAP ya contiene agregado, lo que reduce costos debido a la explotación, triturado, transporte y secado de estos materiales. También se disminuye el costo de las mezclas fabricadas, al disminuir la cantidad necesaria de aglutinante asfáltico, ya que el RAP es una fuente valiosa de este insumo. Lo anterior indica que el uso de RAP es una medida que asegura la construcción de caminos y carreteras de una manera ambientalmente responsable y rentable. La Tabla 2 resume algunos hallazgos reportados por diferentes investigadores con respecto a los ahorros económicos logrados a través del uso de mezclas asfálticas recicladas en caliente. En dicha tabla se comparan mezclas asfálticas con distintos contenidos de RAP contra una mezcla asfáltica virgen.

Tabla 2. Ahorros económicos reportados en mezclas asfálticas recicladas con distintos contenidos de RAP

Fuente	Porcentaje de RAP en la mezcla (%)	Porcentaje de ahorro económico (%)
Zaumanis, Mallick, & Frank, 2014	100	50 -70
Ammann Group, 2013	100	40
Cooper, 2011	20	16,5

2. Ahorros en consumo de energéticos necesarios para la fabricación de mezclas asfálticas, así como reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, generados durante la producción de aglutinantes asfálticos y elaboración de las mezclas nuevas. La Tabla 3 enlista la reducción de ambos conceptos cuando se utiliza RAP. En esta comparación, las actividades de procesamiento de agregados y asfalto, fabricación, traslado y tendido de la mezcla asfáltica es considerado, mientras que el consumo energético es expresado en Mega-Joules por tonelada de mezcla.

Tabla 3. Reducción de consumo energético y de emisiones de gases reportados en mezclas asfálticas recicladas con distintos contenidos de RAP

Fuente	Porcentaje de RAP en la mezcla (%)	Porcentaje de ahorro económico (%)
(Zaumanis <i>et al.</i> , 2014)	100	20
(Aurangzeb, Al-Qadi, Ozer, & Yang, 2014)	50	12
Cooper, 2011	25	20

3. Reducción de desechos provenientes de la molienda y extracción de subproductos de pavimentos viejos, así como de los lugares para su disposición.
4. El asfalto es un producto 100% renovable, lo que convierte al RAP en una alternativa altamente rentable y sostenible de restauración de pavimentos flexibles, siendo el material de construcción de caminos más reciclado en el mundo.

Objetivos y alcance

Este documento tiene como objetivo presentar una revisión de la literatura actualizada acerca de: 1) las técnicas y metodologías de manejo de mezclas asfálticas en caliente que incorporan reciclado asfáltico; 2) información documentada de casos de éxito e innovaciones en la utilización y correcta manipulación del RAP. Así, se pretenden identificar potenciales deficiencias en las actuales prácticas de reciclado de pavimentos asfálticos para que sean corregidas en aras de fomentar una construcción sustentable. El alcance de esta revisión se limita a lo concerniente a mezclas asfálticas recicladas en caliente.

Manipulación y procesamiento del RAP

Como parte de las actividades de rehabilitación o reconstrucción de pavimentos flexibles, el RAP es un subproducto derivado de la demolición de pavimentos asfálticos envejecidos y deteriorados, los cuales concluyeron su vida útil. Algunas formas de obtenerlo son el fresado en frío (Figura 1), la reclamación a profundidad completa, y los desperdicios asfálticos en planta de mezclado.



Figura 1. Máquina de Fresado removiendo una capa existente de pavimento asfáltico.

Las mezclas asfálticas presentan ciertas características especiales, por ejemplo, toda mezcla de este tipo está sujeta a variaciones de homogeneidad, la cual se ve altamente afectada por la graduación de los materiales minerales (agregados) y su dosificación. Así, el RAP no es homogéneo, debido a que, en algunos casos, se le encuentra adicionado con otros

materiales utilizados para la reparación de daños tales como baches, roderas, grietas, entre otros. Entre menor sea la homogeneidad del RAP, menor será la cantidad que pueda ser utilizado en una mezcla reciclada. Es por esto que las características y la composición de una MAC que incorpora RAP (ya sea que se produzca en planta o en el lugar), dependen de las propiedades iniciales del RAP y de los agregados y aglutinantes vírgenes, incluso, de los agentes rejuvenecedores, si es que se requieren. En cualquiera de los casos, se pretende proporcionar una mezcla reciclada que iguale la calidad de las mezclas elaboradas con materiales nuevos, donde se satisfagan los requisitos granulométricos especificados por los diseñadores, además de que la combinación de aglutinantes asfálticos provea una viscosidad adecuada que asegure trabajabilidad, al tiempo de cumplir los requisitos volumétricos de la mezcla: vacíos de aire (V_a), vacíos en el agregado mineral (V_{AM}) y vacíos llenos con asfalto (V_{FA}). No obstante, existe información documentada acerca del manejo del RAP para asegurar confiabilidad y buen comportamiento de las mezclas recicladas, así que antes de pensar en el diseño de estas, es importante conocer las siguientes actividades necesarias para el manejo adecuado del RAP.

Almacenamiento. Una vez que el RAP es retirado del sitio de obra, es importante que no se contamine y que sea transportado a una planta de mezclado que cuente con la tecnología necesaria para realizar el reciclado. El RAP debe ser almacenado formando pilas cónicas que se construyan en capas, evitando que camiones o maquinaria pesada transiten por encima de la pila, esto para evitar alguna compactación o aglutinamiento, además de evitar segregar el material por desplazamientos en los bordes de la pila. Otra práctica recomendable es construir las pilas cónicas sobre una superficie pavimentada o revestida, que ofrezca buen drenaje y preferentemente esté techada, con la finalidad de evitar tanto la contaminación con materiales ajenos como la acumulación de agua en el interior de la pila.

Una práctica muy común en los Estados Unidos, es separar o fraccionar el RAP en al menos dos pilas: una de fracción gruesa (mayor a 12,5 o 9,5 mm) y una fracción fina (menor a 12,5 o 9,5 mm), para que, de esa manera, se tenga control del tamaño de las partículas, reduciendo así la variabilidad del RAP.

Sin embargo, cuando se planea incorporar 15% o menos de RAP a una mezcla nueva, no es necesario la separación en distintas pilas. Por otro lado, la forma habitual de trituración, cribado (separación o fraccionamiento) y almacenamiento del RAP, puede poner en peligro al aglutinante asfáltico contenido en él, ya que tanto el contenido de asfalto como la velocidad de envejecimiento del asfalto, dependen del tamaño de partículas, es decir, bajo las mismas exposiciones ambientales, el RAP con fracciones más pequeñas está expuesto a un grado de envejecimiento mayor. Bajo esta premisa, se recomienda que el RAP sea extraído en partículas grandes, almacenado en pilas protegidas y que cuando vaya a ser utilizado, se someta a trituración y cribado para realizar una dosificación adecuada. Para este último paso, la práctica más recomendable es que las excavadoras o cargadores frontales, recojan el material cortando todas las capas de la pila.

Muestreo. Esta actividad es tan importante como la anterior y la que le sigue, ya que tomar una muestra representativa determinará la variabilidad del RAP. Comúnmente, se pueden tomar una cierta cantidad de muestras aleatorias de un almacén de RAP, para después combinarlas y formar la muestra definitiva. Sin embargo, para desarrollar una buena estadística sobre la consistencia del RAP, es necesario analizar al menos 10 muestras. La práctica más recomendable es tomar un conjunto de muestras por cada 1 000 toneladas de RAP. El método de muestreo más aconsejable se lleva a cabo con un cargador frontal, el cual introduce la pala en uno de los lados del almacén y vierte su contenido en una superficie limpia, para formar una mini pila cónica. Con el filo del cucharón se extiende el material hasta formar una superficie plana. Con una pala de borde plano se obtienen las muestras de tres puntos de la superficie de la mini pila, para finalmente ser combinadas en una sola muestra definitiva, lista para ser ensayada (Figura 2).



Figura 2. Procedimiento de muestreo de RAP en planta.

Caracterización del RAP. Una vez que se ha obtenido la muestra de RAP, se requiere conocer las dos características más importantes del mismo: la distribución granulométrica de los agregados y el contenido de asfalto. Adicionalmente, los ensayos para determinar la gravedad específica bruta (Gsb), las propiedades de consenso y las propiedades de origen de los agregados, así como las propiedades físicas y reológicas de los aglutinantes asfálticos también deben ser realizados.

El primer paso es determinar el contenido de asfalto de la muestra reducida de RAP, lo cual puede llevarse a cabo mediante el método ASTM D6307 “Método de Prueba Normalizado para el Contenido de Asfalto de Mezclas Asfálticas en Caliente por el Método de Ignición”, o conforme a lo indicado en ASTM D2172 “Métodos de Prueba Normalizados para la Extracción Cuantitativa de Asfalto a partir de Mezclas de Pavimento Asfáltico”. El método de ignición es el más

utilizado en los Estados Unidos, y presenta ventajas tales como una elevada rapidez de la ejecución del ensayo y la nula necesidad de solventes. Sin embargo, la desventaja estriba en que mediante este método se pueden romper o fracturar algunas partículas de agregado. Por otro lado, los métodos de extracción centrífuga o la extracción por reflujo, no dañan a los agregados, aunque presentan el inconveniente de utilizar solventes como el “Tricloroetileno”, que son cancerígenos y hasta prohibidos en algunos países, además de que no remueven todo el asfalto envejecido del RAP. No obstante, el método de extracción centrífuga parece ser un buen procedimiento si se utiliza Bromo-propano, en lugar del mencionado solvente. El método de extracción por reflujo no es muy recomendado, puesto que acelera el envejecimiento del asfalto sometido en el solvente. El proceso continúa con la separación del aglutinante asfáltico de los solventes, realizado mediante uno de los métodos siguientes: ASTM D1856 “Método de Prueba Normalizado para la Recuperación de Asfalto a partir de Soluciones mediante el Método Abson” o ASTM D5404 “Práctica Estándar para la Recuperación de Asfalto a partir de Soluciones utilizando el Evaporador Rotatorio”. Ambos métodos han demostrado ser adecuados para realizar esta tarea.

Caracterización de los agregados del RAP. Los agregados recuperados del RAP por lo general deben cumplir los mismos requisitos de calidad que se les exigen a los agregados vírgenes. Esto incluye la evaluación de las propiedades de consenso tales como la angularidad de la fracción gruesa y de la fracción fina, cantidad de partículas planas y alargadas y el equivalente de arena, así como las propiedades de origen como lo es la dureza, la sanidad y el contenido de materiales deletéreos. Además de estas características, es de suma importancia conocer la composición granulométrica y la gravedad específica bruta (G_{sb}) de los agregados que han sido separados del aglutinante envejecido.

Por otro lado, en el apartado anterior se comentó que el método de separación de extracción tiene efectos importantes sobre los agregados de RAP, por lo cual es importante escoger el método de extracción, según la propiedad que se pretenda evaluar. La Tabla 4 muestra un resumen de recomendaciones.

El parámetro de gravedad específica bruta (G_{sb}) es ampliamente utilizado para calcular las propiedades volumétricas de una mezcla asfáltica, en especial los vacíos en el agregado mineral (VAM). Tres metodologías han sido identificadas como las más usuales para determinar este valor (Figura 3):

Tabla 4. Recomendaciones de metodologías de extracción de asfaltos y agregados, en función de las características por obtener de los agregados

Característica	Método de extracción recomendado	Observaciones
Contenido de asfalto	Ignición	Los solventes no remueven todo el asfalto del RAP.
Granulometría	Ambos	El centrifugado no se recomienda en mezclas con 25% o más de RAP.
Equivalente de arena	Ambos	En algunos casos no se recomienda la ignición.
Angularidad de agregado grueso	Ambos	Sin observaciones.
Dureza (“Los Ángeles”)	Solventes	El reflujo es mejor que el centrifugado para mezclas con 25% o más de RAP.
Sanidad	Ambos	El centrifugado es preferible para mezclas con 25% o más de RAP.
Gravedad específica bruta (G_{sb})	Ambos	La ignición no se recomienda para cierto tipo de agregados. El centrifugado es preferible para mezclas con 25% o más de RAP.



Recomendación AMAAC RA 01/2017

¡Ya disponible!

eventos@amaac.org.mx

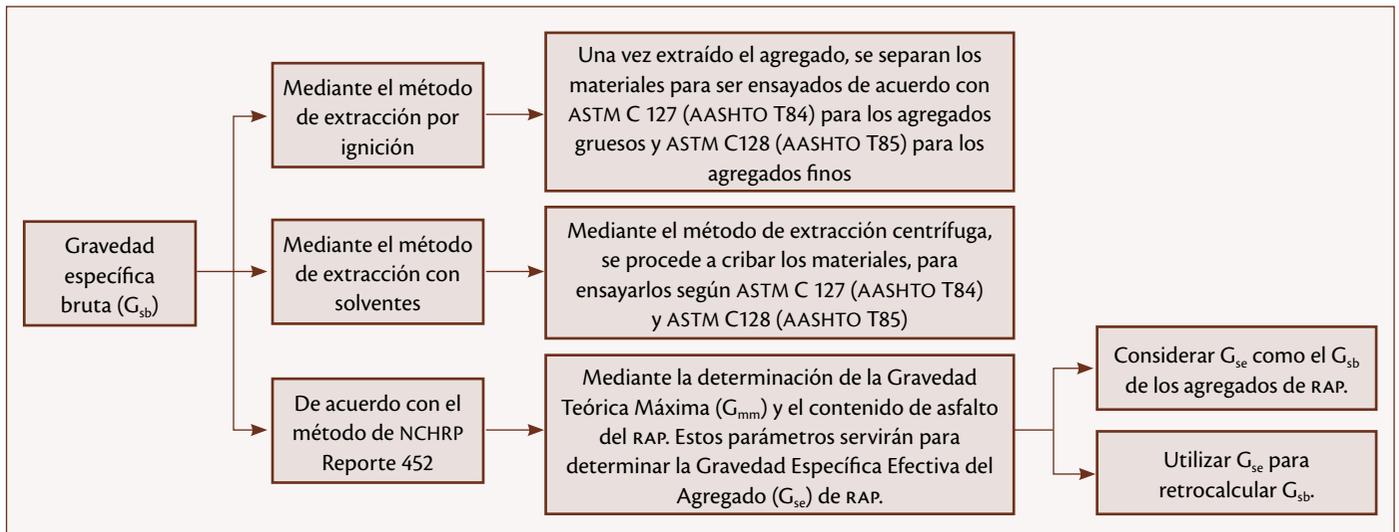


Figura 3. Métodos posibles para obtener la gravedad específica bruta de los agregados de RAP.

Se recomienda utilizar un valor estimado para el porcentaje de asfalto absorbido (Pba) de 1,5%, así como utilizar un valor de 1020 para la gravedad específica del asfalto (Gb), ya que este valor oscila en un muy pequeño rango. Otra manera de estimar el Pba es considerarlo igual al 60-65% del valor de absorción de agua del agregado. Sin embargo, esta manera de obtener la Gsb es muy dependiente de qué tan bien se estime el Pba, ya que, pequeños errores en su suposición originarán errores importantes al calcular el VAM para el diseño de la mezcla. Preferentemente se debe utilizar este método cuando se tenga suficiente confianza en los valores propuestos para Pba, pues de lo contrario la determinación del VAM erraría en 0,5% o más. En conclusión, los agregados de RAP deben ser evaluados por separado de los agregados vírgenes, pero sus propiedades combinadas deben satisfacer los mismos requisitos que se le solicitan a una mezcla asfáltica nueva.

Caracterización del asfalto del RAP. Las propiedades físicas y reológicas de los asfaltos están íntimamente gobernadas por sus componentes, los cuales son mostrados en la Figura 4.

Cuando un asfalto se envejece, la fracción de aromáticos reduce su contenido mientras que la de las resinas se incrementa, lo que al final se convertirá paulatinamente en asfaltenos, mientras los saturados se mantienen sin cambios.

Son dos los principales mecanismos para el envejecimiento del aglutinante asfáltico, el primero de



Figura 4. Composición general de los aglutinantes asfálticos.

ellos se presenta durante la fabricación de la mezcla asfáltica, transporte, tendido y compactación conocido como envejecimiento a corto plazo (simulado en laboratorio mediante el horno rotatorio de película delgada “RTFO”), mientras que el segundo, conocido como envejecimiento a largo plazo se presenta cuando el concreto asfáltico está puesto en servicio (simulado por la vasija de envejecimiento a presión “PAV”) y es debido a factores ambientales y las sollicitaciones impuestas. A saber, los siguientes procesos son los que ocurren como causantes del envejecimiento del asfalto de RAP:

- Oxidación
- Polimerización
- Separación
- Volatilización
- Tixotropía
- Sinéresis

Inclusive la formación de pilas de almacenamiento de RAP es una fuente que acelera el envejecimiento debido a su mayor exposición al aire; además, las propiedades del asfalto envejecido se ven afectadas por el nivel de daño por humedad al que estuvo expuesto el pavimento.

Debido a la pérdida de sus componentes, las propiedades reológicas de los asfaltos envejecidos de RAP también se ven afectadas. Cuando un asfalto envejece, se vuelve más rígido y más viscoso, por lo que para algunos investigadores las características más importantes del aglutinante de RAP son la viscosidad, el módulo de corte dinámico (G^*) y el ángulo de fase (δ). En algunos estudios se ha concluido que para bajas temperaturas las características de los materiales reciclados afectan negativamente las propiedades de rigidez de las mezclas asfálticas, añadiendo que las propiedades del material envejecido pueden impactar de manera negativa sobre la durabilidad de un pavimento y su comportamiento ante las bajas temperaturas. Por otro lado, el módulo de corte dinámico (G^*) es altamente afectado por la cantidad de RAP, e incrementa a medida que se incorpora este subproducto a una mezcla asfáltica, aunque se reduce con el incremento en la temperatura. La rigidez medida en un reómetro de viga a flexión (BBR), también incrementa con la inclusión de mayores cantidades de RAP, pero afecta la fragilidad a bajas temperaturas, lo que trae consigo fallas por agrietamiento térmico. Por último, el incremento de RAP proporciona un incremento lineal en la viscosidad (viscosidad rotacional).

En conclusión, una alta rigidez solo es buena ante el efecto de formación de roderas, sin embargo, es perjudicial ante el fenómeno de agrietamiento. Aunado a lo anterior, entre más rígido esté un asfalto menor será la posibilidad de que una mezcla de asfaltos envejecidos y nuevos se desempeñe de la mejor manera, trayendo consigo la falla prematura de la mezcla asfáltica.

Aditivos rejuvenecedores y su influencia en las mezclas recicladas

Los aditivos o agentes rejuvenecedores son compuestos orgánicos que tienen la finalidad de restaurar las propiedades físicas, químicas y reológicas de los asfaltos degradados, es decir, invertir el proceso de envejecimiento para resistir otro período de servicio. Por otro lado, los agentes ablandadores solo se encargan de reducir la viscosidad de los asfaltos envejecidos, efecto que también logran los rejuvenecedores. El uso de agentes rejuvenecedores trae consigo las siguientes ventajas:

- Amplía el rango de uso de RAP, inclusive permiten el uso de 100% de RAP.
- Almacenamiento económico, ya que por lo general no requieren calentamiento.
- Fácil adición en la mezcla mediante bombas o sistemas de dosificación en líquido.
- Alta probabilidad de dosificarlos adecuadamente en base a las propiedades del asfalto de RAP.
- Por lo general, reducen los costos en la fabricación de mezclas asfálticas recicladas.

Dos aspectos deben ser tomados en cuenta cuando se desea compensar el envejecimiento de un asfalto mediante el uso de rejuvenecedores: la selección del tipo de agente rejuvenecedor y su dosificación. Los agentes rejuvenecedores, deben ser compatibles con el asfalto envejecido, lo cual se logra con aditivos con bajo contenido de saturados pero alta proporción de aromáticos. Además, tanto la incompatibilidad como la sobredosis de estos productos puede ser la causa de deterioros en el pavimento, especialmente daños inducidos por humedad debidos a la falta de adherencia de los agregados con el aglutinante. Una dosis adecuada de agente rejuvenecedor debe ser balanceada de manera que al ablandar al cemento asfáltico se reduzca la rigidez y mejore la resistencia al agrietamiento sin comprometer la resistencia a la formación de roderas.

Conclusiones

La realización de las actividades de obtención, manejo y procesamiento del RAP de la manera más adecuada, tendrá efectos positivos, puesto que nos permitirá entender cómo reciclar y cómo realizarlo en mayor proporción; esto con la finalidad de devolverle la vida a los pavimentos asfálticos deteriorados, posibilitándolos para ofrecer otro periodo de vida o servicio. El RAP debe extraerse y almacenarse en partículas de gran tamaño para evitar un mayor envejecimiento, y debe disponerse en lugares techados y con buen drenaje. La caracterización del RAP se debe realizar mediante pruebas como: contenido de asfalto y análisis granulométrico de los agregados recuperados. El método de ignición es el más adecuado para evaluar las propiedades de origen y consenso de los agregados de RAP; sin embargo, para conocer la gravedad específica bruta de los agregados (Gsb), recuperar el asfalto envejecido y determinar sus características físicas, químicas y reológicas, el método de extracción con solventes es el método más adecuado.

La determinación de las propiedades reológicas (módulo de corte dinámico "G*", ángulo de fase "δ", módulo de rigidez "S") juega un papel importante en la comprensión de la interacción de asfaltos envejecidos y agentes rejuvenecedores, no obstante, se necesita conocer la cantidad de RAP que permiten incorporar estos últimos y su difusión en el asfalto envejecido.

Se debe tener en cuenta que las actividades para manejo y procesamiento de RAP tienen el propósito de asegurar homogeneidad en el material; prevenir el continuo envejecimiento del aglutinante; y determinar adecuadamente todos los parámetros primordiales en el diseño de la mezcla reciclada. 

¿Quieres profundizar?

- Al-Qadi, I. L., Elseifi, M., y Carpenter, S. H., 2007, Reclaimed asphalt pavement —a literature review. FHWA-ICT-07-001.
- Aurangzeb, Q., Al-Qadi, I. L., Ozer, H., y Yang, R., 2014, Hybrid life cycle assessment for asphalt mixtures with high RAP content. Resources, Conservation and Recycling, 83, 77-86.
- Celauro, C., Bernardo, C., y Gabriele, B., 2010, Production of innovative, recycled and high-performance asphalt for road pavements. Resources, Conservation and Recycling, 54(6), 337-347.
- Cannone Falchetto, A., Tebaldi, G., Montepara, A., Turos, M., y Marasteanu, M., 2012, Back-Calculation of Binder Properties in Asphalt Mixture Containing Recycled Asphalt Materials. Procedia - Social and Behavioral Sciences, 53, 1119-1128.
- Chehovits, J., y Galehouse, L., 2010, Energy usage and greenhouse gas emissions of pavement preservation processes for asphalt concrete pavements. En Compendium of papers from the first international conference on pavement preservation (pp. 27-41).
- Cooper, S. J., 2011, Asphalt Pavement Recycling with RAP (p. 47). Presentado en NWPMA, 18th Annual Fall Pavement Conference, Portland, Oregon: Federal Highway Administration.
- Copeland, A., 2011, Reclaimed asphalt pavement in asphalt mixtures: state of the practice (No. FHWA-HRT-11-021) (p. 55). McLean Virginia: Federal Highway Administration.
- De Lira, R. R., Cortes, D. D., y Pasten, C., 2015, Reclaimed asphalt binder aging and its implications in the management of RAP stockpiles. Construction and Building Materials, 101, 611-616.
- Han, J., Thakur, S. C., Chong, O., y Parsons, R. L., 2011, Laboratory Evaluation of Characteristics of Recycled Asphalt Pavement in Kansas (Final Report No. K-TRAN:KU-09-2) (p. 142). Kansas Department of Transportation.
- Heneash, U., 2013, Effect of the repeated recycling on hot mix asphalt properties. University of Nottingham.
- Hussain, A., y Yanjun, Q., 2013, Effect of Reclaimed Asphalt Pavement on the Properties of Asphalt Binders. Procedia Engineering, 54, 840-850.
- Newcomb, D. E., Brown, E. R., y Epps, J. A., 2007, Designing HMA Mixtures with High RAP Content (Final Report No. QIP 124) (p. 36). Lanham, Maryland: National Asphalt Pavement Association.
- Romera, R., Santamaría, A., Peña, J. J., Muñoz, M. E., Barral, M., García, E., y Jañez, V., 2006, Rheological aspects of the rejuvenation of aged bitumen. Rheologica Acta, 45(4), 474-478.
- Zaumanis, M., Mallick, R. B., y Frank, R., 2014a, 100% recycled hot mix asphalt: A review and analysis. Resources, Conservation and Recycling, 92, 230-245.

Mezclas asfálticas en caliente el caso por la sostenibilidad

Performance/Nynas

Introducción

Las credenciales probadas en términos del rendimiento, durabilidad y versatilidad de mezclas asfálticas en caliente sirven para confirmar de forma contundente la posición de este material como una solución más viable a la hora de buscar el desarrollo sostenible de la infraestructura del transporte. La mezcla asfáltica en caliente cuenta con un largo historial de producir pavimentos más duraderos. A final de cuentas, la construcción de pavimentos lisos, duraderos, poco ruidosos y que precisen poco mantenimiento representa un papel muy importante en la provisión del desarrollo real y sostenible.

La conexión cognitiva entre las mezclas en caliente, el medio ambiente y la sostenibilidad tiende a realzar cuestiones relacionadas con la temperatura, tales como las emisiones de CO₂ y el uso de energía. La producción y el tendido del asfalto en caliente requieren normalmente que los materiales se calienten a temperaturas entre 135 °C y 180 °C.

El cambio climático es sólo uno de los elementos del reto del desarrollo sostenible. Si se toma en cuenta la necesidad de desarrollar y mantener la infraestructura de transporte, el asfalto en caliente ofrece una importante solución medioambientalmente responsable.

Beneficios ecológicos de las mezclas en caliente

Rendimiento

1. Durabilidad

El concepto de los pavimentos de larga duración o de “vida perpetua” está bien establecido. Las mezclas asfálticas en caliente pueden diseñarse y construirse para proveer pavimentos con una mínima expectativa de vida útil de 40 años. La construcción de una infraestructura que dure mucho tiempo y que requiera una mínima intervención en términos de mantenimiento tiene un gran impacto en los costos medioambientales del usuario. Unos tiempos de construcción más rápidos y menos obras en la carretera reducen embotellamientos de forma importante, con la consiguiente reducción en el consumo de combustible, emisiones de gases de escape y horas de viaje.

2. Reciclaje

El asfalto moderno es cien por ciento reciclable y la práctica de reciclar el asfalto no sólo es bien conocida, sino que además está bien establecida. El desarrollo de materiales y la introducción de especificaciones basadas en el rendimiento durante la última década han facilitado la reutilización de materiales de superficie de primera calidad en asfalto reciclado en caliente para capas superficiales; esto representa un paso importante, ya que anteriormente dichos materiales eran destinados a capas inferiores o niveles de rendimiento inferiores.

La industria europea del asfalto produce alrededor de 350 millones de toneladas de mezcla asfáltica en caliente cada año. El uso de reciclados (RAP-Reclaimed Asphalt Planings) ha sido una práctica muy común durante los últimos treinta años. Actualmente, en Europa, el contenido medio de reciclado en el asfalto nuevo es del 25% pero esta cifra está subiendo. Se cree que la mayor parte de los países progresistas, como Holanda, utilizan alrededor del 67% de material reciclado en la producción de la mezcla asfáltica en caliente. Unos estudios recientes llevados a cabo en Estados Unidos sugieren que ya se puede lograr un 75%.

El transporte es el mayor consumidor de energía a la hora de construir y mantener la infraestructura de pavimentos. El uso de material reciclado dentro de la zona de construcción, o cerca de la misma, puede tener un impacto importante en el consumo total de energía durante la construcción.

Durabilidad

1. Beneficios de toda una vida útil

Las mezclas en caliente son un material de pavimentación muy duradero que puede diseñarse para durar 40 años, o más, con un mínimo mantenimiento y sin los inevitables problemas provocados por las obras. Esto puede considerarse un atributo importante en términos de desarrollo sostenible. El uso de energía y las emisiones, si se miden con respecto a toda la vida de la vialidad, pueden ser bastante menores a lo largo de dicho periodo que los generados por métodos alternativos de pavimentación que tienen que reemplazarse.

2. Contribución estructural

Tradicionalmente se han asociado con el asfalto su flexibilidad y su capacidad para acomodar algunas tensiones especiales dentro del pavimento. Los progresos tecnológicos significan que la gama de mezclas en caliente ya puede ofrecer mucho más en términos de un espectro equilibrado de rendimiento. Dicha gama de materiales permite ahora a los ingenieros diseñar pavimentos flexibles que son duraderos, pero que cuentan con unos espesores de construcción reducidos que tienen una capacidad estructural equivalente y las expectativas de vida de los pavimentos con mayor espesor.

Los ligantes más duros y una mejor flexibilidad pueden dar como resultado materiales más rígidos. Estos desarrollos significan que en algunos casos un 50% de aumento en la rigidez puede permitir un 20% de reducción en el espesor del pavimento.

Los asfaltos modificados con polímeros mejoran los atributos de rendimiento de la mezcla asfáltica en caliente añadiendo aun más versatilidad al

TODA HISTORIA MERECE GRANDES OBRAS



Conoce más sobre
esta gran historia
a través
de nuestras
redes sociales.

VISEE

INFRAESTRUCTURA • CONCESIONES • MEDIO AMBIENTE



atencionclientes@vise.com.mx | 01-800-087-28-51 www.vise.com.mx





Asociación Mexicana del Asfalto A.C.

CONGRESO MEXICANO DEL ASFALTO

Nuestra prioridad: **Preservar los pavimentos asfálticos**

23 - 25 de agosto, Cancún 2017

PROGRAMA HORARIO

Miércoles 23 de agosto

08:00 - 09:30 REGISTRO

09:30 - 10:00 INAUGURACIÓN

10:00 - 11:00 CORTE DE LISTÓN Y RECORRIDO POR LA EXPOASFALTO 2017

11:00 - 11:50 CONFERENCIA MAGISTRAL I - Rafael Menéndez (USA-PERÚ)

11:50 - 13:10

PRIMERA SESIÓN

Análisis de energía de fractura en mezclas asfálticas mediante el nuevo ensayo "8TD"
Pedro Limón Covarrubias

Consideraciones para el diseño volumétrico de mezclas asfálticas con altos contenidos de RAP
Aldo Salazar Rivera

Análisis de la susceptibilidad a la humedad de varios tipos de mezclas asfálticas mediante el módulo dinámico / Rey Omar Adame Hernández

Estudio experimental empleando los ensayos fénix y módulos de resiliencia para mezclas asfálticas cerradas AC16 tipo RAP mediante la adición de fibras acrílicas mexicanas / Saúl Castillo Aguilar

Preguntas y respuestas

13:10 - 14:00

Refrigerio

14:00 - 15:00

SEGUNDA SESIÓN

La importancia de la conservación en México
José de Jesús Espinosa Arreola

Un protocolo para la gestión del patrimonio vial en México / Ricardo Solorio Murillo

La sustentabilidad en la producción de mezclas asfálticas en la Ciudad de México
Reyes Martínez Cordero

Preguntas y respuestas

INVITACIÓN

La Asociación Mexicana del Asfalto (AMAAC) a través del Comité Organizador y su Consejo Directivo, tiene el honor de invitar a los investigadores, profesionales y técnicos relacionados con la fabricación y empleo del asfalto a participar en el:

DECIMO CONGRESO MEXICANO DEL ASFALTO

Nuestra prioridad:
Preservar los pavimentos asfálticos

TEMÁTICA

- Asfaltos
- Capas de rodadura
- Mezclas asfálticas
- Control de calidad
- Estructura del pavimento
- Impacto ambiental

IDIOMA OFICIAL ESPAÑOL

Habrà traducción Español-inglés-español

Informes

Camino a Santa Teresa 187,
Tlalpan 14010, CDMX.
Tel. + 52 55 5606 7962
administracion@amaac.org.mx
congresoamaac.com.mx



Jueves 24 de agosto

TERCERA SESIÓN	09:00 - 10:20	Análisis de métodos para la obtención del residuo de emulsiones asfálticas / Israel Sandoval Navarro
		Evaluación de diferentes estructuras químicas de emulsificantes asfálticos en la aplicación de microsuperficie a bajas temperaturas Raúl Terán Orozco
		Estudio de adhesión y cohesión por medio de energía superficial libre de tres tipos de agregados pétreos utilizados en mezclas asfálticas con asfalto penetración 60-70 / Fredy Alberto Reyes Lizcano
		Nuevo tratamiento superficial de rápida apertura al tráfico y fácil aplicación / Álvaro Gutiérrez Muñiz
Preguntas y respuestas		

10:20 - 10:40

Refrigerio

CUARTA SESIÓN	10:40 - 12:20	Diseño volumétrico de mezclas asfálticas recicladas en caliente utilizando la herramienta del polígono de vacíos / Orlando Fabrizio Ramos Villanueva
		Consideraciones adicionales para la correcta evaluación del daño inducido por humedad en mezclas asfálticas Luis Enrique Ramírez Soto
		Evaluación de la deformación permanente y el comportamiento a fatiga de un concreto asfáltico tibio Richard Raúl Josephia Santos
		Modelo de elemento finito para la interpretación de la falla por fractura en ensayos de tensión directa realizados en mezclas de concreto asfáltico Juan Francisco Pérez Landeros
	Influencia de la variación de parámetros de diseño en la deformación permanente de mezclas asfálticas de alto desempeño / Francisco Romero Lozano	
Preguntas y respuestas		

12:20 - 13:10

CONFERENCIA MAGISTRAL / Elio Cepollina (CONSTRUMAC)

13:10 - 14:00

Refrigerio

QUINTA SESIÓN	14:00 - 15:00	Evaluación del daño estructural en pavimentos flexibles a través de pruebas no destructivas Juan Manuel Tinoco Orozco
		Diseño estructural y de mezclas asfálticas de alto desempeño para pavimentos de larga duración Francisco Javier Moreno Fierros
		Evaluación de una micro carpeta en frío mediante ensayos acelerados en pavimentos Roberto Israel Hernández Domínguez
Preguntas y respuestas		



IBEROSTAR
HOTELS & RESORTS

Reservaciones:

congresoamaac.com.mx/hospedaje

#10CongresoAMAAC

Viernes 25 de agosto

SEXTA SESIÓN	09:00 - 10:00	Uso y reciclaje de escoria de alto horno en bases para pavimentos / Daphne Espejel García
		Mejoramiento de vías secundarias y terciarias en Colombia con el uso de mezcla asfáltica natural en frío (asfaltitas). Análisis, aplicaciones y casos exitosos Edgar Alexis Peña Acosta
		Evaluación de propiedades mecánicas de bases estabilizadas con asfalto espumado Fidel García Hernández
Preguntas y respuestas		

10:00 - 10:20

Refrigerio

SEPTIMA SESIÓN	10:20 - 11:40	Mitos y realidades de las mezclas densas de alto desempeño / Víctor M. Cincire Romero Aburto
		Tecnología en la compactación de asfaltos; sistemas autónomos / Winfried Schramm
		Control difuso para el secado de materiales pétreos en un tambor rotatorio / Fernando Ortiz Sánchez
	El efecto del cambio climático en los pavimentos carreteros / Fernando Mendoza	
Preguntas y respuestas		

11:40 - 12:00

Refrigerio

OCTAVA SESIÓN	12:00 - 12:40	Bases fundamentales de uso de asfalto modificado en pavimentos usando elastómeros de estireno-butadieno Gabriel Hernández Zamora
		Determinación de las temperaturas de mezclado y compactación mediante la viscosidad a corte cero Israel Sandoval Navarro
Preguntas y respuestas		

12:40 - 14:00

CONFERENCIA MAGISTRAL Ramón Ibarra (IPADE)

14:00 - 15:00

CLAUSURA

15:00 - 19:00

COMIDA DE CLAUSURA

TALLERES

Como complemento a nuestro Congreso se llevarán a cabo talleres donde se analizarán de manera práctica, temas de interés sobre nuevas tecnologías.

Cupo limitado. Registrarse con antelación.

PROGRAMA PAR ACOMPAÑANTES

Cancún y sus alrededores tienen tantas bellezas naturales, la variedad de tonalidades de su mar, magníficos sitios para bucear, vestigios de la cultura maya, arte pre-hispánico, modernos centros comerciales, restaurantes, que nos exige preparar un excelente programa de acompañantes que cubra en gran parte las expectativas deseadas, el cual daremos a conocer oportunamente.

Preservar es asfaltar



PIARC International Seminar

Global approaches on Sustainable Pavements

Cancun, Mexico / August, 21 and 22th, 2017

TECHNICAL PROGRAM

MONDAY, AUGUST 21th

08:00 - 09:30	REGISTRATIONS
09:30 - 10:00	OPENING CEREMONY
10:00 - 11:30	<p>Session on Pavement Innovations</p> <p>"Reconstruction of historic cement-concrete roads via their adaptation to the asphalt roads focusses on maximizing of reuse of local materials and environment" / Zsolt Boros / Eslovaquia</p> <p>"New materials to improve asphalt performance in Mexico" / Horacio Delgado / México</p> <p>"Long lasting durable mix as alternative of porous asphalt" / Keizo Kamiya / Japón</p> <p>"Experiences in Colombia using thin concrete pavements" / Carol Bockelman / Colombia</p> <p>Questions & Answers for all presentations</p>
11:30 - 12:00	Break
12:00 - 13:30	<p>Session on Green Solutions and Sustainable Pavement Materials</p> <p>"Reducing the life cycle carbon footprint of pavements" / Oliver Ripke / Alemania</p> <p>"Use of synthetic zeolitic concrete in Latin America for sustainable pavements" / Christophe Egyed / Panamá</p> <p>"Labor intensive practices for improved sustainability and management of pavements in South Africa" / Mirriam Mosia / Sudáfrica</p> <p>"Sustainable solutions using asphalt emulsions" / Raymundo Benítez / México</p> <p>Questions & Answers for all presentations</p>
13:30 - 14:45	Lunch
14:45 - 16:15	<p>Session on Low-Cost Pavement Systems</p> <p>"Practice of low cost pavements in Mali" / Diallo Draman / Mali</p> <p>"Use of lime to improve materials for low cost pavement systems" / Javier Castañeda / México</p> <p>"An overview of low cost pavement alternative in Canada" / Venkat Lakkaval / Canadá</p> <p>"Use of tropical soils in low cost and sustainable pavements in Brazil" / Tais Sache / Brasil</p> <p>Questions & Answers for all presentations</p>
16:15 - 16:30	Break
16:30 - 17:30	Round table. Climatic change and sustainable pavements

TUESDAY, AUGUST 22th

09:00 - 09:30	"Green Pavements" / Javier Fernández / México
09:30 - 11:00	<p>"State of the art on monitoring road condition" / Michael Moffa / Australia</p> <p>Session on Non-Destructive Pavement Monitoring and Testing Techniques</p> <p>"Actual practice in Mexico to assess road condition" / José Antonio Ramírez / México</p> <p>"Using in-vehicle technologies to evaluate road condition" / Serge Kraff / Francia</p> <p>"Non-destructive pavement evaluation to assess flood damage in the city of Calgary" / Venkat Lakkaval / Canadá</p> <p>Questions & Answers for all presentations</p>
11:00 - 11:30	Break
11:30 - 13:15	<p>Session on Use of Pavement Survey Data for Design and Management</p> <p>"Using road condition data to choose repair objects in Estonia" / Mehis Leigr / Estonia</p> <p>"Deterioration modelling in Mexican federal roads using IRI survey data" / Ricardo Solorio / México</p> <p>"Implementation of a PMS in Belgium" / Margo Briessinc / Bélgica</p> <p>"Pavement management in Colombia using the dTIMS" / Adriana Rodríguez / Colombia</p> <p>"Application of the Long Term Pavement Performance LTPP DataBase" / Rafael Menéndez / USA / Perú</p> <p>Questions & Answers for all presentations</p>
13:15 - 14:30	Lunch
14:30 - 15:30	Round table. Public policies for sustainable pavements
15:30 - 16:00	Technical conclusions of the seminar and Closing ceremony

Information

Camino a Santa Teresa 187,
Tlalpan 14010, CDMX.
Phone + 52 55 5606 7962
administracion@amaac.org.mx
congresoamaac.com.mx

Bank data

Asociación Mexicana del Asfalto, A.C.
Bank: Citibanamex
Branch: 0541
Account: 05418612497
CLABE: 002180054186124978

mismo tiempo alargan los periodos de aplicación a través de todas las aplicaciones, categorías de tránsito y condiciones medioambientales.

Versatilidad

1. Satisfacción de las necesidades

La versatilidad, además de la robustez y durabilidad del asfalto en caliente permite al ingeniero en vías terrestres seleccionar materiales según sus necesidades.

- Los materiales porosos y de textura negativa reducen la contaminación acústica y ofrecen superficies más lisas de circulación, reduciendo la resistencia a la rodera con la reducción consiguiente en el uso del combustible y en las emisiones de gases de escape por kilómetro.
- Los asfaltos usados en las mezclas en caliente de primera calidad permiten el uso de capas superficiales más finas, reduciendo el uso de materiales, tiempos de construcción y demoras para los usuarios de la carretera.
- La textura de la superficie puede diseñarse para producir una mayor resistencia a los derrapes con agregados que tienen valores más bajos de pulimiento, lo que ayuda a conservar el uso de agregados y fomenta la reutilización de materiales reciclados de las capas superficiales.

2. Adaptabilidad

El uso de mezclas en caliente en la ingeniería vial está bien establecido. El desarrollo de mezclas tibias (WMA, warm mix asphalt) consiste en una tecnología basada en los principios fundamentales de la mezcla en caliente y permite un diseño de material, producción y construcción usando el equipo convencional de mezcla en caliente. Uno de los beneficios de las mezclas tibias es que se pueden reducir las temperaturas de producción en un 20% y los estudios demuestran que cada 5 °C de reducción en las temperaturas de producción de las mezclas, pueden equivaler al 2% de reducción en el consumo de combustible.

Recientemente, se ha empleado el asfalto en la construcción de pavimentos porosos que, en conjunción con los sistemas de drenaje, facilitan la eliminación gestionada del agua superficial, reduciendo así el impacto de las inundaciones y ayudando a proteger la calidad del agua contra la contaminación y a crear un entorno más natural para la fauna.

Conclusión

La reducción en el uso de energía y en las emisiones de CO₂, son factores importantes a la hora de considerar el impacto sobre el cambio climático. Pero, si se adopta un enfoque global hacia el desarrollo sostenible, entonces los beneficios probados, durabilidad y versatilidad del asfalto son factores convincentes que recomiendan su uso. Una forma de expresar todo esto podría ser: “óptimo desarrollo sostenible durante toda la vida útil del producto”, manteniendo un equilibrio entre la responsabilidad medioambiental y un crecimiento económico y social realista.

Ver la siguiente tabla como ejemplo.

Factores impulsores de sostenibilidad de las mezclas en caliente

Ejemplos típicos

Sociales

Ecosistemas

- Como infraestructura finalizada en armonía con la ecología natural
- Gestión mejorada de las aguas de las inundaciones
- Riesgo reducido de contaminación de los cauces de agua

Mantenimiento reducido

- Menos congestión (tiempos de viaje más rápidos)
- Reducción en el consumo de combustible (velocidades uniformes de circulación)

Superficies más lisas

- Tránsito menos ruidoso

Más seguridad (reducción de la pulverización, dispersión del agua superficial, textura superficial más eficaz)

Económicos

Valor a lo largo de la vida útil

- Fases de construcción más rápidas
- Menos intervenciones para llevar a cabo obras de mantenimiento
- Construcción de pavimentos más delgados

Uso de asfalto reciclado

- Conservación de recursos naturales
- Reducción en el uso de combustible (transporte de materiales, etcétera)

Medioambientales

Uso reducido de energía (mezclas templadas)

Durabilidad-vida útil más larga

- Ciclos de construcción y mantenimiento reducidos
- Conservación de recursos naturales (áridos, uso de energía)



CUARTA REUNIÓN ACADÉMICO ESTUDIANTIL AMAAC

5 Y 6 DE OCTUBRE

UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO

amaac.org.mx



Asociación Mexicana
del Asfalto, A.C.



Recomendaciones prácticas para el uso de retrocálculo en la revisión estructural de pavimentos flexibles bajo los esquemas de conservación de carreteras tipo Asociación Público Privadas (APP)

Carlos Adolfo Coria Gutiérrez,
SemMaterials México
ccoria@semgroupcorp.com
Luis Arciga Ramírez, UMSNH

Introducción

Desde el año 2016, las acciones de conservación y reconstrucción de pavimentos en carreteras han tomado un gran impulso con la puesta en marcha de los paquetes de licitación carretero tipo Asociación Público Privadas (APP). Los APP han venido a complementar mejoras a las gestiones de recursos económicos para mantener a los activos carreteros en óptimas condiciones y en beneficio de los usuarios que hacen uso de las carreteras o autopistas, disminuyendo los costos de operación y garantizando el confort y seguridad en las mismas. Dentro de los APP aplicados hasta el día de hoy tenemos las siguientes autopistas: Querétaro-San Luis Potosí, Coatzacoalcos-Villahermosa, Pirámides-Tulancingo-Pachuca, Texcoco-Zacatepec, Matehuala-Salttillo, entre otras. Todas estas autopistas tienen una incidencia económica muy importante en cada región del país. Sin embargo la alta movilidad de carga por las mismas (vehículos pesados) hace que se conviertan en carreteras con un nivel de deterioro muy marcado. Ver Figura 1.



Figura 1. Condición superficial del pavimento en la APP Pirámides-Tulancingo-Pachuca.

Lo anterior obliga a revisar y auscultar cada tramo de estas carreteras y proponer los mejores programas de conservación y reconstrucción a lo largo del periodo de servicio (contrato APP más vida remanente asegurada).

Dentro de los principales activos carreteros que se auscultan y que conforman estos paquetes viales, tenemos los siguientes:

- Historial del tránsito de datos viales de la SCT (TDPA) y tasas de crecimiento vehicular esperado.
- Condición actual del señalamiento horizontal y vertical.
- Condición actual de las obras de defensa (defensa metálica, defensa de concreto, etc.).
- Condición actual de elementos estructurales de los puentes.
- Condición actual de las obras de drenaje.
- Condición actual del proyecto geométrico de carretera (altimetría, planimetría, etc.).
- Condición superficial actual (IRI, rodera, fricción macrotextura, inventario de deterioros).
- Condición estructural actual (deflexiones, espesores y calidades de las capas de pavimento).

Evaluación estructural de pavimentos

La evaluación estructural es de suma importancia dado que tiene una aplicabilidad preponderante en los programas de conservación. Es fundamental la cuestión de evaluación estructural por la trascendencia que tiene. La condición estructural consiste en medir, mediante equipos no destructivos como el

deflectómetro de impacto HWD, la condición actual del pavimento. El dispositivo generador de impacto es del tipo de masa en caída libre con un sistema de guía. El sistema es capaz de levantar masas determinadas y soltarlas en caída libre. La onda generada por el impacto es transmitida al pavimento. La onda debe tener aproximadamente la forma haversine y aplicarse con una amplitud de pico a pico que varía según los propósitos del proyecto. La duración del impulso de fuerza habrá de permanecer entre 20 y 60 ms o un tiempo de incremento de la carga de 0 a 30 ms. Hay transductores de deflexión que miden el desplazamiento vertical máximo, para cada punto del pavimento evaluado. Ver Figura 2. La distribución típica es de: 0, 300, 450, 600, 900, 1 200 y 1 500 mm de distancia respecto a la placa de aplicación de carga. A la línea imaginaria que se forma por los desplazamientos en cada uno de estos sensores se le denomina cuenca de deflexión.

Estas cuencas de deflexión permiten estudiar el comportamiento mecánico del pavimento a través de distintas metodologías presentes en el medio. Algunas de ellas son el método de la deflexión máxima área normalizada, cálculo inverso o retrocálculo, entre las más usuales.

Retrocálculo o cálculo inverso

La técnica de retrocálculo es una solución inversa del problema del cálculo de las deflexiones de superficie en una estructura de pavimento para la cual la carga, las propiedades elásticas de los materiales y el espesor de las capas se conocen. Ver Figura 3.

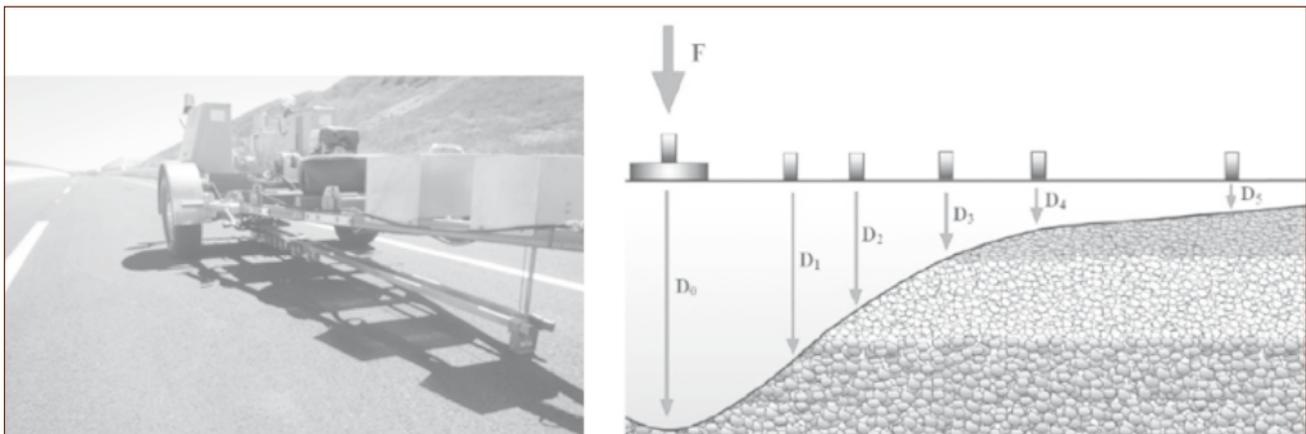


Figura 2. Deflectómetro de impacto HWD y cuencas de deflexión.

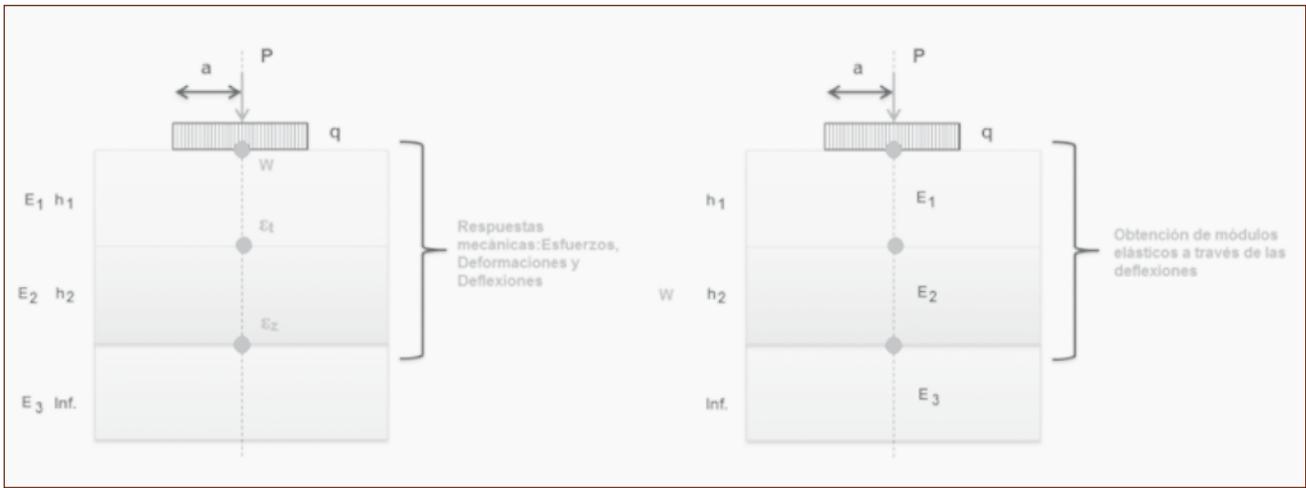


Figura 3. Respuestas mecánicas obtenidas en el cálculo directo y en el cálculo inverso (Retrocálculo).

El cálculo inverso o retrocálculo consiste en partir de las respuestas del pavimento (para este caso especial el cuenco de deflexiones) que junto con los espesores de las capas del pavimento darán como resultado los módulos elásticos de las capas del pavimento mediante la secuencia de cálculo numérica de Odemark-Boussinesq para estructuras equivalentes, que incorpora soluciones para materiales con propiedades no lineales (comúnmente exhibidos en subrasantes compuestas de materiales cohesivos). Ver Figura 4.

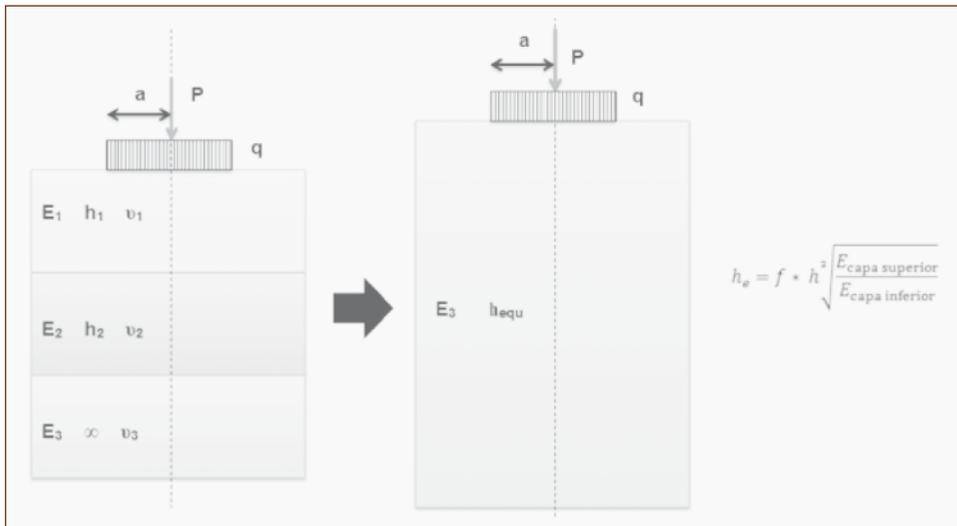


Figura 4. Teoría de espesores equivalentes de Odemark utilizadas en el análisis de retrocálculo.

El principio de la técnica de retrocálculo es que un conjunto inicial de valores característicos del módulo de elasticidad de las capas se ajusta continuamente hasta la cuenca de deflexión estimada, para que se aproxime lo suficiente a la cuenca de deflexión medida. Para ello se requiere determinar la media cuadrática que relaciona las deflexiones mencionadas con anterioridad. Ver ecuación (1).

$$RMS (\%) = 100 \sqrt{\frac{1}{n_d} \sum_{i=1}^n \left(\frac{d_{ci} - d_{mi}}{d_{mi}} \right)^2} \quad (1)$$

Donde:

RMS (Root Mean Square) = Media cuadrática.

n_d = Número de mediciones sobre la cuenca de deflexiones a diferentes distancias.

d_{ci} = Deflexión calculada.

d_{mi} = Deflexión medida.

En las Figuras 5 y 6 se muestran los ajustes de las cuencas de deflexiones medidas y calculadas. Obsérvese en cada una de ellas la manera en que la media cuadrática va siendo cada vez menor según Dynatest.

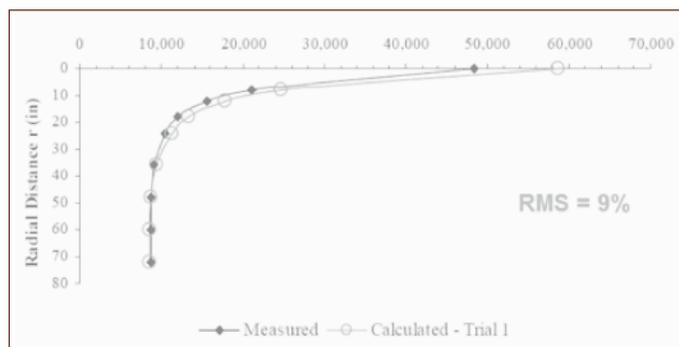


Figura 5. Primer ajuste de cuencas de deflexión con RMS = 9% (Dynatest).

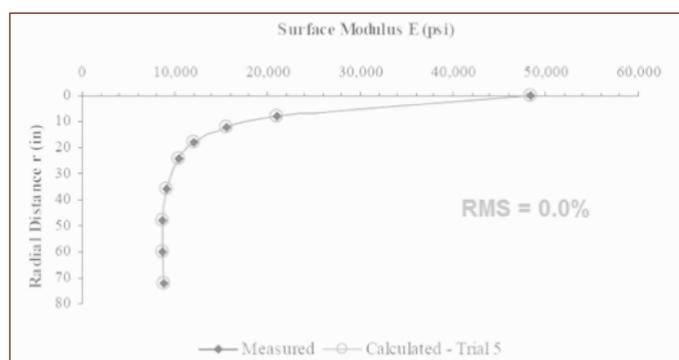


Figura 6. Quinto ajuste de cuencas de deflexión con RMS = 0.0%, totalmente ajustada (Dynatest).

De manera complementaria la Federal Aviation Administration (FAA) de los Estados Unidos en su programa de retrocálculo BAKFAA lleva a cabo un ajuste similar en las cuencas de deflexión. Ver Figura 7.

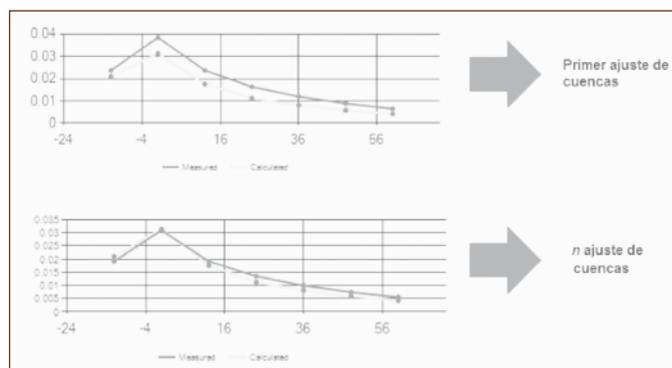


Figura 7. Ajuste de cuencas de deflexión entre la medida y la calculada (FAA).

Para llevar a cabo el análisis del retrocálculo, se requieren los espesores de las capas del pavimento de la carretera analizada. Estos espesores pueden obtenerse mediante pozos a cielo abierto o calas a distancias predeterminadas (a cada 50 o 500 m) dependiendo de la importancia del proyecto (Ver Figura 8). Puede utilizarse equipo más sofisticado no destructivo como el Ground Penetrating Radar (GPR) el cual emite ondas electromagnéticas al interior del pavimento localizando cambios en las densidades de los materiales, con lo cual se pueden obtener los espesores de las capas del mismo.

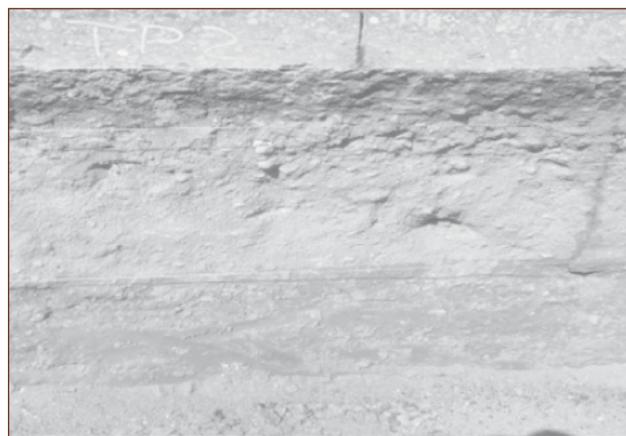


Figura 8. Espesores de capas de pavimento obtenidos de calas o sondeos (corte transversal).

Una vez obtenidos los espesores de las capas del pavimento, se construyen “larguillos” donde se detalla el cadenamamiento de la carretera y la o las estructuras del pavimento. Ver Figura 9.

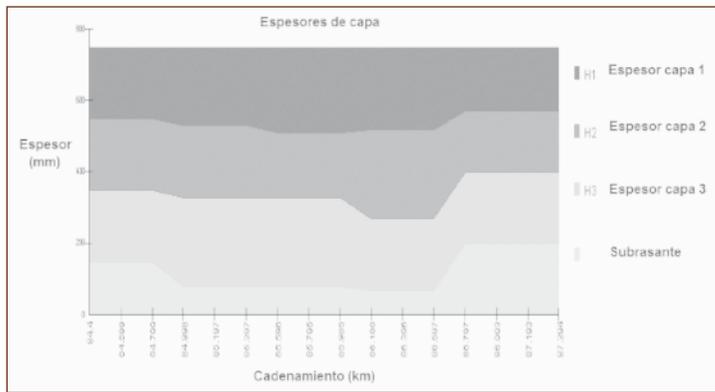


Figura 9. Larguillo con los espesores de cada una de las capas de pavimento.

El retrocálculo se realiza de forma iterativa tal y como se describe a continuación:

- a) Se parte de una estimación inicial de los módulos elásticos de las capas.
- b) Con estos módulos se calculan las deflexiones mediante un programa de cálculo estructural.
- c) Se comparan las deflexiones calculadas con las medidas y si son suficientemente parecidas se aceptan como válidos esos módulos.
- d) En caso de que el ajuste no sea satisfactorio se reajustan los módulos y se vuelve a repetir el proceso.

La forma o proceso de reajuste de los módulos (inciso d) está basado en métodos matemáticos para la resolución de sistemas no lineales y es el núcleo del proceso de retrocálculo.

Existen diversos programas con los cuales se puede realizar el proceso de retrocálculo o cálculo inverso, como el ELMOD6 (Evaluation of Layer Moduli and Overall Design) creado por la empresa Dynatest y que sigue el análisis anteriormente mencionado. Algunos otros programas con el mismo esquema de análisis son el MODULUS (Instituto de Transporte de Texas), DIPLOMAT (Universidad de Minnesota), EVERCALC-EVERSERIES (Departamento de Transporte de Washington), BAKFAA (Administración de la Aviación Federal FAA), entre otros. Ver Figura 10.

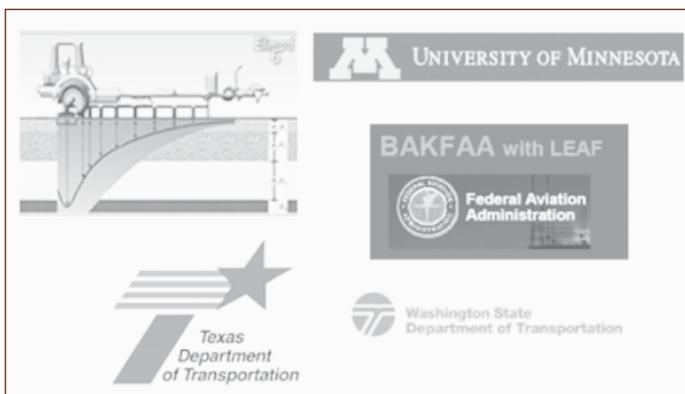


Figura 10. Programas comerciales para retrocálculo.

Un problema reconocido en esta técnica y por ende de estos programas es que no hay soluciones únicas de módulos para una estructura, ya que puede haber muchas y definir cuál es la correcta es difícil.

Recomendaciones para analizar retrocálculo en pavimentos flexibles

En base a la experiencia de aplicar el método de retrocálculo en cientos de kilómetros de carreteras en nuestro país se recomiendan las siguientes prácticas para obtener un mejor análisis de retrocálculo que refleje de una manera más realista la situación real presente de cada estructura del pavimento y esto aplicable a los proyectos APP.

- Analizar la calidad de las cuencas de deflexión obtenidas en campo (eliminar geometrías anormales). (Von Quintus *et al.*, 1997).
- Normalización de cuencas de deflexión a 566 kPa para retrocálculo. Hay que recordar que en el cálculo directo (diseño de pavimento) se diseña con una carga de 0.6 MPa o 566 kPa. Este patrón tiene que ser el mismo para poder comparar tanto el cálculo directo como el retrocálculo.
- Corrección de deflexiones por temperatura. Se sugiere el método del IMT (Garnica *et al* 2015).
- Revisar que el espesor de la capa superior (más rígida) deber ser mayor que la mitad del radio de la placa de carga. (Espesor de carpeta asfáltica ≥ 7.5 cm).
- Cuando se tengan varias sobrecarpetas asfálticas, combínense en una sola capa (*Mapping Layers*). Ver Figura 11.
- Cuando se tenga una subbase hidráulica, combínese con la base hidráulica en una sola capa (*Mapping Layers*). Ver Figura 11.
- Los tratamientos superficiales así como las capas de rodadura tipo SMA, Open Graded o CASAA no se consideran en el análisis dado que no tienen aporte de tipo estructural.
- Para secciones de pavimento con tres capas (estructura simulada o no) el valor de E3 suele ser muy preciso, E1 es razonablemente correcto y E2 puede ser cuestionable dependiendo de los espesores considerados en cada capa.
- Los módulos retrocalculados de la capa subrasante son mayores que los valores determinados en laboratorio entre 2 a 3 veces mayores (módulos resilientes).
- En algunos casos los módulos retrocalculados de la base hidráulica o subbase granular resultan ser menores que los módulos de las subrasantes.
- La deformación vertical arriba de la capa subrasante obtenida con retrocálculo es dos veces mayor al valor teórico de la estructura (teoría elástica multicapa).
- Para las capas granulares y suelos, los módulos retrocalculados disminuyen conforme aumenta la humedad. No obstante estos módulos aumentan en condiciones secas.
- Las soluciones raramente son únicas.
- Cuanto mayor es el número de capas, más combinaciones de módulos pueden coincidir con las deflexiones medidas.
- Bajo RMS no significa que se tienen valores precisos en los módulos retrocalculados.

- Alto RMS no significa que se tienen valores inexactos en los módulos retrocalculados.
- RMS no es un indicador de precisión en el retrocálculo.
- Se recomienda usar juicio y criterio ingenieril.
- Una vez obtenidos los valores de módulos elásticos se sugiere calcular la vida remanente de la estructura tanto por fatiga como por deformación permanente. Se sugiere emplear los modelos de deterioro del Instituto del Asfalto, contenidos en el programa de cálculo ELMOD 6.
- Los espesores de sobrecarpeta recomendados por el programa ELMOD deben analizarse y seleccionarse con sentido práctico, dado que en muchas ocasiones se presentan espesores muy grandes que económicamente no es factible utilizarlos. Por ello deben analizarse cada uno de los casos para no caer en sobre o sub dimensionamiento de la estructura a reconstruir o conservar.

La Federal Aviation Administration (FAA) recomienda ciertos valores de módulos retrocalculados (o módulos del lugar como también le denominan) para varios materiales de pavimentación. Esta recomendación del FAA la hace en función de haber medido y retrocalculado cientos de secciones de pavimento flexibles, semirígidos y rígidos en su laboratorio experimental “William J. Hughes Technical Center” y en su tren de pistas de aterrizaje para aviones por varios años en Atlantic City, NJ. Estos valores pueden verificarse en el programa de retrocálculo BAKFAA del mismo instituto americano. Ver Tabla 1.

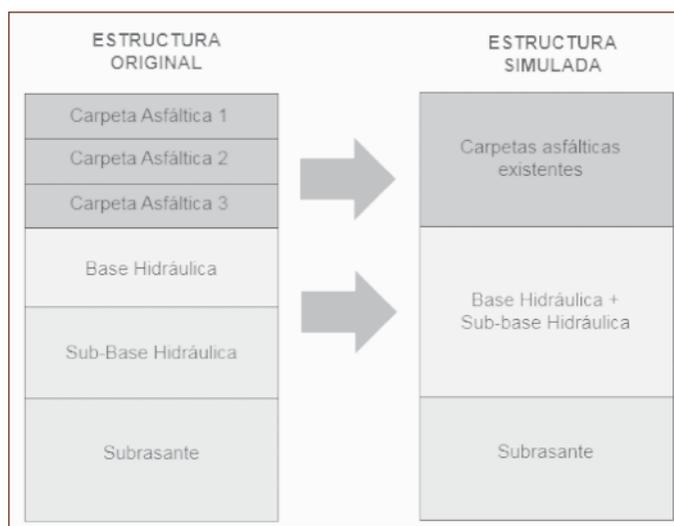


Figura 11. Unión de capas asfálticas y granulares (Mapping Layers).

Tabla 1.- Módulos elásticos retrocalculados recomendados por la FAA (BAKFAA, 2011)

Material	Valor mínimo (MPa)	Valor típico	Valor máximo (MPa)
Carpeta Asfáltica (asfalto convencional AC 20)	500	3,500	14,000
Concreto Hidráulico	7,000	35,000	60,000
Base estabilizada con cemento (alto porcentaje de cemento)	7,000	14,000	20,000
Base estabilizada con asfalto (base negra)	700	3,500	10,000
Base tratada con cemento (bajo porcentaje de cemento)	1,400	5,000	14,000
Base Hidráulica	70	200	350
Subbase Hidráulica	30	100	200
Subrasante	70	350	1,400
Terreno natural o terracerías	20	50	170

Conclusiones

Los proyectos APP para conservación de carreteras son muy importantes dado que garantizan que los activos carreteros estarán en las mejores condiciones para ofrecer un mejor servicio a los usuarios. Una parte muy importante es la revisión estructural de pavimentos mediante técnicas no destructivas. En ellas se obtienen cuencas de deflexión con el deflectómetro de impacto HWD. Una técnica muy usada para procesar estas deflexiones es el retrocálculo. Ésta transforma deflexiones medidas y espesores del pavimento a módulos elásticos de cada una de las capas del pavimento. En base a la experiencia se recomiendan algunas reglas técnicas para obtener un mejor retrocálculo, más realista y que pueda utilizarse para elaborar los mejores programas de conservación o reconstrucción de carreteras, insumo primordial para el desarrollo económico de nuestro país. 

¿Quieres profundizar?

- Arciga L. (2017). “Propuesta de evaluación estructural en pavimentos flexibles con métodos empírico-mecanicistas”, Tesis de licenciatura, Facultad de Ingeniería Civil, UMSNH, Morelia Michoacán.
- Bazi, G. (2010). “Evaluation of layer moduli and overlay design ELMOD”, Dynatest ELMOD 6 Consulting Inc Training, México.
- Crook, A., Montgomery S. y Guthrie W. (2012). “Use of Falling Weigh Deflectometer data for network level flexible pavement management”, In Transportation Research Board TRB, pp 75-85, Issue 2304, Washington DC, EUA.
- Federal Aviation Administration (FAA) (2011). “Backcalculation BAKFAA”, Atlantic City NJ.
- Garnica P. y Pérez A. (2015). “Influencia de la temperatura en la determinación de la capacidad estructural de pavimentos flexibles”, Revista Asfáltica de la Asociación Mexicana del Asfalto AMAAC, No 42 pp. 18-26, México DF.
- Instituto Mexicano del Transporte IMT (2015). “Taller de evaluación de características superficiales y estructurales de pavimentos”, Curso de Actualización Post-profesional, Sanfandila Querétaro, México.
- Instituto Mexicano del Transporte IMT (2015). “Análisis y Diseño Mecanicista de Pavimentos en Carreteras Mexicanas”, Curso de Actualización Post-profesional, Sanfandila Querétaro, México.
- Rao C. y Von Quintus H. (2016). “Determination of In-Place Elastic Layer Modulus: Backcalculation Methodology and Procedures”, Seminar TRB Committee on Pavement Structural Modeling and Evaluation. EUA.
- Ulloa A. (2015). “Retrocálculo de módulos de capas y diseño mecanístico-empírico de pavimentos”, XXXI Reunión Anual ANALISEC, Villahermosa, Tabasco.
- Von Quintus, H. and Killingsworth B. (1997). “Design Pamphlet for the backcalculation of pavement layer moduli in support of the 1993 AASHTO Guide for the design of pavement structures”, Federal Highway Administration (FHWA), Technical report FHWA-RD-97-076, EUA.

amaac.org.mx



Rejuvenecimiento de RAP mediante la consideración del parámetro Glover & Rowe

Luis Bernal
SemMaterials México, lbernal@semgroupcorp.com
Rosita Martínez
SemMaterials México, rmartinez@semgroupcorp.com

Introducción

El uso de Pavimento Asfáltico Reciclado (RAP) en mezclas para carpetas asfálticas es una estrategia que forma parte de las alternativas sustentables en los pavimentos. Numerosos estudios han mostrado que la incorporación de material reciclado en los pavimentos reduce el impacto ecológico y social, disminuyendo de igual forma el costo del ciclo de vida.

Sin embargo, para obtener éstos beneficios se debe asegurar la durabilidad de las mezclas asfálticas con la inclusión de RAP, mediante la premisa de que la selección y proporcionamiento adecuado de materiales asfálticos, materiales pétreos y RAP, logren un comportamiento al menos similar al de una mezcla virgen. Ante este escenario, una de las problemáticas presentadas en el uso de RAP se debe a que el asfalto gradualmente se oxida induciendo un aumento en su rigidez, lo que provoca que sea menos dúctil y más propenso a la fractura, consecuentemente se espera que las mezclas que contienen RAP puedan ser más susceptibles al agrietamiento.

Un diseño adecuado de las mezclas con RAP implica considerar la rigidez-flexibilidad del material asfáltico presente en el RAP, material asfáltico virgen y las proporciones de estos dos materiales en la mezcla final. Seleccionar el material asfáltico virgen implica en muchas ocasiones la modificación de asfaltos con aditivos, que al combinarse con el material asfáltico envejecido del RAP, restauran la relación maltenos-asfaltenos en el asfalto y disminuyen la susceptibilidad al agrietamiento en las mezclas asfálticas con RAP.

Considerando los estudios realizados por Kandhal *et al.* (1984), los cuales demostraron la correlación entre el parámetro de ductilidad del material asfáltico a baja temperatura 15 °C y el agrietamiento en bloque de secciones de prueba en Pensilvania, encontrando que aquellos asfaltos que presentaron ductilidades iguales o menores a 5 cm, exhibieron problemas de agrietamiento. A partir del trabajo de Kandhal *et al.*, una investigación realizada por Texas A&M por Glover y Davison (2005) presentan un nuevo parámetro para evaluar la durabilidad del asfalto. El parámetro inicial de Glover y Davison consideró una forma mecánica para correlacionar la ductilidad a 15 °C y una velocidad de elongación de 1 cm/min con el parámetro funcional $G'(\eta'/G')$.

A partir de las observaciones de Kandhal *et al.*, (1984) y la correlación propuesta entre ductilidad y el parámetro $G'(\eta'/G')$ establecida por Glover, se fijaron

dos valores límites para prevenir el daño por agrietamiento (Gráfica 1):

- a) Zona de inicio de daño. Indica el inicio del agrietamiento en el ligante asfáltico y está expresado por la siguiente fórmula:

$$G^* \left(\frac{\cos \delta^2}{\sin \delta} \right) = 180 \text{ kPa}$$

- b) Agrietamiento en bloque. Indica el agrietamiento inminente y está expresado por la siguiente fórmula:

$$G^* \left(\frac{\cos \delta^2}{\sin \delta} \right) = 450 \text{ kPa}$$

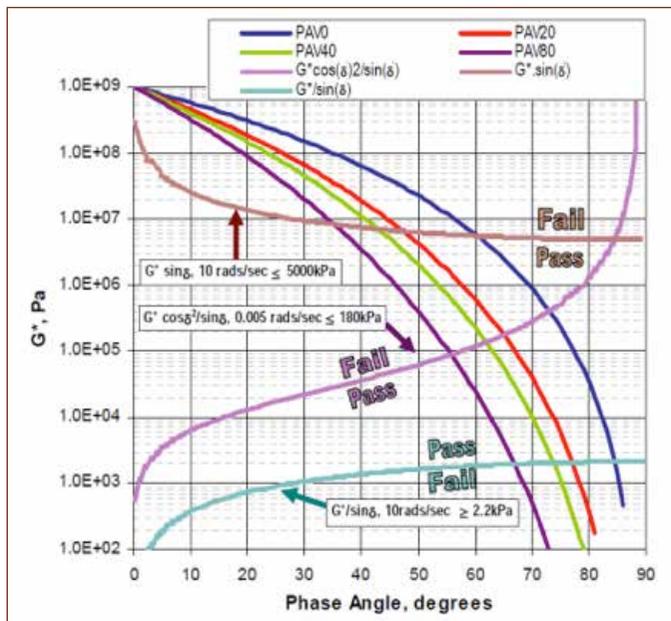
Dónde:

δ = Ángulo de fase,

G^* = Módulo complejo

G' = Módulo de almacenamiento de energía

η' = Viscosidad del material



Gráfica 1. Gráfica Glover & Rowe. Zona de inicio de daño y Zona de agrietamiento en bloque.

Utilizando el parámetro Glover & Rowe, el presente estudio tiene como finalidad evaluar tres tipos de aditivos “rejuvenecedores” de diferente naturaleza química a diferentes concentraciones, identificando las diferencias en comportamiento que aportan al

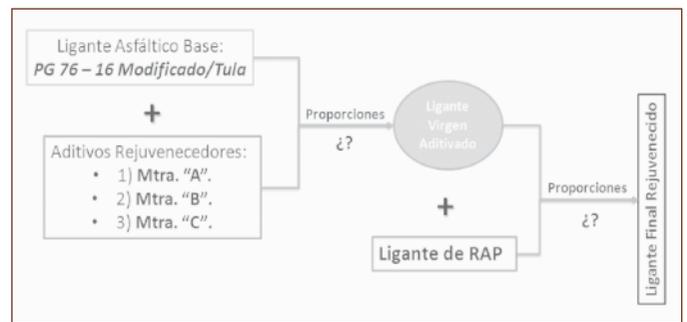


Figura 1. Problemática presentada.

material asfáltico virgen combinado con el material asfáltico recuperado del RAP.

Desarrollo experimental

Extracción de RAP

Para la extracción del ligante de RAP se utilizó el equipo soxhlet (Figura 2), mediante la extracción del asfalto por recirculación (evaporación-condensación) con tricloro-etileno (C_2HCl_3). Posteriormente el material asfáltico disuelto en tricloro-etileno se hizo pasar por un filtro, con el fin de eliminar el remanente de agregado fino (filler), recuperando el disolvente con el apoyo de un rotavapor. Para eliminar el remanente de disolvente en el material asfáltico extraído, se sometió a un ciclo de calentamiento de 170 °C y un vacío -25 plg Hg durante treinta minutos.



Figura 2. Equipo para extraer RAP.



POLÍMEROS

BUTONAL NX-4190

Polímero SBR líquido para emulsiones

LOTADER AX-8900

Terpolímero reactivo de etileno

EMULSIFICANTES

Catiónicos

Diferentes tipos de rompimiento

ADITIVOS

Promotores de adherencia

Modificadores reológicos

tel. 01 (33) 3684-6880 www.quimicaboss.com.mx asfaltos@quimicaboss.com.mx

Asfaltos & Concretos

Aditivos de Adherencia	Kaoamin 12 Kaoamin 14 Kaoamin 16 Gripper X2	Emulsificantes Asfálticos	Línea Asfier para: Rompimiento rápido Rompimiento medio Rompimiento lento Rompimiento controlado Súper estable
Aditivos para Mezclas Tibias o Templadas	Kaoamin KW Gripper 67	Modificadores Reológicos	Danox A-P Kaoamin KW
Aditivos para Reciclado de Asfalto	Danox A-RJ	Aditivos para Concretos	Naftalen Sulfonato de Sodio Policarboxilatos Anti espumantes Influsores de aire
Aditivos para Mezcla Fría (Bacheo)	Kaoamin 14		

Ejecutivo de ventas, Asesor Técnico: I.Q. Katherine Carrasquel
Email: katherinecarrasquel@pharmachem.com.mx
Móvil: (55) 4593 4278



¡Adquiérelolo!

Asociación Mexicana
del Asfalto, A.C.

Recomendación AMAAC REA 118/2017

Aplicación de microaglomerado en frío

Esta recomendación ayuda en el diseño,
pruebas, control de calidad y medición, así
como en los procedimientos para la colocación
del microaglomerado en frío con emulsión.

Aditivación del asfalto

Con el objetivo de conocer cómo modifican las propiedades del material asfáltico los aditivos A, B y C, se eligió y aditivó un asfalto grado PG 76-16 modificado con polímero Tipo I de refinería Tula, con un porcentaje de aditivo de 3% base peso del asfalto. La caracterización de acuerdo con su grado desempeño PG de estas muestras se presenta en la Tabla 1.

Tabla 1. Caracterización del material asfáltico aditivado

Prueba	Especificación	Temp. de prueba (° C)	Muestra A	Muestra B	Muestra C
			PG 76-16 / 3%	PG 76-16 / 3%	PG 76-16 / 3%
Original					
Penetración; dmm	Mín. 60,0	25,00	65,67	81,67	60,00
Viscosidad Brookfield; C.P.	Máx. 3000,0	135,0	1074,00	1014,33	1296,00
Módulo de corte, $G^*/\text{sen}\delta$, kPa	Mín. 1,0	70,0	1,67	1,43	2,27
		76,0	0,91	0,79	1,22
		82,0	-	-	0,67
Ángulo de fase, δ ; grados	-	70,0	71,46	71,80	69,42
		76,0	75,39	76,04	72,88
		82,0	-	-	77,59
Residuo RTFO					
Pérdida de masa RTFO; %	Máx. 1,0	163,0	0,30	0,36	0,19
		70,0	4,28	3,45	6,68
Módulo de corte, $G^*/\text{sen}\delta$, kPa	Mín. 2,2	76,0	2,37	1,94	3,73
		82,0	1,32	-	2,10
		70,0	63,76	64,57	61,34
Ángulo de fase, δ ; grados	Máx. 75,0	76,0	66,46	67,47	63,60
		82,0	70,11	-	66,67
Residuo PAV					
Módulo de corte, $G^* \cdot \text{sen}\delta$, kPa	Máx. 5000,0	31,0	1162,00	841,10	1275,00
		28,0	1638,00	1178,00	1744,00
Rigidez de flexión $S(t)$; MPa	Máx. 300,0	-10,0	69,30	51,10	69,20
		-15,0	127,50	95,35	135,50
		-10,0	0,305	0,325	0,304
Valor $m(t)$	Mín 0,300	-15,0	0,289	0,298	0,275
		-	-	-	-
Grado PG	-	-	PG 70-16	PG 70-22	PG 76-16

Selección de aditivo empleando parámetros Glover-Rowe

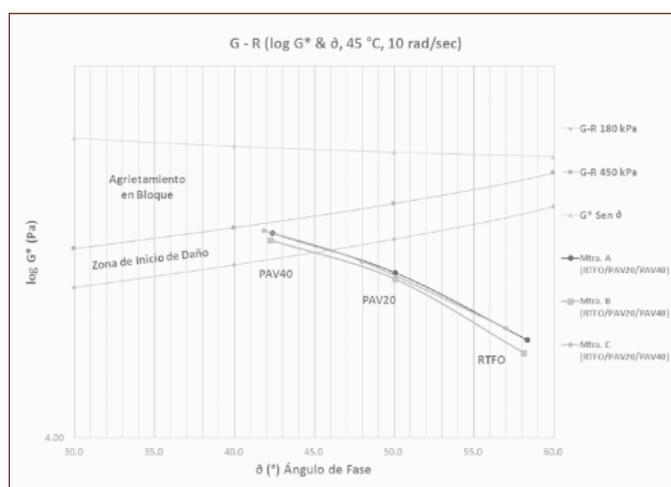
Los asfaltos PG 76-16 modificados con polímero Tipo I y aditivados al 3% con los materiales A, B y C, fueron sometidos primero a un envejecimiento a corto plazo, en horno rotatorio de película delgada (RTFO), cuyas condiciones de envejecimiento fueron de 163 °C de temperatura, 4 L/min en flujo de aire y un tiempo de 85 min; posteriormente el residuo de RTFO fue sometido a un ciclo de envejecimiento a largo plazo, en un horno de copa a presión PAV (PAV20), bajo las condiciones de 100 °C de temperatura, 2.1 MPa de presión y un periodo de 20 h.

Finalmente, el residuo de PAV20 es sometido a un segundo ciclo de envejecimiento en PAV (PAV40), es decir, bajo las mismas condiciones de envejecimiento pero acumulando 40 h.

Se realizó la medición del módulo complejo ($\log G^*$) y ángulo de fase (δ) a 45 °C con una frecuencia de 10 rad/s en un reómetro de corte dinámico modelo TA Discovery HR-3 a cada uno de estos asfaltos en sus respectivas etapas de envejecimiento.

Graficando el logaritmo del módulo complejo ($\log G^*$) y ángulo de fase (δ) en el diagrama black-space, observamos la tendencia de las muestras A, B y C (Gráfica 2).

En la Gráfica 2 observamos que en PAV40, ningún valor de las muestras aditivadas al 3% se ubica por debajo de la zona de inicio de daño por agrietamiento en los pavimentos, según los Parámetros G-R. Mientras que para el caso de PAV20 se encuentran cercanos al límite mencionado, dicha gráfica demuestra la necesidad de incrementar la concentración de los aditivos en el asfalto base. Los valores del comportamiento de $\log G^*$ y δ en las tres muestras estudiadas se presenta en la Tabla 2, mostrando de forma decreciente la rigidización alcanzada.



Gráfica 2. Muestras A, B y C aditivadas al 3% y envejecidas por RTFO, PAV20 y PAV40. Parámetros G-R.

Tabla 2. Comportamiento de $\log G^*$ y δ en las muestras A, B y C. PAV40

	PAV40		Muestra
	$\log G^*$ (Pa)	δ (°)	
+ ↑ Rigidez	5,89	41,90	C
	5,86	42,43	A
- ↓	5,78	42,31	B

Puede observarse que el aditivo B mejora las propiedades del asfalto a baja temperatura logrando alcanzar el grado -22 a una concentración fija del 3% base peso del asfalto, así como, mostrar el mejor comportamiento en el parámetro Glover-Rowe exhibiendo menor rigidización en sus diferentes condiciones de envejecimiento. Por esta razón en las fases posteriores de la experimentación se utilizó el aditivo “B”.

Cálculo de proporciones del material asfáltico virgen aditivado y el material asfáltico recuperado del RAP

Una vez identificado, que las concentraciones del 3% de los aditivos A, B y C en el asfalto modificado con polímero PG 76-16 no son suficientes por sí mismos para ubicar al “Material Asfáltico Virgen Aditivado” fuera de la zona de inicio de daño, es previsible que al incorporar el material asfáltico del RAP se rigidizará más desplazándolos a la zona de agrietamiento en bloque. Debido a esto, se incrementó la concentración a 6, 8 y 10% del aditivo “B”.

EMULSIFICANTES ASFÁLTICOS
ADITIVOS PARA MEZCLA TIBIA
ADITIVOS DE ADHERENCIA
MODIFICADORES REOLÓGICOS
ENTRECRUZANTE DE POLÍMEROS
ADITIVOS RAP



Enriching lives, in harmony with nature.



(33) 3284-1000 eXT. 1020, 1044, 1071.

ventas@quimikao.com.mx

www.quimikao.com.mx



Una llamada. Una compañía. Innumerables soluciones.



DISTRIBUIDOR NACIONAL PLANTAS DE ASFALTO DE CONTRA FLUJO



CAPACIDADES: 50, 80, 120, 160, 200, 260 y 300 TPH

VENTA • RENTA • SERVICIOS • REFACCIONES

Contamos con 14 sucursales en la República Mexicana

ameco.com.mx

Tel:(55) 8503 3500

01 800 11 AMECO 26326

Autopista México-Querétaro No. 3065-A, Col. Industrial Tlaxcolpan, Tlalneantla, C.P. 54040, Estado de México

El material virgen aditivado al 4, 8 y 10% fue mezclado con el material asfáltico recuperado del RAP en las proporciones mostradas en la Figura 3. Estos porcentajes fueron obtenidos considerando diferentes porcentajes de RAP a utilizarse en una mezcla asfáltica (15, 30 y 45% de RAP).

Figura 3. Proporciones de mezclas: “asfaltos vírgenes aditivados” y material asfáltico recuperado del RAP

(% RAP)	(% Asf. aportado por RAP)	Asfalto virgen aditivado	
		(% PG 76-16 + Aditivo)	
15,0	14,1	85,9	<ul style="list-style-type: none"> • RTFO • PAV40
30,0	27,7	72,3	
45,0	43,5	56,5	

Nuevamente se midió el módulo complejo ($\log G^*$) y ángulo de fase (δ) a 45 °C con una frecuencia de 10 rad/s para cada combinación de asfaltos (Gráfica 3).

- 15, 30 y 45% RAP – Asfalto Virgen Aditivado al 6% “B”.
- 15, 30 y 45% RAP – Asfalto Virgen Aditivado al 8% “B”.
- 15, 30 y 45% RAP – Asfalto Virgen Aditivado al 10% “B”.

Verificación de proporciones seleccionadas: material asfáltico virgen aditivado vs el material asfáltico de RAP

Las mezclas de material asfáltico de RAP-Asfalto Virgen Aditivado son sometidas al proceso más drástico de envejecimiento PAV40, con la finalidad de verificar que los valores de $\log G^*$ Vs δ a 45 °C, se ubiquen por debajo de la zona de inicio de daño, es decir, que el Asfalto Virgen Aditivado haya ejercido un adecuado “rejuvenecimiento” sobre el material asfáltico del RAP, de tal forma que a pesar del envejecimiento por RTFO y PAV40, conserve sus propiedades sin rigidizarse.

Puede observarse en la Gráfica 3, que para el caso en que se usa RAP al 15% la concentración del aditivo al 6% previene en la condición más crítica (envejecimiento del asfalto en PAV40) el inicio de zona de daño por agrietamiento. Para el caso del 30% de RAP una concentración cercana al 10% de aditivo es necesaria para mantenerse fuera de la zona de inicio de daño, mientras que al 45% de RAP se requiere concentración mayor al 10%.

A partir de la ecuación de la línea recta obtenida para cada concentración de RAP en el diagrama black-space por interpolación y extrapolación se obtiene que las concentraciones estimadas para cada porcentaje de RAP serían:

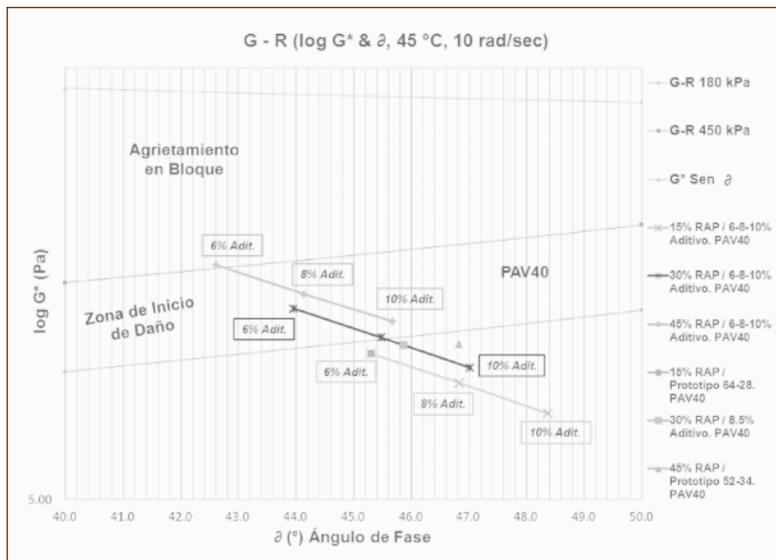
- 15,0% RAP – Asfalto Virgen Aditivado al 6,0% “B” (PG 64-28).
- 35,0% RAP – Asfalto Virgen Aditivado al 8,5% “B”.
- 45,0% RAP – Asfalto Virgen Aditivado al 11,5% “B” (PG 52-34).

Una vez obtenidas las concentraciones de aditivo requeridas para disminuir la susceptibilidad al agrietamiento, se analizaron los materiales asfálticos para el

15% y 45% de RAP en su clasificación de grado desempeño PG obteniéndose los resultados mostrados en la Tabla 3.

Como puede observarse para disminuir la susceptibilidad al agrietamiento en las mezclas con RAP de acuerdo al parámetro de Glover & Rowe, el uso de materiales asfálticos con un grado de desempeño mejorado a baja temperatura favorece el comportamiento. Sin embargo, es importante recalcar que la mezcla asfáltica también debe presentar una suficiente capacidad a la formación de roderas, por lo que la evaluación del material asfáltico de “rejuvenecimiento” en pruebas de desempeño que incluyan la medición de la susceptibilidad a la deformación permanente y al agrietamiento en las mezclas asfálticas no debe ser omitido.

Tabla 3. Caracterización grado desempeño de los asfaltos				
Prueba	Especificación	Temp. de prueba (° C)	Muestra A	Muestra B
			PG 76-16 / 3%	PG 76-16 / 3%
Original				
Penetración; dmm	Mín. 60,0	25,0	110,67	250,33
Viscosidad Brookfield; C.P.	Máx. 3000,0	135,0	767,50	382,77
		52,0	-	1,60
		58,0	-	0,86
		64,0	1,56	-
Módulo de corte, $G^*/\text{sen}\delta$, kPa	Mín. 1,0	70,0	0,85	-
		52,0	-	73,36
		58,0	-	77,57
Ángulo de fase, δ ; grados	-	64,0	70,77	-
		70,0	74,81	-
		70,0	74,81	-
Residuo RTFO				
Pérdida de masa RTFO; %	Máx. 1,0	163,0	0,42	0,90
		58,0	-	3,15
		64,0	4,50	1,74
Módulo de corte, $G^*/\text{sen}\delta$, kPa	Mín. 2,2	70,0	2,51	-
		76,0	1,40	-
		58,0	-	64,87
		64,0	62,60	67,98
Ángulo de fase, δ ; grados	Máx. 75,0	70,0	61,93	-
		76,0	68,34	-
		76,0	68,34	-
Residuo PAV				
Módulo de corte, $G^* \cdot \text{sen}\delta$, kPa	Máx. 5000,0	25,0	1081,00	-
		19,0	-	1019,00
Ángulo de fase, δ ; grados	-	25,0	41,11	-
		19,0	-	42,21
Rigidez de flexión $S(t)$; MPa	Máx. 300,0	-18,0	127,30	38,20
		-24,0	173	86,40
Valor $m(t)$	Mín. 0,300	-18,0	0,314	0,382
		-24,0	0,275	0,327
Grado PG	-	-	PG 64-28	PG 52-34



Gráfica 3. Verificación de proporciones de aditivo seleccionados. Parámetros G-R.

Conclusiones

La metodología de los parámetros Glover & Rowe descrita en el presente artículo, permite evaluar de una forma objetiva los diferentes aditivos de rejuvenecimiento, así como, las concentraciones adecuadas de los mismos, evitando recurrir a prácticas poco eficientes de prueba y error en el diseño de materiales rejuvenecedores para el reciclaje de los pavimentos (RAP).

Es evidente que conforme se incrementa el porcentaje a reciclar de pavimento (RAP), se requerirá una mayor cantidad de aditivo rejuvenecedor, lo que impactará considerablemente en el costo de la obra, teniendo en cuenta que el 70% del costo total de una carretera se destina al pavimento, y del mismo modo el 60% de éste, se destina a la carpeta asfáltica. De ahí la importancia de establecer en una relación costo-beneficio hasta que porcentaje es viable reciclar el pavimento de RAP y la importancia de seleccionar la proporción de materiales adecuadas.



¿Quieres profundizar?

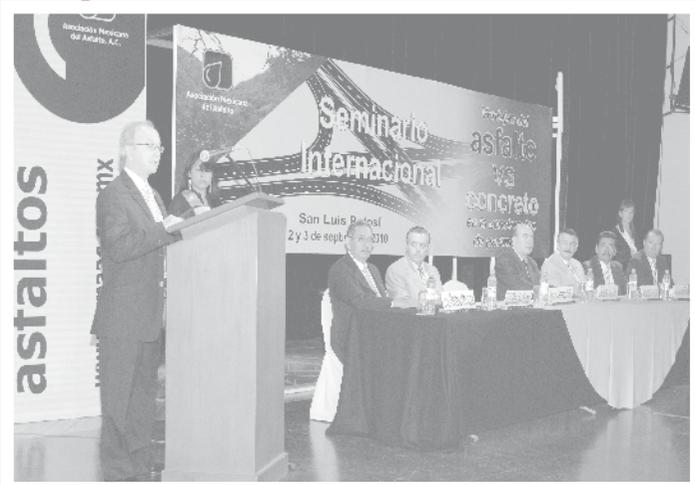
- G. M Rowe, G. King and M. Anderson, "The Influence of Binder Rheology on the Cracking of Asphalt Mixes in Airport and Highway Projects", ASTM, vol. 45, No. 5. 2014.
- Pravat Karki, Texas A&M Transportation Institute College Station, Enero 2016, "Effect of Rejuvenators on Rheological, Chemical and Aging Properties of Asphalt Binders Containing Recycled Binders", The TRB 95th Annual Meeting, Washington D.C.

Amor, paz y... asfalto

datos históricos



Séptimo Consejo Directivo – Pasión por los pavimentos



Llegaba el momento de poner a prueba los alcances tecnológicos logrados por los consejos directivos anteriores. Con la colaboración de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, se desarrollaron en 2009, dos tramos de prueba con la aplicación del Protocolo AMAAC sobre diseño y control de calidad para mezclas asfálticas de granulometría densa de alto desempeño. Para 2010, la SCT realizó más de 18 proyectos.

Para presidir el Séptimo Consejo Directivo, la Asociación designó a Ignacio Cremades Ibáñez quien estuvo en funciones durante el periodo 2009-2011.

Manteniéndose fiel a su compromiso con la calidad este consejo lanzó en 2010 el Programa de Laboratorios con reconocimiento IMT-AMAAC, para el control de la calidad aplicado en las obras carreteras con base en el Protocolo AMAAC, en las categorías de agregados, asfaltos y mezclas asfálticas, mismo que conjuntamente con el programa permanente de certificación a técnicos en diseño de mezclas asfálticas, ha constituido un éxito para dar mayor certidumbre en el desarrollo de las obras carreteras.

Octavo Consejo Directivo – Transformación en movimiento... ¡vive el asfalto!

Fortalecer las acciones de mayor éxito que ha realizado AMAAC, fue el principal objetivo de este consejo, presidido por José Jorge López Urtusuástegui, en los rubros de la tecnología, capacitación, distribución, construcción de pavimentos asfálticos y gestión administrativa, que ha permitido el desarrollo de AMAAC como una asociación altamente confiable, eficaz y eficiente al servicio de la cadena productiva del asfalto.

Se logró tener una mayor presencia en el ámbito internacional, administrando y presidiendo la Asociación Ibero Latinoamericana del Asfalto (AILA), así como la participación más activa como socios en los organismos internacionales relacionados con los asfaltos, como son la Federación de Fabricantes de Emulsiones (IBEF), Asociación Global de Pavimentos Asfálticos (GAPA), y una presencia permanente y cambio de información técnica con ASEFMA, ATEB, NAPA y EAPA.



RUMBO AL XX ANIVERSARIO

AMAAC creó en esta administración el CIT-AMAAC, Centro de Innovación Tecnológica AMAAC, cuya misión es construir conocimiento para el uso óptimo del asfalto y la generación de soluciones sostenibles y sustentables que aseguren la formación especializada de profesionales y la investigación y el desarrollo tecnológico en pavimentos.

Noveno Consejo Directivo – A la vanguardia en pavimentos que generan VALOR

El Noveno Consejo Directivo estuvo presidido por Verónica Flores Déleon (2014-2016), quien dio un énfasis importante a la relación con instituciones, tanto federales, como estatales y municipales, de igual forma se provocó un acercamiento con colegios y cámaras, estrechando vínculos de colaboración y sobre todo, dando difusión a las actividades que realiza AMAAC.

Se reactivaron las reuniones de trabajo con PEMEX, SCT y AMAAC, bajo un comité tripartita que sesiona trimestralmente, con el objetivo de alinear intereses de las partes, en beneficio de la mejora de la calidad de los asfaltos, su trazabilidad y la determinación de áreas de oportunidad.

La puesta en marcha de la iniciativa de vinculación con universidades ha sido un compromiso de este Noveno Consejo, impartiendo conferencias en distintas universidades y se han realizado tres RAES (Reunión Académico Estudiantil), en la Ciudad de México, Puebla y Mexicali. También se inició el programa Escuela del Asfalto, que se desarrolla en el periodo inter-semestral (julio-diciembre), como un curso práctico dirigido a estudiantes de licenciatura. Derivado de este esfuerzo, se crearon en este bienio 10 comités técnicos estudiantiles con jóvenes de licenciatura que tienen interés por las especialidades relacionadas con las vías terrestres, para fomentar la investigación y el estudio hacia el área de los pavimentos asfálticos.



Fue un placer conocerte...

amigo y compañero

Javier Esteban Herrera Lozano

Ing. Raúl Salas Rico

¿Qué hacer al revisar la mala noticia? ¿Qué sentimientos encontrados afloran al conocer el fallecimiento de un ex compañero de estudios superiores y amigo, que se ha adelantado al momento que nadie desea que llegue o sea, la muerte? ¿Cuál es el mensaje que hay que dar a sus deudos? ¿Un simple lo siento? Por supuesto. Lo mínimo, recomendable y sincero es un “Te o los acompaño en tu (su) irreparable pérdida”.

Ya no lo volveremos a ver. En esos momentos parte de sus cualidades vienen a nuestra mente así como las situaciones más relevantes que marcaron nuestra amistad.

¿Lo quise verdaderamente o únicamente lo aguantaba? Lo quise como se quiere a un amigo: soportando en ocasiones, sus “bullings”. ¿Lo extrañaré? Desde luego.

Recuerdo que cuando me inscribieron en la escuela primaria o elemental, mi madre me aseguraba que la felicidad era la clave de la vida. Lo anterior se me grabó para siempre, de tal manera que uno de mis maestros en la escuela secundaria, me preguntó que quería ser cuando fuera grande. Parfraseando a John Lennon le respondí “*simplemente feliz*”. Me contestó que no había entendido la pregunta y yo insistí: “, *no entiende la vida*”.

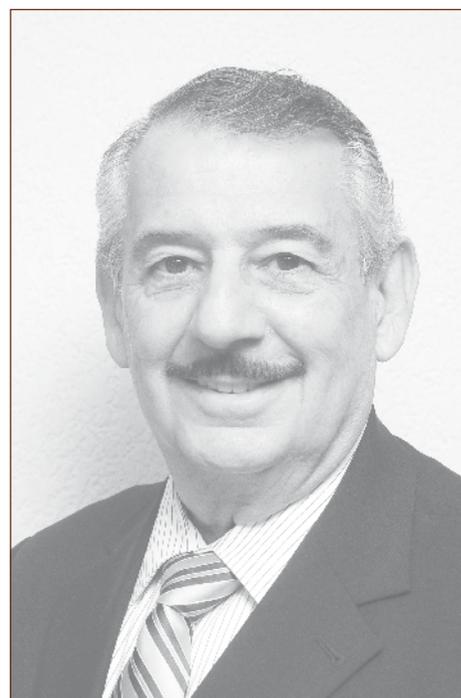
¿Cuáles fueron las virtudes que hicieron que coincidiéramos en algu-

nos tópicos o situaciones, por ejemplo, cuando acudíamos a la secundaria? Si bien se volvió costumbre porque nos veíamos todos los días durante tres años, también adquirimos una gran dosis de confianza mutua y gusto por festejar prácticamente todas las bobadas y bromas, que decíamos. En verdad es que *la vida siempre nos dio* —o buscamos que nos diera— *motivos para sonreír*.

¿Fue difícil nuestra amistad? Como todas las relaciones. A veces a la alza y en ocasiones de bajada. En ciertas circunstancias todo celebrábamos, de todo nos reíamos; en determinados momentos, no aguantábamos ni el volar de un mosquito. Eso sin mencionar las “bullingueadas” eternas, repetitivas, aburridas. Pero era parte de la personalidad de los amigos, de tal manera que nos decíamos lo que sentimos “*en vida hermano, en vida*”.

Cómo no recordar las aventuras por nuestra asistencia a toda fiesta donde hubiera baile para mover el bote si bien ligábamos pareja, o al menos disfrutar de la música de la época.

Aprendimos a amar no cuando encontramos a la persona perfecta, sino cuando llegamos a ver de manera perfecta a una persona imperfecta, por lo que cada quien tuvo a su cada cual. *Novia habemus*. Intentamos en ocasiones acudir al centro de la



capital, en parejas. Sin embargo, poco a poco cada quien fue moldeando sus gustos y preferencias y, desde luego, sus intereses por atender a la novia o a la acompañante, para disfrutar el momento.

Uno de los amigos se casó. El gustazo fue acudir tanto a la despedida de soltero; a la ceremonia del amarre por lo civil y principalmente a la religiosa. Ahí sí ya nos dimos por derrotados, perdimos un amigo y no ganamos una amiga. El mejor amigo es el que no estorba y por tanto, nos hicimos a un lado para que la pareja viviera su destino.



Con el tiempo nos dieron la noticia del primer vástago; luego de su crecimiento. En algún caso nos invitaron para ser padrino de bautizo primero y/o de comunión después, según las creencias de cada quien.

¿Cómo olvidar esos momentos que se volvieron parte de nuestra existencia y que permitieron que la amistad permaneciera?

A mi mente acuden algunas frases de "El Árbol de los Amigos" del ilustre Jorge Luis Borges. Decía el poeta que "Existen personas en nuestras vidas que nos hacen felices por la simple casualidad de haberse cruzado en nuestro camino".

Que "Algunas recorren todo el camino a nuestro lado, viendo muchas lunas pasar, más otras apenas las vemos entre un paso y otro. A todas las llamamos amigos y hay muchas clases de ellos" y que "Tal vez cada hoja de un árbol caracteriza uno de nuestros amigos".

"Te deseo, hoja de mi árbol, paz, amor, salud, suerte y prosperidad. Hoy y siempre... simplemente porque cada persona que pasa en nuestra vida es única. Siempre deja un poco de sí y se

lleva un poco de nosotros. Habrá los que se llevaron mucho, pero no habrá de los que no nos dejaran nada."

Contra todo lo que se pudiera pensar, fuimos trabajadores o empleados a una edad muy temprana. Sí, teníamos que conseguir lana para los gastos más elementales y para ayudar a la familia.

A pesar de los pesares, *le dimos un significado a nuestra vida. No dejamos que el pasado nos triturara ni tampoco que el futuro nos preocupara demasiado. Creo que la clave de nuestra felicidad juvenil estuvo en vivir plenamente el presente*, el "aquí y ahora" y por ello, llegamos a cursar estudios superiores.

Contra viento y marea, obtuvimos un título universitario y otra vez, con gusto, nos volvimos a reunir los amigos para festejar la presentación del examen con la pachanga en algún restaurante o cabaret o en la casa del que había obtenido la más grande de las satisfacciones para un estudiante: obtener un título profesional.

Cada uno formamos una familia o tratamos de hacerlo. Uno lo logró, otro trató. Pero la amistad no decayó. El que se llenó de familia, invitaba a los

demás. El que era feliz, acudía gustoso al llamado y otra vez, a festejar juntos.

Atendiendo a la familia respectiva pasó el tiempo. De un autor anónimo recuerdo que *"La vida es una gran borrachera: primero es la euforia, la embriagadora alegría de la juventud hasta que un día llega la infalible cruda de la vejez"*.

Sin darnos cuenta crecimos hasta llegar a la vejez, al darnos cuenta que el pelo ya se nos había caído o que en el mejor de los casos, se había vuelto cano. Teníamos arrugas, la piel maltratada, los ojos cansados. El cuerpo mostrando las huellas de ese crecimiento.

¿Quién desea que desaparezca un buen amigo? Uno de los dos se fue primero. Llegó el momento de recordar muchas de las anécdotas, volvió una leve sonrisa al acordarnos de aquellos maravillosos momentos, de las bromas dictadas, de las risas estentóreas, del buen humor que nunca cedía y la alegría que botaba como una gran caída de agua.

Pero ya se había ido el amigo. Ya no lo volvería a ver, es cierto, pero sí a recordarlo ¡siempre! Qué buenos ratos, qué mejores paseos y qué buena suerte de habernos conocido, tratado y soportado. Reprimiendo el llanto, recordé a Mario Benedetti *"Tengo la teoría de que cuando uno llora, nunca llora por lo que llora, sino por todas las cosas por las que no lloró en su debido momento"*.

Te recordaré amigo por todo lo que vivimos. Al estar en la sala de tu sepelio, cito una estrofa de Gustavo Adolfo Becker: *"...hay algo que explicar no puedo, algo que repugna aunque es fuerza hacerlo, el dejar tan tristes, tan solos los muertos"*.

En resumidas cuentas, te dedico la inmortal frase de conocido cantautor *¡fue un placer conocerte, amigo Javier Esteban!*

Viaje al centro del hombre

Carlos Llano

Introducción al libro *Viaje al centro del hombre*

Los filósofos existencialistas subrayan el hecho de que el hombre se define más por sus proyectos a futuro que por su condición real presente, pues el ser humano —dicen con razón— es ya lo que proyecta ser, si es que ese proyecto es radical, incondicionado y serio.

Las preguntas que muchas veces nos hacemos: ¿cómo soy?, ¿cuáles son mis capacidades y limitaciones?, ¿cuánto valgo?, deben complementarse con estas otras, que tal vez nos digan más de nosotros mismos: ¿cuáles son mis ideales?, ¿en qué consiste mi proyecto personal de vida? ¡Mal estaríamos si no pudiéramos responder a estas cuestiones! ¡Y peor aún si no somos lo bastante valientes para formularlas!

Tales interrogantes surgen de un ámbito original, propio del hombre e irreductible a instancias subhumanas. Por ello, tales cuestiones se imponen no accidentalmente a la conciencia, sino que ésta se halla obligada a plantearse precisamente porque se encuentran, en cierto sentido, como escritas en los corazones. No escuchar la voz de la conciencia en este ámbito nos conduce

a una frustración fundamental, totalizante, que pone a temblar a las demás fuerzas del hombre.

Se puede, en última instancia, vivir existencialmente satisfecho, aunque material o sexualmente frustrado; lo inverso en cambio, coloca al hombre en un ámbito insalvable. Es más, se sabe que en el vacío existencial se exagera la libido. Al aumentar, entonces, el apetito y el deseo de su satisfacción, se corre el riesgo cada vez mayor de no poder colmarlos. Así, la respuesta a estas inquietudes específicamente humanas es la posibilidad de la complacencia material.

Estos dos ámbitos son tan incommunicables que el intento de dotar de sentido a la vida a partir de sublimaciones de energía orgánica, resulta tan absurdo como la pretensión de quitar la sed con galletas. Cualquier satisfactor moderado se presenta como insuficiente -les queda chico- a las proyecciones y apetencias del espíritu humano y, por ello, un plan trazado sobre estas líneas resulta vano.

En la cultura actual, sin embargo, nos hemos acostumbrado a diseñar los proyectos de nuestra existencia en el terreno de lo que deseamos tener: las cosas, objetos o bienes que son susceptibles de adquirirse desde fuera. Los proyectos en este orden son periféricos e inestables, porque yo no puedo ni debo ser las cosas que poseo. Emmanuel Mounier definía el tener como sustituto degradado del ser. En efecto, para una personalidad neurótica, cuando el yo es

Se puede vivir existencialmente satisfecho, aunque material o sexualmente frustrado; lo inverso en cambio coloca al hombre en un abismo insalvable. Es más se sabe que en el vacío existencial se exagera la libido.

débil hay que reforzarlo con la imagen, la cual no se funda evidentemente en el ser, sino en el tener. Entonces, la voluntad se adhiere al objeto, no encuentra en sí misma el principio de su autodeterminación, sino en las cosas. Si las pierdo, me pierdo yo. Por ello, si el hombre se vincula internamente con las cosas que posee, se cosifica.

Sin embargo, además de periférico, un proyecto de vida centrado en los bienes materiales es inestable, porque las cosas susceptibles de adquirirse son también susceptibles de perderse.

Para ser una personalidad neurótica, cuando el yo es débil hay que reforzarlo con la imagen, la cual no se funda evidentemente en el ser, sino en el tener.

Igualmente, se suelen restringir los proyectos existenciales no ya solamente a lo que se puede tener, sino a lo que se puede hacer. Estos planes corresponden a la carrera profesional que ejerceremos, al oficio al que nos ocuparemos, a las funciones que desarrollaremos, a los puestos que conseguiremos, a los títulos que alcanzaremos, etcétera. Aunque en forma distinta, estos proyectos aún me son en algún modo ajenos: el oficio, el puesto, los títulos pueden cambiar y, sin embargo, yo seguiría siendo el mismo, porque mi persona es más amplia, más valiosa que la profesión, el oficio o el lugar que ocupo en la sociedad. Además, son también proyectos con un alto grado de inestabilidad, como nos lo hace evidente la mundial propagación del desempleo.

No encontramos, pues, en cualquiera de estos dos proyectos nuestro

centro en nosotros mismos: la heteronomía de la voluntad aún no se ha superado. Hay un ámbito de proyectos, en cambio, que al hombre de nuestro tiempo le puede pasar inadvertido, y al que quiera dar la importancia que realmente merece.

Puedo tener automóvil, casa, cuenta bancaria en dólares; puedo hacer de ingeniero, maestro de obras públicas y consejero de banco. Pero esto deja aún en suspenso la verdadera pregunta sobre mi proyecto de existencia: ¿qué puedo ser?, ¿qué quiero ser? A estas preguntas, si se hacen con

profundidad, no puede contestarse banalmente diciendo que quiero ser millonario, banquero o ministro. Mi ser es mucho más que la fortuna que pueda llegar a tener o el oficio que ejerceré en el futuro. A la pregunta sobre qué quiero ser se responde con cualidades internas que se identifican a tal punto conmigo mismo que configuran mi personalidad, lo que en términos técnicos se denomina carácter. ¿Cuál será el carácter de mi persona dentro de cinco, de diez, de veinte años? La contestación a esta pregunta representa el auténtico proyecto de existencia. ¿quiero ser noble o rastroso?, ¿quiero ser veraz o mentiroso?, ¿superficial o profundo?, ¿generoso o egoísta?, ¿pedante o simpático? Mientras yo no elija mi vida en relación con estos parámetros, los proyectos de mi existencia serán fútiles: proyectos de

estrellitas de kindergarten, mas no de hombres auténticos.

Pues bien, a las personas jóvenes de hoy se les ofrecen, aunque no sean conscientes de ello, dos modelos, estilos o proyectos de vida irreductibles, ante los que deben optar: el ser para mí o el ser para otro. Si se ha declarado alguna vez que el egoísmo hace a los hombres mejores, más fuertes, es porque no se ha entendido la naturaleza del amor. No es raro encontrar muchas veces entre nuestros alumnos a personas que tienen por modelos a Nietzsche, Bismark o hasta Hitler o Stalin, admirados por la inflexibilidad de su carácter. En estas circunstancias, se pensaría que para ser objetivo habría que dejar de lado cualquier incidencia afectiva o personal.

Sin embargo, la segunda alternativa no tiene que ver nada con aquella visión apasionada y rosa del amor que dibuja, por ejemplo, Platón en boca de Fedro. El verdadero amor —no el enamoramiento, que ciega— no disminuye, sino que incrementa la mirada, el alcance cognoscitivo. Esto significa que el hombre sólo se trasciende, solo pone sus ideales por arriba de sí mismo, a través del amor; en otros términos, si el hombre puede ir más allá de lo humanamente posible, alcanzar a ver algo que está más allá de la propia muerte, es precisamente a través del amor. De lo contrario, ¿quién daría la vida por otra persona? Y aquí

A los jóvenes de hoy se les ofrecen dos modelos, estilos o proyectos de vida irreductibles, ante los que deben optar: el ser para mí o ser para otros.

entendemos por dar la vida no exclusivamente el acto heroico de inmolación de la existencia, es decir, el paso del ser al no ser, sino la trascendencia cotidiana de los propios deseos o voliciones.

Por ello, la entrega desinteresada de sí, corre pareja con el sentido de responsabilidad, con el control de los instintos, con el temple de las capacidades, con el dominio del yo, con la afirmación del carácter. Esa entrega de sí, busca derroteros distintos a los de las transacciones mercantiles; en cierto modo, resulta su antípoda. Si en el mercado se trata de conseguir lo más contra lo menos posible, en el don de sí, se trata de entregarlo todo por nada.

La entrega desinteresada de sí, corre pareja con el sentido de responsabilidad, con el control de los instintos, con el temple de las capacidades, con el dominio del yo, con la afirmación del carácter.

El hombre de hoy tiene delante de sí, lo sepa o no, esta ineludible opción: por un lado, un proyecto de vida hedonista, consumista, puntiforme, permisivo, y cobarde. Por otro, una alternativa de existencia anclada en el compromiso, en la renuncia y en el don de sí.

Se ve pronto que el primer camino se hace en función de la persona que lo emprende: todas sus notas son no sólo subjetivas, sino egoístas. El segundo camino, el del compromiso, la renuncia y la propia entrega se hace en función de los demás. ¿Cuál de ellos debe ser elegido para la única vida con la que contamos?

La generosidad no está reservada para personas de rara nobleza; son muchos los ciudadanos normales —padres de familia, funcionarios sin menciones especiales, etcétera— que han optado por la generosidad y no por el egoísmo

Cada persona debe responder para sí mismo esta pregunta porque le va en ello, precisamente, la vida. Sólo quiero indicar tres cosas.

Primero, la opción es posible. El hombre no está condicionado para ser egoísta; pero tampoco lo está para ser generoso.

Segundo, la opción de la generosidad no está reservada para personas de rara nobleza; son muchos los ciudadanos normales —padres de familia, funcionarios sin menciones especiales, etcétera— que han optado por la generosidad y no por el egoísmo.

Tercero, si bien el camino del egoísmo tiene un inicio muy agradable, termina en un estrecho callejón sin salida; y si bien las primeras etapas del camino de la generosidad pueden parecer arduas y aun imposibles, éste se va ensanchando progresivamente hasta abrirse en un panorama ilimitado.

De la posición que tomemos frente a cada una de estas alternativas, constituyentes de nuestro proyecto de vida, dependerá que nuestra existencia tenga sentido o ser estéril.

Síguenos en redes sociales:



#EligeAsfalto



Asociación Mexicana
del Asfalto A.C.

CUARTA REUNIÓN ACADÉMICO ESTUDIANTIL AMAAC

MORELIA, MICHOACÁN, 5 Y 6 DE OCTUBRE DE 2017



CONVOCATORIA

INVITACIÓN:

La Asociación Mexicana del Asfalto, A.C. (AMAAC), a través del Consejo Directivo y el Comité Organizador, tiene el privilegio de invitar a los estudiantes de Ingeniería Civil, carreras afines, maestría y doctorado interesados en la fabricación y empleo de materiales asfálticos a participar en la Cuarta Reunión Académico Estudiantil AMAAC.

OBJETIVO:

Crear un acercamiento e interés de los jóvenes con el área de los pavimentos asfálticos. Con la finalidad de mejorar la calidad en la construcción y conservación de nuestras vías terrestres.

TEMÁTICA:

Mezclas asfálticas, agregados, asfaltos, emulsiones, aditivos y modificadores, estructura de pavimentos flexibles e impacto ambiental.

ACTIVIDADES:

- **Trabajos técnicos:** Se invita a las universidades y a sus estudiantes a presentar trabajos técnicos sobre la temática, quedando en libertad los autores de darle el enfoque que considere adecuado. Los interesados deben enviar sus trabajos totalmente terminados a más tardar el 18 de agosto de 2017, a tecnico4@amaac.org.mx, a fin de ser evaluados. El tiempo de presentación durante el evento depende de los trabajos aceptados. Esta notificación será el 12 de septiembre de 2017.
- **Jeopardy:** Se llevará a cabo el viernes 6 de octubre. Los interesados deberán registrarse al correo electrónico: tecnico4@amaac.org.mx, Los equipos estarán conformados por 5 participantes. Al momento de registrar al equipo, se proporcionará el temario de estudio. La dinámica comprende asfaltos, mezclas asfálticas y agregados pétreos. La fecha límite para registro de equipos es el 15 de septiembre. Sólo se puede registrar un equipo por escuela.

Taller de diseño de mezclas asfálticas: cada participante inscrito a la Cuarta Reunión Académico Estudiantil AMAAC recibirá una guía de estudio sobre diseño de mezclas asfálticas en caliente de granulometría densa de alto desempeño. El 5 de octubre se llevará a cabo un taller de diseño con gente experta en el tema, donde se resolverán las dudas que se tengan de acuerdo a la guía de estudio entregada.

Examen de certificación en diseño de mezclas asfálticas en caliente: después de haber asistido al taller de diseño, todos los estudiantes que lo deseen podrán registrarse el 5 de octubre por la tarde para presentar el examen de certificación en diseño de mezclas asfálticas en caliente el 6 de octubre, al finalizar el evento. Si la calificación es aprobatoria (80), la Asociación entregará un certificado como diseñador de mezclas asfálticas en caliente de granulometría densa de alto desempeño AMAAC-IMT.

AMAAC.ORG.MX





www.megaasfaltos.com.mx

CARRETERA LIBRE SALAMANCA - CELAYA KM. 85.3

SALAMANCA GTO.

TEL. (464)647 14 18

repcion@megaasfaltos.com.mx

La apuesta **segura**
por el líder en
equipos de ensayos
de pavimentos



EMS TECH Electromechanical Servoactivation Technology

Verdadera **Innovación**,
Asesoramiento experto,
Soporte Técnico

www.controls.com.mx

La más amplia gama de equipos **Protocolo AMAAC** Niveles I, II, III y IV

T (+52 55) 5532 0799 - 5532 0722

Desde **1995**
estamos presentes
en **México**

EQUIPOS DE ENSAYE CONTROLS, S.A. DE C.V.

Avenida de la Hacienda 42, Col. Club de Golf Hacienda - Atizapán de Zaragoza - Estado de México, C.P. 52959

info@controls.com.mx

ENERGÍA

COMBUSTIBLE ALTERNO PARA
CALDERAS Y QUEMADORES
COMBUSTIBLE PESADO
TRANSPORTE ESPECIALIZADO DE
PETROLÍFEROS
**LOCALIZACIÓN SATELITAL EN TIEMPO
REAL PARA LOS CUERTOS**

www.gmarca.com

VÍAS

TERRESTRES

ASFALTOS NACIONALES E IMPORTADOS
ASFALTOS MODIFICADOS TRADICIONALES Y DE
ALTO DESEMPEÑO PARA AEROPUERTOS /
AUTOPISTAS DE ALTO FLUJO
EMULSIONES ASFÁLTICAS
CONVENCIONALES Y DE ALTO DESEMPEÑO PARA
APLICACIONES O EQUIPOS ESPECIALES
ADITIVOS: PROMOTOR DE ADHERENCIA,
REJUVENECEDOR DE PAVIMENTOS, PARA FABRICACIÓN DE
MEZCLAS TIBIAS, ANTIOXIDANTE
ASFALTO TRANSPARENTE Y COLORANTES ASFÁLTICOS
LABORATORIO NIV. II AMAAC PARA DISEÑOS DE MEZCLA Y
VERIFICACIÓN DE CALIDADES
ESTABILIZADOR IÓNICO DE SUELOS, ESPECIAL PARA CAMINOS
SECUNDARIOS Y TRATAMIENTO DE BASES
RENTA DE EQUIPO PARA RIEGOS ASFÁLTICOS:
PETROLIZADORAS, RIEGO SINCRONIZADO
RENTA DE MAQUINARIA PARA CONSTRUCCIÓN

GMC

- GRUPO MULTISERVICIOS PARA LA CONSTRUCCIÓN -

MANTENIMIENTO Y PROTECCIÓN

PINTURA ARQUITECTÓNICA VINIL-ACRÍLICA
IMPERMEABILIZANTES ELASTOMÉRICOS
ESMALTES ALQUIDÁLICOS ANTICORROSIVOS
PINTURA PARA SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL BASE AGUA O SOLVENTE Y MICROESFERA
RECUBRIMIENTOS EPÓXICOS INDUSTRIALES Y CERTIFICADOS FDA
REPARADORES DE CONCRETO
RECUBRIMIENTOS ACRÍLICOS PARA SUPERFICIES DEPORTIVAS
SELLADORES PARA PAVIMENTOS ASFÁLTICOS
SELLADOR LÍQUIDO O DERRETIBLE PARA GRIETAS
MEZCLA EN FRÍO PARA BACHEO

CAT 018007171800

SOLUCIONES
ASFÁLTICAS

HELLOS

VISAL

ErgonArmor

petrien

DOCTOR
BACH

GRAVELOCK
Soil Consolidation Aid

SEAL FLEX

OMNI

SMEDT