



## ASFALTOS MODIFICADOS CON POLÍMEROS: EL ESTADO DE LA PRÁCTICA EN COSTA RICA

Ing. Víctor Cervantes

Unidad de Auditoría Técnica - PITRA

Correo electrónico: victor.cervantes@ucr.ac.cr

*Palabras claves: modificación, polímero, planta asfáltica, especificaciones.*

Generalmente, las características de los asfaltos son suficientes para fabricar mezclas bituminosas capaces de resistir la acción conjunta del tráfico y de los agentes ambientales; pero en aquellos casos en que las mezclas bituminosas están sometidas a fuertes solicitaciones, es necesario recurrir al empleo de asfaltos modificados con mejores propiedades mecánicas y reológicas, con una mayor adhesividad a los agregados y con una menor susceptibilidad a la temperatura, así como una mayor resistencia al envejecimiento (PIARC, 2012).

En función del tipo de mezcla bituminosa y de la aplicación concreta a que se destine, existen una serie de aditivos o agentes modificadores que permiten mejorar las propiedades de los ligantes asfálticos. De todos los aditivos que se incorporan a los ligantes, los que mejores posibilidades ofrecen por sus características viscoelásticas son los polímeros, siendo los aditivos de uso más generalizado en Costa Rica y en el mundo.

La ventaja que los polímeros, tales como SBR y SBS, le proveen al asfalto es bien conocida y ampliamente documentada ya que se utilizan para mejorar sus propiedades aglutinantes, así como proporcionar mejoras en las propiedades tales como el aumento del punto de ablandamiento, la disminución de la penetración y el aumento de la temperatura superior del grado de desempeño PG, disminución de la susceptibilidad al ahuellamiento en el caso del polímero tipo SBR o resistencia a la fatiga en el caso del tipo SBS; entre otras propiedades que pueden mejorar en el asfalto. Estas ventajas están directamente relacionadas con la correcta metodología que se utilice para modificar el cemento asfáltico con los aditivos.

Ing. Francisco Fonseca

Unidad de Auditoría Técnica - PITRA

Correo electrónico: francisco.fonseca@ucr.ac.cr

Es por ello que la aplicación de los polímeros o aditivos que mejoran las propiedades de los ligantes bituminosos o las mezclas asfálticas deben basarse en criterios técnicos que demuestren la necesidad del uso del mismo. Esto se logra mediante la comparación de resultados realizados con los materiales sin modificar (asfalto y agregados) con los resultados de los materiales modificados (asfalto con aditivo y agregados), esto debido a que dependiendo de la naturaleza u origen del asfalto a modificar no todos los aditivos mejoran todas las propiedades al mismo tiempo, por lo que se tiene que demostrar cuál propiedad de la mezcla se pretende mejorar con el uso específico del aditivo.

### Buenas prácticas de modificación de asfaltos en el diseño de mezcla

Para determinar la cantidad óptima de polímero que se debe adicionar a la mezcla asfáltica, se debe valorar una serie de variables para determinar dicho porcentaje dependiendo de las características del asfalto y de lo que se quiere mejorar.

Como se indicó anteriormente los polímeros buscan mejorar una serie de características al cemento asfáltico, y por ende a la mezcla asfáltica, es por ello que variables tales como resistencia a la fatiga y resistencia a la deformación permanente son algunas de las cualidades que en la mayoría de las referencias internacionales se valoran. Sin embargo, el cumplimiento de los requisitos especificados no es inherente a la modificación del asfalto o al uso de un polímero específico, lo anterior por cuanto existen otras variables como: tipo y calidad del agregado, curva granulométrica y propiedades volumétricas, contenido de asfalto, propiedades de asfalto

base, entre otras; que de acuerdo con estudios realizados en el LanammeUCR se ha verificado que tienen influencia significativa en el cumplimiento de la normativa.

Algunos aspectos, que deben ser incluidos en el diseño de mezcla para asegurar que la modificación con polímero es adecuada, se detallan a continuación:

- Justificar la modificación del asfalto, ya sea para alcanzar los requerimientos de grado de desempeño PG o por las condiciones estructurales específicas del proyecto. Para ello se puede considerar la propuesta de grado de desempeño por zona desarrollada por el LanammeUCR en donde se propone un asfalto base dependiendo de la zona donde se encuentre el proyecto (Figura N°1), o bien, en donde el asfalto base se modifica en función de las condiciones del proyecto, a saber, volumen de tránsito (ejes equivalentes de diseño) y/o velocidades de operación.

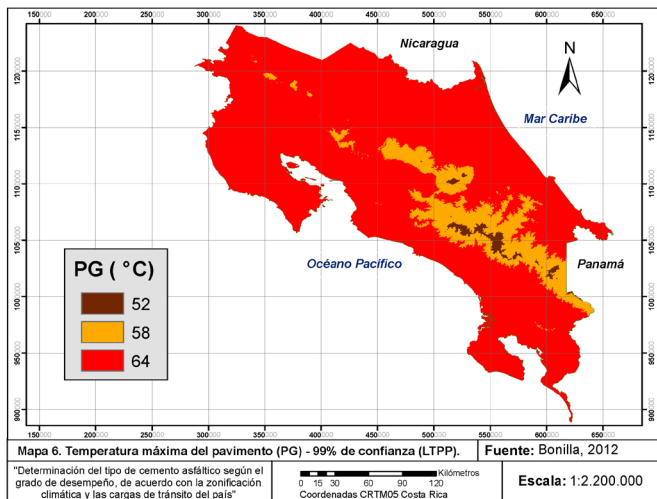


Figura 1. Temperatura máxima del pavimento (PG) en Costa Rica  
Fuente: Bonilla, 2012

- Definir de acuerdo con las características del proyecto, los requisitos de los parámetros o características que se mejorarán en la mezcla asfáltica estableciendo especificaciones precisas, ya sea deformación permanente, o fatiga, o daño por humedad. Por ejemplo, en la Tabla 1 se muestran las especificaciones de desempeño que deberían cumplir las mezclas asfálticas de alto desempeño, las cuales fueron planteadas por el LanammeUCR para la propuesta de actualización del CR-2010 en su División 400 y están en proceso de revisión por parte de la Comisión de Revisión Permanente (CRP):

Tabla 1. Especificaciones para las mezclas de alto desempeño.

Parámetro	Mezcla Tipo C*	Mezcla Tipo D*
RRTD (Daño por humedad)	≥ 85%	≥ 85%
RTD seca a 25 °C	≥ 700 kPa	≥ 700 kPa
Deformación plástica a 60 °C	≤ 3,5 mm	≤ 2,5 mm
Repeticiones por fatiga a 20 °C para un nivel de deformación unitaria controlada de:		
400 E-6 mm/mm	≥ 450 000	≥ 300 000
600 E-6 mm/mm	≥ 50 000	≥ 25 000

RRTD: Resistencia retenida a tensión diametral

RTD: Resistencia a tensión diametral

\* Mezclas de alto desempeño

Fuente: LanammeUCR, 2014

- El tipo y calidad del polímero a utilizar, el cual debe ser compatible tanto con el asfalto virgen así como con el agregado a utilizar en el proyecto. Para esto se deben plasmar en el diseño de mezcla los ensayos de compatibilidad (p.e. microscopía óptica de fluorescencia por reflexión) y estabilidad al almacenamiento (p.e. método de Zenke) que garanticen que la interacción entre el aditivo y el ligante asfáltico es estable en el tiempo.
- Se deben incluir las condiciones de modificación (temperatura, tiempo y velocidad de mezclado; así como la dosis y equipos) que son recomendadas por el fabricante del aditivo. Estas condiciones deben ser debidamente probadas en el laboratorio y posteriormente acatadas durante el proceso productivo en planta.
- Se deben incluir los resultados de los ensayos al asfalto modificado por grado de desempeño, así como los resultados de los ensayos de recuperación elástica y punto de ablandamiento, que demuestren que el asfalto se modificó de manera correcta.
- La dosificación óptima del polímero basada en los resultados de los ensayos anteriormente citados y de los obtenidos en los ensayos de desempeño/fatiga realizados a la mezcla asfáltica modificada.

## Buenas prácticas de modificación de asfaltos en la planta asfáltica

La incorporación del aditivo al cemento asfáltico es uno de los procesos que mayor atención requiere durante la producción de mezcla asfáltica. Dependiendo del tipo de aditivo (SBR o SBS) que se utilice para la modificación de la mezcla, así será el mecanismo de dispersión a ser utilizado para la modificación del asfalto. Uno de los mecanismos más utilizados en la

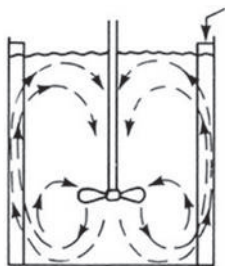
industria de modificación de asfalto a nivel de producción en planta son los sistemas de molino trigonal, el cual provee una mayor velocidad de corte para el mezclado de asfalto (Fotografía N°1). Este sistema es mayormente recomendado cuando la presentación comercial del polímero es en estado sólido.



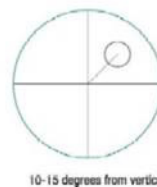
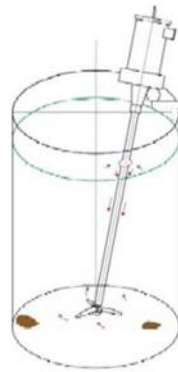
Fotografía 1. Molino homogeneizador (tipo trigonal) empleado en la incorporación de los polímeros (recomendado para elastómeros SBS). Capacidad de producción de 30 a 40 toneladas por hora.

Fuente: <http://molinoscoloidales.blogspot.com/2008/05/molino-trigonal-tipo-rivgar-t3040.html>, 2014

Para los polímeros que se adicionan en estado líquido, existen diversos equipos y procedimientos según se detalla en la hoja técnica de algunas marcas comerciales. En donde se recomienda que la incorporación del aditivo al asfalto se efectúe con un agitador separado, de baja velocidad y bajo corte, del tipo hélice; dicho agitador se debe ubicar en un ángulo, o montado lateralmente, ubicado cerca del fondo del tanque para evitar la formación de espuma o torbellinos. Por último, se requiere que estén provistos con deflectores en el tanque (Figura 2).



Sistema de deflectores en el tanque



Agitador en ángulo o en montaje lateral

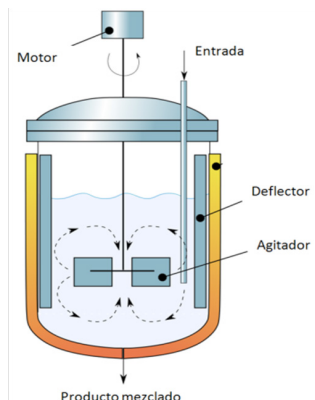


Figura 2. Ilustración de características del sistema de agitación.

Fuente: (<http://tecspot.astecinc.com/2010/06/latex-asphalt-mix-modifier/>), 2014

Otras empresas distribuidoras de aditivos líquidos, proponen utilizar un dispositivo mezclador estático dentro de la tubería como se muestra en la Figura 3, el cual se debe colocar en un tubería con un diámetro interno que sea 2,54 cm (1 pulg) más del diámetro interno de la tubería del asfalto y también colocado lo más cerca posible del tambor mezclador para evitar el golpe de ariete de la presión de la bomba del aditivo.

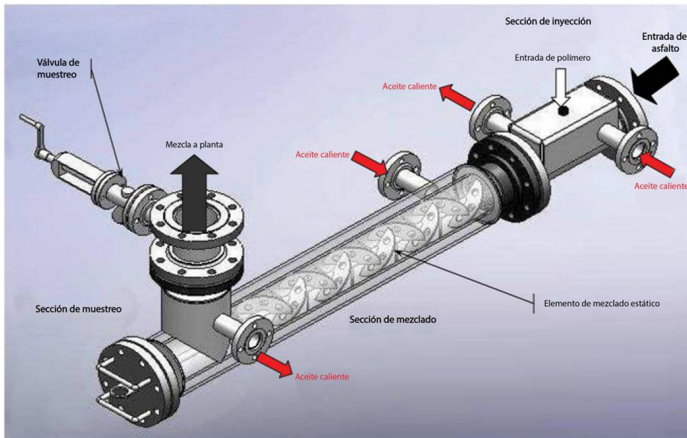
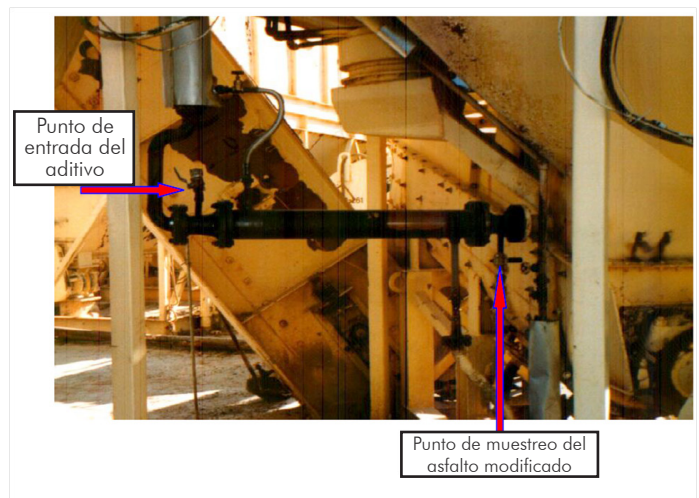


Figura 3. Dispositivo de mezclado estático.  
Fuente: Heatec Astec Company, 1996

Asimismo, se indica que el material asfáltico modificado almacenado, tenga agitación mecánica periódica durante periodos de 10 - 20 minutos cada 24 horas para mantener una mezcla homogénea, para prevenir separación debido a la gravedad y la distribución del tamaño de partícula específico de esta dispersión de polímeros de látex. Este tiempo puede variar según la compatibilidad asfalto polímero por lo que se deben realizar pruebas en fase de almacenamiento para determinarlo.

## Sobre el control de calidad

Para lograr un adecuado control de calidad en el asfalto modificado durante el proceso de producción, es recomendable establecer en las plantas asfálticas un punto de muestreo en la línea de modificación, para lograr comprobar y controlar la adecuada incorporación del aditivo así como las cantidades de dosificación que se aplican (Fotografía N°2).



Fotografía 2. Dispositivos que se deben utilizar en una planta de producción.  
Fuente: Heatec, 2014.

Para ello, existen diversas pruebas sencillas que habitualmente se tipifican, entre las cuales se encuentran los ensayos de punto de ablandamiento y recuperación elástica ensayos que se realizan con equipos de laboratorio de fácil operación y bajo costo como lo son el torsiómetro y el ductilómetro. Por ejemplo, en la Tabla 2 se muestran las especificaciones establecidas para realizar los ensayos de control de calidad para el asfalto modificado, las cuales también fueron planteadas por el LanammeUCR y están en proceso de revisión por parte de la Comisión de Revisión Permanente del CR-2010:

Tabla 2. Especificaciones para el asfalto modificado

Parámetro	Norma	Especificación
Recuperación elástica	ASTM D6084	50 % mínimo <sup>(1)</sup>
Punto de ablandamiento	ASTM D36	Aumentar en 5 °C máximo

(1) En el ensayo de recuperación elástica se recomienda, posterior a la modificación de asfalto, dejar la muestra en reposo, durante un tiempo prudencial, de manera que se permita potenciar el efecto del aditivo modificador en las propiedades reológicas del asfalto.

Fuente: LanammeUCR, 2014.

Adicionalmente, como parte del control de calidad al asfalto modificado, se establecen ensayos de grado de desempeño ordinariamente al inicio del uso del polímero, y posteriormente cada cierto periodo de tiempo o de tonelaje de producción, como parte de la verificación de la homogeneidad de la modificación.

## Sobre la práctica de modificación en Costa Rica

La práctica observada para la dosificación del polímero en las plantas asfálticas, consiste de una conexión directa en donde se incorpora el aditivo a la tubería en donde se inyecta directamente al cemento asfáltico, específicamente en el punto donde se efectúa la dosificación del asfalto al agregado durante el proceso de mezclado en la producción de la mezcla en plantas continuas. También, se ha observado que dicha adición se realiza a una distancia variable en las tuberías de inyección, entre 80 cm a 150 cm, mediante un accesorio tipo serpentín de corta longitud con la intención de que el aditivo se incorpore durante este trayecto y durante el tiempo de mezclado, al asfalto. Es importante considerar

que el tiempo de mezclado del agregado con el asfalto, en una planta continua, puede ser de aproximadamente 40 a 60 segundos y la experiencia en laboratorio ha demostrado que dependiendo del tipo de aditivo modificador de asfalto, se requiere entre 40 y 60 minutos de mezclado para lograr una adecuada disolución del aditivo al asfalto.

Los sistemas actuales no cuentan con dispositivos de control que permitan verificar la dosis de polímero ni tienen puntos de muestreo del asfalto modificado, lo cual impide comprobar que las propiedades del asfalto estén siendo efectivamente mejoradas.

En las siguientes fotografías, se muestran algunos ejemplos de los aditamentos que se están utilizando en algunas de las plantas de producción.



Fotografía 3. Sistemas de modificación utilizados en diferentes plantas.

Fuente: LanammeUCR, 2014.

## Conclusiones

El proceso idóneo para la aplicación de mezclas asfálticas modificadas, consta de diferentes etapas, entre ellas, la de planificación, diseño, validación, producción, colocación en sitio, control y verificación de calidad, de manera que exista el compromiso de que las partes involucradas se comprometen a cumplir con su respectivo rol dentro del proceso, de manera que dicha aplicación de una técnica sea exitosa, en definitiva, para el país y se garantice la correcta inversión de los fondos públicos.

Los asfaltos modificados con polímero tienen un gran potencial para mejorar la vida útil de las carreteras de nuestro país, por lo que es importante que estas modificaciones cumplan con las recomendaciones antes expuestas para asegurar la correcta aplicación de una técnica de pavimentación como ésta.

Colaboraron en este boletín: Ellen Rodríguez, Mónica Jiménez, Ernesto Villegas, Raquel Arriola

## Referencias Bibliográficas.

1. Astec Inc. "Latex Asphalt Mix Modifier" . Julio 2014 (<http://tecspot.astecinc.com/2010/06/latex-asphalt-mix-modifier/>)
2. Austroads Publication No. AP-T235-13. Guide to the Selection and use of Polymer Modified Binders and Multigrade Bitumens. 2013.
3. Bonilla, E. Determinación del tipo de cemento asfáltico según grado de desempeño, de acuerdo con la zonificación climática y las cargas de tránsito del país. Tesis de licenciatura en Ingeniería Civil de la Universidad de Costa Rica. 2012
4. Charla técnica "Mezclas asfálticas modificadas con polímeros, beneficios y aplicaciones". Dictada por Ing. Gerardo Botasso. Director del LEMAC, Argentina. 16 de mayo de 2014.
5. Corporación BASF. Ficha Técnica Butonal® NX 1138/4190.
6. Heatec Astec Company. Heating, Mixing and Storing Modified Asphalt. Technical Paper T-133. 1996.
7. Heatec equipment and services for asphalt terminals. Heatec polymer blending systems. Publication 3-03-100. 2014
8. Molinos Coloidales. Molino Trigonal Tipo RIVGAR T3040. (<http://molinoscoloidales.blogspot.com/2008/05/molino-trigonal-tipo-rivgar-t3040.html>).
9. PIARC. Curso "Experto profesional en pavimentos de obra civil". Capítulo Ligantes Bituminosos. 2014.

## Programa de Infraestructura del Transporte - PITRA

Ing. Luis Guillermo Loría, PhD.  
Coordinador General

Ing. Fabián Elizondo, MBA  
Subcoordinador

### Unidades

#### Unidad de Auditoría Técnica

Ing. Wendy Sequeira, MSc.  
Coordinadora

#### Unidad de Materiales y Pavimentos

Ing. José Pablo Aguiar, PhD.  
Coordinador

#### Unidad de Evaluación de la Red Vial

Ing. Roy Barrantes  
Coordinador

#### Unidad de Gestión Municipal

Ing. Jaime Allen, MSc.  
Coordinador

#### Unidad de Desarrollo y Actualización de Especificaciones Técnicas

Ing. Raquel Arriola  
Coordinadora

#### Unidad de Puentes

Ing. Roy Barrantes  
Coordinador

#### Unidad de Seguridad Vial y Transporte

Ing. Diana Jiménez, MSc., MBA  
Coordinadora