

# ASFÁLTICA

REVISTA TÉCNICA

*pavimentar es un arte*



- ☞ **Elementos para la definición de umbrales de indicadores para la gestión del desempeño de carreteras en México**
- ☞ **Innovación en el campo de las emulsiones asfálticas**
- ☞ **Reducción de la fisuración por fatiga de la mezcla asfáltica**



**▶ DEDICADOS A LA  
EXCELENCIA**



**ENCUÉTRANOS**

**GRAN CAPACIDAD DE  
almacenamiento y el mayor  
distribuidor de PEMEX.**

**MAS DE 30,000 KM  
construidos con Asfalto  
Modificado Stylink<sup>MR</sup>**





# PAVE DOCTOR PLUS



## TECNOLOGÍA DE EVALUACIÓN CONTINUA DE PAVIMENTOS

### » Pave Doctor Plus

Fusiona la tecnología de nuestro **Radar Óptico de Penetración HyperPav** y nuestro perfilómetro láser PaveDoctor para realizar detalladas inspecciones del pavimento a velocidad de operación de la vía. El HyperPav, además de determinar los espesores del pavimento en un ancho de 3.6 m, obtiene el Análisis de Composición del Pavimento (contenido de asfalto, vacíos en el grado mineral, contenido de agua, peso volumétrico seco y porcentaje de vacíos de aire), mientras el PaveDoctor genera una imagen 3D del pavimento determinando profundidad de rodera, nivel de agrietamiento, secciones transversales, reflexión de las marcas viales, radios de curvatura y perfil longitudinal al tiempo que ejecuta fotografía continua.

### » Auscultación y Gestión de Pavimentos

Ponemos a su servicio, vehículos instrumentados con la más avanzada tecnología disponible a nivel mundial para la auscultación y gestión de pavimentos, mismos que realizan la medición continua de estándares de desempeño y de las características estructurales de los pavimentos, tanto carreteros como aeroportuarios.

### ViaFriction<sup>patented</sup>

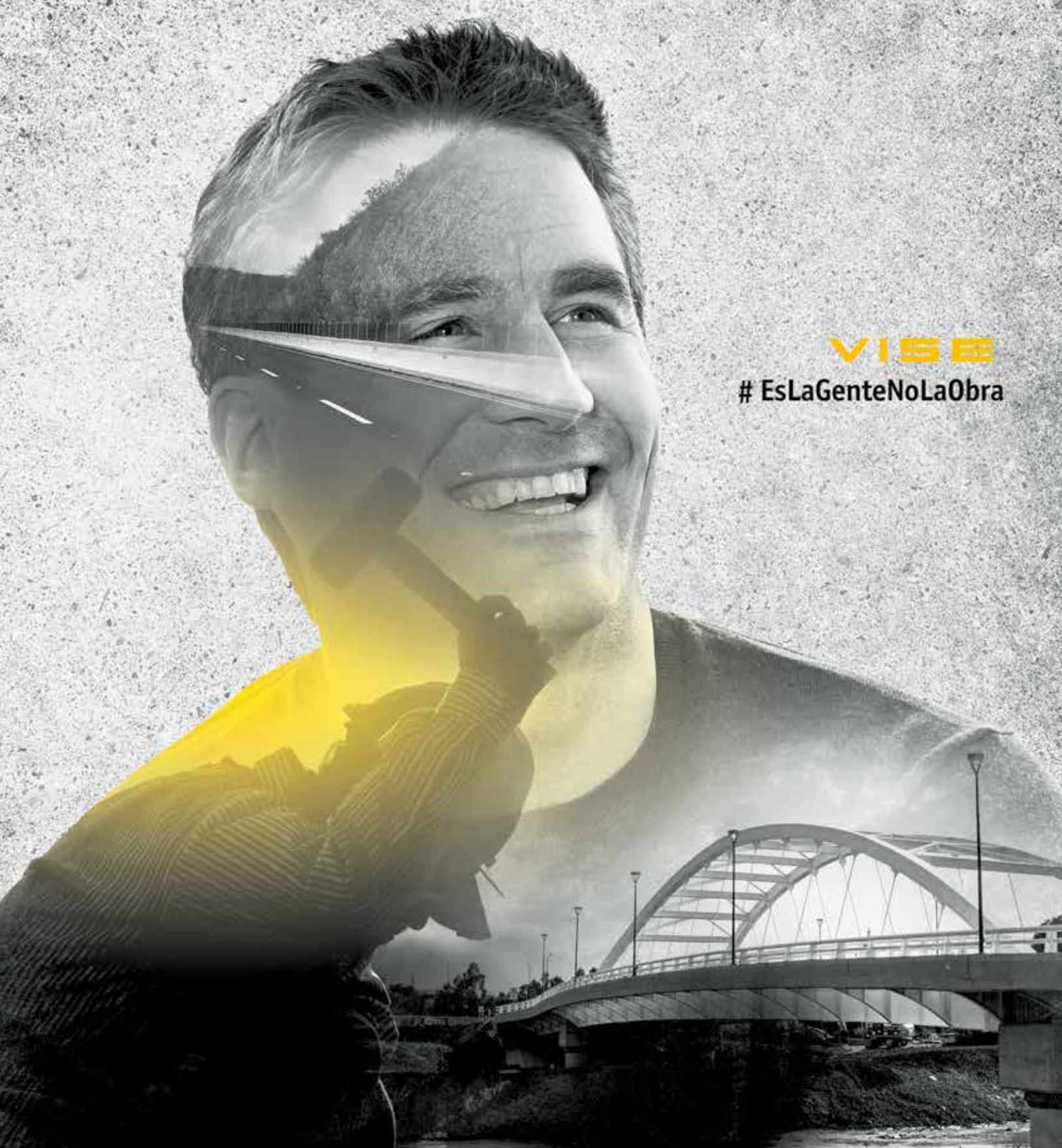
Determina el coeficiente de fricción del pavimento en forma continua y eficaz a la velocidad de operación de la vía. Es un dispositivo de alto rendimiento que cuenta con gran autonomía, sistema de fotografía continua y GPS.



[www.innova3.com.mx](http://www.innova3.com.mx)

CIENCIA APLICADA A LOS PAVIMENTOS

Carretera Estatal a Coronango 306 Int. 18B Residencial El Lucero, San Pedro Cholula Pue.  
tel. (222) 289 7932 · 573 90 09 / [pavimentos@innova3.com.mx](mailto:pavimentos@innova3.com.mx)




**VISE**

# EsLaGenteNoLaObra

Durante más de 50 años hemos desarrollado obras con sentido social que conectan vidas, sueños e ideales. Nuestros proyectos llevan desde la planeación, ejecución y uso final, un enfoque humano integral que garantiza obras cuyo beneficio trasciende a contribuir a un mundo mejor.

[vise.com.mx](http://vise.com.mx) | [vise@vise.com.mx](mailto:vise@vise.com.mx) | 01-800-087-28-51

 /VISE

 @VISEMX



# Sumario

---

- 6** Elementos para la definición de umbrales de indicadores para la gestión del desempeño de carreteras en México
- 20** Innovación en el campo de las emulsiones asfálticas
- 31** Amor, paz y... asfalto
- 34** Reducción de la fisuración por fatiga de la mezcla asfáltica por medio del control del punto de fusión del asfalto
- 42** Mezclas en frío bajo Protocolo AMAAC  
*Caso de éxito*
- 54** Mezclas asfálticas en caliente: el caso por la sostenibilidad
- 58** El arte de la negociación

## Presidenta

Verónica Flores Déleon

## Vicepresidentes

Carlos Humberto Ruiz Muñoz  
Raymundo Benítez López  
J. Jesús Martín del Campo Limón

## Secretario

Luis Eduardo Payns Borrego

## Tesorero

Abel René Ortega Osorio

## Vocales

Javier Gutiérrez Cisneros  
Francisco Javier Moreno Fierros  
Daniel Montemayor Aguirre  
Arturo Valdez Covarrubias  
Horacio Delgado Alamilla  
Fernando Mazín Cristo  
Mario René Preza González

## Comité de Vigilancia

Leonardo Nahle Ortiz  
Ricardo Rives Robles  
Alejandro Jiménez Cabrera

## Comisión de Honor

Fernando Pérez Holder  
Roberto Garza Cabello  
Ignacio Cremades Ibáñez

## Director General

Jorge E. Cárdenas García  
dirgral@amaac.org.mx  
www.amaac.org.mx

## Diseño y formación

Lizbeth de Lucio



# Editorial

---



## **Estimados colegas, amigos todos:**

Concluimos un primer trimestre del año dando cumplimiento a los compromisos establecidos, con mayor empuje a la capacitación y la divulgación del conocimiento. Es por ello que para este ejercicio hemos fijado varias actividades con una visión incluyente e integral.

El primer seminario del año lo llevamos a cabo en Ciudad Juárez, los pasados días 25 y 26 de febrero, con el tema Reciclado de Pavimentos Asfálticos, compromiso que asumimos con los socios locales quienes nos apoyaron en la organización de este evento.

Quiero compartirles que en fechas recientes, AMAAC publicó el protocolo de control de calidad y supervisión de mezclas asfálticas de alto desempeño, después de varios años de trabajo y elaboración de este documento. Los pasados días 2, 3 y 4 de marzo, se llevó a cabo el primer curso con esta temática, en las instalaciones del IMT, en Querétaro, con más de 30 participantes de diferentes empresas. Personal de AMAAC y del IMT impartió este curso con gran éxito y excelente audiencia.

En el afán de seguir fortaleciendo el trabajo de los Comités Técnicos de AMAAC, se ha retomado la figura del Consejo Técnico Permanente, integrado por ingenieros con gran experiencia; esto con la finalidad de establecer metas concretas para el mejor desarrollo de estos comités, integrados por socios de la AMAAC en las diferentes especialidades.

Para los siguientes meses se tienen ya agendados varios cursos y seminarios; estaremos en Aguascalientes, Monterrey, San Luis Potosí, Mexicali, así como en el IMT en Querétaro; los temas serán Capas de Rodadura, introducción al Protocolo AMAAC, curso de Protocolo de Control de Calidad, cursos para laboratoristas en agregados y en mezclas asfálticas; invito a todos los lectores a que revisen el programa

---

en la página [www.amaac.org.mx](http://www.amaac.org.mx) y participen activamente en estos eventos, haciendo extensiva la invitación a funcionarios de las diversas entidades.

En lo referente al apoyo a la vinculación, es importante mencionar que este año damos inicio al proyecto “Escuela del Asfalto”, estructurado como un curso inter-semestral dirigido a estudiantes de licenciatura y postgrados, que será impartido en las instalaciones del IMT, tanto en julio como en diciembre. Asimismo se tiene programada la 3er. Reunión Académico-Estudiantil, los días 8 y 9 de septiembre en la Universidad Autónoma de Baja California, campus Mexicali.

Por último, comentarles que en octubre se llevará a cabo el Seminario Internacional, en Guadalajara, Jalisco. En esta ocasión tendremos 17 conferencias magistrales dirigidas por expertos nacionales e internacionales, abordando temas de vanguardia en materia de pavimentos asfálticos.

Los invitamos a seguir colaborando muy activamente en todas nuestras actividades. ¡Sigamos fortaleciendo a nuestro gremio y seamos los agentes de cambio para un mejor entendimiento de las bondades del asfalto!

**Ing. Verónica Flores Déleon**  
*Presidenta del Noveno Consejo Directivo*



Vista de Roma tomada de la villa Fiebor, por la vía Cassia

*Eugenio Landesio (1810-1879)*

Este cuadro fue realizado en Roma en 1853, un año antes de que el artista italiano partiera hacia México para ocupar el puesto de profesor de paisaje, perspectiva y ornato en la Real Academia de San Carlos. Representa una campiña cercana a la Vía Cassia, uno de los caminos históricos más importantes de su país.

*Ilustración sobre el original  
Por: Omar Maya V.*

# Elementos para la definición de umbrales de indicadores para la gestión del desempeño de carreteras en México

---

Ricardo Solorio Murillo,  
Paul Garnica Anguas,  
Montserrat Montoya Ortega,  
Roberto Hernández Domínguez  
Investigadores del Instituto Mexicano del Transporte

## Antecedentes

Durante más de una década, dependencias de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) como la Dirección General de Conservación de Carreteras (DGCC), la Dirección General de Desarrollo Carretero (DGDC) y Caminos y Puentes Federales de Ingresos y Servicios Conexos (CAPUFE) han venido utilizando una serie de indicadores del estado de los pavimentos con los siguientes propósitos: I) Diagnosticar el estado de las carreteras a su cargo; II) Identificar las acciones de conservación más adecuadas técnica y económicamente para mantener determinados niveles de servicio; III) Informar a los grupos de interés vinculados a la gestión de la red federal de carreteras sobre el estado de la red.

En el caso de los pavimentos, entre los indicadores empleados figuran los siguientes:

- Índice de Regularidad Internacional (IRI).
- Deterioros superficiales.
- Deflexiones del pavimento.

Además, en el caso de la DGCC, se ha sistematizado también la recopilación de indicadores sobre otros activos de la red, particularmente los puentes y el señalamiento vertical.

El IRI tiene una especial relevancia, ya que, de hecho, ha sido prácticamente el único indicador que se ha utilizado con el fin de intercambiar información sobre el estado de las carreteras con los grupos de interés de la red federal, que incluyen actores como:

- Secretaría de Hacienda y Crédito Público.
- Cámara de Diputados.
- Otras dependencias de la SCT.
- Instituciones financieras.



- Contratistas.
- Usuarios de la red.

Los informes de la DGCC sobre la estado de la red federal libre de peaje se basan en una división de la escala del IRI que da lugar a tres posibles estados del pavimento: “bueno”, “satisfactorio” y “no satisfactorio”. Cada estado, se encuentra acotado por valores límite o *umbrales*, que representan el concepto al que se hace referencia en el título del presente documento. La DGCC expresa el estado global de la red libre como el porcentaje de la longitud que se encuentra en estado “bueno” o “satisfactorio”.

Por su parte, la DGDC emplea un umbral de IRI único para clasificar el estado de los tramos de la red de cuota como “aceptable” o “inaceptable”, y requerir la ejecución de acciones por parte de los concesionarios en los tramos que quedan clasificados en la segunda categoría.

En fechas recientes, algunos grupos de interés han manifestado su desacuerdo con los umbrales de IRI actualmente en uso, por considerarlos demasiado altos para reflejar el estado real de la red federal de acuerdo con estándares internacionales. Asimismo, han propuesto la definición de umbrales e intervalos de calificación para otros indicadores del estado físico del pavimento.

Sin duda, la adopción de nuevos umbrales puede ser útil para promover prácticas de gestión más eficientes de las entidades responsables e incluso para demostrar la necesidad de asignar mayores recursos a la conservación de la red federal. Sin embargo, entraña también un serio riesgo institucional si no se acompaña de un conjunto de objetivos y metas claramente establecidos que permitan alcanzar de manera gradual los estándares de servicio deseados. En el proceso de formulación de tales objetivos y metas, se debe verificar la viabilidad de estas últimas a partir de una estimación rigurosa de los recursos que estarán disponibles para la conservación en los próximos años.

Los estándares empleados actualmente en el ámbito internacional para evaluar la calidad de los servicios carreteros, comprenden varios atributos adicionales a la capacidad funcional, como seguridad vial, confiabilidad, accesibilidad y sustentabilidad. Es necesario considerar también la revisión de estos aspectos si se desea mejorar de manera integral

la calidad de servicio ofrecida a los ciudadanos a través de la red federal.

En opinión de los autores, la revisión de indicadores del estado de la red federal debe efectuarse con el auxilio de un marco general de gestión del desempeño. En la sección Marco de desempeño de la gestión de activos carreteros se describen con detalle estos marcos, y se esboza la posible estructura de un marco apropiado para la red federal. En el punto siguiente se describe cómo la aplicación de los conceptos de capacidad funcional y desempeño de los pavimentos propiciaron el uso generalizado de indicadores del estado de la infraestructura vial, así como la manera en que sentaron las bases para el desarrollo posterior del concepto de desempeño de carreteras.

## Desempeño de clases de activos y desempeño de carreteras

### *Capacidad funcional de pavimentos*

Con la realización de la prueba AASHO a finales de la década de los 50 del siglo pasado, se formalizó el uso de características físicas o indicadores para evaluar y analizar el comportamiento en el tiempo del estado de los pavimentos. Una de las principales aportaciones de esta prueba fue la introducción del concepto de *capacidad de servicio* o *capacidad funcional* del pavimento (*pavement serviceability*), el cual se refiere a su competencia para proporcionar a los usuarios un recorrido en condiciones de confort y seguridad (De Solminihaç, 2001).

Durante la prueba, se estableció que el confort (también denominado calidad de la rodadura) es un aspecto subjetivo que depende de la percepción del usuario y que, por lo tanto, la capacidad funcional puede determinarse a partir de las evaluaciones de un grupo de usuarios. Lo anterior dio origen a un parámetro denominado *Calificación de Servicio Actual* (*Present Serviceability Rating, PSR*), que se calcula como el promedio de las calificaciones con las que un grupo de observadores evalúan el confort que experimentan al circular por una carretera.

Puesto que el método anterior resultaba poco práctico para determinar la capacidad funcional a gran escala, durante la prueba AASHO se buscó correlacionar el PSR con algunas características físicas del pavimento que pudieran medirse directamente (Pavia Systems, 2012). De esta manera, se encontró

que los siguientes indicadores tenían una alta correlación con la capacidad funcional (pavimentos asfálticos):

- Regularidad del pavimento.
- Profundidad de roderas.
- Proporción de la superficie con agrietamiento.
- Proporción de la superficie con baches reparados.

A través de un análisis de regresión, se obtuvieron ecuaciones que relacionan la capacidad funcional del pavimento con los indicadores anteriores, una para pavimentos asfálticos y otra para pavimentos de concreto. A la variable dependiente de estas ecuaciones se le denominó Índice de Servicio Actual (Present Serviceability Index, PSI). Este parámetro, quedó definido en la misma escala que el PSR y, a partir de entonces, se utilizó para expresar un valor “terminal” (o de falla) de la capacidad funcional.

### **Desempeño de pavimentos y de otros activos**

La capacidad funcional, vinculada al PSI, sirvió como base para definir el concepto de *desempeño del pavimento* como la capacidad de este activo para prestar un servicio satisfactorio al tránsito durante un determinado periodo, como se ilustra en la Figura 1 (AASHTO, 1993).

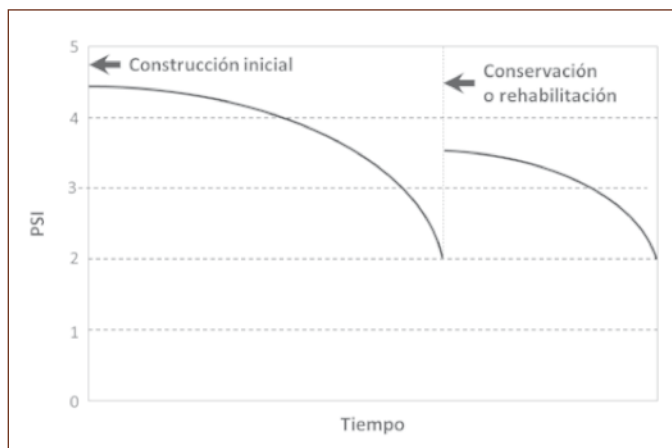


Figura 1. Desempeño del pavimento.

El estudio del desempeño de pavimentos fue fundamental para el desarrollo de la gestión de pavimentos en los años subsiguientes, ya que permitió establecer, a través de indicadores como el PSI, el momento más oportuno para actuar en un tramo

determinado antes de que llegara a un estado de deterioro tal que hiciera necesaria su rehabilitación o reconstrucción. Este enfoque, se trasladó inicialmente a los puentes y a otras clases de activos, dando origen a sistemas de gestión adicionales.

Sin embargo, la creciente extensión y complejidad de las redes de carreteras pronto demostró que los indicadores de desempeño de los activos no eran suficientes para determinar dónde intervenir. La falta de recursos llevó a usar como criterio de priorización el nivel de deterioro observado, lo que en muchos casos produjo rezagos de conservación importantes cuando los activos que se encontraban en buen estado, y que por ello no habían sido intervenidos, se sumaron a la porción de la red con estándares de servicio deficientes.

Además, este enfoque de gestión circunscrito a los detalles técnicos del desempeño de las clases individuales de activos, mantuvo por un tiempo en segundo plano nuevos problemas como la accidentalidad, la congestión y el impacto de la infraestructura carretera sobre el medioambiente. Estos problemas, comenzaron a tener una importancia cada vez mayor para los usuarios y otros grupos de interés, al grado de equiparar la que en un principio sólo otorgaban a la capacidad funcional de los pavimentos.

De este modo, ha sido necesario generalizar el concepto original de desempeño de pavimentos para tomar en cuenta estos factores adicionales del desempeño de las carreteras cada vez más importantes para los usuarios. Lo anterior ha ocurrido de manera gradual en los últimos veinte años, con el desarrollo de la Gestión de Activos Viales.

### **Desempeño de carreteras**

En el contexto de la gestión de activos moderna, el desempeño de las carreteras se refiere al grado en el que se logran unos objetivos determinados de calidad de servicio en un plazo preestablecido. Dentro del mismo contexto, el desempeño comprende atributos diversos de los servicios carreteros, entre los que hoy en día se consideran usualmente los siguientes:

- a) **Seguridad vial.** Mide la exposición de los usuarios a los accidentes de tránsito así como las consecuencias de los mismos.



NUESTRAS 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)

- b) *Capacidad funcional.* Conforme a lo enunciado en la sección Capacidad funcional de pavimentos, es la competencia de los activos carreteros para proporcionar a los usuarios un recorrido en condiciones de confort acordes con sus expectativas.
- c) *Movilidad.* Se relaciona con la capacidad de la red para ofrecer una jornada libre de obstáculos, congestión o interrupciones en el servicio, así como un tiempo de recorrido que no sufra variaciones importantes entre jornadas sucesivas.
- d) *Accesibilidad.* Posibilidad de los usuarios de trasladarse a su lugar de residencia, de trabajo o a sitios con una oferta diversa de prestación de servicios utilizando la red de carreteras.
- e) *Sustentabilidad.* Contribución de la infraestructura carretera y de las actividades relacionadas con su conservación a la reducción de los efectos nocivos para el medioambiente.
- f) *Aspectos económicos.* Aspectos relacionados con la selección de alternativas de intervención, los esquemas de financiamiento y la generación de valor.

Algunos marcos de gestión del desempeño, particularmente el empleado como referencia en los Estados Unidos de América, consideran al estado físico de la infraestructura como un atributo más de los servicios carreteros. De hecho, en ese país se ha creado un ordenamiento legal, la ley MAP-21 (FHWA, 2012), que obliga a los estados a definir metas relacionadas con el estado de pavimentos y puentes y a especificar la manera en que los programas de obra propuestos contribuirán al logro de esas metas. Sin embargo, en el presente documento se ha preferido considerar el estado de la infraestructura como un medio para alcanzar metas relacionadas con otros atributos como seguridad, capacidad funcional y eficiencia económica, y no como un fin en sí mismo.

## Marco de desempeño de la gestión de activos carreteros

### Gestión del desempeño

La *Gestión del desempeño* puede definirse como un proceso continuo en el que los objetivos de una administración de carreteras se convierten en medidas y metas a las que se da seguimiento para garantizar el logro de objetivos institucionales hechos del co-

nocimiento público (International Scanning Study Team, 2010).

La gestión del desempeño implica un flujo de información “descendente” (de los niveles directivos a los operativos) mediante el cual se comunican los objetivos y metas que persigue la organización y las medidas que se utilizarán para dar seguimiento a los avances obtenidos (AASHTO, 2011). Al mismo tiempo, requiere un flujo de información “ascendente” que supone la recopilación de un volumen considerable de datos y su procesamiento para obtener una cantidad de información menor, pero más útil, que fluye hacia los niveles superiores y se utiliza como apoyo a la toma de decisiones.

La gestión del desempeño pone a disposición de los administradores de la infraestructura carretera las herramientas necesarias para:

- Crear un vínculo entre los objetivos institucionales, las estrategias de gestión y las operaciones de conservación y mejora de la infraestructura.
- Medir el desempeño con referencia a los objetivos institucionales.
- Desarrollar estrategias de gestión para el logro de los objetivos establecidos.
- Estimar los costos y los beneficios de los servicios de manera integral.
- Informar a los grupos de interés sobre el nivel de desempeño actual y sobre cualquier cambio que se proponga para mejorarlo, incluyendo el costo correspondiente.
- Demostrar cualesquier insuficiencia en los presupuestos asignados.

En resumen, la gestión del desempeño proporciona las bases para la mejora continua del proceso de toma de decisiones vinculado a las inversiones en conservación y modernización de carreteras, en contraste con el logro de una diversidad de metas arbitrarias de corto plazo (con frecuencia inalcanzables) definidas en términos de indicadores del desempeño de los activos (International Scanning Study Team, 2010).

### Estructura de un marco de gestión del desempeño

Un marco de gestión del desempeño tiene normalmente una estructura jerárquica que define, a partir

de los atributos de los servicios carreteros, objetivos institucionales, medidas de desempeño de los usuarios y medidas de desempeño técnicas, como se muestra en la Figura 2.

En la Tabla 1 se clarifican los conceptos anteriores mediante su definición y algunos ejemplos.

La creación de un marco de desempeño supone definir, para cada atributo del servicio, uno o más objetivos institucionales, y vincular a éstos una o más medidas de desempeño, de usuario o técnicas, de modo que pueda darse seguimiento al cumplimiento de los objetivos.

Adicionalmente, se debe especificar para cada medida de desempeño una meta concreta, incluyendo, además de un valor cuantitativo o cualitativo, el



Figura 2. Jerarquía para la gestión del desempeño.

Tabla 1. Conceptos del marco de gestión del desempeño (NAMS, 2011)

Concepto	Definición	Ejemplos
Atributos del servicio	Aspectos o características del servicio.	Accesibilidad, confiabilidad, confort, seguridad, movilidad.
Objetivos institucionales	Lo que la administración aspira a ofrecer. Los objetivos institucionales describen los atributos del servicio desde el punto de vista de los usuarios.	Proporcionar a los usuarios un recorrido confortable. Asegurar que los usuarios se sientan seguros al circular por la red.
Medidas de desempeño de usuario	Expresan las percepciones del usuario con respecto al servicio que recibe. Se emplean en documentos públicos, por lo que deben ser comprensibles para el ciudadano común.	Exposición a una superficie regular del pavimento. Claridad y suficiencia del señalamiento vertical.
Medidas de desempeño técnicas	Comprenden indicadores del estado físico o de las condiciones de operación de la carretera. Se utilizan mayormente para el consumo interno de la administración.	Índice de Regularidad Internacional (IRI). Retroreflectividad de las señales. Porcentaje de señales faltantes.

periodo en el que se espera alcanzar ese valor. Así, por ejemplo, una meta para la medida “exposición a una superficie regular del pavimento” podría definirse como el “% de longitud con una regularidad de aceptable a buena mayor igual a 95 % para 2018”. Evidentemente, las categorías “aceptable”, “buena” y cualquier otra que se defina para calificar la irregularidad, deben expresarse en términos de medidas de tipo técnico, como el IRI.

La evaluación del cumplimiento de los objetivos institucionales, consiste entonces en comparar los valores de las medidas de desempeño en el momento de la evaluación con las metas establecidas, lo cual provee la información suficiente para saber si la ad-

ministración se encuentra en la dirección correcta o si es necesario realizar ajustes, incluyendo, en un momento dado, la revisión del marco existente.

En los siguientes párrafos se presenta una descripción más detallada de los objetivos institucionales, las medidas y las metas de desempeño.

### Objetivos institucionales

Dentro de un marco de gestión del desempeño, los objetivos institucionales son enunciados generales que describen el desempeño de la infraestructura vial en términos comprensibles para los grupos de interés involucrados en el transporte por carretera (HMEP & UKRLG, 2013). Tales enunciados deben

relacionarse con los resultados que la administración espera obtener (p. ej. “prestar servicios carreteros confiables”) y abarcar el desempeño de la red en su conjunto y no de los activos individuales.

Es necesario hacer notar que en múltiples documentos de gestión de activos se utiliza la denominación “niveles de servicio” para hacer referencia a los mismos enunciados generales. Aquí se ha preferido la denominación “objetivos institucionales” por considerarla más congruente con la terminología empleada en el medio carretero mexicano.

La definición de los objetivos institucionales se basa necesariamente en los objetivos estratégicos nacionales o locales, y sirve a su vez como base para la generación de objetivos operacionales más detallados (Figura 3).

Por otro lado, los objetivos institucionales también deben tomar en cuenta de manera puntual las expectativas de los usuarios y otros grupos de interés.

A continuación se presentan algunos ejemplos de enunciados generales que describen objetivos institucionales (HMEP & UKRLG, 2013):

- a) “Asegurar que los usuarios de la red se sientan seguros y confíen en su seguridad personal cuando utilicen la red”.
- b) “Proporcionar a los usuarios un recorrido con el mayor nivel de confort posible, tomando en cuenta sus expectativas”.

- c) “Ofrecer a los usuarios una garantía razonable de que su recorrido por la red estará libre de incidentes y tendrá una duración predecible”.
- d) “Asegurar en la medida de lo posible la disponibilidad y accesibilidad de la red”.
- e) “Reducir progresivamente el impacto ambiental de la infraestructura carretera en beneficio de todos los usuarios”.
- f) “Garantizar que las inversiones en proyectos de conservación y mejora de carreteras produzcan los mayores beneficios a los usuarios, de acuerdo con los recursos disponibles”.

El logro de los objetivos institucionales será más factible en la medida en que estos objetivos sean del conocimiento los actores involucrados y cuenten con su aprobación. Por lo anterior, es recomendable el uso de mecanismos de consulta durante el proceso de formulación de los objetivos institucionales. Entre tales mecanismos pueden mencionarse reuniones de alto nivel con representantes de los poderes públicos, grupos de discusión, encuestas de opinión y trabajo colaborativo con pares de organizaciones similares.

Cuando los recursos disponibles resultan insuficientes para el logro los objetivos institucionales, los marcos de gestión del desempeño proveen los elementos suficientes para demostrar las implicaciones de la falta de recursos sobre la calidad de los servicios carreteros.

### Medidas de desempeño

De acuerdo con lo visto en el punto Estructura de un marco de gestión del desempeño, las medidas de desempeño se encuentran vinculadas estrechamente a los objetivos institucionales y proporcionan evidencia sobre el desempeño de la propia administración de carreteras. Estas medidas permiten dar seguimiento a la prestación de los servicios, almacenar información sobre su calidad y transmitirla en forma periódica a los grupos de interés.

Diversos textos sobre Gestión de activos coinciden en recomendar la aplicación del enfoque SMART en la definición de las medidas de desempeño, es decir, procurar que cada medida sea:

- **E(s)pecífica.** Define los resultados esperados para un aspecto específico del servicio. Por esta ra-

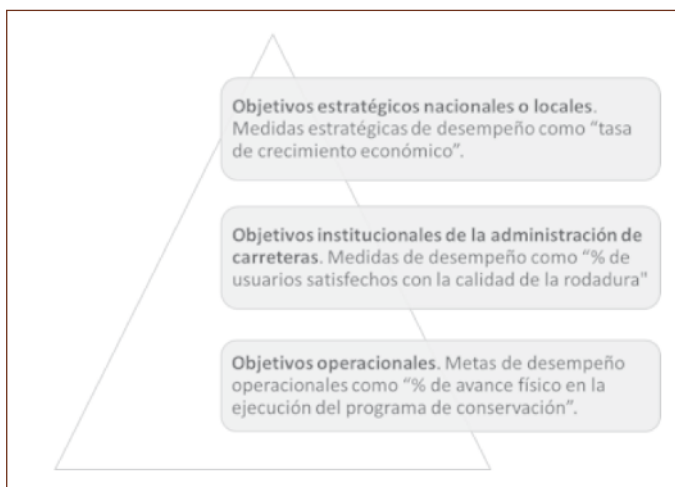


Figura 3. Vinculación entre distintos tipos de objetivos (NAMS, 2011).

zón, se puede definir más de una medida para cada objetivo institucional.

- **(M)edible.** Se puede expresar en términos de cantidades físicas, monetarias o a través de categorías predefinidas.
- **(A)lcanzable.** La meta correspondiente proviene de una evaluación realista del nivel de desempeño que puede lograrse, es decir, no debe ser ni muy ambiciosa ni extremadamente fácil de alcanzar.
- **(R)elevante.** Indica claramente si se está cumpliendo el objetivo institucional correspondiente.
- **Acotada en el (t) tiempo.** El cumplimiento de la meta correspondiente se encuentra sujeto a un plazo. Cuando este plazo sea largo, se deben incluir metas anuales para evaluar periódicamente el avance obtenido.

Un aspecto fundamental en la definición de medidas de desempeño consiste en aprovechar al máximo la información ya existente, de modo que la recopilación de nueva información se reduzca al mínimo indispensable. Por otro lado, las medidas deben:

- Aplicarse de manera uniforme en el tiempo, de manera que pueda darse seguimiento a los avances y a las tendencias.
- Ser congruentes con los estándares internacionales aplicables para estar en posibilidad de llevar a cabo análisis comparativos con organizaciones similares.
- Considerar la relación entre el costo de las mediciones y el valor real de la información.

Adicionalmente, es necesario tener presentes en todo momento las diferencias entre las medidas de desempeño de usuario y las medidas técnicas. Las primeras están enfocadas a determinar la manera en que el usuario recibe el servicio y, por lo tanto, se utilizan principalmente para medir el desempeño de la administración en el cumplimiento de su misión e informar sobre este aspecto a grupos de interés diversos como la entidad que asigna los recursos, la legislatura y el público en general.

Las medidas técnicas, en cambio, describen el desempeño de los activos, el cual constituye un ingrediente básico que la administración utiliza en el diseño las estrategias de gestión más adecuadas para

cumplir con las metas definidas para las medidas de usuario. De este modo, por ejemplo, medidas técnicas del desempeño de pavimentos como las deflexiones y la calidad de la subrasante permiten identificar las opciones de intervención que maximizan los beneficios para los usuarios, pero prácticamente carecen de significado para los grupos de interés.

### **Metas de desempeño**

Las metas de desempeño describen las aspiraciones de la administración de carreteras con respecto a la calidad del servicio que desea ofrecer. De acuerdo con el Manual Internacional de Gestión de Infraestructura (NAMS, 2011), el establecimiento de las metas de desempeño es una decisión organizacional crítica, de modo que, con frecuencia, se utilizan como opción por defecto metas cercanas a la situación existente.

En cualquier caso, durante la definición de las metas de desempeño se debe tomar en cuenta lo siguiente:

- El desempeño pasado y presente de la red.
- La factibilidad de nuevas metas en el corto, mediano y largo plazo, la cual debe estimarse a partir de un conocimiento razonable de los recursos que estarán disponibles en esos plazos.
- Las enseñanzas derivadas del incumplimiento de metas de desempeño en el pasado.

### **Niveles de servicio**

Una vez que se han definido medidas de desempeño apropiadas para los distintos objetivos institucionales, se pueden establecer intervalos de clasificación para ambos empleando descriptores como “bueno”, “regular” y “malo”, lo que permite describir el desempeño de manera que sea fácilmente comprensible para todos los grupos de interés.

En el enfoque de gestión de activos predominante en los Estados Unidos de América, a los intervalos del párrafo anterior se les conoce como *niveles de servicio*, mientras que se denomina *umbrales* a los límites inferior y superior de cada intervalo. En la Tabla 2 se muestran, a manera de ejemplo, los niveles de servicio propuestos para la medida “% de viajes a tiempo”, incluida en una guía para la definición de niveles de servicio en este país (TRB, 2010).

**Tabla 2. Ejemplo de la definición de niveles de servicio (TRB, 2010)**

Medida de desempeño	Umbral de los niveles de servicio				
	A	B	C	D	F
% de viajes a tiempo	100 - 80	79 - 60	59 - 40	39 - 20	19 - 0

Asimismo, se pueden asignar factores de ponderación a las distintas medidas definidas para cada objetivo institucional de modo que el avance en el cumplimiento de los objetivos pueda expresarse a través de un valor único.

## Aplicación de un marco de gestión del desempeño en México

### Consideraciones generales

Como se vio al inicio de este artículo, la discusión sobre el desempeño de las carreteras federales de México se ha centrado en la modificación de los umbrales existentes para el IRI y en la creación de nuevos niveles de servicio para otras medidas técnicas del estado de los pavimentos.

Por otro lado, de acuerdo con los incisos precedentes, la definición de niveles de servicio constituye una de las últimas fases del desarrollo de un marco de gestión del desempeño, de modo que la modificación de umbrales sin transitar por las fases previas equivale a establecer niveles de servicio fuera del contexto organizacional. Lo anterior puede limitar seriamente la posibilidad de la organización para el logro de metas referidas a esos niveles de servicio.

Los umbrales actualmente en uso y los que se pretende añadir, comprenden esencialmente dos atributos de los servicios carreteros: la capacidad funcional y los aspectos económicos. Tomando en cuenta la complejidad inherente a la gestión del desempeño, se estima que las dependencias que tienen a su cargo la gestión de carreteras federales deberían abordar el desarrollo de un marco de gestión del desempeño de manera gradual, considerando en una primera etapa los atributos antes mencionados.

### Capacidad funcional

En lo que se refiere a la capacidad funcional, aunque este aspecto se considera de manera indirecta

en documentos como el Manual de Organización de la Dirección General de Carreteras y los informes anuales de CAPUFE, en realidad no existen objetivos institucionales que se refieran específicamente a este atributo. Considerando lo anterior, podría tomarse el ejemplo dado en el punto Objetivos institucionales como punto de partida para la definición de un objetivo institucional relativo a la capacidad funcional, es decir:

*Proporcionar a los usuarios un recorrido con el mayor nivel de confort posible, tomando en cuenta sus expectativas*

Es claro que el indicador relativo al porcentaje de la longitud de la red en estado “bueno” y “aceptable” que actualmente utiliza la DGCC y que se calcula a partir del IRI, podría aplicarse para medir el desempeño de la red federal con respecto a la capacidad funcional. Sin embargo, para enfatizar el atributo del servicio que se evalúa a través del IRI, sería recomendable cambiar la denominación de esta medida a “porcentaje del recorrido con un nivel de confort alto y aceptable”.

Otra medida del confort que puede ser muy relevante es la opinión directa de los usuarios obtenida a través de encuestas al lado del camino. En este sentido, la DGCC realiza este tipo de encuestas desde el año 2010, abarcando distintos rubros del desempeño de la red libre. Cabe mencionar que, además de la regularidad, el rubro “confort” incluye las características “estado superficial” y “baches”, las cuales también podrían considerarse como candidatos para la definición de medidas de usuario y técnicas para describir el desempeño vinculado a la capacidad funcional.

### Aspectos económicos

El IRI, el conjunto de deterioros superficiales y las deflexiones del pavimento constituyen medidas de desempeño técnicas, destinadas principalmente al consumo interno de las administraciones de carreteras. Sin embargo, estas medidas proporcionan información muy útil para la formulación de estrategias de conservación orientadas al logro de objetivos de índole económica. Por lo tanto, se considera que estos indicadores deberían formar parte del conjunto de medidas de desempeño



vinculadas a los aspectos económicos. Uno de los objetivos institucionales vinculado a estos aspectos podría ser similar al que también se presentó como ejemplo en el punto Objetivos institucionales, es decir:

*Garantizar que las inversiones en proyectos de conservación y mejora de carreteras produzcan los mayores beneficios a los usuarios, de acuerdo con los recursos disponibles.*

Además de estas medidas técnicas, deberían considerarse medidas de usuario de tipo económico, como el beneficio marginal de inversión.

Dentro del mismo rubro de los aspectos económicos, con mucha frecuencia se hace referencia a la infraestructura carretera como un medio para aumentar la competitividad de los países. Así, se podría formular un objetivo institucional adicional en los siguientes términos

*Minimizar los sobrecostos de los usuarios debido al estado físico y a las condiciones de operación de las carreteras en los corredores viales con mayor importancia económica.*

Una medida de desempeño para este objetivo podría ser el costo de operación vehicular promedio anual por kilómetro. En la Figura 4 se agrupan los elementos de este bosquejo inicial de un marco para la gestión del desempeño de la red federal de carreteras.

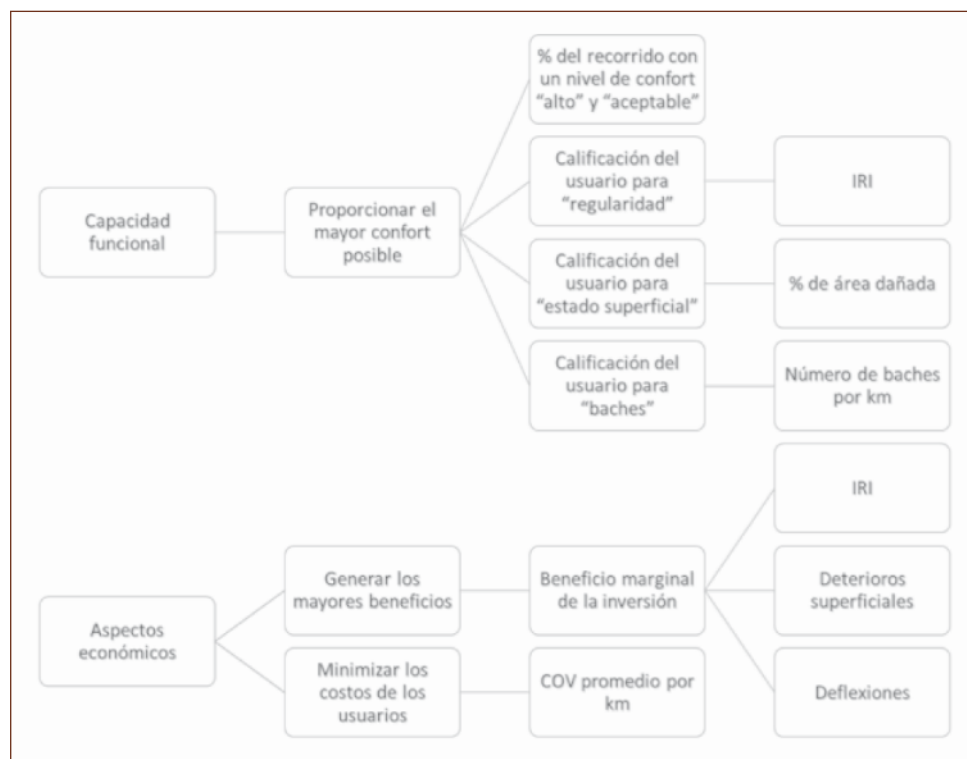


Figura 4. Bosquejo inicial de un marco para la gestión del desempeño de la red federal de carreteras.

### **Niveles de servicio y metas**

Por lo que respecta a la definición de niveles de servicio y metas para las medidas de desempeño, conviene utilizar un procedimiento iterativo basado en los siguientes pasos:

- a) Proponer un conjunto de umbrales para los niveles de servicio.
- b) Definir metas para las medidas de desempeño con referencia a los niveles de servicio, especificando los plazos en los que se espera alcanzar las metas.
- c) Calcular el monto de los recursos necesarios para hacer posible el cumplimiento de las metas.
- d) Comparar los recursos necesarios con la estimación de los recursos que estarán disponibles durante el periodo considerado para alcanzar las metas.
- e) En caso de que los recursos necesarios sean mayores a los recursos disponibles, regresar al punto (a).

Antes de iniciar el proceso de establecimiento de las metas e incluso el de selección de medidas de desempeño, es necesario jerarquizar apropiadamente la red, esto es, clasificarla en categorías que reflejen la función de cada tipo de carretera dentro del sistema (las categorías existentes, esto es, ejes troncales, red secundaria, etc. pueden servir para este propósito). Lo anterior es indispensable debido a que no pueden aplicarse los mismos criterios de evaluación del desempeño a toda la red.

### **Factibilidad de metas de desempeño relacionadas con la capacidad funcional de pavimentos**

En esta sección se presenta el diseño general de un método para el análisis de factibilidad de metas vinculadas a la capacidad funcional de pavimentos, el cual se desarrolla actualmente en el Instituto Mexicano del Transporte.

Para el desarrollo de este método se ha decidido utilizar como herramienta de análisis el sistema HDM-4, a la luz de dos consideraciones fundamentales: i) Una de las aplicaciones de este sistema se refiere precisamente al análisis de políticas de conservación a nivel de red, y el establecimiento de

metas de desempeño implica la adopción de una determinada política; ii) El HDM-4 es una herramienta ampliamente difundida en el medio nacional que se utiliza en aplicaciones muy importantes, como la elaboración del programa anual de conservación de la red federal libre de peaje.

Las actividades comprendidas en este método pueden agruparse en las siguientes categorías:

- a) Preparación de datos: red de carreteras, flota vehicular, estándares de conservación y datos de configuración. Los estándares de conservación se definen a partir de los niveles de servicio y metas de desempeño que se desea analizar.
- b) Definición de un análisis de estrategias del HDM-4. Se ha seleccionado este tipo de análisis porque es el que se recomienda para el análisis de políticas a nivel de red.
- c) Generación de un programa de obra sin restricciones presupuestarias. Este es un paso obligado dentro del HDM-4 y, normalmente, el programa resultante indica que se deben efectuar inversiones importantes durante los primeros años para alcanzar los estándares de servicio deseados. Evidentemente, en la mayoría de los casos este escenario carece de viabilidad técnica y económica.
- d) Análisis del desempeño de la red para distintos niveles de disponibilidad anual de recursos. Con lo anterior, pueden obtenerse distintos pronósticos de la capacidad funcional de la red para cada escenario considerado y, haciendo uso de estos pronósticos, se puede estimar el plazo en el que podrá cumplirse la meta definida en el estándar de conservación.
- e) En caso de que el plazo para el logro de la meta resulte demasiado largo o de que el pronóstico revele una estrategia de conservación insostenible, proponer un estándar de conservación diferente y repetir el procedimiento.

Una aplicación inicial del método ha permitido obtener pronósticos de desempeño como los que se ilustran en la Figura 5. En este caso, la capacidad funcional se expresa en términos de los porcentajes de longitud de la red con valores de IRI clasificados en tres niveles de servicio: “bueno”, “regular” y “malo”. En las figuras, puede apreciarse que las restricciones presupuestarias se eliminan a partir



# Seminario Internacional del Asfalto

Asociación Mexicana  
del Asfalto, A.C.

## Nuevas Tecnologías Sustentables en los Pavimentos Asfálticos



**Guadalajara, Jalisco  
del 12 al 14 de octubre del 2016**



### CUOTAS DE RECUPERACIÓN - IVA Incluido

Inscripciones	A julio 29	A septiembre 29	En el evento
Socios	\$4,500.00	\$5,100.00	\$6,000.00
No socios	\$5,500.00	\$6,200.00	\$7,000.00
Estudiantes	\$1,500.00	\$1,800.00	\$2,000.00
Acompañantes	\$3,000.00	\$3,500.00	\$4,000.00

Informes:

[eventos@amaac.org.mx](mailto:eventos@amaac.org.mx)  
+52 (55) 5606-7962

Informes de Espacios Publicitarios - [admon2@amaac.org.mx](mailto:admon2@amaac.org.mx)

[amaac.org.mx](http://amaac.org.mx)  
#EligeAsfalto



 /AMAAC.mx

 @AMAAC\_mx

A las primeras 100  
inscripciones se les  
obsequiará una  
guayabera **AMAAC**

A la vanguardia en pavimentos que generan **VALOR**

del año 7, lo cual se debe a que, en este ejercicio en particular, se buscaba determinar la factibilidad de alcanzar una determinada meta de desempeño en un periodo igual al de una administración federal.

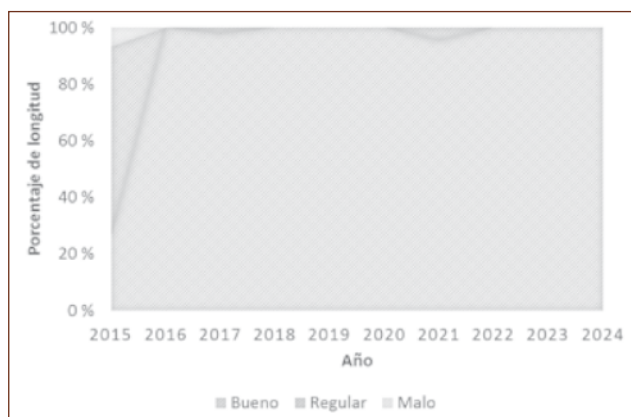
## Conclusiones

A partir de lo expuesto a lo largo del documento, se pueden formular las siguientes conclusiones:

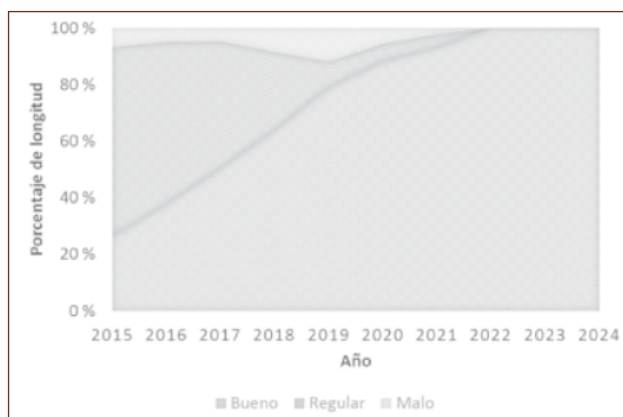
- Una de las principales aportaciones de la prueba AASHO fue la introducción del concepto de *capacidad funcional* del pavimento, el cual proporcionó un criterio de falla funcional del pavimento, permitiendo el desarrollo de métodos racionales para el diseño de pavimentos.
- La relación entre la capacidad funcional y diversos indicadores del estado del pavimento, propi-

ció el uso generalizado de estos indicadores para el seguimiento al comportamiento del pavimento en el tiempo y, eventualmente, para el desarrollo de modelos para estimar su deterioro futuro.

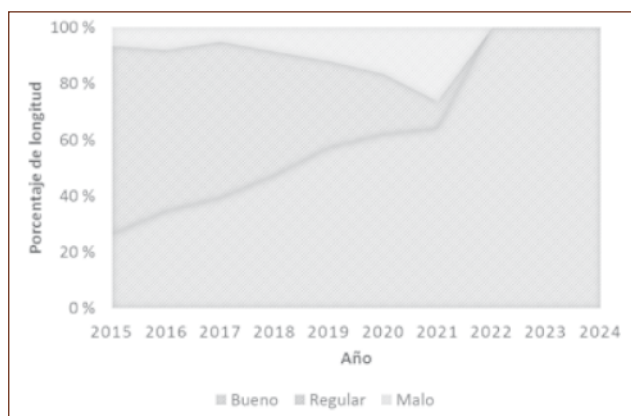
- Los indicadores de desempeño de los activos carreteros no son suficientes para orientar los procesos de toma de decisiones relacionados con la conservación y mejora de carreteras, ya que pueden o no tener un impacto sobre la calidad de servicio percibida por el usuario y no proveen más criterios para priorizar las acciones requeridas que el nivel de deterioro de cada activo individual.
- El desempeño de una red de carreteras se describe a través de atributos o características de los servicios ofrecidos, como seguridad, capacidad funcional, movilidad, sustentabilidad y aspectos económicos.



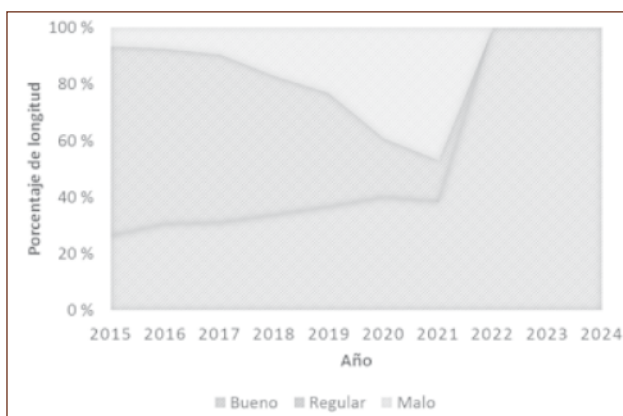
(a) Escenario sin restricciones.



(c) Escenario presupuestario anual "medio".




(b) Escenario presupuestario anual "alto".



(d) Escenario presupuestario anual "bajo".

Figura 5. Pronósticos de la capacidad funcional de una red de carreteras para distintos escenarios presupuestarios.

- Un marco de gestión del desempeño permite a las administraciones de carreteras definir objetivos institucionales para cada atributo del servicio, y establecer medidas y metas de desempeño para evaluar el avance en el logro de los objetivos definidos.
- Existe un consenso internacional amplio en el sentido de que las metas de desempeño deben desarrollarse con base en el enfoque *smart*.
- Un aspecto crucial en el establecimiento de metas de desempeño es la posibilidad real de alcanzarlas en los plazos establecidos con los recursos disponibles.
- La modificación de umbrales de niveles de servicio fuera de un contexto de gestión del desempeño, puede limitar seriamente la posibilidad real de la administración de carreteras para el logro de metas expresadas en términos de esos niveles de servicio. 

## ¿Quieres profundizar?

- AASHTO, 1993. *AASHTO Guide for Design of Pavement Structures*. Washington (DC): American Association of State Highway and Transportation Officials.
- AASHTO, 2011. *AASHTO Transportation Asset Management Guide: A Focus on Implementation*. Washington (DC): American Association of State Highway and Transportation Officials.
- De Solminihac, H., 2001. *Gestión de Infraestructura Vial*. 2a. ed. Santiago: Ediciones Universidad Católica de Chile.
- FHWA, 2012. *A Summary of Highway Provisions – MAP-21 – Moving Ahead for Progress in the 21st Century* | Federal Highway Administration. [En línea] Available at: <http://www.fhwa.dot.gov/map21/summaryinfo.cfm> [Último acceso: 3 junio 2015].
- HMEP & UKRLG, 2013. *Highway Infrastructure Asset Management: Guidance Document*, Londres, Reino Unido: Department for Transport.
- International Scanning Study Team, 2010. *International Technology Scanning Program: Linking Transportation Performance and Accountability*, Washington, DC, USA: Federal Highway Administration.
- NAMS, 2011. *International Infrastructure Management Manual*. 2011 ed. Wellington: The NAMS Group.
- Pavia Systems, 2012. *Present Serviceability Index*. [En línea] Available at: <http://www.pavementinteractive.org/article/present-serviceability-index/> [Último acceso: 3 abril 2015].
- TRB, 2010. *NHCRP Report 677: Development of Levels of Service for the Interstate Highway System*, Washington, D.C., EUA: Transportation Research Board.



Asociación Mexicana  
del Asfalto, A.C.

Conoce nuestra nueva imagen, ingresa a:  
**amaac.org.mx**

A la vanguardia en pavimentos que generan VALOR



# Innovación en el campo de las emulsiones asfálticas

---

María del Mar Colás Victoria,<sup>1</sup>  
Nuria Querol Solà,  
Nuria Uguet Canal  
<sup>1</sup> ATEB, (España)  
marimar.colas@cepsa.com  
CILA 2015

## Introducción

Las innovaciones que se han producido en los últimos años en el campo de las emulsiones asfálticas tienen como objetivo fundamental, ofrecer al sector de la construcción de carreteras productos de alta calidad que ayuden a mejorar el comportamiento de los pavimentos. En este sentido, cabe destacar desarrollos como las emulsiones modificadas de altas prestaciones, las emulsiones termoadherentes y las microemulsiones, que son la respuesta de la industria a las crecientes exigencias en calidad y durabilidad demandadas para las mezclas asfálticas. Otro de los objetivos que ha marcado el ritmo de las más recientes innovaciones en estos productos tiene que ver con el medio ambiente y la seguridad laboral. En esta línea, se ha abordado el desarrollo de emulsiones especiales que permiten el diseño de mezclas templadas, que se fabrican por debajo de los 100 °C, así como el desarrollo de las bioemulsiones, ambas alineadas en pro de conseguir un menor impacto al medio ambiente, durante la fabricación y aplicación en las diferentes soluciones de pavimentación de carreteras.

Finalmente, y cumpliendo con ambos objetivos, se encuentra el desarrollo de las emulsiones modificadas con polvo de caucho procedente de neumáticos fuera de uso, con las que se intenta además de conseguir un producto con propiedades mejoradas, minimizar un problema medioambiental, como es la generación de residuos.

Este artículo tiene como objetivo reunir e informar sobre las innovaciones más destacadas habidas en el campo de las emulsiones asfálticas durante la última década.

## Emulsiones modificadas con polímeros de altas prestaciones

Desde el desarrollo de los asfaltos modificados hace ya tres décadas, la mayor parte de las aplicaciones de mezclas específicas para capas de rodadura (mezclas porosas PA y microaglomerados BBTM) se han venido realizando con diferentes tipos de asfaltos modificados (PMB), aún en aquellas carreteras en las que no hubiese sido necesario el empleo de mezclas en caliente, por su categoría de tránsito.

En menor grado, pero también con gran éxito, lo mismo ha acontecido para otros tipos de mezclas como las resistentes a fisuración, a las deformaciones

plásticas, etc., donde también se han utilizado los asfaltos modificados con polímeros de la norma EN 14023. En todas estas aplicaciones se ha alcanzado siempre un altísimo nivel de éxito.

Con estas premisas, y para cumplir con las crecientes exigencias en calidad y durabilidad solicitadas también a las técnicas en frío, el sector de la construcción de carreteras ha demandado igualmente el desarrollo de emulsiones modificadas, de mayores prestaciones que las ofrecidas por las emulsiones convencionales.

Las primeras emulsiones modificadas se conseguían con polímeros naturales tipo látex en la fabricación de emulsiones. Este comenzó siendo un buen sistema para obtener ligantes residuales mejorados, si bien se trataba de emulsiones bifásicas donde teníamos micelas de asfalto y micelas del polímero que aportaba el látex empleado. Gracias a los avances conseguidos en los procesos de fabricación de emulsiones (molinos especiales que pueden trabajar bajo presión, intercambiadores de calor...) y en el desarrollo de nuevos tensoactivos y aditivos, fue posible dar un salto en calidad a través de la emulsificación de asfaltos previamente modificados con polímeros tipo SB o SBS, obteniéndose emulsiones monofásicas con gran homogeneidad y calidad.

Estas nuevas emulsiones, al estar fabricadas partiendo ya de asfaltos modificados, aportan un ligante residual a la mezcla cuyas propiedades mecánicas son superiores a las habituales en asfaltos convencionales, destacando una mayor viscosidad y punto de reblandecimiento a temperaturas altas de servicio, una importante recuperación elástica (Figura 1) y una alta energía de cohesión interna.

Se conocen como emulsiones asfálticas de altas prestaciones porque los ligantes residuales de las mismas aportan las mismas ventajas que los asfaltos modificados con polímeros de la EN 14023, que son las siguientes:

- Menor susceptibilidad térmica, tanto a las altas como a bajas temperaturas.
- Mayor cohesión interna que se transmite a la mezcla o tratamientos.
- Elasticidad, no aportada por asfaltos convencionales.
- Mejor adhesividad a los agregados.



Figura 1. Elasticidad del ligante residual de una emulsión modificada.

- Mayor resistencia al envejecimiento, etc.

Estas características tienen una trascendencia fundamental en muchas de las técnicas en frío. De manera general, la mejora en la cohesión alcanzada es de gran importancia para compensar la presencia inicial del agua que aporta la emulsión, en su empleo en las distintas técnicas. Este hecho resulta fundamental en los microaglomerados en frío por su escaso espesor en la aplicación, y en los tratamientos superficiales mediante riegos con gravilla, donde los esfuerzos tangenciales que supone el tránsito de vehículos y su impacto sobre las gravillas, son muy elevados. Adicionalmente, las mezclas abiertas en frío, que por razones estratégicas y de mercado habían sufrido un retroceso en su empleo en los últimos años, se han visto resucitadas por el uso de emulsiones modificadas que aumentan la cohesión inicial de la mezcla.

## Emulsiones termoadherentes

Constituyen uno de los avances más significativos de los últimos años. Son emulsiones catiónicas de rompimiento rápido, especialmente diseñadas para realizar riegos de adherencia entre capas de mezclas asfálticas sin que el ligante residual de la emulsión se adhiera a los neumáticos del tránsito de obra. Su empleo está asociado con la aplicación de mezclas

en caliente y no de técnicas en frío. Estas emulsiones se caracterizan por estar fabricadas con un asfalto residual duro (de penetración inferior a 50 décimas de mm), que en algunos casos puede estar modificado con polímero, tal que, cuando se aplica la capa superior de mezcla asfáltica en caliente, se reblandece consiguiendo una adherencia perfecta entre capas. De ahí el nombre de emulsiones termoadherentes.

La falta de adherencia entre las capas asfálticas que integran el firme de una carretera es una de las

causas más habituales del deterioro prematuro de éste. Un riego de adherencia mal aplicado o realizado con una emulsión inadecuada puede dar lugar a roturas del pavimento en los primeros años de su vida, acortándose espectacularmente el período de proyecto como consecuencia de la falta de unión entre las capas. Por ello, el mejor comportamiento de estas emulsiones (Figura 2), acompañado de la existencia de un marco normativo para las mismas, al amparo de la norma EN 13808, ha motivado un incremento en su empleo en los últimos años.



Figura 2. Diferente comportamiento de emulsiones de adherencia.

## Microemulsiones

Se define como microemulsión a la emulsión que posee un tamaño de partícula medio inferior a una micra. Son emulsiones muy empleadas en las ramas de la cosmética y detergencia, y que se están empezando a introducir en el sector de la construcción.

Frente a una emulsión asfáltica convencional, tienen varias características diferenciadoras pero la fundamental es la distribución del tamaño de partícula, de la cual derivan su estabilidad al almacenamiento y comportamiento en obra. El tamaño de partícula es mucho menor y además su distribución es más uniforme. En base a ello, destaca:

- la estabilidad de la emulsión, por un mejor empaquetamiento de los glóbulos de asfalto y un aumento de la superficie específica y, consecuentemente, de las cargas electrostáticas asociadas a la superficie de las partículas.

- la estabilidad al almacenamiento. Al tener un tamaño de partícula reducido y una distribución de tamaños pequeña, su viscosidad tiende a ser mayor que una convencional con el mismo contenido de asfalto por lo que, en base a la ley de Stokes, su sedimentación será también menor.
- el aumento de superficie específica y de carga que explica que, cuando se realiza un tratamiento de mezcla con agregados (lechadas, grava-emulsión, reciclados, etc.), la cohesión y la adhesividad agregado-ligante mejore notablemente. También la mayor uniformidad del tamaño de partícula incide en que los fenómenos de rotura de la emulsión sean más homogéneos y claros.
- su resultado en tratamientos de imprimación ya que el menor tamaño de partícula ayuda en la penetración en el sustrato granular por capilaridad. También tienen aplicación en riegos de adherencia donde permite una mejor fijación entre capas.



La utilización de microemulsiones asfálticas para el caso de reciclados en frío es positiva ya que se alcanzan prestaciones superiores a las obtenidas con sus homólogas convencionales. Los valores de resistencia, como indicativo de cohesión, son en general mayores al utilizar microemulsiones. Fruto de esta mejor cohesión, estas microemulsiones tienen tendencia a resistir mejor los efectos del agua y tránsito. Los resultados obtenidos con ellas demuestran una mejora de la resistencia conservada. También el módulo a corto plazo aumenta, demostrando esa mejora de la toma de cohesión.

Actualmente, las emulsiones de asfalto se fabrican esencialmente utilizando molinos coloidales. En el proceso de fabricación intervienen dos fases: el asfalto caliente, típicamente a unos 140 °C, y la fase acuosa, que incorpora el emulsionante. Ambas se mezclan durante un tiempo muy corto pasando por un sistema de pequeña apertura (distancia rotor-estator de 0,3-0,6mm) y un alto corte (en torno a 3000-4000 rpm). Con una buena elección, tanto en calidad como en cantidad, de los ingredientes, sale del molino una emulsión acuosa de asfalto, caracterizada por una curva granulométrica característica y más o menos amplia.

Aunque parámetros mecánicos como la velocidad de rotación, la apertura del molino (no siempre controlable) o el caudal, y parámetros de formulación como el tipo y el contenido en emulsionante, afectan a la finura de la emulsión, resulta bastante complicado conseguir una distribución de tamaños de las partículas o gotas distinta de la que se consigue con los parámetros habituales empleados, con los que se suelen obtener típicamente diámetros medianos de 3 a 10 micras.

Así pues, existen tres condiciones básicas para la obtención de una microemulsión (tamaño de las partículas < 1 micra) y son:

- El emulgente debe ser específico y aportar una tensión interfacial muy baja, del orden de 0,001 mN/m.
- La dotación de emulgente debe ser lo suficientemente alta para proporcionar esa baja tensión superficial (ver campo en Figura 3).
- La interfase O/W debe ser lo bastante flexible para asegurar la formación de microgotas y la estabilidad de la microemulsión.

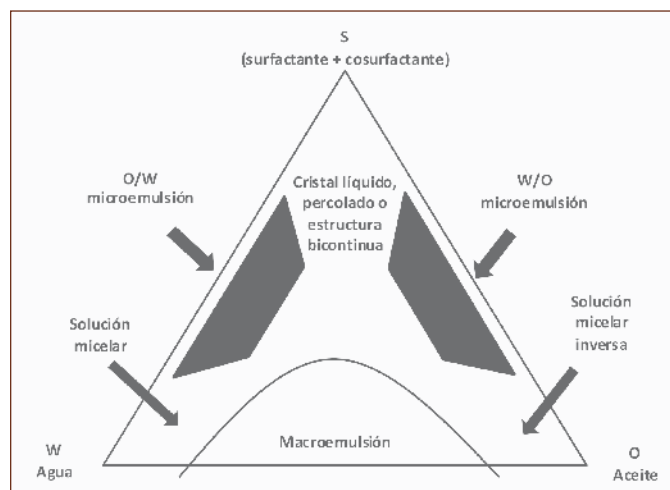


Figura 3. Diagrama de composición de micro y macroemulsiones.

La obtención de estas microemulsiones es más complicada que las convencionales, tanto por formulaciones como por los medios necesarios para su elaboración. Además, su precio es más elevado y su producción se debe llevar a cabo en lotes más pequeños. Debido a esto, la tecnología de las microemulsiones asfálticas todavía es incipiente y está en fase de desarrollo.

## Emulsiones concentradas

Las emulsiones altamente concentradas se caracterizan por poseer fracciones de volúmenes de fase dispersa mayores que 0,74, que corresponde al máximo empaquetamiento de esferas monodispersas (véase en Figura 4). Por lo tanto las gotas dispersas están muy cerca unas de otras, separadas por una película muy fina de fase continua, formada en cada punto donde las gotas se tocan.

Cada película interfacial, está sometida a una presión de compresión, la cual es contrarrestada por una presión de desunión, generada dentro de la película interfacial, debido a la existencia de fuerzas de atracción de Van der Waals y de fuerzas de repulsión electrostáticas.

Del equilibrio entre estas fuerzas depende la estabilidad de una emulsión. La presencia de una monocapa de surfactante adsorbida sobre la superficie de las gotas dispersas en la emulsión, es la responsable por conferir una magnitud adecuada a la

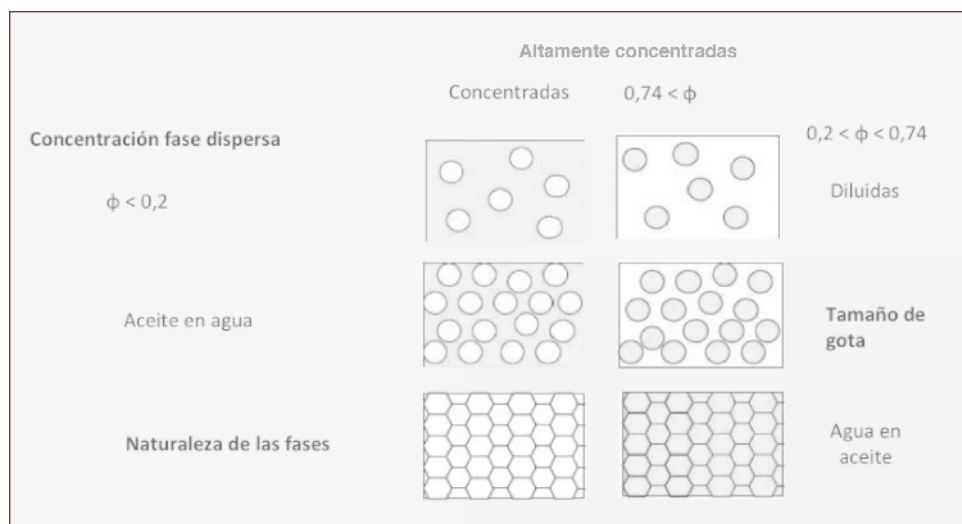


Figura 4. Tipos de emulsiones por concentración de fase dispersa.

presión de desunión y así preservar la estabilidad y las otras propiedades de estos sistemas.

En este tipo de emulsiones, es de fundamental importancia controlar la estabilidad y las propiedades reológicas durante el proceso de producción y posteriormente durante el almacenamiento y el transporte. Mediante un control cuidadoso de la naturaleza y magnitud de las fuerzas de interacción entre gotas, es posible controlar las propiedades de estos sistemas.

La estabilidad de una emulsión puede medirse determinando el tiempo que transcurre entre su formación y la separación completa de las fases.

Idealmente, las emulsiones concentradas (con más de 70% de fase dispersa) consisten de una aglomeración de gotas poliédricas separadas por una película muy fina de fase continua. Tres películas interfaciales convergen en el borde de Plateau. La curvatura de la superficie de la gota en el borde de Plateau, genera una diferencia de presión entre la película líquida interfacial y el borde de Plateau, originando un flujo de fase continua desde la película líquida interfacial hacia los bordes de Plateau. De esta forma, la película líquida interfacial se hace cada vez más delgada con el tiempo, pudiendo eventualmente romperse, en cuyo momento la emulsión se desestabiliza. Así, la estabilidad de una emulsión depende de la estabilidad de la película líquida interfacial, la cual a su vez depende de la presión de desunión. La presión de desunión es una presión hidrostática en el interior de la película líquida in-

terfacial, que actúa perpendicular a la superficie de las gotas. Esta presión se opone al contacto entre las gotas y por consiguiente a su coalescencia. En otras palabras, la presión de desunión es una fuerza por unidad de área, que se opone al drenaje de la fase continua contenida en la película líquida interfacial.

Las principales fuerzas que actúan dentro de la película líquida interfacial, contribuyen significativamente con la presión de desunión, son las fuerzas de London, Van der Waals y las fuerzas de repulsión electrostática.

Como se ha comentado anteriormente, las emulsiones convencionales se fabrican normalmente utilizando molinos coloidales. Con este sistema de fabricación los tamaños de partícula son superiores a 3 micras y con distribuciones de partícula elevadas. Además, la concentración máxima de asfalto que podemos conseguir está en torno al 70% ya que concentraciones superiores, darían lugar a viscosidades extremadamente altas que no permitirían su manipulación. Así pues, si queremos formular emulsiones concentradas, entendiendo como concentradas una cantidad de asfalto residual por encima del 70% tenemos que utilizar un sistema de fabricación diferente al típico molino coloidal.

El método utilizado para la preparación de las emulsiones concentradas es el método conocido como HIPR (High Internal Phase Ratio). Este método requiere que la dispersión inicial se lleve a cabo a fracciones de fase interna superiores a la del empaquetamiento crítico.

**MADISA<sup>®</sup>** **CAT<sup>®</sup>**

# Innovando en el Mantenimiento de Carreteras

**Tecnología de Punta a su Servicio**



**CONTÁCTANOS**

**Lada sin costo 01 800 92 62347**

**[www.madisa.com](http://www.madisa.com)**



Esto facilita la formación de emulsiones con una distribución de diámetro de gotas bastante estrecha (Figura 5). De acuerdo con este método se pueden fabricar emulsiones controlando la morfología final de la emulsión.

El proceso de la HIPR se basa en los elementos siguientes:

- La emulsión se fabrica en régimen concentrado, es decir, con un contenido de fase dispersa entre el 75 y el 95% (p/p).
- Se trabaja a una viscosidad alta para la fase dispersa, superior a 1 Pa.s.
- La velocidad de mezclado es baja, alrededor de los 1000 rpm.
- Se trabaja en inversión de fases.
- Una vez formada la emulsión se obtiene una pasta viscoelástica que se diluye en agua hasta obtener la relación asfalto/agua deseada.
- Las emulsiones se almacenan a la temperatura requerida.

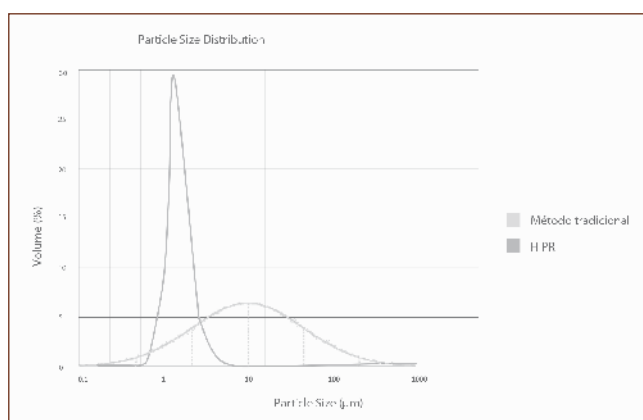


Figura 5. Distribución granulométrica según proceso productivo.

Las principales ventajas de este tipo de emulsiones son:

- Las concentraciones de asfalto son superiores a las emulsiones convencionales, con viscosidades similares a las de una emulsión convencional.
- Ahorro de agua. Al ser emulsiones con un mayor contenido de asfalto, el porcentaje de agua que llevan es inferior a las convencionales.
- Reducción de las necesidades de transporte del producto y por tanto, reducción de emisiones de gases de escape. Al ser emulsiones más concentradas, en una misma cisterna se transporta un mayor contenido de asfalto.
- Aumento del rendimiento de las máquinas. Al ser emulsiones con un mayor contenido de asfalto, las dotaciones de emulsión sobre las distintas técnicas serán menores, permitiendo así aumentar el rendimiento de los equipos de aplicación en obra.
- Sedimentan menos que las convencionales. Al tener un porcentaje elevado de partículas finas, se trata de emulsiones con una menor tendencia a la sedimentación que las emulsiones convencionales.
- La reducción de las temperaturas de fabricación. Se produce ahorro económico considerable pues el consumo de combustible es uno de los factores de mayor peso en el costo de producción de las mezclas. Por otro, el menor con-

sumo de combustibles supone una disminución lineal de las emisiones de gases de efecto invernadero (CO<sub>2</sub>).

Una aplicación de mayor interés para las emulsiones concentradas son las mezclas templadas, donde la reducción de la temperatura de puesta en obra supone una mejora en las condiciones de trabajo, especialmente para los operarios del extendido. Sin embargo, esta reducción de temperatura no supone un detrimento de la calidad ni de las características mecánicas de estas mezclas. Se define como Mezcla Asfáltica Templada (MAT) tipo cemento asfáltico (AC) con emulsión, la combinación de este ligante, áridos (incluido el polvo mineral) con granulometría continua y, eventualmente, aditivos, de manera que todas las partículas del agregado queden recubiertas por una película homogénea de ligante. La temperatura a la salida del mezclador de estas mezclas esta alrededor de los 100 °C.

El estado del arte de estas mezclas nos indica que uno de los principales problemas con los que nos encontramos para conseguir mezclas de altas prestaciones mecánicas, es eliminar el agua que contiene la emulsión (Figura 6). Por ello, el empleo de una emulsión de alta concentración en asfalto tiene gran interés en la medida que se pretende eliminar o al menos disminuir los efectos negativos debido a la presencia de grandes cantidades de agua en la mezcla durante las fases de fabricación y puesta en obra, así como la generación de vapor de agua durante la fabricación. La presencia de agua en la mezcla genera problemas de envuelta, dificulta la compactación y aumentan el tiempo necesario para que la mezcla alcance la cohesión deseada.

Las emulsiones concentradas pueden suponer un gran avance tecnológico en el campo de las mezclas templadas pues son emulsiones que tienen muy poca agua y esta se elimina casi por completo durante la fabricación de la mezcla, lo que nos permite compactar la mezcla sin ya apenas agua.

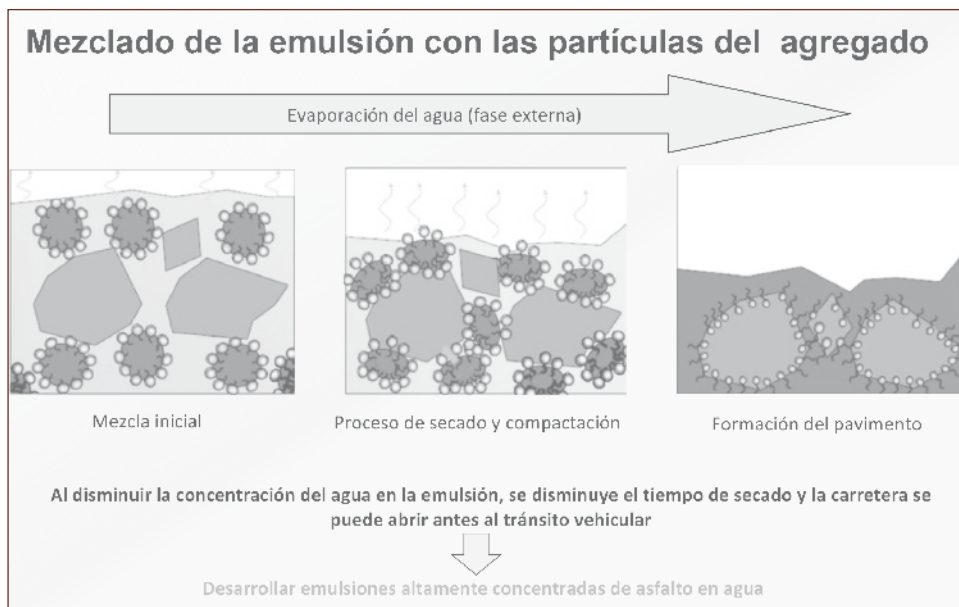


Figura 6. Evaporación del agua en el proceso de fabricación de las mezclas con emulsión.

Si a su vez tenemos en cuenta que con la nueva tecnología empleada se pueden conseguir tamaños medio de gota muy pequeños, las superficies específicas alcanzadas pueden duplicar o incluso triplicar a las emulsiones convencionales, consiguiendo una mayor capacidad de envuelta que las emulsiones convencionales empleadas hasta el momento.

Todas estas características hacen de estas emulsiones concentradas, un ligante ideal para este tipo de mezclas.

## Bioemulsiones

El empleo de emulsiones asfálticas en carreteras para su pavimentación mediante técnicas en frío y templadas puede considerarse en la actualidad como de uso habitual en los países industrializados.

Los avances tecnológicos experimentados en la fabricación de emulsiones, ha conducido a una amplia gama de emulsiones con buenas características y extraordinaria versatilidad y facilidad de aplicación. En la actualidad, la pavimentación con mezclas asfálticas en frío y templadas debería ser siempre, una

opción a tener en cuenta para minimizar el impacto al medioambiente, evitando la contaminación de humos que se genera en las plantas de mezcla en caliente y reduciendo el consumo de recursos naturales y energéticos.

Por ello, resulta muy importante poder situar nuestras emulsiones asfálticas en un punto donde nunca pueda ser cuestionado su empleo desde un punto de vista ecológico. El desarrollo de Bioemulsiones asfálticas se basa en el empleo de sustancias o tecnologías alternativas pero manteniendo unas características adecuadas para su aplicación. En este contexto, los objetivos a alcanzar se centran en dos puntos:

- Sustituir los fluidificantes habituales (naftas de petróleo) por productos de origen vegetal que permitan mantener las características y prestaciones de las actuales emulsiones en las mezclas (adhesividad, cohesión...). A continuación se recoge en la Tabla 1 una comparación entre las características de una nafta de petróleo y una vegetal.

Tabla 1. Comparativa de naftas				
Característica	Unidad	Norma	Nafta de petróleo	Nafta vegetal
<b>Destilación</b>				
Punto inicial	°C	ISO 3405	85	70
Punto final	°C	ISO 3405	225	229
Total destilado	%	ISO 3405	95	96
Punto de inflamación	°C	ISO 2592	55	75
Densidad a 20 °C	g/cc	ISO 6883	0,80	0,88
Temperatura de solidificación	°C	ISO 3481	-	-25

- Sustituir los tensoactivos habituales por otros productos biodegradables y más amigables con el medioambiente, sin desfavorecer su poder emulsionante para mantener las características y prestaciones de las actuales emulsiones en las mezclas (adhesividad, capacidad de envuelta, estabilidad, cohesión...).

Así pues, las ventajas que se pretenden alcanzar con las bioemulsiones son dos, por un lado, disponer

de productos aún más ecológicos que los actuales y por otro lado, fomentar su empleo en las diferentes técnicas en frío y/o templadas manteniendo o mejorando sus prestaciones.

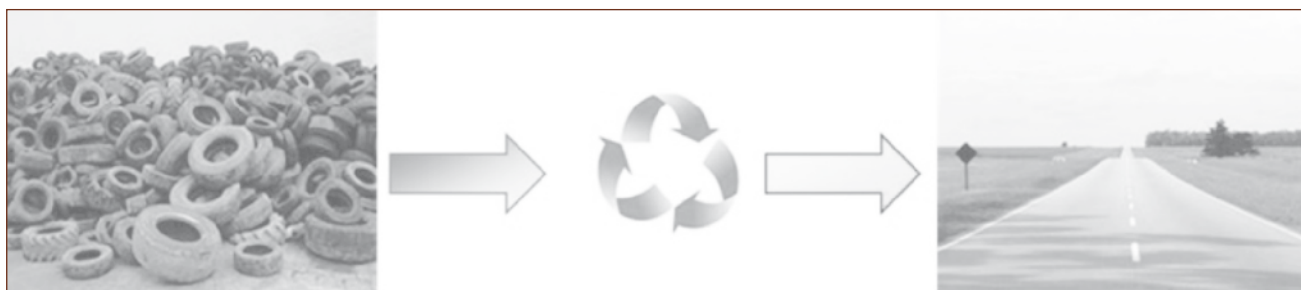
Las nuevas bioemulsiones pueden tener un precio algo más alto que el de las emulsiones actuales, pues el costo de las naftas verdes y tensoactivos ecológicos es superior al de las materias primas empleadas habitualmente. No obstante, ya se ha verificado la idoneidad del empleo de estos nuevos

productos mediante su empleo en la fabricación de mezclas en algunos tramos de ensayo. Tanto las bioemulsiones con “naftas verdes”, como las bioemulsiones con “tensoactivos ecológicos” pueden presentar un comportamiento satisfactorio en las mezclas asfálticas en frío y están desarrolladas para su comercialización, tan pronto haya una demanda en el mercado que podrá surgir tras la recuperación económica del sector.

### **Emulsiones modificadas con polvo de neumático procedente de neumáticos fuera de uso (NFU)**

El uso de polvo de caucho procedente de neumáticos fuera de uso (NFU) en la tecnología de carreteras

es un tema de gran interés en el sector que busca por un lado, productos con un valor técnico añadido y, por otro, la solución a un problema medioambiental grave como es el de los residuos de neumáticos fuera de uso. El Plan Nacional de Neumáticos fuera de uso de octubre de 2001 aboga por el uso de materiales procedentes de neumáticos fuera de uso (NFU) en las obras públicas en que su utilización sea técnica y económicamente viable. El Ministerio de Fomento primero con la Orden Circular 5 bis/02 y después con la Orden Ministerial 891/2004 ha modificado los tres artículos (540, 542 y 543) de mezclas del PG 3 dando prioridad a su uso siempre que sea técnica y económicamente viable para poder integrar este residuo en la carretera valorizándolo como muestra la Figura 7 adjunta.



*Figura 7. Esquema del proceso de reciclado de NFU.*

Cuando se incorporan partículas de caucho al asfalto se produce una absorción de las fracciones más ligeras del asfalto lo que acorta el plazo que se traduce en un hinchamiento y a muy largo plazo en una degradación del caucho. Este hinchamiento afecta a la parte superficial de cada gránulo y progresa con el tiempo. Puede acelerarse el hinchamiento mediante un aumento de la temperatura de la mezcla y/o corte de las partículas para disminuir su tamaño y aumentar la superficie de contacto. Como consecuencia del hinchamiento el caucho va aumentando la viscosidad de la mezcla asfalto-caucho y modificando las propiedades iniciales del asfalto dotándolo de algunas características elastoméricas. Salvo condiciones extremas de tiempo, temperatura o corte, las partículas de caucho reciclado mantienen parte de sus propiedades elásticas lo que confiere unas características particulares a la mezcla compactada que dependen, lógicamente, de la cantidad de caucho reciclado y del tamaño de las partículas.

Se ha comprobado que las mezclas asfálticas con caucho presentan muy buenas características antifesuras, resultan menos sonoras y pueden ofrecer mejores características antideslizantes que mezclas similares fabricadas con asfalto convencional.

La incorporación del caucho de NFU a las mezclas asfálticas se puede hacer por vía húmeda, modificando asfaltos mediante la adición de distintas cantidades de polvo de neumáticos o por vía seca, empleando el polvo de neumáticos como polvo de aportación, esto es, como una fracción más del agregado de la mezcla asfáltica. Sin embargo se tiene que prestar especial interés en la estabilidad de los asfaltos modificados con NFU.

Tratando de exportar a las mezclas en frío las ventajas obtenidas con la incorporación del polvo de NFU a las mezclas en caliente y como resultado de varios estudios de emulsificación se han diseñado las emulsiones modificadas con caucho. Se trata de emulsiones modificadas ya que lo que se emulsiona

es un asfalto modificado / mejorado con caucho procedente de neumático fuera de uso. En esta ocasión, la dificultad radica en el proceso de emulsificación de estos ligantes, si bien, una vez lograda, como el caucho se encuentra emulsionado se puede conseguir una adecuada estabilidad. Son emulsiones muy útiles para su uso en mezclas en frío tipo microaglomerados o mezclas abiertas por las ventajas que aporta a la mezcla el ligante residual modificado con caucho de NFU.

## Conclusiones

En este artículo se ha querido mostrar un panorama de las principales líneas de investigación realizadas en el campo de los ligantes asfálticos como son:

- Emulsiones modificadas con polímeros de altas prestaciones
- Emulsiones termoadherentes
- Microemulsiones
- Emulsiones concentradas
- Bioemulsiones
- Emulsiones modificadas con caucho procedente de neumáticos fuera de uso (NFU)

Durante los últimos años, estas líneas de investigación han ido encaminadas a conseguir productos de altas prestaciones que colaboren en la mejora del comportamiento de los pavimentos y a desarrollar técnicas que tengan cada vez un menor impacto sobre el medioambiente y permitan mejorar las condiciones de trabajo en las operaciones de pavimentación.

Cada una de ellas presenta características interesantes en distintos ámbitos que deberán seguir siendo testadas en los próximos años hasta que ocupen un lugar definitivo entre las soluciones disponibles, si bien, su éxito estará siempre condicionado a que se empleen convenientemente, eligiendo el producto y la técnica adecuada en cada momento, según la solución que se pretenda.

- [1] Leseur, D. PROBISA (España); Herrero L., Uguet N., Hurtado J., Investigadores del Polo de Emulsiones Eurovia (Francia); Peña J.L., Proyecto FENIX-PROBISA (España); Potti J.J., ASEMASCORE-PROBISA (España); Walter J., Lancaster I., Nymas (Reino Unido), "Artículo de la revista francesa *Revue Generale des Routes et Aerodromes* nº 850, reproducido por Carreteras (España) en su reciente ejemplar de enero-marzo 2008".
- [2] Soto J.A., "Innovaciones en tecnología en frío". Ateb.
- [3] Pradas J.L., Lucas F.J., Fraga J., Pérez A., "Mezclas Templadas Abiertas, Porosas y Discontinuas, Vyodeal XXI Vyodeal, Año 2011"
- [4] Bardesi A., Soto J.A. "Mezclas bituminosas a baja temperatura: mezclas en frío, templadas y semicalientes". Revista Carreteras Número 169. Año 2010.
- [5] Monografías ATEB: Las emulsiones de betún. Su química y su física.
- [6] Soto J.A., Colás MM. "Panorámica general de mezclas a baja temperatura. Reciclado templado con emulsión bituminosa". Jornada Técnica Mezclas Bituminosas Adaptadas al Cambio Climático, Valladolid 2010.
- [7] Lucas F.J., Torres S., "Mezclas bituminosas templadas", Jornada Técnica Mezclas Bituminosas Adaptadas al Cambio Climático, Valladolid 2010.
- [8] Normativa sobre emulsiones bituminosas (UNE-EN 13808 y anexo nacional UNE-EN 13808/1M).
- [9] Santiago J.L., Guisado F., Moreno E., Páez A. "Reciclado Total de Mezclas Bituminosas a Bajas Temperaturas. Una propuesta para su diseño, caracterización y producción". VI Jornada Nacional Asefma 2011.
- [10] Recomendaciones para la redacción de: Pliegos de especificaciones técnicas para el uso de mezclas bituminosas a bajas temperaturas. AOPJA. Año 2012.
- [11] Santiago J.L., Guisado F., "Rehabilitación sostenible de pavimentos: innovaciones en tecnología y desarrollos de mezclas para aprovechamiento total de materiales con bajo consumo de energía". VI Congreso Nacional de la Ingeniería Civil. Valencia. Año 2011.
- [12] García A., Soto J.A., XV CILA. "Fabricación y puesta en obra de un reciclado templado con emulsión bituminosa". Año 2010.
- [13] Kitchener, J. A. "The Theory of Stability of Emulsions in Emulsion Science", P Sherman (ed.) Academic Press, London and New York, Chapter 2, pp. 77- 130, 1968.
- [14] Princen, H. M. and Kiss, A. D. "Rheology of foams and highly concentrated emulsions. Static shear modulus". *J. Colloid Inter. Sci.* 112:427-437, 1986.
- [15] Derjaguin, B. V. and Kussakov, M. M. "Experimental studies of solvation of surfaces as applied to the mathematical theory of the stability of lyophilic colloids". *Izv. AN SSR, ser. khim.* 6:1119-1152, 1937.
- [16] Tadros, T. F. and Vincent, B. "Emulsion Stability", In *Encyclopedia of Emulsion Technology*, Becher, P. ed. Marcel Dekker, New York, Volume 1, Chapter 3, pp. 1-56, 1983.
- [17] Hunter, R. J. "Fundamentals of Colloid Science", Oxford Science Publications, Clarendon Press, Oxford, Volume 1, pp. 168-440, 1987.
- [18] Israelachvili, J. "Intermolecular and Surface Forces", Second Edition, Academic Press. London, pp. 139-307, 1991.
- [19] Tadros, T. F. and Vincent, B. "Emulsion Stability", In *Encyclopedia of Emulsion Technology*, Becher, P. ed. Marcel Dekker, New York, Volume 1, Chapter 3, pp. 1-56, 1983.
- [20] Walstra, P. "Formation of Emulsions". In *Encyclopedia of Emulsion Technology*, Becher, P. ed., Marcel Dekker, New York, Volume 1, Chapter 2, pp. 57-127, 1983.
- [21] Briceño, M. L., Chirinos, M. L., Layrisse, I., Martínez, G., Nuñez, G., Padron, A., Quintero, L. and Rivas H. "Emulsion technology for the production and handling of extra-heavy crude oils and bitumen". *Rev. Tec. Intevp* 2:101-110, 1989.
- [22] Derjaguin, B. "Theory of Stability of Colloids and Thin Liquid Films". Plenum Consultants Bureau, New York. Chapter 3, pp. 53-83, 1987.
- [23] Sheludko, A. "Thin liquid films". *Adv. Colloid Interf. Sci.* 1:391-464, 1967.
- [24] Rivas H., Gutierrez X., Silva F., Chirinos M. "Sobre emulsiones de betún en agua". *Acta científica venezolana*, 54; 216-236, 2003.



# Amor, paz y... asfalto

## datos históricos



En 1925 fue creado el primer laboratorio de materiales en la Ciudad de México, donde se determinaba la granulometría y la plasticidad de algunos materiales y se hacían pruebas sobre productos asfálticos.

En Francia, se patenta en 1928 la primera microemulsión, que consistía de una dispersión de cera en una fase acuosa que presentaba sobre la misma cera características notablemente mejoradas.



Por los años 30 del siglo pasado, existían 1426 kilómetros de carreteras en México, de las cuales 541 kilómetros estaban pavimentados. Y en 1942, las carreteras transitables tenían una longitud de 8,400 kilómetros de los cuales 5,100 estaban “petrolizadas”.

En 1948, se produce en México el primer instructivo sobre “Muestreo, control de construcción y especificaciones de materiales para terracerías y pavimentos de caminos”.

En 1953 se crea la Dirección General de Proyectos y Laboratorios en la SOP, que incluye un departamento de ingeniería de suelos, dedicado principalmente al análisis de la mecánica de suelos, un laboratorio de campo para exploración y muestreo, y un departamento de resistencia de materiales, para hacer pruebas de laboratorio en el diseño de pavimentos.



PEMEX  
**EKBÉ**<sup>®</sup>  
Superpave PG



**#EligePemex**

La pasión por correr inicia con el alma de la pista  
Asfalto Pemex Ekbé

 @pemex

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

 **PEMEX**<sup>®</sup>

**PRODUCTOS Y SOLUCIONES  
A SUS NECESIDADES  
ESPECIFICAS PARA  
PAVIMENTOS**



**SOSTENIBILIDAD  
DURABILIDAD  
DESEMPEÑO**

## **ADITIVOS**

SÚRFAX AS Promotores de adherencia  
ADISURF Modificadores de asfalto  
SÚRFAX TB Auxiliares de compactación  
SÚRFAX TB2 Mezclas tibias  
SÚRFAX TB3 Mezclas tibias con asfalto modificado con Elvaloy®  
SÚRFAX RF Funcionalizados para reciclados para pavimentos

## **EMULSIFICANTES**

Aniónicos, Catiónicos (Rompiamiento rápido, lento y super estable)

## **POLÍMEROS**

Elvaloy® Terpolímero elastómero reactivo (PG, Jnr y tipo I)  
SURFALFLEX Polímeros líquidos (SBR) para emulsiones  
SÚRFAX CATALIZADORES (Ácido polifosfónico, NHPG y Surfadit Mac)

## **FIBRAS**

VIATOP® PREMIUM Fibra de celulosa para pavimentos SMA

[www.surfax.com.mx](http://www.surfax.com.mx)  
[ventas@surfax.com.mx](mailto:ventas@surfax.com.mx)  
(33) 3684 7304



Distribuidor Autorizado  
**DuPont® Elvaloy® RET**

Distribuidor Autorizado  
**J. RETTENMAIER & SÖHNE**  
GMBH + CO KG



© 2015 Dupont™ y Elvaloy® son marcas registradas o marcas de E. I. du Pont de Nemours and Company o sus aliados. Todos los derechos reservados.  
© 2015 J. RETTENMAIER & SÖHNE GmbH + Co KG. Todos los derechos reservados.

# Reducción de la fisuración por fatiga de la mezcla asfáltica por medio del control del punto de fusión del asfalto

Álvaro Gutiérrez Muñiz  
Quimikao S.A. de C.V.  
agutierrez@quimikao.com.mx

## Introducción

La mezcla asfáltica en caliente es un material compuesto por asfalto y un agregado mineral. El asfalto actúa como un agente ligante que aglutina las partículas en una masa cohesiva en forma muy efectiva, por lo que resulta un material muy atractivo para fabricar carpetas de rodadura. El asfalto como todo material presenta limitaciones, siendo una de las principales la oxidación del mismo.

Debido a que el asfalto está constituido por moléculas orgánicas, estas reaccionan con el oxígeno del medio ambiente. Esta reacción se llama oxidación y cambia la estructura y composición de las moléculas del asfalto. El resultado es una estructura más frágil y es la razón del término endurecimiento por oxidación o por envejecimiento.<sup>(1)</sup>

Este fenómeno ocurre en el pavimento a una velocidad relativamente baja, si bien es mucho más rápido en un clima cálido que en un clima frío. Así el endurecimiento por oxidación es estacional y es más marcado en verano que en invierno. Debido a este tipo de endurecimiento, los pavimentos viejos son más susceptibles al agrietamiento que los nuevos. Incluso, los pavimentos asfálticos nuevos pueden ser propensos a este fenómeno si no se compactan adecuadamente. En este caso, la falta de compactación origina un alto contenido de vacíos en la mezcla, lo que permite a una mayor cantidad de aire ingresar en la mezcla asfáltica y agravar el endurecimiento por oxidación (problema muy grave y constante en México).

Una considerable parte del envejecimiento por oxidación ocurre antes de la colocación del asfalto, es decir, durante el mezclado en caliente y durante la etapa de colocación y compactación; en estas actividades se emplea una alta temperatura y el asfalto se encuentra adherido al agregado en forma de una película muy delgada por lo que la reacción de oxidación ocurre a una velocidad mayor.<sup>(1)</sup>

Otro tipo de endurecimiento ocurre durante el mezclado en caliente y construcción; se denomina “volatilización”. A altas temperaturas los componentes volátiles del asfalto se evaporan. Estos componentes volátiles (livianos del tipo aceites) ablandarían al asfalto de permanecer dentro de este. Para la evaluación del envejecimiento del asfalto durante el mezclado, colocación y compactación de las mezclas asfálticas además de la volatilización, se utiliza la prueba de la película delgada en horno rotatorio (RTFO), AASHTO T240, ASTM D2872.<sup>(2)</sup>

Un fenómeno llamado “endurecimiento físico” ha sido observado en los cementos asfálticos. Este ocurre luego de una larga exposición a bajas temperaturas y altas temperaturas, para simular este envejecimiento con el tiempo Superpave creó una prueba utilizando la cámara de envejecimiento a presión (PAV). Este ensayo expone las muestras de ligantes a la acción de calor y presión con el objeto de recrear, en cuestión de horas, años de envejecimiento en servicio del pavimento. Es importante destacar que, por propósitos de especificación, las muestras de asfaltos envejecidas en el PAV fueron previamente envejecidas en el RTFO. Consecuentemente, el residuo del ensayo PAV ha sufrido todas las condiciones a las que son expuestos los asfaltos durante la producción colocación y servicio. Sin duda un asfalto muy duro después de la prueba del PAV será un asfalto muy rígido que opone baja resistencia a la fatiga, por ello Superpave controla el agrietamiento por fatiga limitando el valor de “ $G^* \text{ sen } \delta$ ” del asfalto envejecido a presión en el PAV a un máximo de 5000 KPa, a la temperatura de ensayo, más sin embargo numerosos estudios han demostrado que este parámetro no correlaciona lo que sucede en campo, siendo esta especificación la parte débil del sistema del grado PG (norma AASHTO M-320), por lo que en este estudio se propone un nuevo parámetro para el control de la fisuración por fatiga de la mezcla asfáltica que es limitando el valor del ángulo de fase a un máximo de  $45^\circ$  a la temperatura de ensayo.

El anterior sugerido parámetro de control de la fisuración por fatiga está basado entendiendo que el asfalto es un compuesto muy susceptible a la temperatura presentando un módulo aproximado de 0,28 Pascales a  $140^\circ\text{C}$ , un módulo aproximado de  $1 \times 10^3$  Pascales a  $64^\circ\text{C}$ , un módulo aproximado de  $1 \times 10^5$  Pascales a  $25^\circ\text{C}$  y un módulo aproximado de  $1 \times 10^8$  Pascales a  $-12^\circ\text{C}$  y un comportamiento visco-elástico debido a que exhibe un comportamiento viscoso (fluye ante una carga) y un comportamiento elástico (se deforma ante una carga) al mismo tiempo, de tal forma que podríamos representar el módulo de corte complejo ( $G^*$ ) como la resultante de un sistema de vectores formado por una componente elástica ( $G'$ ) y una componente viscosa ( $G''$ ); cuando una de las componentes es mayor el comportamiento que predomina es el de esta, es decir, si la componente elástica es mayor que la viscosa el comportamiento del asfalto será como un sólido visco-elástico (esto ocurre a bajas temperaturas) y cuando la componente viscosa es mayor que la elástica el comportamiento del asfalto será como un líquido visco-elástico (esto ocurre a altas temperaturas).

Cuando la componente elástica y la viscosa son iguales en magnitud, el ángulo de fase es  $45^\circ$  representando el punto de fusión del mismo y si comenzamos a incrementar la temperatura del asfalto por arriba de su punto de fusión, el comportamiento de este comenzará como un líquido-visco-elástico hasta alcanzar el comportamiento de un líquido viscoso, pero si comenzamos a disminuir la temperatura del asfalto por debajo de su punto de fusión, el comportamiento de este comenzará como un sólido-visco-elástico hasta alcanzar el comportamiento de un sólido rígido.

En la Figura 1 se explica en forma gráfica lo anteriormente mencionado.

Cuando el asfalto es estresado, la componente elástica ( $G'$ ) del mismo absorbe la energía y la utiliza para recuperarse, en cambio la componente viscosa ( $G''$ ) es la encargada de disipar la energía a las capas inferiores, es por ello que el estado ideal del asfalto es cuando estas componentes son iguales en magnitud (ángulo de fase es  $45^\circ$ ), ya que la componente elástica absorbe solo la energía necesaria

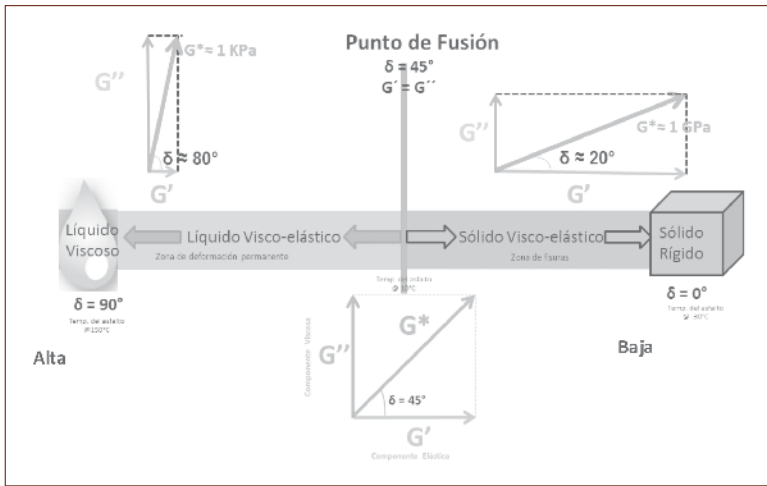


Figura 1. Comportamiento reológico del asfalto en función de la temperatura.

para recuperarse de la deformación sufrida por el estrés y libera la energía que no necesita hacia las capas inferiores por medio de la componente viscosa. Este interesante punto donde las componentes son iguales y el ángulo de fase es  $45^\circ$  es el *punto de fusión del asfalto* y observando la Figura 1, nos damos cuenta que es el punto de partida hacia la izquierda o hacia un incremento de temperatura de un comportamiento como líquido visco-elástico hasta comportarse como líquido viscoso y observamos que en este sentido la componente viscosa siempre es mayor que la elástica, en cambio, si nos desplazamos hacia la derecha disminuyendo la temperatura partiendo del punto de fusión tenemos un comportamiento del asfalto como sólido visco-elástico hasta alcanzar el comportamiento de un sólido rígido y es precisamente en esta zona donde se manifiestan los problemas de fisuración debido a este comportamiento como sólido elástico que se va agravando hasta un comportamiento como sólido rígido debido a la disminución de la temperatura, es por ello que la especificación del grado PG norma AASHTO M-320 cae en una contradicción al establecer que el parámetro de control de fisuración por fatiga queda limitado al valor de  $[G^* \text{ sen } \delta]$  a un máximo de 5000 KPa, siendo este el valor la componente viscosa y para evitar los problemas de fisuración por fatiga lo que más deseamos es que la componente viscosa ( $G''=G^* \text{ sen } \delta$ ) sea mayor que la componente elástica ( $G'=G^* \text{ cos } \delta$ ) para que el asfalto se comporte como un líquido altamente visco-elástico. En la Figura 2, podemos observar

cómo podemos calcular el punto de fusión del asfalto graficando la componente elástica y la componente viscosa en función de la temperatura utilizando el reómetro de corte dinámico con la geometría de 8mm, una frecuencia de 10 radianes por segundo y una deformación constante del 1,0%.

Como ya la mencionamos anteriormente, el asfalto es un compuesto orgánico que reacciona con el oxígeno aumentando su rigidez y su temperatura de fusión. La velocidad de oxidación se ve enormemente favorecida con el aumento de temperatura, es decir, cuando el asfalto es calentado a altas temperaturas para poder mezclarse con el agregado formando la mezcla asfáltica que después es colocada y compactada, este

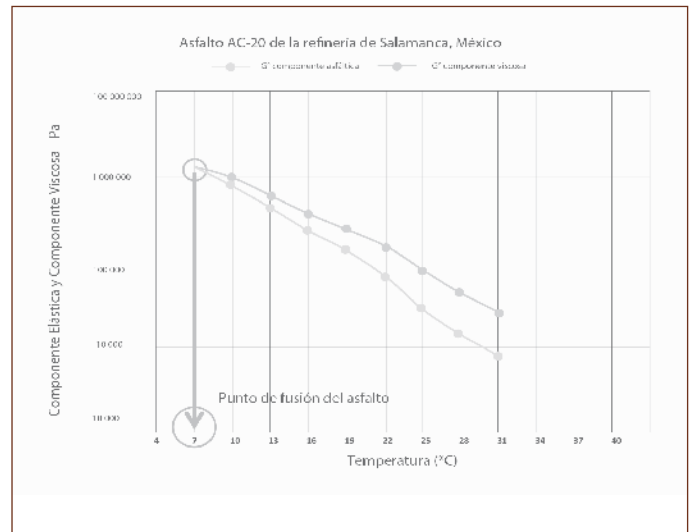


Figura 2. Determinación del punto de fusión del asfalto por medio de las componentes elástica y viscosa del asfalto.

aumenta aproximadamente el doble o el triple su temperatura de fusión (esto lo observamos al graficar las componentes elástica y viscosa después de la prueba de RTFO AASHTO T 240-06) y aumenta hasta cuatro veces después de la prueba de envejecimiento a largo plazo (PAV AASHTO R28-06). La Figura 3 muestra el aumento del punto de fusión del asfalto, partiendo de  $7^\circ\text{C}$  (original) y conforme sufre la oxidación en las pruebas de RTFO y PAV aumenta a  $19^\circ\text{C}$  y  $31^\circ\text{C}$  respectivamente.

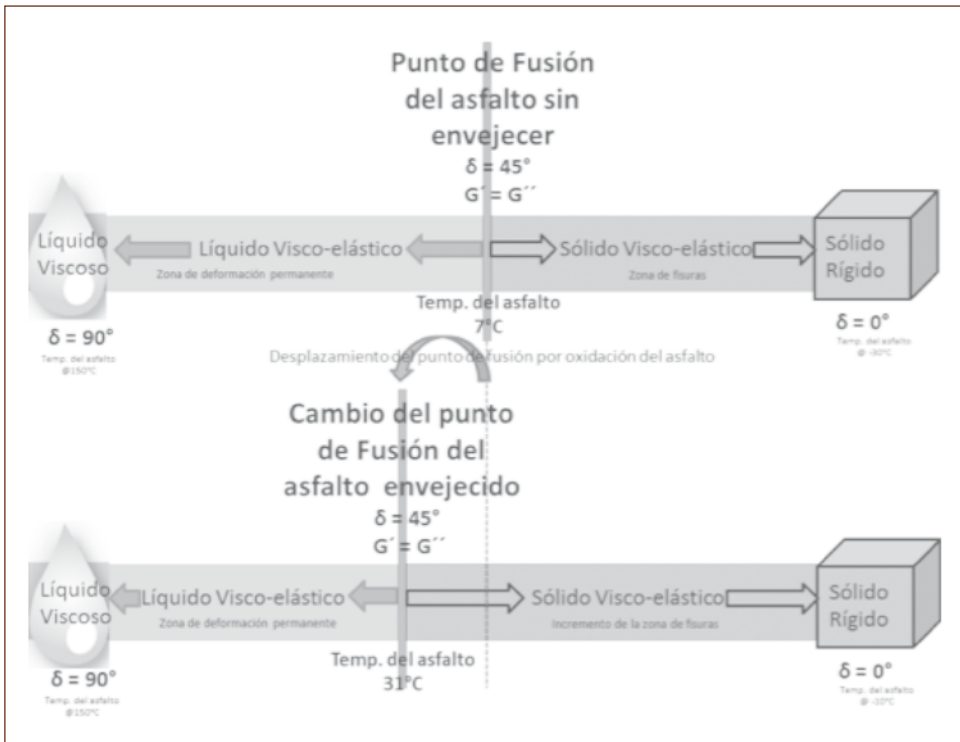
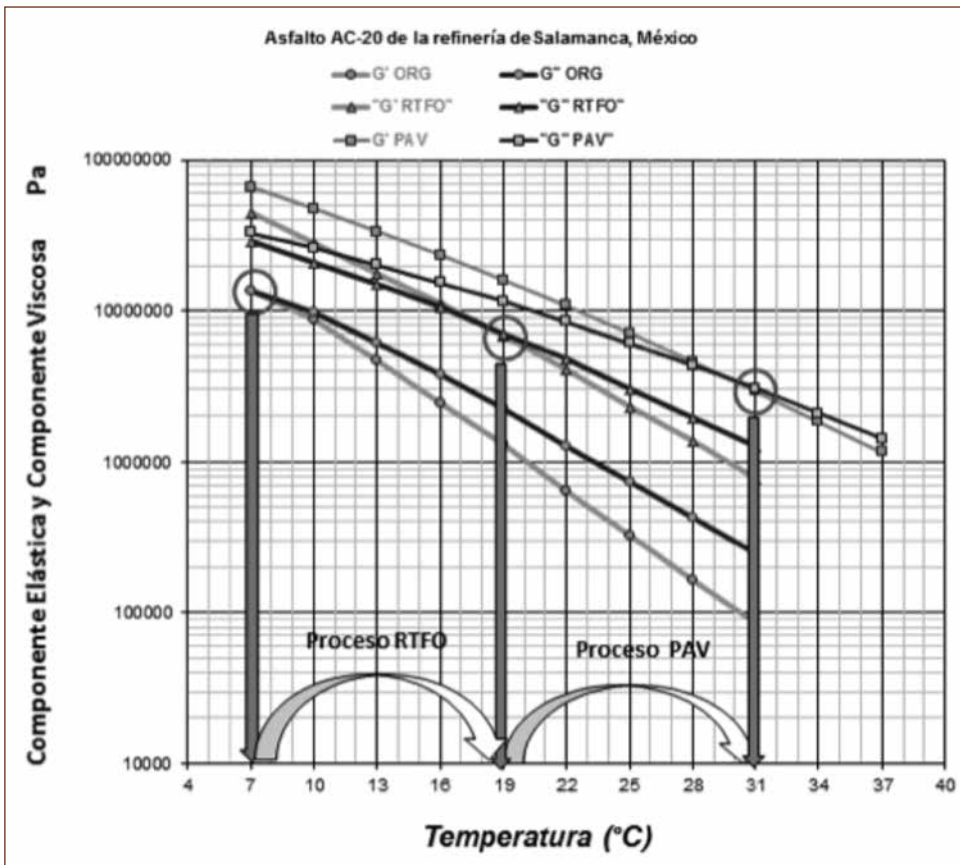


Figura 3. Determinación del punto de fusión del asfalto original, después de RTFO y después de PAV por medio de las componentes elástica y viscosa.

Los problemas de fisuración por fatiga ocurren por debajo de la temperatura del punto de fusión del asfalto después de PAV, es decir, por debajo de 31 °C el asfalto se comporta como un sólido y aunque este sea elástico después de varios esfuerzos finalmente se romperá.

En este estudio utilizamos un aditivo químico base aminas grasas, capaz de evitar que el punto de fusión del asfalto aumente conforme se oxida.

## Programa experimental

En la primera etapa de este estudio, se determinó la importancia que representa el punto de fusión del asfalto en la aparición de fisuras utilizando la técnica de estresar a el asfalto después de ser oxidado mediante las pruebas de RTFO y PAV bajo ciclos repetitivos a una deformación constante de 10%, a una frecuencia de 10 rad/seg y durante un periodo de tiempo determinado.<sup>(3)</sup>

En la segunda etapa se estableció una correlación entre el punto de fusión del asfalto después de las pruebas de oxidación y el grado PG inferior siguiendo las recomendaciones del Asphalt Institute.<sup>(4)</sup>

En la tercera etapa se adicionó a el asfalto un aditivo químico base poliaminas grasas capaz de evitar que aumente el punto de fusión del asfalto con el proceso de oxidación y fue realizada una aplicación en una calle de la ciudad de Guadalajara, Jalisco, México evaluando después de tres años la aparición de fisuras por fatiga.

## Resultados

En la determinación de la importancia que representa el punto de fusión del asfalto, se utilizó una muestra promedio representativa del asfalto que más se utiliza en México, los resultados de los parámetros de control de calidad del mismo son mostrados en la Tabla 1.

**Tabla 1. Evaluación del grado de comportamiento del asfalto AC-20 de Salamanca (PG 64 –16)**

Propiedades reológicas del Asfalto AC-20 de la refinería de Salamanca	Condición de envejecimiento	Resultado AC-20 (Salamanca)	Requisito AASHTO M-320
Punto de inflamación	Sin envejecimiento	275 °C	230 °C, mín.
Viscosidad a 135 °C	Sin envejecimiento	0,492 Pa s	3 KPa, máx.
Módulo de corte dinámico entre ángulo de fase. $G^* / \text{sen } d$ a la temperatura de 64 °C	Sin envejecimiento	1,500 KPa	1,00 KPa, mín.
Pérdida de masa	RTFO	-1.12%	1,00%, máx.
Módulo de corte dinámico entre ángulo de fase $G^* / \text{sen } d$ a la temperatura de 64 °C	RTFO	6,575 KPa	2,20 KPa, mín.
Módulo de corte dinámico por ángulo de fase $G^* \times \text{sen } d$ a la temperatura de 28 °C	PAV	2,328 KPa	5,000 Kpa, máx.
Rigidez en creep "S" a la temperatura de -6 °C	PAV	78 MPa	300 Mpa, máx
Valor m a la temperatura de prueba de -6 °C	PAV	0,333	0,300, mín.

A esta muestra promedio representativa del asfalto AC-20 de la refinería de Salamanca se le determinó el punto de fusión original (antes de sufrir cualquier proceso de oxidación) y después de los procesos de oxidación en RTFO (AASHTO T 240-06) y en PAV (AASHTO R28-06). Los resultados son mostrados en la Figura 4, donde se observa que el punto de fusión del asfalto original es 7 °C y después de las pruebas de oxidación en RTFO y PAV aumenta hasta 33 °C.

La Figura 5 muestra el comportamiento del módulo de corte complejo del asfalto AC-20 de Salamanca después de ser estresado bajo ciclos repetitivos con una deformación constante de 10% y con una frecuencia de 10 rad/seg. Cuando el asfalto está a la temperatura de fusión (33 °C) o por encima de esta (43 °C), el módulo casi permanece constante, en cambio cuando el asfalto está por debajo del punto de fusión (23 °C), el módulo disminuye en un 50% a los 1000 segundos.



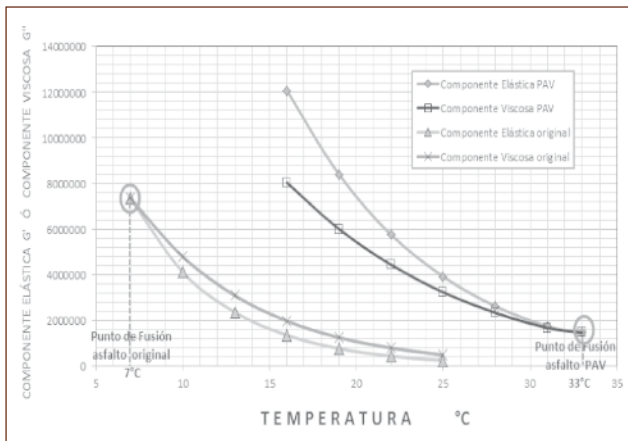


Figura 4. Determinación del punto de fusión del asfalto AC-20 de Salamanca original y después de PAV por medio de las componentes elástica y viscosa.

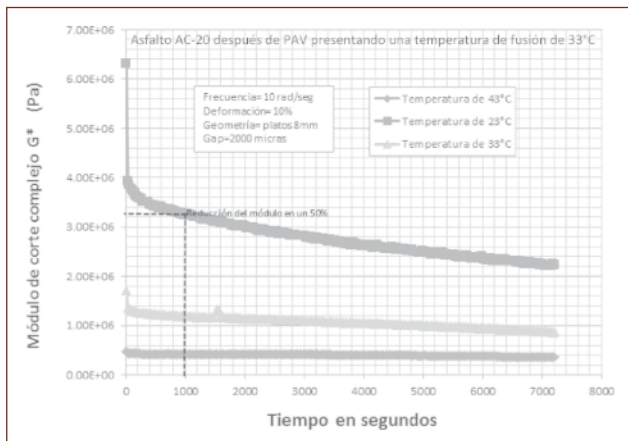


Figura 5. Determinación del punto de fatiga utilizando el método clásico de la disminución del módulo al 50% considerando la temperatura de fusión del mismo.

La Figura 6 muestra una correlación entre el punto de fusión de diferentes muestras de asfalto después de las pruebas de oxidación de RTFO y PAV y el grado PG inferior de los mismos, de tal forma que podríamos cambiar el parámetro de control de la fisuración por fatiga del método Superpave norma AASHTO M-320 "G\*sen  $\delta$ " limitado a 5,000 KPa como máximo, por el parámetro "Ángulo de fase" limitado a 45° (es cuando la componente elástica y viscosa son iguales ó el punto de fusión) a la temperatura del ensayo, es decir, en esta gráfica de la Figura 6 se observa que en los asfaltos PG-28, el ángulo de fase es igual a 45° a la temperatura promedio de 20 °C, en los asfaltos PG-22 el ángulo de fase es igual a 45° a

la temperatura promedio de 25 °C y en los asfaltos PG-16 el ángulo de fase es igual a 45° a la temperatura promedio de 33 °C.

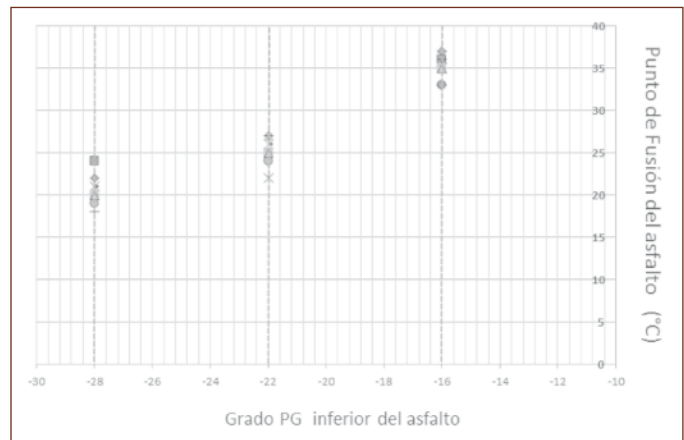


Figura 6. Correlación entre el punto de fusión del asfalto (ángulo de fase igual a 45°) después de PAV y el grado PG inferior del asfalto.

Basándonos en los resultados de este estudio, donde un asfalto será más resistente a la fisuración por fatiga entre más baja sea la temperatura de su punto de fusión después de haber sido oxidado utilizando las pruebas de RTFO y PAV, se desarrolló un aditivo químico base aminas grasas capaz de lograr que el punto de fusión del asfalto aumente solamente 5 grados centígrados después de las pruebas de oxidación, es decir, a esta muestra de asfalto AC-20 de Salamanca con un punto de fusión de 7 °C sin envejecer y después de PAV con un punto de fusión de 33 °C, se le adicionó la amina grasa logrando que el punto de fusión después de la prueba de RTFO y PAV llegará a 13 °C en lugar de los 33 °C, haciendo un asfalto más resistente a los problemas de fisuración por fatiga.

Este asfalto con el aditivo y bajo punto de fusión, fue mezclado con agregado basáltico formando una mezcla asfáltica aplicada en la ciudad de Guadalajara, Jalisco, México, en la calle de Juan Álvarez entre las avenidas Federalismo y Enrique Díaz de León. Esta carpeta de 4 cm de espesor, se aplicó sobre una base con bajo nivel de soporte estructural. Esta carpeta después de 3 años de haber sido aplicada no presenta ninguna fisura debido a la utilización de este aditivo que evitó que el punto de fusión del asfalto aumentara hasta 33 °C después de las pruebas de oxidación, quedando solamente en 13 °C, además

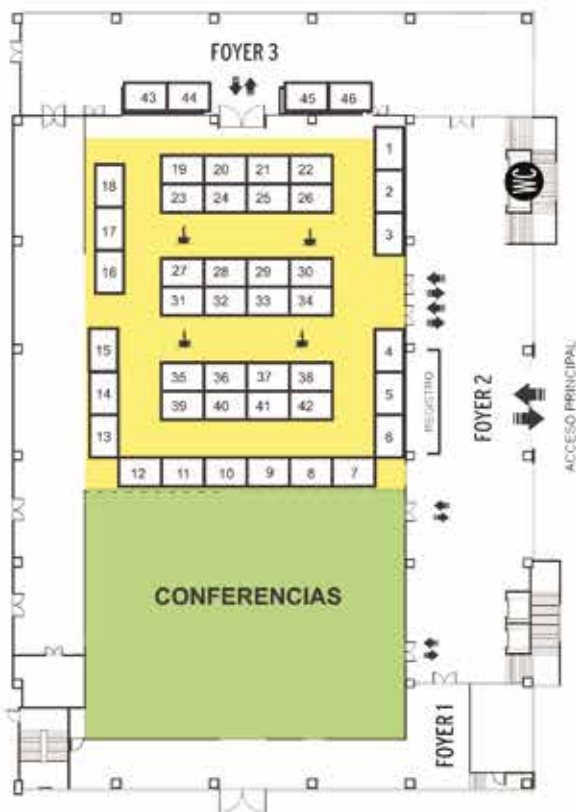


Asociación Mexicana  
del Asfalto, A.C.

# Seminario Internacional del Asfalto

## Nuevas Tecnologías Sustentables en los Pavimentos Asfálticos

Guadalajara, Jalisco  
del 12 al 14 de octubre del 2016



## ExpoAsfalto

**46 stand disponibles** para presentación de productos y servicios relacionados con la industria del asfalto.

La expo estará abierta al público en general el jueves 13 y viernes 14 de octubre.

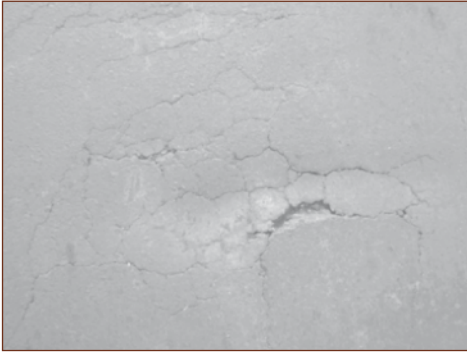
[amaac.org.mx](http://amaac.org.mx)  
**#EligeAsfalto**

 /AMAAC.mx

 @AMAAC\_mx

Informes de espacios publicitarios:  
[admon2@amaac.org.mx](mailto:admon2@amaac.org.mx)





Asfalto AC-20 de Salamanca con un punto de fusión de 33 °C después de PAV.



Asfalto con aditivo con un punto de fusión de 13 °C después de PAV.

Figura 7. Aplicación de una carpeta asfáltica en la ciudad de Guadalajara utilizando un asfalto sin y con aditivo que evita el aumento de la temperatura del punto de fusión.


este aditivo permitió reducir la temperatura de compactación de la mezcla asfáltica de 145 °C a 105 °C ayudando a evitar la oxidación del asfalto en esta etapa. La Figura 7 muestra la calle de Juan Álvarez pavimentada con este asfalto aditivado sin presentar ningún problema de fisura después de 3 años y es comparada con una calle que fue pavimentada al mismo tiempo pero utilizando el asfalto AC-20 de Salamanca sin ningún aditivo presentado graves problemas de fisuración por fatiga.

## Conclusiones

La probabilidad de una fisuración por fatiga de una mezcla asfáltica es mucho mayor si está a una temperatura menor del punto de fusión del asfalto a que si está a una temperatura mayor del punto de fusión del mismo.

El punto de fusión del asfalto aumenta conforme se va oxidando y es por ello que la fisuración por fatiga de la mezcla asfáltica ocurre con asfaltos oxidados o envejecidos.

Es posible disminuir el problema de fisuración por fatiga utilizando aditivos químicos que eviten que aumente el punto de fusión del asfalto debido a la reacción de oxidación del mismo.

Debe de determinarse el punto de fusión del asfalto para determinar la temperatura de prueba de cualquier metodología para evaluar el daño de fisuración por fatiga, considerando que si estas se hacen por debajo del punto de fusión la fatiga se presentará con mayor rapidez. 

## ¿Quieres profundizar?

1. Antecedentes del Diseño y Análisis de Mezclas Asfálticas de Superpave. Instituto del Asfalto de U.S.A.
2. Standard Specification for Performance-Graded Asphalt Binder AASHTO M320-10.
3. H. Soenen, C. De La Roche, P. Redelius. Predict Mix Fatigue Test From Binder Fatigue Properties Measured With DSR.
4. Asphalt Binder Testing. Asphalt Institute. Manual Series no.25 (MS-25).

# Mezclas en frío bajo Protocolo AMAAC Caso de éxito

---

Comité de emulsiones asfálticas, AMAAC  
\* Colaboración especial de Tra Senda Ingeniería

**E**n este documento se presentan los procesos de diseño y construcción de la mezcla asfáltica en frío utilizada para reforzar la estructura existente en la carretera: Guadalajara–Barra de Navidad, tramo: Entronque Acatlán de Juárez–Autlán de Navarro, del km 88+000 al km 100+000, en el Estado de Jalisco, apeándose a las recomendaciones del Protocolo AMAAC de emulsiones asfálticas para mezclas en frío, en donde por los retos que implicó esta obra y la forma en que se superaron, se generó una gran curva de aprendizaje resultando en un excelente caso de estudio. Uno de los puntos sobresalientes fue que se realizó el reproceso de mezcla colocada que presentaba algunas deficiencias y donde se mostró la flexibilidad del uso de las emulsiones asfálticas al poderse fresar, reprocesar y volver a utilizar la mezcla con muy buenos resultados.

Se abordan los problemas que se enfrentaron inicialmente, como segregación de la mezcla durante su tendido, desprendimiento de la película de asfalto en el agregado grueso, desgranamiento y “calavereos” en tramos aislados, por lo que se tuvieron que hacer ajustes en los procesos de producción, almacenamiento, tendido y colocación de la mezcla, en donde también influían condiciones ambientales como lluvia y bajas temperaturas ambiente nocturnas del sitio del proyecto.

Mención específica se hace en los principales aspectos a los que se debe prestar atención en los procesos de diseño y construcción para obtener mezclas asfálticas en frío que satisfagan los requisitos del Protocolo AMAAC y tengan el desempeño esperado de las mezclas diseñadas y construidas con estas recomendaciones.

## Antecedentes

La carretera Guadalajara-Barra de Navidad, tramo Acatlán de Juárez–Autlán de Navarro se encuentra ubicada en el estado de Jalisco. El tramo carretero tiene un ancho de corona de 7,00 m de un carril por sentido, el levantamiento de deterioros muestra daños observados por: pérdida de agregado fino, agrietamiento longitudinal con un nivel de severidad bajo, grietas tipo piel de cocodrilo, grietas por reflexión con bajo nivel de severidad, trabajos de bacheo previos o expuestos y renivelaciones aisladas.

Dentro del programa de conservación periódica, en este tramo carretero se realizaron los trabajos en el período de noviembre 2014 a marzo del 2015 consistentes en “Fresado de 5,0 cm de carpeta de mezcla en caliente existente y

colocación de 5,0 cm de carpeta de mezcla en frío diseñada bajo lo establecido en el Protocolo AMAAC de emulsiones”.

## Tránsito

Se tiene un TDPA = 4,762 vehículos en ambos sentidos y considerando una tasa de crecimiento  $r = 1,0\%$  con horizonte de proyecto de 15 años, se obtienen 3'577,393 ejes equivalentes acumulados, utilizando el método del Instituto de Ingeniería de la UNAM.

## Datos climáticos

El histórico de la temperatura máxima y mínima de las estaciones climáticas cercanas a la ubicación del proyecto se obtuvieron a través de la base de datos: ERIC III (Extractor Rápido de Información Climatológica) el cual facilita la extracción de la información contenida en la base de datos CLICOM, del banco de datos histórico nacional del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA).

Procesando esta información, se obtuvo que las temperaturas más desfavorables por clima son de  $42,9\text{ }^{\circ}\text{C}/-6\text{ }^{\circ}\text{C}$  en el ambiente y  $69,3\text{ }^{\circ}\text{C}/-5\text{ }^{\circ}\text{C}$  en el pavimento.

## Características de los materiales para la mezcla

Se realizó el diseño de carpeta de mezcla en frío bajo el Protocolo AMAAC. Las características evaluadas en los materiales fueron:

*Material pétreo.* Se realizó la evaluación de las propiedades físicas de los materiales pétreos relativas a sus características de: forma, porosidad, dureza, y resistencia de los bancos “Calfina” y “La Vega”. Los tres materiales pétreos cumplieron con los requisitos especificados relativos a la calidad de la fracción gruesa y fina.

*Emulsión asfáltica.* Durante el diseño se evaluaron diferentes formulaciones de emulsiones de rompimiento lento de valor agregado (ECL-65-90-VA). La emulsión seleccionada en el diseño fue aquella que aportó la mejor manejabilidad y cubrimiento a nivel de prediseños, y que logró cumplir con los parámetros de desempeño en resistencia al daño por humedad (TSR) y módulo dinámico en conjunto con la utilización de 0,5% de cemento Portland y aditivo en el agua de premezclado.

## Diseño de la mezcla asfáltica

En la Figura 1 se muestra el diagrama general de diseño.

De acuerdo con el diseño de referencia, la granulometría se definió con la siguiente proporción de materiales: 30% de Grava de  $\frac{3}{4}$ ” del banco Calfina, 30% de Sello de  $\frac{3}{8}$ ” del banco Calfina y 40% de arena triturada del banco La Vega, presentando 45% del material que pasa la malla núm. 4 y 6% que pasa la malla 200.

El contenido óptimo de emulsión fue del 9,9% base peso del agregado, equivalente a un contenido óptimo de asfalto del 5,9% con respecto a la mezcla (6,44% de con respecto al agregado), con el cual se alcanzaron 8,8% de vacíos de aire dentro del rango



Figura 1. Diagrama de proceso del diseño de la mezcla asfáltica en frío.

especificado de 4-10% de vacíos. De acuerdo al peso volumétrico del material de  $1463\text{kg/m}^3$  la dosificación requerida fue de  $140\text{ L/m}^3$  con respecto a la mezcla ( $145\text{ L/m}^3$  con respecto al agregado).

La mezcla compactada a 40 giros para la evaluación del TSR arrojó vacíos promedio del 10,7% y una relación de TSR del 96% satisfaciendo el valor mínimo especificado.

Mientras que el valor de módulo dinámico fue de 2 630 MPa a un nivel de vacíos de 9-10%

## Construcción

Durante la construcción se realizaron diversos ajustes al diseño original, entre los que se tienen:

El uso de diferentes formulaciones de emulsiones y ajustes a las granulometrías, con la finalidad de cumplir los parámetros especificados principalmente de módulos dinámicos y TSR, debido a que se tuvieron variaciones en las granulometrías de los agregados suministrados para la obra.

En la Figura 2, se observa el aspecto de las mezclas de prediseño, realizadas previo a la calibración de la planta y arranque de producción de la mezcla.

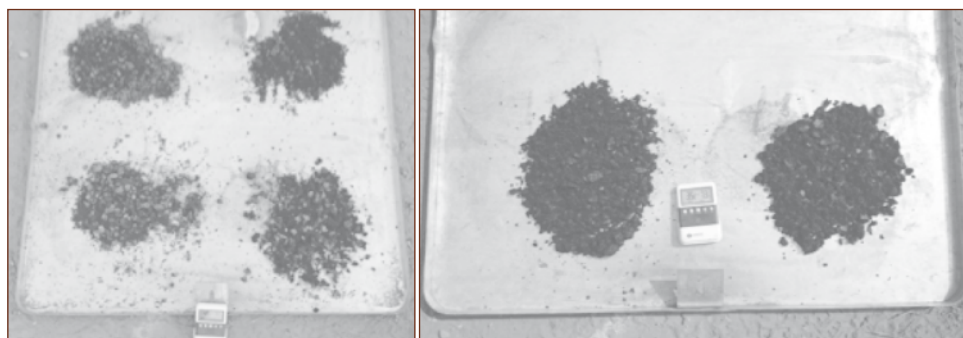


Figura 2. Pre-diseños realizados con la combinación de materiales de obra.

### Producción de la mezcla

La elaboración de la mezcla en frío se realizó durante todo el proyecto en la planta de mezcla Writgen KMA 220 (ver Figura 3), la cual dosifica los agregados pétreos mediante la abertura de las compuertas de las tolvas y posteriormente pasa a una báscula donde dosifica la emulsión, cemento y el agua en base al peso registrado de la mezcla de los agregados. Esta dosificación fue controlada desde la cabina y se fue calibrando de acuerdo a los resultados obtenidos por el laboratorio de control de calidad en obra. Cabe mencionar, que para proveer un mejor cubrimiento a la mezcla, se le dio un tiempo de entre 4 y 6 segundos de mezclado a la combinación agregados pétreos y emulsión/agua/cemento.

### Tendido y compactación de la mezcla

La mezcla producida se almacenó en cono hasta que la humedad disminuyó a un 4% total, lo cual se logró dos días después de su producción. Posteriormente la mezcla fue trasladada y tendida utilizando una finisher, como se observa en la Figura 4. La colocación se realizó sobre la superficie fresada previamente y después



Figura 3. Planta mezcladora utilizada para la elaboración de la carpeta de mezcla en frío.

de la aplicación de un riego de liga con emulsión catiónica de rompimiento rápido denominada “ECR65-90” a una dosificación de 0,6 L/m<sup>2</sup> y temperatura de 60 °C.

En el proceso de compactación, inicialmente se utilizó un rodillo metálico en forma estática, sin em-

bargo se provocaba desplazamiento de la carpeta, por lo que se usó solo en la junta longitudinal y el resto del tramo aplicado se compactó con neumático.

La mezcla del tramo de prueba aplicada en el km 99+950 al 99+850 presentó problemas de desgranamiento, y segregación.



Figura 4. Tendido y compactación de la mezcla de prueba.

### Ajustes realizados durante la ejecución de la obra

Con la finalidad de conjuntar las variantes más importantes de la obra, se definieron dos etapas de construcción.

La primera etapa corresponde a la mezcla producida y tendida del km 100 al kilómetro 93 y la segunda etapa identificada abarca del km 93 al km 88.

### Primera etapa

En la aplicación de la carpeta de mezcla en frío que denominaremos como primera etapa, entre los kilómetros del 99+950 al 93+709 del lado izquierdo y 93+399 del lado derecho, en general se tuvieron problemas de segregación de la mezcla durante su tendido, desprendimiento de la película de asfalto en el agregado grueso, desgranamiento y calaveros en tramos aislados (ver Figura 5).



Figura 5. Desgranamientos y calavereos en zonas aisladas en la primera fase del proyecto.

En la compactación de estos kilómetros iniciales se utilizó rodillo liso en las juntas y en algunos tramos dos pasadas del compactador en modo estático. La compactación en general de la carpeta se realizó utilizando un neumático.

En el inicio de la obra la mezcla se almacenó en cono durante dos a tres días antes de su tendido y en la etapa final de estos kilómetros se almacenó durante un día y después de su tendido en la obra se le dio un tiempo de reposo de media a dos horas antes de empezar el proceso de compactación. Esto con la finalidad de reducir el contenido de humedad presente en la mezcla y de esta forma minimizar desplazamientos de la mezcla durante su compactación.

El desgranamiento en el tramo aplicado se presentó principalmente durante la primera noche después del tendido de la mezcla y fue disminuyendo sustancialmente conforme los días y la compactación del tráfico avanzaba. Durante la noche se presentaba

un descenso importante de temperatura, con formación de neblina y rocío.

De los kilómetros aplicados en la primera fase del proyecto, del km 93+700 al 92+726 carril derecho y del km 93+700 al 92+859, se detectó la necesidad de fresar y recuperar la mezcla asfáltica para reprocessarla debido a que la carpeta presentaba problemas de desgranamiento severo y “calavereo” (Figura 6).

La mezcla recuperada de este tramo fue analizada en su contenido de asfalto y granulometría (Tabla 1). También se analizó el contenido de asfalto y granulometría de la mezcla almacenada en obra. Los análisis mostraron que tanto la mezcla almacenada como la mezcla fresada presentaban un bajo contenido de asfalto, por lo que fueron reprocessadas mediante la adición de emulsión asfáltica en la segunda etapa del proyecto que se describe más adelante.





Figura 6. Tramo recuperado de mezcla en frío (km 93+700 al 92+726 carril derecho).

Se realizó una visita a la obra por parte del Comité de Emulsiones de la AMAAC y se acordaron las siguientes variantes a la aplicación de la mezcla en frío para mejorar la aplicación:

- a) Con el objetivo de disminuir o eventualmente eliminar los problemas de desgranamiento y reducir problemas de segregación, se acordó producir con una granulometría más fina, buscando un porcentaje de material que pasa la malla núm. 4 mayor al 60%, lo cual se logró con una combinación de 60% de arena del banco La Vega de 3/16" y 40% de grava de 3/4" del banco Calfina.
- b) Se propuso subir el contenido de cemento Portland del 1,0% al 1,5% base peso del agregado. Es importante mencionar que si bien el cemento Portland ayuda a mejorar la resistencia de la mezcla, también interviene por su interacción química con la emulsión asfáltica en los tiempos de mezclado, cubrimiento y tiempos de fraguado.
- c) Se consideró realizar a nivel laboratorio una prueba premezclando primero la fracción gruesa para posteriormente mezclarla con la fracción fina y el resto de emulsión. Se pretendía usar una emulsión media o rápida para la fracción gruesa considerando incluso una formulación diferente a la que se usaría con la fracción fina.
- d) Esto tenía como objetivo trabajar con las cargas químicas de los dos agregados de diferente origen y evitar que la emulsión siguiera orientándose en su mayor parte a la fracción fina (de mayor

área superficial) descubriendo los gruesos del material pétreo.

- e) Considerando que los agregados utilizados provienen de diferente origen como una posible afectación al cubrimiento y desprendimiento de la película de asfalto de los agregados gruesos, se propuso realizar una prueba usando grava y la arena del banco La Vega.
- f) Se acordó que se haría un tramo de prueba en obra de cada variante de una longitud de 800 m.

A nivel laboratorio los resultados fueron los siguientes:

- Con respecto al punto c), los prediseños mostraron que el uso de una emulsión de premezclado para la fracción gruesa y luego la incorporación de la fracción fina con la adición de emulsión, no mejoraba el cubrimiento del material. Sin embargo el uso de aditivo en el agua de premezclado permitía obtener un mejor cubrimiento del material grueso y mejoraba la manejabilidad de las mezclas.
- Con respecto al punto d), se realizaron a nivel laboratorio los diseños de la mezcla considerando el uso de material pétreo únicamente del banco La Vega y la combinación de materiales pétreos Calfina con La Vega. Se evaluaron además dos diferentes emulsiones asfálticas para seleccionar la formulación con la que se arrancarían la segunda etapa del proyecto. En todos los diseños se incluyó el aditivo en el agua de

Más de 35 años siendo líderes en la innovación, desarrollo y aplicación de productos especializados para el mercado del asfalto.

El personal técnico de nuestro laboratorio está certificado para asesorarte y darte una solución integral en tus proyectos.

# QuimiKao

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



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

ventas@quimikao.com.mx

www.quimikao.com.mx



Distribuidores de



www.quimicaboss.com.mx

Tel: 01(33)3684-0505

asfaltos@quimicaboss.com.mx

POLÍMEROS MODIFICADORES DE ASFALTO

TERPOLÍMERO DE ETILENO  
Lotader AX - 8900  
Asfalto Modificado

BUTONAL NX-4190  
BUTONAL NX-1129

APLICACIÓN  
EMULSION  
Modificada y mezcla en caliente

Polímero SBR.

!Una solución  
Confiable!



UDLAP | Consultores

## LABORATORIO MEZCLAS ASFÁLTICAS LMA

### LABORATORIO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS:

Laboratorio certificado y especializado en pavimentos, equipado con tecnología de punta, para responder a las necesidades de infraestructura del país.

Como laboratorio en agregados pétreos y mezclas asfálticas; contamos con el reconocimiento IMT-AMAAC, cumpliendo con el nivel II, III y IV del protocolo AMAAC.

### Nuestros servicios:

- Evaluación de calidad en agregados pétreos
- Evaluación de desempeño de mezclas asfálticas
- Diseño de pavimentos
- Diseño de mezclas Asfálticas en caliente:  
a. Protocolo AMAAC (Nivel 4)



Informes: udlap.consultores@udlap.mx - www.udlap.mx/consultores/ - Tel. (222) 229 27 01 - 229 22 56  
@udlapconsultores @UDLAPConsult LinkedIn/udlapconsultores/

UNIVERSIDAD DE LAS AMÉRICAS PUEBLA

premezclado a una concentración de 0,5% base peso del agua. En la Tabla 2 se presenta el resumen de resultados obtenidos en estos diseños.

- Para establecer la factibilidad técnica de recuperar la mezcla en frío en el tramo del km 93+700 al km 92+760 carril derecho y del km 93+700 al 92+850 carril izquierdo a un ancho de 3,4 m, se evaluó una mezcla de este material con mezcla almacenada en obra. De acuerdo a los resultados obtenidos la mezcla con la adición de 3,0% de emulsión y 3,0% de agua de premezclado aditivada cumplió con el módulo dinámico.

En todos los casos las mezclas a nivel laboratorio no cumplieron con el valor de tensión indirecta requerido en el diseño. Es importante hacer notar que en todos los especímenes de TSR los vacíos de aire fueron superiores a los rangos especificados en el protocolo del 4-10%. Esto se debe a que con la presencia de humedad en la mezcla durante la compactación cercana al 2,0 % (que representa una pérdida del 80% de la humedad total) y a los giros de diseño (40) no se logra densificar la mezcla al rango establecido.

Todas las mezclas evaluadas cumplieron con el módulo dinámico (Figura 7).

Es importante señalar que los vacíos de los módulos dinámicos difieren de los vacíos del TSR dado que estos especímenes se compactan por altura de acuerdo al método de determinación de módulos dinámicos y no por giros como el TSR.

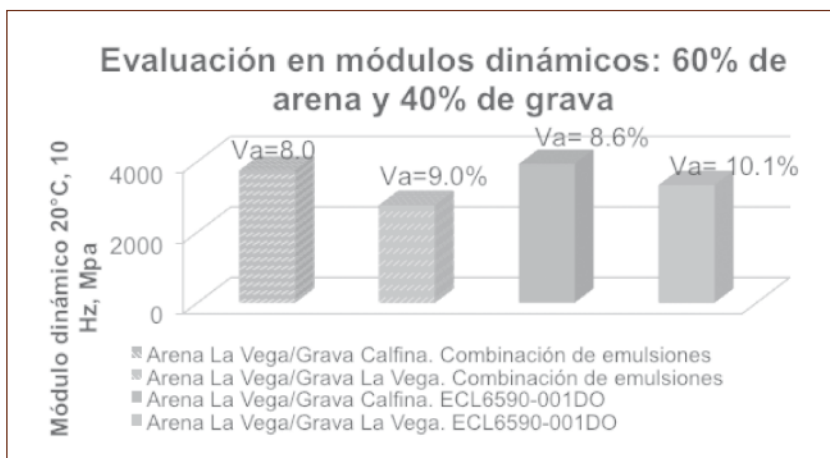


Figura 7. Evaluación a nivel laboratorio de Módulos Dinámicos con diferentes combinaciones de agregados y emulsiones asfálticas.

## Segunda etapa

Se denominó segunda etapa del proyecto cuando se realizó el cambio de granulometría de los materiales pétreos obteniendo una curva granulométrica más fina. Considerando en general el uso de 60% de arena del banco La Vega y 40% de grava del banco Calfina. Dicha mezcla se empezó a aplicar en el km 93.

Considerando los ajustes mencionados anteriormente, se realizaron prediseños verificando los datos obtenidos de dosificaciones en los diseños realizados en el Laboratorio Central. También se evaluaron prediseños con combinaciones de emulsiones, con dosificaciones que variaban entre 8,3% hasta el 10% con diferentes emulsiones y agua de premezclado con y sin aditivos.

De acuerdo con los resultados obtenidos en los prediseños y diseños realizados, la segunda etapa del proyecto se inició con las siguientes modificaciones:

1. Combinación de 60% de arena del banco La Vega y 40% de grava del banco Calfina.
2. Uso de agua de pre-mezclado aditivada al 0,5% con aditivo.
3. Dosificación de cemento de 1,5%.
4. Suministro de la emulsión combinada. Dosificación de emulsión a utilizar del 10,0% base peso del agregado que equivale a un residuo de 6,0% de asfalto (9% de emulsión base peso de la mezcla o 5,4% de contenido de asfalto).

De acuerdo con el peso volumétrico obtenido con la combinación de materiales pétreos de  $1\,620\text{kg/m}^3$ , la dosificación de emulsión que se buscaría sería de  $165\text{L/m}^3$  base peso del agregado ( $150\text{L/m}^3$  base peso de la mezcla).

### **Granulometría de los agregados**

Se inició esta etapa utilizando agregado grueso del banco Calfina y arena del banco La Vega en una proporción aproximada de 40% y 60% respectivamente, obteniéndose una granulometría con 63% de material pasando la malla núm. 4 y 4% pasando la malla núm. 200.

También se realizaron prediseños con la mezcla recuperada y almacenada, tratando de ajustar la granulometría con el aporte de un 20% de arena del banco La Vega, dando los mejores resultados con la siguiente dosificación:

Mezcla: 80% recargue con 20% arena, 4% de agua aditivada, 4% de emulsión combinada y 0,5% de cemento Portland.

### **Producción de mezcla**

A partir de esta etapa, cada producción fue almacenada en cono en las instalaciones de la planta de mezclado. Cada cono de almacenamiento fue denominado con un número consecutivo (mezclas denominadas de la 1 a la 20).

Dentro del control rutinario se registró en cada mezcla: la fecha de producción, la combinación de materiales pétreos utilizada, las dosificaciones objetivo introducidas a la computadora de la planta estabilizadora, los resultados obtenidos por el laboratorio de control de calidad en cuanto al contenido

de asfalto, humedad de premezclado, humedad en la compactación, fecha y cadenamamiento del tendido de las mezclas.

Cabe mencionar que durante los trabajos de calibración y mezclado de las producciones iniciales, no se pudieron estabilizar las producciones, ya que el flujo de la emulsión fue inconsistente, por lo cual las producciones se debieron ajustar varias ocasiones. En etapas posteriores también se presentaron problemas con la bomba de alimentación de la emulsión y problemas por taponamiento en la descarga de algunas emulsiones, por lo que algunas mezclas también fueron re-ajustadas.

### **Compactación de la mezcla**

Se colocaron los almacenes de la mezcla 1 a la 4. Las mezclas presentaban un contenido de humedad del 6,5 al 6,9% al momento de su traslado de la planta al tramo. La mezcla fue tendida con la finisher y se le dio un tiempo de reposo una hora hasta alcanzar una humedad total en la mezcla del 4,5-4,9%.

Con estas mezclas se evaluaron tres diferentes procesos de compactación. De los diferentes procesos de compactación evaluados, solo el tramo número 3 no presentó problemas de agrietamiento en la mezcla al empezar con el proceso de compactación.

Al día siguiente de la aplicación, se verificó de forma visual la compactación de la capa tendida, observándose que la mayor compactación se logró en las zonas de roderas quedando el centro y las orillas más suelto, así como desgranamientos superficiales del material fino en una proporción relativamente baja. En este mismo día se presentó lluvia en el tramo y con esta se presentaron algunos calavereos en zonas muy localizadas.

En el resto de la obra, el patrón de compactación fue realizado de acuerdo al proceso seguido en el tramo 3, es decir, una pasada del compactador metálico de ocho toneladas y cierre con el compactador neumático.

A partir de esta etapa la mezcla después de su tendido se dejó reposar por un periodo de treinta minutos a dos horas para permitir que estando expuesta en una mayor área continuara el proceso de evaporación de agua. Después de este periodo se da una pasada con el compactador metálico y posteriormente se cierra con el neumático en un proceso de pasadas continuo hasta finalizar la jornada laboral (Figura 8).



*Tendido de carpeta.*



*Compactación de carpeta y tramo recién compactado.*



*Tramo después de 24 h de colocado.*

*Figura 8. Proceso de tendido y compactación, segunda etapa del proyecto.*

### **Ajuste realizado en tipo de residuo asfáltico de la emulsión**

Los primeros tramos de mezcla en frío aplicados en la segunda etapa del proyecto presentaron problemas de desgranamiento menor durante la primera noche después de su aplicación, problema que disminuía sustancialmente al siguiente día.

Considerando que el tramo durante la noche estaba expuesto al rocío y que la mezcla probablemente todavía no expulsara completamente la humedad durante la primera noche. Se realizó a nivel laboratorio un diseño de mezcla utilizando una emulsión asfáltica que consideraba el uso de asfalto aditivado, dicho aditivo adicionado al asfalto incrementa la penetración y ductilidad del material y genera mayor adherencia del asfalto con el material pétreo aportando mayor cohesión.

Los resultados mostraron que con una combinación de 60% de arena del banco La Vega y 40%

de grava del banco Calfina, utilizando el 1,5% de cemento Portland, y agua de premezclado aditivada, con 8,5% de emulsión asfáltica (5,1% de contenido de asfalto) se cumplió con la tensión indirecta con un valor de 85% y el módulo dinámico a un promedio de vacíos del 8,6% fue de 3 047 MPa cumpliendo con el valor mínimo de 2 500 MPa a 20 °C, 10 HZ.

Dado que los resultados fueron satisfactorios a nivel laboratorio, se produjo la mezcla con la nueva formulación de emulsión.

### **Desempeño de la mezcla después de un año de la aplicación**

Hasta la fecha, febrero de 2016, después de aproximadamente un año de haberse realizado la aplicación, el desempeño de la mezcla ha sido satisfactorio, como se muestra en la Figura 9.



Figura 9. Vista del tramo carretero en febrero de 2016.

### **Conclusiones y acciones por realizar**

- Se detecta la necesidad de revisar en el protocolo, los rangos de vacíos (actualmente especificados del 4 al 10%), la energía de compactación (actualmente especificada a 40 giros) y los lineamientos de humedad requerida para compactar; así como

establecer el rango de vacíos que se obtienen en campo en una mezcla en frío en los primeros días de su aplicación y su evolución en el tiempo. Los resultados de laboratorio presentan diferencias importantes entre los vacíos obtenidos por medio de la compactación a 40 giros para los especímenes de TSR y los vacíos alcanzados en los

módulos dinámicos en donde se compacta por altura. Sin embargo lo más importante será replicar los vacíos obtenidos en campo.

De acuerdo con la evaluación realizada, los vacíos en campo considerando diferentes patrones de compactación, diferentes granulometrías, contenidos de asfalto y emulsiones, oscilaron en un rango de 8.6 a 17.6%. Con valores medios entre 12 a 14.4%.

- Se recomienda revisar en el protocolo el método para la determinación de los vacíos de aire. Podría considerarse que los datos más representativos de vacíos de aire en las mezclas en frío son obtenidos del método AASHTO T275, ya que los vacíos en los diferentes especímenes de mezcla en frío fueron mayores al 8% y a este nivel de vacíos potencialmente los vacíos están interconectados provocando que la medición de peso de la condición saturado superficialmente seco de los especímenes (SSD) sea errónea debido al drenaje del agua que se presenta cuando el espécimen es retirado del baño de agua. Sin embargo debido a la dispersión de datos reportados en esta prueba se sugiere evaluar otros métodos como el AASHTO TP69.
- Los resultados en general muestran que los mayores módulos dinámicos se obtienen con un tipo de emulsión y con las mezclas premezcladas; por lo que se recomienda realizar un estudio a nivel laboratorio para establecer si estas condiciones mejoran los valores de módulo, dado que los datos experimentales de campo no pueden ser concluyentes por el número de evaluaciones realizadas y por la influencia que ejercen otras variables que se presentaron en el proyecto (como granulometría, contenido de asfalto y vacíos de aire).
- Con respecto al uso de emulsiones con asfalto blando, el comportamiento arrojado en esta eva-

luación muestra que disminuye el módulo dinámico, pero mejora la relación de tensión indirecta. Se recomienda en pruebas posteriores revisar su efecto para retardar el agrietamiento y su efecto en el envejecimiento del asfalto.

- De acuerdo a los resultados obtenidos en el Módulo dinámico se sugiere revisar la especificación del módulo dinámico mínimo de 2,500 MPa de valor inicial y revisar el rango de vacíos especificados en el Protocolo AMAAC. De acuerdo a esta mezcla particular el valor estadístico confiable para cumplir sería cercano a los 2,000 MPa y los vacíos reales obtenidos de obra se encuentran por arriba del 10% máximo permitido en el Protocolo AMAAC. O bien hacer un ajuste al procedimiento de prueba considerando que el valor del módulo dinámico de las mezclas con emulsión se incrementa con el tiempo.
- En el seguimiento del tramo será importante medir su capacidad estructural a través del tiempo. El proyecto particular presenta ESAL's a 10 años cercanos a los 3 millones, condición que puede aportar buena información con respecto al desempeño de las mezclas en frío. Sin embargo se requiere considerar el estado estructural de las otras capas existentes que muestran deterioros importantes como factor crítico para la durabilidad de este tramo.
- Durante la ejecución de la obra fue evidente que las mezclas en frío, como cualquier tipo de mezcla, requieren un control de calidad estricto y que desviaciones a las tolerancias permisibles en las variables como contenido de asfalto, granulometría, humedad de compactación se ven reflejadas de forma inmediata en el desempeño y durabilidad de la mezcla.
- Se juzga conveniente incluir en el protocolo la consideración de proteger estas capas con algún tratamiento superficial como riego de sello. 🍷



Asociación Mexicana  
del Asfalto, A.C.

¡GRACIAS!

Ya somos más de

2000



/AMAAC.mx



# Mezclas asfálticas en caliente: el caso por la sostenibilidad

---

## 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 que viable a la hora de buscar el desarrollo sostenible de la infraestructura de transporte. El asfalto en caliente cuenta con un largo historial de producir pavimentos muy duraderos. A fin de cuentas, la construcción de pavimentos lisos, duraderos, poco ruidosos y que precisen poco mantenimiento representa un papel muy importante en el desarrollo real y sostenible. La conexión cognitiva entre la mezcla en caliente, el medio ambiente y la sostenibilidad tiende a realzar cuestiones relacionadas con la temperatura, tales como las emisiones de CO<sub>2</sub> y el uso de energía. La producción y el tendido del asfalto en caliente requieren normalmente que los materiales se calienten a temperaturas de 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 del transporte, el asfalto en caliente ofrece una importante solución responsable medioambiental.

## Beneficios ecológicos de las mezclas en caliente

### *Rendimiento*

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 los embottellamientos de forma importante, con la





consiguiente reducción en el consumo de combustible, emisiones de gases de escape y horas de viaje.

El asfalto moderno es cien por ciento reciclable y la práctica de reciclar el asfalto es conocida y 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.

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**

Las mezclas en caliente son un material de pavimentación muy duradero que puede diseñarse para 40 años, o más, con un mínimo de 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 útil de la vialidad, pueden ser bastante menores a lo largo de dicho período que los generados por métodos alternativos de pavimentación que tienen que reemplazarse.

Los asfaltos modificados, mejoran los atributos de rendimiento del asfalto en caliente añadiendo aún más versatilidad a través de todas las aplicaciones, categorías de tránsito y condiciones medioambientales.

## **Versatilidad**

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



Asociación Mexicana  
del Asfalto, A.C.

# ¿Te gustaría formar parte de AMAAC?

## Inscríbete como socio ...

### Beneficios para Personas Morales e Institucionales

1. Link en la página WEB de AMAAC a la de tu empresa
2. Podrás inscribir, sin costo, a una persona a dos cursos o seminarios impartidos por AMAAC, aplica por un año (no es acumulable)
3. Suscripción sin costo a la revista Asfáltica
4. Cuotas especiales en la compra de publicaciones técnicas
5. Cuotas especiales en los eventos organizados por AMAAC
6. Asesoría Técnica
7. Bolsa de trabajo

---

### Beneficios para Personas Físicas

1. Link en la página WEB de AMAAC a tu dirección de correo electrónico
2. Podrás inscribirte, sin costo, a un curso o seminario impartidos por AMAAC, aplica por un año (no es acumulable)
3. Suscripción sin costo a la revista Asfáltica
4. Cuotas especiales en la compra de publicaciones técnicas
5. Cuotas especiales en los eventos organizados por AMAAC
6. Asesoría Técnica
7. Bolsa de trabajo

## Informes:

Camino a Sta. Teresa 187, Tlalpan 14010, Ciudad de México.

Tel: (55) 5606 7962

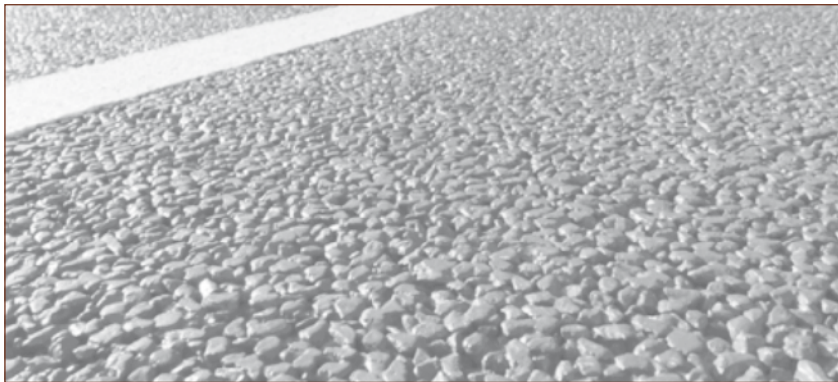
Correo: [administracion@amaac.org.mx](mailto:administracion@amaac.org.mx)

[amaac.org.mx](http://amaac.org.mx)


- Los materiales porosos y de textura negativa reducen la contaminación acústica y ofrecen superficies más lisas de circulación, reduciendo la resistencia a la rodadura con la reducción consiguiente en el uso del combustible y en las emisiones de gases de escape por kilómetro.
- Los ligantes de mezcla 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 pulido, lo que ayuda a conservar el uso de materiales pétreos y fomenta la reutilización de materiales.

El uso del asfalto en caliente en la ingeniería vial está bien establecido. El desarrollo de mezcla templada (WMA, Warm Mix Asphalt) consiste en una tecnología basada en los principios fundamentales del asfalto 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 templadas 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 caliente 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.

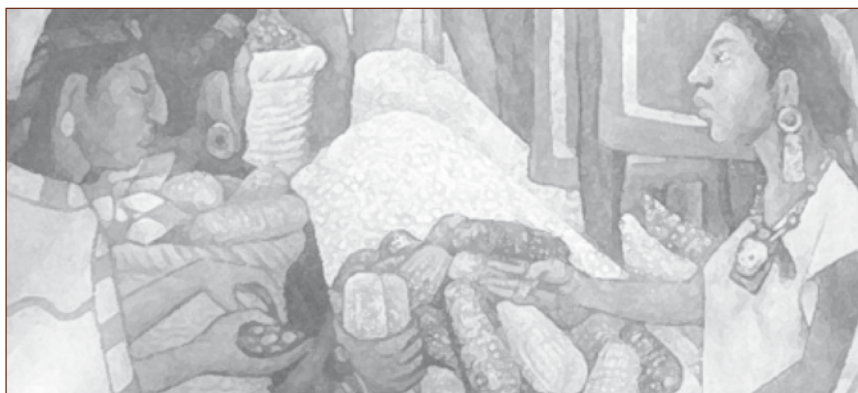


## Conclusión

La reducción en el uso de energía y en las emisiones de CO<sub>2</sub> 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 en caliente 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. 

# El arte de la negociación

**E**l ser humano es negociador por necesidad. Podemos definir a la negociación como un procedimiento en el cual dos partes de un conflicto intercambian opiniones sobre el mismo y se formulan mutuamente propuestas de solución. La negociación nace desde el momento en que los seres humanos pedimos del otro algo que no tenemos, y éste nos pide también algo a cambio. En tal sentido, la negociación es parte importante de las relaciones humanas.



## ¿Por qué negociar?

Toda negociación es un intento de satisfacer las necesidades humanas. Estas necesidades pueden materializarse en el deseo de un empleo nuevo, de un aumento de sueldo, de un contrato, de un matrimonio o un divorcio, etcétera, pero en el fondo, todos estos actos implican el deseo de llenar o colmar una insatisfacción.

La característica principal de la negociación es que, así como nosotros

tenemos necesidades que buscamos legítimamente satisfacer, el otro también tiene necesidades que llenar, lo que lo hace actuar de determinada manera. El patrón que nos niega el aumento que pedimos, el banco que nos retrasa la obtención de un crédito, la empresa que nos retrasa nuestro pago, son personas que, como nosotros, tienen necesidades, lo reconozcamos o no.

Esto nos lleva a plantear que al negociar podemos asumir dos posturas básicas:

1. Centrarnos en nuestros objetivos y necesidades, luchar por satisfacerlos sin contemplar las necesidades del otro.
2. Tener claras nuestras necesidades y el modo en que consideramos podemos satisfacerlas; pero también reconocer en el otro una persona que busca, con tanto derecho como nosotros, la protección de su interés.

Sobre la base de todo esto, creemos que la base de la negociación es el entendimiento de las necesidades y posiciones:

- **Necesidad.** Es aquello que consideramos debe satisfacerse para estar bien con los demás y con nosotros mismos. Por ejemplo, en un asunto laboral podemos fijar nuestras necesidades salariales en \$10,000 mensuales, atendiendo a nuestros gastos de comida, vestido, renta, luz, escuela, etcétera, y evidentemente no podemos aceptar un salario menor sin

menoscabar nuestro nivel de vida y nuestra percepción de lo que merecemos.

- **Posición.** Es lo que queremos que el otro vea, la postura que guardamos al inicio de la negociación. Esto es muy claro, por ejemplo, en la compraventa de automóviles. Puedo pedir por mi vehículo \$50,000, como posición, pero puedo llegar a los \$40,000, pues mi necesidad se cubre con tal cantidad. También lo vemos comúnmente en materia de pensiones alimenticias, cuando se discute un convenio de divorcio voluntario, y se pide por concepto de pensión, por ejemplo, \$8,000 mensuales, para después llegar al acuerdo de que sean \$6,000, sobre la base de las necesidades de quien debe recibirlos y las posibilidades de quien debe darlos.

La posición es clara; suele mostrarse desde un inicio, pero no podemos suponer que siempre hay una identificación entre la posición y el interés. El punto final positivo de una negociación es el acuerdo, entendido como una conformidad de voluntades. El acuerdo es entonces el “sí” de los negociadores, y es el objetivo común de toda negociación.

Cuando entramos a negociar, solemos centrarnos en nuestra visión, y queremos que sean nuestras propuestas las que se tomen como acuerdo. Esto es buscar un acuerdo de suma cero. La suma cero se da cuando uno gana lo que el otro pierde. Uno exige, el otro acepta y se rinde.

Pero también puede obtenerse un acuerdo de suma positiva. Ésta se presenta cuando hay ganancias para ambas partes, cuando las partes de la negociación se hacen “mutuas concesiones” y saldan su problema sin el sacrificio de una, sino con la colaboración de todos.

El estímulo que nos mantiene en una negociación es obtener un resultado benéfico. Pero como este estímulo también opera en el otro, entonces sólo pueden concordar los ánimos buscando un resultado benéfico para ambas par-

tes. Esta búsqueda de una solución positiva constituye el éxito de la negociación donde todos colaboran, en vez de prepararnos para una batalla, evaluar la situación con inteligencia, conociendo las necesidades y objetivos propios y mutuos, tratando de encontrar una solución que favorezca a las dos partes.

Debemos estar conscientes que la negociación no es más que un proceso de conseguir algo. No sirve de nada realizar una negociación donde despedazamos al otro, obtuvimos un acuerdo donde se cede a todo lo que queremos, pero que al final de cuentas no se cumple. Si no se trata de un acuerdo ajustado a las necesidades y posibilidades reales, no se cumplirá y, en tal caso, la negociación que parecería exitosa, fracasa.

### Preparación de la negociación

El camino de la negociación nunca es igual en cada situación. Algunas veces pueden lograrse acuerdos cooperativos con facilidad, mientras que otros parecen llegar al punto del desastre o un impasse cuando las personas están en una negociación. Por tanto, no existe una sola forma “correcta” de negociar. Un buen negociador debe contar con destrezas abundantes, aunque sea difícil determinar cuál es la más apropiada para un caso o una situación en particular.

Antes de entrar a cualquier negociación, es necesario que se prepare con anticipación:

- ¿Cuál es el objetivo principal de la negociación?
- ¿Quiénes son las personas que participarán?
- ¿Qué tanto conozco a la contra parte?
- ¿Cómo se iniciará la sesión?
- ¿Quién hablará primero?
- ¿Qué preguntas realizará cada quién?
- ¿Cuáles son las áreas de acuerdo y de conflicto?
- ¿Cuáles son los intereses de cada parte y sus posiciones?
- ¿Cuál será la posición de la otra parte?
- ¿Cuáles serán las tentativas de acuerdos y sus posibilidades?
- ¿Qué solución podría ser satisfactoria para ambas partes?

Estos son los elementos que se recomiendan para una buena planeación de la negociación:

1. Planear la estrategia a seguir. Esto implica determinar varios factores que a veces dejamos a la deriva, pero que son de gran importancia.
2. El lugar donde se desarrolla la reunión. No es lo mismo negociar en el despacho propio que en el de otro abogado. Una idea común es reunirse en lugares públicos y/o neutrales.





# Personal Certificado en Diseño de Mezclas Asfálticas de Alto Desempeño Nivel I y II

Asociación Mexicana  
del Asfalto, A.C.

	INSTITUCIÓN	NOMBRE
1	CONCOC, S.A. DE C.V.	DENIS ARTURO MELÉNDEZ LÓPEZ
2	CONSTRUCCIONES E INGENIERÍA ESPECIALIZADA DEL NORTE, S.A. DE C.V.	JUAN FRANCISCO OLGUÍN QUIÑONES
3	CONSTRUCCIONES E INGENIERÍA ESPECIALIZADA DEL NORTE, S.A. DE C.V.	ALFREDO GONZÁLEZ GAYTÁN
4	CONSTRUCTORA Y PAVIMENTADORA VISE, S.A. DE C.V.	NÉSTOR DANIEL GARCÍA RÍOS
5	DESARROLLO DE INFRAESTRUCTURA VIAL, S.A. DE C.V.	RENÉ OCTAVIO DÍAZ PERERA
6	DIANA BERENICE LÓPEZ VALDÉS	DIANA BERENICE LÓPEZ VALDÉS
7	FILIBERTO LÓPEZ VALDEZ	VÍCTOR ANDRÉS VALENCIA AMADOR
8	GEO GRUPO DEL CENTRO, S.A. DE C.V.	J. NATIVIDAD RODRÍGUEZ VILLALPANDO
9	INSTITUTO MEXICANO DEL TRANSPORTE	HORACIO DELGADO ALAMILLA
10	INGENIERÍA GEOTECNICA DEL NORTE, S.A. DE C.V.	MARTÍN SAÚL TORRES ÁLVAREZ
11	ININME MACUSPANA, S.A. DE C.V.	MIGUEL ÁNGEL REYES RODRÍGUEZ
12	INNOVA PAVIMENTOS DE MÉXICO, S.A. DE C.V.	ANA LAURA GRESSI JURADO
13	INNOVA PAVIMENTOS DE MÉXICO, S.A. DE C.V.	RICARDO LUCIANO VARGAS
14	LASFALTO, S. DE R.L. DE C.V.	CARMELO ENRIQUE VILLA HUERTA
15	LESPI, S.A. DE C.V.	ALBERTO SENDAY BEJARANO
16	MANUEL SIERRA LUCES	MANUEL SIERRA LUCES
17	MOTA-ENGIL MÉXICO, S.A. DE C.V.	JOSÉ MARÍA ZAMORA SANTANA
18	P.A.C.C.S.A. INGENIERÍA, S.A. DE C.V.	JOSÉ MANUEL MORALES TORRES
19	P.A.C.C.S.A. INGENIERÍA, S.A. DE C.V.	CARLOS ALBERTO JIMÉNEZ GARCÍA
20	PROYECTOS ASESORÍA Y CONTROL DE OBRAS CIVILES, S.A. DE C.V.	SERGIO SERMENT MORENO
21	PROYECTOS ASESORÍA Y CONTROL DE OBRAS CIVILES, S.A. DE C.V.	FERNANDO GABRIEL CABRIALES FERNÁNDEZ
22	QUIMI KAO, S.A. DE C.V.	LUIS ENRIQUE RAMÍREZ SOTO
23	QUIMI KAO, S.A. DE C.V.	RAÚL TERÁN OROZCO
24	ROCHER INGENIERÍA, S.A. DE C.V.	MARÍA DE JESÚS BUCIO GÓMEZ
25	SERVICIOS DE CONSULTORÍA EN INFRAESTRUCTURA VIAL, S.A. DE C.V.	JOSÉ LUIS DUEÑEZ SILVESTRE
26	SERVICIOS DE CONSULTORÍA EN INFRAESTRUCTURA VIAL, S.A. DE C.V.	MARCO ANTONIO SUMANO IBARRA
27	TRITURADOS, ASFALTOS Y ADMINISTRACIÓN, S.A. DE C.V.	FERNANDO SOTO HERNÁNDEZ
28	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO	NOÉ ABIMAELE CAMPOY BENCOMO
29	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO	EFRAÍN MISAEL KANTÚN MAY
30	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN	ORLANDO FABRIZIO RAMOS VILLANUEVA
31	UNIVERSIDAD DE LAS AMÉRICAS PUEBLA	JOSÉ CARLOS CRUZ REITERHART
32	UNIVERSIDAD DE LAS AMÉRICAS PUEBLA	MARÍA DE LOS ÁNGELES ARELI PIÑA RAMÍREZ
33	UNIVERSIDAD DE LAS AMÉRICAS PUEBLA	RAFAEL ANDRÉS BOROBIO CASTILLO
34	UNIVERSIDAD DE LAS AMÉRICAS PUEBLA	LIZA CAROLINA CORTINA URIBE
35	UNIVERSIDAD DE LAS AMÉRICAS PUEBLA	FRANCISCO RAFAEL REYES OLMEDO
36	UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO	MARÍA DEL MAR NAVARRO FARFÁN
37	UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO	GABRIEL REDONDA LEÓN



3. El espacio concreto donde se va a negociar. No es lo mismo sentarse en una mesa redonda, donde todas las sillas son iguales, que en una mesa redonda en la que una silla es del tipo ejecutivo, donde es obvio que hay un código de superioridad, que puede afectar el desarrollo de las pláticas.
4. La hora y el tiempo asignado. Todas las personas tenemos actividades, y por lo mismo es necesario establecer la hora de la reunión y el tiempo estimado de duración.
5. Puntualidad. Debemos tratar de ser lo más puntuales posibles.
6. Determinación de los puntos importantes de la reunión. Es muy útil contar con una orden del día, que nos permita centrarnos en los puntos que nos interesan, a fin de evitar disgregaciones.

### El enfoque de la negociación

Los cuatro temas en los que debe centrarse una negociación son: el problema, la relación, el proceso y los criterios.

Normalmente, el enfoque en una negociación es hablar únicamente del problema e ignorar la relación existente entre las personas; el proceso que va a emplearse para negociar y los criterios que cada quien tiene de qué es lo justo para un acuerdo. Si usted y la otra parte

no pueden resolver el problema juntos de forma cooperativa, debe centrarse entonces en alguno de los otros tres factores.

Existen cuatro reglas generales que nos permiten cambiar el enfoque:

1. Negocie el proceso primero: cómo van a hablar entre sí.
2. Asegúrese que está conforme con los criterios que se usarán para alcanzar un acuerdo justo.
3. Si se siente a la defensiva, o con ganas de pelear, probablemente necesiten desarrollar algún tipo de comprensión y aceptación mutua antes de intentar tratar el problema.
4. Únicamente después de haber negociado los tres primeros factores, estará listo para negociar el problema. Si ha hecho un buen trabajo resolviendo el proceso, los criterios y la relación, será más fácil resolver el problema.

### Recopilación de antecedentes

Toda negociación empieza con un diálogo para conocer profundamente la situación de conflicto. Esto es bueno ya que es una forma de reducir el estrés en ambas partes. En dicho diálogo se hará la recopilación de todos los antecedentes que llevaron al conflicto. Esta recopilación la podemos resumir en tres partes:

1. Relato de las partes. Es la más rica y completa, puesto que permitirá más adelante ahondar en las verdaderas causas y las subyacentes del conflicto.
2. Comportamiento de las partes. Será de vital importancia analizar el comportamiento de la otra parte. Las señales de comportamiento, que son las de lenguaje corporal expresado por posturas, expresiones faciales, contactos oculares y gestos de las manos, el lugar donde se sienta una persona en la mesa de negociaciones, quién da un codazo a quién, etcétera.
3. Elementos de prueba. La información documental que acompañan y sustentan su posición y la de la otra parte.

### Definición del problema

El proceso de negociación puede empezar simplemente con que las partes compartan brevemente sus perspectivas sobre el asunto. El objetivo de esta etapa es que cada parte tenga un corto periodo para expresarse sin interrupciones.

El que las partes empiecen a dialogar es parte del proceso de negociación. Hay que evitar la prisa de confirmar todos los detalles en esta etapa del proceso.

Por último, hay que resumir en términos generales lo que se ha dicho, enfatizando los puntos en los que las partes concuerdan, así como los temas o asuntos que necesitarán discutirse durante el proceso de negociación.

Es mejor emplear preguntas abiertas que cerradas en las primeras etapas de la negociación, los negociadores deben continuamente aclarar la información mientras va desarrollándose el asunto.

Tenga cuidado en solicitar información que pueda dañar la negociación. No es recomendable interrumpir a la otra parte a menos que sea necesario. Generalmente, el permitir que la otra parte dialogue libremente aclara muchos puntos. En esta etapa del proceso, es importante aclarar puntos de desacuerdo, descubrir los intereses de cada parte



y crear un mejor entendimiento de la situación, así como sus ramificaciones.

## Temas generales a explorar

Es importante tener en cuenta estos aspectos como una guía de lo que debe explorarse para analizar más detenidamente el problema o conflicto:

1. ¿Cómo perciben la situación cada una de las partes?
2. ¿Cuál es el impacto que la situación ha tenido en la vida de las partes, tanto en el aspecto práctico como en el sentimental y emocional?
3. ¿Cuál es el motivo principal, más allá de lo que las partes están solicitando?
4. ¿Hay otras personas involucradas en esta situación?
5. ¿Cuáles son los motivos reales o los que suponen las partes?
6. ¿Cuál es la historia de la relación y la razón por la que deberá preservarse esa relación entre las partes?
7. ¿Cuáles son las ramificaciones financieras y emocionales del conflicto?
8. ¿Cómo se encuentran los recursos financieros y de sostén de las partes (empleos, familia, amigos)?
9. ¿Hay acuerdos de discusiones previas y otras interacciones?
10. ¿Cómo impactaría a las partes el no llegar a una solución del conflicto mediante la mediación?

## Identificación de necesidades

Antes de entrar a la negociación se debe analizar qué es lo que realmente quiere cada parte y cuáles son las necesidades de cada quién: Mutuamente excluyentes (la satisfacción de una de las partes, excluyen a la otra); Mixtos (algunos son compatibles y otros excluyentes), y Compatibles (cuando las necesidades son análogas y no excluyentes).

Generalmente, las partes necesitarán modificar sus demandas originales para poder resolver un conflicto a través de la negociación. Las personas deben distinguir sus necesidades verdaderas y fun-

damentales de sus posiciones o deseos originales.

## Manejar emociones

En una negociación, particularmente en una disputa áspera, los sentimientos pueden ser más importantes que lo que se diga. Las partes pueden estar más preparadas para la batalla que para el trabajo cooperativo en la solución del problema común. Las personas llegan a veces a una negociación sintiendo que mucho está en juego y se sienten amenazadas. Las emociones en un lado generarán emociones en el otro lado. Las emociones pueden rápidamente llevar una negociación a un atolladero o terminarla.

- Primero reconozca y entienda las emociones, las suyas y las de ellos.
- Haga las emociones explícitas y reconózcalas como legítimas.
- Permita que la otra parte deje escapar la tensión.

## Técnicas para generar opciones

Es importante que no vaya con una opción única, ya que podría ser rebatida por la otra parte. Es mejor que lleve una serie de opciones y, de ser posible, entre ambos, generen una serie de opciones. Las técnicas para generar opciones son las siguientes:

- Lanzar simultáneamente varias opciones para hacer que las partes reflexionen; generar una "lluvia de ideas".
- Desarrollar acuerdos basados en principios generales y posteriormente trabajar los detalles.
- Desmenuzar los asuntos en problemas más pequeños así como discutir las soluciones punto por punto.
- Cambiar a otro punto cuando las partes estén llegando a un callejón sin salida en algún tema.
- De ser necesario, sugerir que se consulte la opinión de peritos o expertos.

## Técnicas para llegar a un acuerdo

Una vez que se desarrollaron las suficientes opciones, hay que elegir una técnica adecuada para llegar a acuerdos:

- Desarrollar un paquete de propuestas que sean adecuadas y que satisfagan la mayor parte de los intereses.
- Estar alerta para encontrar nuevas opciones, para que puedan producir la clásica solución ganar-ganar.

Un buen acuerdo debe hacer lo siguiente:

- Resolver el conflicto inmediato.
- Evitar que sucedan conflictos similares en el futuro.
- Asegurar que el acuerdo sea realista y que satisfaga a todas las partes.
- Aseverar clara y sucintamente lo que cada parte debe hacer; especificar cantidades, fechas y acciones.
- Incluir planes de contingencia si el acuerdo no resulta, si necesita modificarse o negociarse nuevamente.
- Identificar lo que pasaría si alguna de las partes no puede cumplir con los términos del acuerdo.
- Refrasear las declaraciones de modo que ayude a las partes a ampliar una petición específica.
- Aclarar las especificaciones de manera que las partes definan términos generales.
- No divulgar todas las ofertas del acuerdo al mismo tiempo. Construya puntos para un acuerdo.
- Utilizar preguntas del tipo: "¿qué pasaría si...?" para formular opciones y posiciones estrechas de negociación pero sin riesgos.
- Ayudar a la otra parte a considerar la mejor y la peor alternativa para llegar a un acuerdo.
- Preparar a las partes que expresen sus pensamientos y tolerar cierto nivel de discusión mientras que le ayude a usted o a las partes a conocer y entender algo.







Asociación Mexicana  
del Asfalto, A.C.

# CALENDARIO DE EVENTOS 2016

Cuotas de recuperación  
incluyen impuestos

	EVENTO	SEDE	SOCIO	NO SOCIO	ESTUDIANTE
<b>MARZO</b>					
31 y 1 abril	Curso: Laboratoristas en mezclas asfálticas	IMT- Querétaro	14,000.00	17,000.00	N/A
<b>ABRIL</b>					
11 - 13	Curso: Laboratoristas en agregados	IMT- Querétaro	14,000.00	17,000.00	N/A
14 - 15	Curso: Laboratoristas en mezclas asfálticas	IMT- Querétaro	14,000.00	17,000.00	N/A
14 - 15	Seminario: Capas de rodadura	Aguascalientes	3,000.00	4,500.00	700.00
<b>MAYO</b>					
24 - 27	Curso: Diseño de mezclas asfálticas	UDLAP-Puebla	8,000.00	10,000.00	N/A
<b>JUNIO</b>					
22 - 24	Curso: Protocolo AMAAC de control de calidad	Monterrey	8,000.00	10,000.00	N/A
<b>JULIO</b>					
14 - 15	Seminario: Diseño y construcción de pavimentos asfálticos	San Luis Potosí	3,000.00	4,500.00	700.00
19 - 22	Escuela del asfalto VERANO	IMT- Querétaro	N/A	N/A	700.00
<b>AGOSTO</b>					
10 - 12	Curso: Laboratoristas en agregados	IMT- Querétaro	14,000.00	17,000.00	N/A
18 - 19	Curso: Laboratoristas en mezclas asfálticas	UDLAP-Puebla	14,000.00	17,000.00	N/A
<b>SEPTIEMBRE</b>					
5 - 6	Seminario: Capas de rodadura	Mexicali	3,000.00	4,500.00	700.00
8 - 9	Reunión Académico Estudiantil AMAAC	Mexicali	700.00	700.00	700.00
<b>OCTUBRE</b>					
12 - 14	Seminario Internacional AMAAC: Nuevas tecnologías sustentables en los pavimentos asfálticos	Guadalajara	4,500.00*	5,500.00*	2,000.00*
24 - 25	Curso: Laboratoristas en mezclas asfálticas	IMT- Querétaro	14,000.00	17,000.00	N/A
26 - 28	Curso: Laboratoristas en agregados	IMT- Querétaro	14,000.00	17,000.00	N/A
<b>NOVIEMBRE</b>					
9 - 11	Curso: Protocolo AMAAC de control de calidad	IMT- Querétaro	8,000.00	10,000.00	N/A
<b>DICIEMBRE</b>					
13 - 16	Escuela del asfalto INVIERNO	IMT- Querétaro	N/A	N/A	700.00





# TRA SENDA INGENIERÍA, S A DE CV

proyecto + construcción + supervisión



## ...en el camino

[www.trasenda.com.mx](http://www.trasenda.com.mx)

[ingenieria@trasenda.com.mx](mailto:ingenieria@trasenda.com.mx)

Avenida Guadalupe 5197, Jardines de Guadalupe, C.P. 45030

Zapopan, Jalisco, México Tel. (33) 3620-8226

# Excelencia en Equipos para Pavimentos

CONTROLS S.R.L.  
está certificada en:  
ISO 9001:2008

Conforme a:  
Normas AASHTO  
Protocolo AMAAC

**4 Puntos Autónomo**



**Prensa Dinámica**

**Rueda de Hamburgo**

**Compactador  
Giratorio**

# GMC

GRUPO MULTISERVICIOS PARA LA CONSTRUCCIÓN

# BÚSCANOS Y PROBLEMA RESUELTO

ASFALTOS  
EMULSIONES  
MODIFICADOS  
COMBUSTIBLES  
LABORATORIO  
RENTA DE EQUIPOS  
TRANSPORTE  
PINTURAS  
RECUBRIMIENTOS

Trabajamos con la convicción de mejorar a nuestro México,  
**creemos en hacer las cosas diferentes.**  
La forma en que mejoramos nuestro país es aportando soluciones  
**con el mejor costo-beneficio**  
mediante productos y servicios de alta calidad.

**CAT 018007171800**

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

Corporativo: Faja de Oro 1002, Colonia Obrera C.P. 36750, Salamanca, Guanajuato.

Teléfonos: 01 (464) 6474858 y 01 (464) 641 5462

**SOLUCIONES  
ASFÁLTICAS**  
GLOBAL MARKETING CORPORATION

**HELLO**  
GLOBAL MARKETING CORPORATION

**PRO  
TECH**

**petrien**

**OMNI  
TRACTO**

**SMEDT**

**VIAL**  
Un trayecto seguro

**DOCTER  
BACH**

**VENTANA  
MAYAGÜESTAS  
MAYAGÜESTAS  
TOPICAL**

DISTRIBUIDOR AUTORIZADO POR  
**PEMEX**

Authorized Distributor  
**ErgonArmor**  
TOTAL CONCRETE SOLUTIONS

**SEAL FLEX**  
DISTRIBUIDOR AUTORIZADO

**IMPULSORA  
DE ASFALTOS**