

TITULO: “Efectos del empleo de látex de SBR en la modificación de cemento asfáltico y de emulsiones bituminosas de uso vial”

AUTORES:

JORDI PUIGGENÉ

Técnico-comercial Adhesivos y Construcción
Dpto. Dispersiones
BASF Española, S.A. Unipersonal
Paseo de Gracia, 99
08008-Barcelona
España
Tel. 934964075
Fax. 934873081

JOSE TORRES-LLOSA

Gerente de Desarrollo de Mercado
Dpto. Dispersiones/Modificación de Asfalto
BASF Corporation
11501 Steele Creek Road
Charlotte NC 28271
Estados Unidos de América
Tel. +17045877942
Fax. +17045877965

DR. KOICHI TAKAMURA

Científico Senior de I+D
Dpto. Dispersiones/Modificación de Asfalto
BASF Corporation
11501 Steele Creek Road
Charlotte NC 28271
Estados Unidos de América
Tel. +17045877942
Fax. +17045877965

CURRICULUM DE LOS AUTORES

Jordi Puiggené

Licenciado en Química por la Universidad de Barcelona, España. Experiencia como técnico de I+D en procesos de extracción y desodorización de materiales grasos y posteriormente en inyección de plásticos para el sector del automóvil. Desde 1995 en el grupo de ventas de Dispersiones en BASF Española, S.A., segmento de Materias Primas para Adhesivos y Construcción, en el cual se encuadran los agentes modificadores de bitumen y asfaltos. Responsabilidad técnica y comercial del negocio en España.

José Torres-Llosa

Químico graduado de la Universidad Técnica de Karlsruhe, RFA. Experiencia en ventas y aplicación técnica de dispersiones, pigmentos y químicos especiales desde 1988, ocupando posiciones en el Perú, Colombia y los Estados Unidos. Desde hace dos años encargado de la coordinación global del negocio de modificadores de asfalto en base a dispersiones estireno butadieno para el grupo BASF.

Koichi Takamura

El Dr. Koichi Takamura obtuvo su doctorado en Química Física en la McGill University, en Canadá, y su título de Master and Bachelor of Pharmacy en la Universidad Científica de Tokyo, Japón.

Se ha especializado en las siguientes áreas: fenómenos coloidales y superficiales en procesos de pavimentación utilizando asfaltos modificados con polímeros y emulsiones bituminosas; recuperación forzada de aceites y otros procesos industriales usando coloides poliméricos; caracterización superficial y formación de película de los látices poliméricos y su influencia sobre propiedades de aplicación. Ha trabajado como Associate Research Officer en el Research Council de Alberta en Edmonton, Canadá, y actualmente trabaja como científico senior de I+D en BASF Corporation, en el grupo de Dispersiones.

EFFECTOS DEL EMPLEO DE LÁTEX DE SBR EN LA MODIFICACIÓN DE CEMENTO ASFÁLTICO Y DE EMULSIONES BITUMINOSAS DE USO VIAL

Jordi Puiggené
BASF Española, S.A., Barcelona, España

José Torres-Llosa y Dr. Koichi Takamura
BASF Corporation, Charlotte, North Carolina, Estados Unidos

Resumen

Nos encontramos actualmente en una época en la que los pavimentos viales se encuentran sometidos a exigencias cada vez mayores. El fuerte incremento de los volúmenes de tráfico, cargas más pesadas y mayor presión de los neumáticos son factores que contribuyen a un deterioro más rápido de las capas de rodadura. Las consecuencias son problemas como el ahuellamiento (o acanalamiento) por deformación plástica del ligante bituminoso, rotura por diferencias térmicas y también por fatiga, así como desprendimiento de agregados. La incidencia de estos problemas se ha podido reducir considerablemente mediante el empleo de ligantes modificados y emulsiones bituminosas modificadas con polímeros en general, y con elástomeros de SBR en particular, así como el cambio desde las especificaciones clásicas a otras más orientadas al rendimiento del ligante asfáltico, como en el caso del programa SHRP y Superpave en los Estados Unidos, que se vienen también adoptando también en países suramericanos y europeos.

Este documento presenta los beneficios resultantes de la incorporación de látex de SBR tanto para la modificación del bitumen a emplear en mezcla asfáltica en caliente, como de las emulsiones bituminosas, que se emplean en aplicaciones en frío como los micropavimentos y los tratamientos superficiales. La versatilidad de empleo de este polímero en dispersión acuosa, la inversión relativamente baja necesaria para su incorporación, así como su dosificación igualmente reducida con respecto a otros polímeros (1 al 3% sobre el ligante), lo convierte en la mejor solución a utilizar en los países iberoamericanos empeñados en afrontar los problemas arriba mencionados y en mejorar así la calidad y durabilidad de su infraestructura vial, logrando de esta manera un mejor retorno a la inversión realizada.

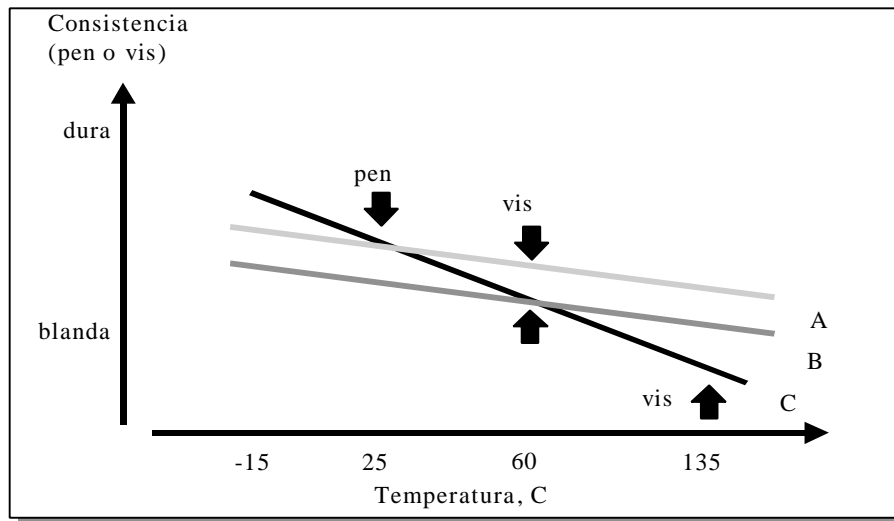
Introducción

0. Nota previa

Como aclaración previa para los lectores latinoamericanos, queremos destacar que en el presente trabajo nos referiremos al ligante asfáltico como “bitumen” o “betún”. Utilizamos el término “asfalto” para describir la mezcla de bitumen con agregados, a diferencia de su uso en Latinoamérica.

1. Problemas con los pavimentos actuales

Desde la crisis del petróleo de los años 70 existe la percepción generalizada que la calidad del asfalto ha cambiado. Muchas refinerías se vieron forzadas a concentrar sus esfuerzos en la producción de combustibles, relegando la producción de ligante asfáltico más como un subproducto de su actividad principal. Como resultado tenemos, desde el punto de vista de la



oferta, asfaltos de menor calidad.

Fig. 1: Penetración y viscosidad como especificaciones

Desde el punto de vista de la demanda encontramos, por el contrario, una problemática que exige ligantes de mejor calidad. Los volúmenes de tráfico aumentan, las cargas son cada vez más pesadas y las presiones de los neumáticos mayores. Todo ello unido a una inversión en mantenimiento muy limitada por las restricciones en el gasto público, y el empleo de diseños de mezcla obsoletos, han conducido al deterioro de la red vial de muchos países, tanto en Europa como en América.

Problemas tales como el ahuellamiento, la rotura térmica y de fatiga, así como el desprendimiento de agregados afectan directamente a la durabilidad y la vida útil de las vías.

2. Especificaciones

Las especificaciones clásicas para los bitúmenes utilizados en ligantes asfálticos, establecidas a partir de medidas de viscosidad y penetración, no permiten predecir u obtener buenas correlaciones con el rendimiento en el pavimento bajo condiciones reales de tráfico. Como observamos en la Figura 1, aún dentro del ámbito de estas mismas pruebas puede darse el caso de dos ligantes con el mismo valor de penetración o de viscosidad a una misma temperatura, cuyo comportamiento varíe considerablemente a alta o baja temperatura. Además, no se consideran en absoluto algunos factores como, por ejemplo, el envejecimiento a largo plazo, o las propiedades a bajas temperaturas. Todo ello ha motivado la proliferación de especificaciones regionales y la consiguiente falta de estándares.

Un buen esfuerzo para modernizar las especificaciones del ligante y buscar una correlación con el rendimiento real del pavimento fue el programa SHRP en los Estados Unidos, que dio como producto la especificación SUPERPAVE (acrónimo de SUPERior PERFORMANCE PAVement), actualmente en pleno proceso de implementación.

3. La alternativa SHRP/SUPERPAVE

No es el objeto de este trabajo presentar una descripción detallada de la Superpave. Esta información se puede encontrar en publicaciones del Asphalt Institute, que se encuentran disponibles también en español (1). Sin embargo, queremos destacar algunos aspectos importantes de esta especificación orientada al rendimiento, ya que es uno de los factores que

está impulsando el crecimiento del mercado de ligantes modificados con SBR en todo el mundo.

La especificación SUPERPAVE ha desarrollado sus propios métodos de ensayo a escala de laboratorio para poder tener una mejor idea de cuál será el rendimiento real del asfalto en el pavimento. Entre ellos destacamos el empleo del DSR (Dynamic Shear Rheometer, o reómetro de cizalladura dinámica) para la clasificación de los ligantes respecto a su resistencia climática y con respecto al tráfico. El valor que se mide ($G^*/\sin \delta$), cuyo límite inferior es de 1.00 kPa, fue encontrado por la investigación SHRP como un mínimo para reducir de manera apreciable el fenómeno de ahuellamiento o acanalamiento. La temperatura a la que se observa dicho valor mínimo determina el grado superior de la especificación PG (Performance Graded). Con ello, cada ligante queda determinado por la temperatura mínima de diseño del pavimento y la máxima determinada con el DSR.

1. MODIFICACIÓN CON LÁTICES DE SBR. VENTAJAS E INCONVENIENTES.

La modificación con látices sintéticos de estireno-butadieno de altos sólidos y polimerizados en frío (en adelante SBR) es un proceso relativamente sencillo para mejorar las características del asfalto tales como resistencia a la deformación permanente a altas temperaturas, flexibilidad a baja temperatura y una mayor resistencia a la fatiga y al agua, junto a una mejor adhesión, lo cual ayuda a minimizar la pérdida de agregado. Desde el punto de vista económico, la inversión necesaria es muy reducida. La incorporación del elastómero de SBR en niveles del 2 al 3% sobre el contenido en bitumen, genera la formación de una red elastomérica (2) que permite aumentar la viscosidad (resistencia al ahuellamiento) del ligante, sin volverlo rígido (buen comportamiento a la fatiga) ni quebradizo (resistencia a los ciclos térmicos día/noche e invierno/verano).

Sin embargo, el problema más importante que afecta a la gran mayoría de polímeros (no solamente el SBR) al modificar en caliente es su limitada compatibilidad con muchos tipos de ligante asfáltico. Para intentar solventar esta dificultad se han propuesto diversas alternativas, tales como el empleo de polímeros de menor peso molecular, uso de solventes orgánicos, etc. que como contrapartida pueden afectar el rendimiento de la mezcla modificada.

La versatilidad de uso de los látices de SBR permite la modificación mediante mezcla directa:

- Con bitumen, a alta temperatura, a manera de premezcla modificada
- En la línea de producción de asfalto (inyección directa), también a alta temperatura
- Con emulsiones bituminosas

2. MODIFICACIÓN DE BITUMEN Y ASFALTO EN CALIENTE

2.1 Modificación de bitumen

El látex de SBR puede mezclarse directamente con el bitumen a aprox. 170°C utilizando diversos métodos de mezcla. Tan sólo debe asegurarse que el agua contenida en el látex pueda evaporarse convenientemente. El método más usual suele ser la mezcla directa con agitación a presión atmosférica y utilizando un sistema de extracción de efluentes. La Fig. 2 muestra el esquema de la instalación requerida.

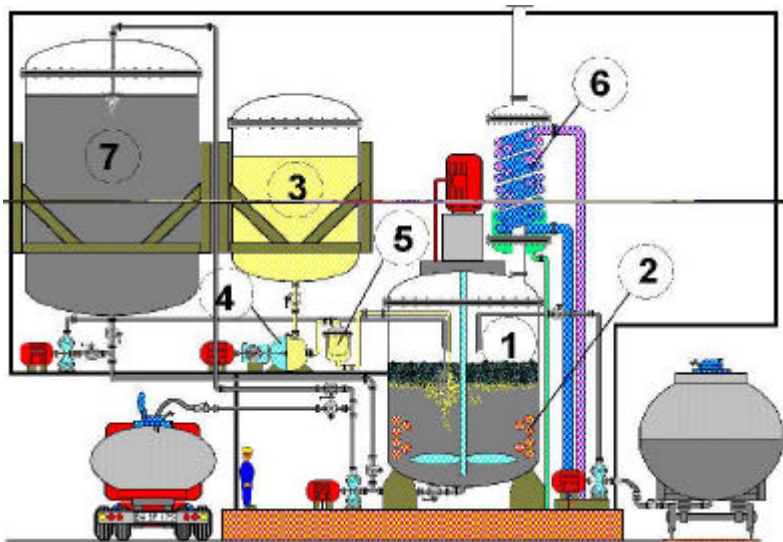


Fig. 2. Instalación de mezcla en caliente con látex SBR. 1=Tanque de mezcla para el bitumen, 2=Serpentín de calefacción, 3=Tanque de almacenamiento del látex SBR, 4=Bomba de membrana, 5=Filtro, 6=Condensador, 7=Tanque de almacenamiento del bitumen modificado

Con una instalación de este tipo puede producirse aprox. 200-400 tons. de bitumen modificado en 24 horas.

2.2 Modificación directa de asfalto

La adición del látex puede realizarse directamente en la línea de producción de asfalto, con las ventajas logísticas que ello conlleva, al evitar la producción de bitumen modificado y su almacenaje (y por tanto los problemas de incompatibilidad y degradación térmica a los que hemos hecho referencia anteriormente). La Fig. 3 muestra un esquema de la instalación.

La técnica de modificación directa de la mezcla asfáltica lleva tiempo utilizándose en Norteamérica. En Europa se está utilizando de manera reciente en algunas pruebas. A continuación describiremos algunos ejemplos en los que se ha utilizado mezcla asfáltica modificada en caliente.

2.2.1 Department of Transportation (DOT), Colorado, USA.

En proyectos de 32 millas se compararon los rendimientos de asfaltos modificados con un 3% de SBR (en sólidos) con los de asfaltos sin modificar. La conclusión fue que, a pesar de que el coste inicial aumentaba en aprox. 3 \$/ton de asfalto, un 10% más (aprox. 10,6 tons de asfalto para la distancia mencionada), la vida útil del tramo medida en índice de agrietamiento aumentaba de 4,1 hasta 6,5 años (un 58% superior), con lo que el coste por año de servicio se reducía de aprox. 77000 \$/año hasta 54000. Con el ahorro que esto supone se podrían cubrir 4 millas adicionales.

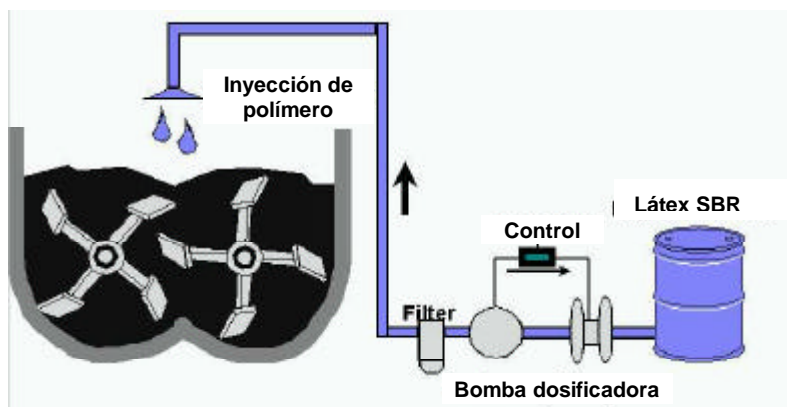


Fig. 3. Instalación de modificación directa de asfalto con látex SBR

2.2.2 Ensayo en la fábrica de BASF AG, Alemania.

A petición de BASF AG, se llevó a cabo un ensayo industrial (3) con adición directa mediante bomba dosificadora de un 3% de látex SBR. El dosaje se controló mediante un medidor de flujo inductivo en una planta de fabricación de asfalto en Mannheim, Alemania. Con dicho material se cubrió un tramo de aprox. 1 km en la fábrica de BASF en Ludwigshafen, Alemania. Se tomaron muestras del asfalto y del bitumen modificado.

Las muestras de asfalto fueron evaluadas por el Laboratorio Central de Strabag en Colonia, obteniendo la calificación de “resistentes” y “muy resistentes” al ahuellamiento.

3. MODIFICACIÓN DE EMULSIONES ASFÁLTICAS

Al ser un elastómero finamente disperso en agua, el látex de SBR es el modificador polimérico de más fácil empleo para la modificación de las emulsiones asfálticas. Con una mínima inversión, cualquier fabricante de emulsiones bituminosas puede empezar de manera prácticamente inmediata a modificar directamente con látex de SBR sus productos mediante adición directa a la emulsión terminada o a la fase acuosa en el momento de la molienda, lo cual no es posible si se propone hacer lo mismo empleando polímeros sólidos. Esta adición directa en la planta de emulsiones permite al fabricante ahorrarse el tener que invertir en molinos de alto cizallamiento, necesarios para modificar el bitumen en caliente con polímeros sólidos como paso previo a la emulsión. También se evitan problemas de almacenamiento del bitumen previamente modificado en caliente, los problemas de compatibilidad mencionados anteriormente, los aumentos de viscosidad del bitumen y la degradación térmica del polímero en el bitumen modificado. Además, con una adecuada formulación de emulsificantes, es posible fabricar emulsiones modificadas estables al almacenamiento y que presenten el comportamiento de rotura necesario para la aplicación requerida.

Veamos ahora como actúa el modificador polimérico:

3.1 La red polimérica en la emulsión modificada

Las microfotografías 1a/1b corresponden a una emulsión a la cual se añadió un 5% de látex de SBR. Una gota de este preparado se colocó entre dos plaquetas de vidrio de microscopio.

Los bordes no estaban sellados, permitiéndose la lenta evaporación del agua bajo la observación con un microscopio óptico (Zeiss Axioplan). En la foto 1a, tomada a 100 aumentos durante la primera fase de secado pueden apreciarse algunas gotas individuales de bitumen en la esquina inferior derecha. La foto 1b (obtenida tras completarse el secado, 400x) muestra claramente la malla de látex envolviendo las gotas de bitumen.

Una pequeña cantidad del residuo de la emulsión obtenido tras el secado fue puesto en el microscopio y calentado hasta temperaturas de mezcla en caliente. La fina estructura polimérica de la foto 1b se mantuvo intacta, incluso tras exponerla durante 30 minutos a temperaturas de 180°C.

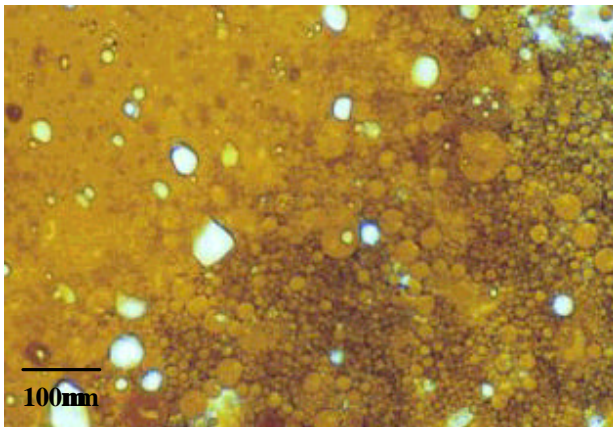


Foto 1a. Microfotografía de la fase temprana de rotura de la emulsión (100 aumentos)

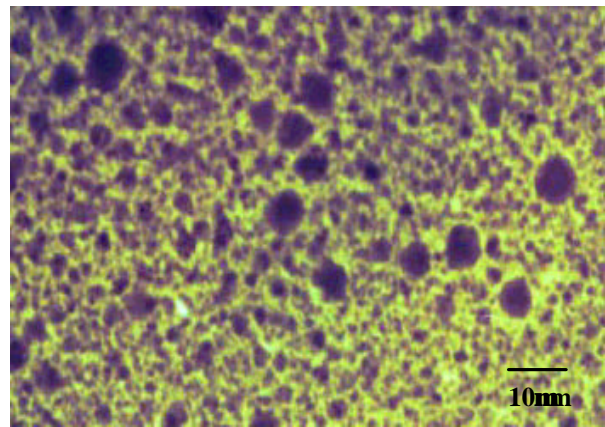


Foto 1b. Microfotografía de la red polimérica formada en el asfalto tras completarse el secado de la emulsión (400 aumentos)

La formación de esta estructura es la que confiere a la emulsión bituminosa modificada las ventajas señaladas anteriormente, permitiendo mejorar la calidad y rendimiento en tratamientos superficiales, mortero asfáltico y micropavimentos.

3.2 Mejora en la reología del residuo de emulsión

Se determinaron las propiedades reológicas del residuo seco de emulsiones modificadas (obtenido a temperatura ambiente) mediante el empleo de un DSR (Rheometrics RDA-700) en un rango de temperaturas entre 25 y 90°C. Se prepararon y evaluaron muestras que contenían un 0, 3, 5 y 10% de látex SBR sobre el contenido sólido.

En la Figura 4 puede apreciarse de manera clara el aumento de la temperatura de resistencia al ahuellamiento, T_r , (temperatura donde $G^*/\sin \delta=1\text{kPa}$) desde 58°C hasta 65, 69 y 88°C con la adición de 3, 5 y 10% de látex sintético de SBR, respectivamente.

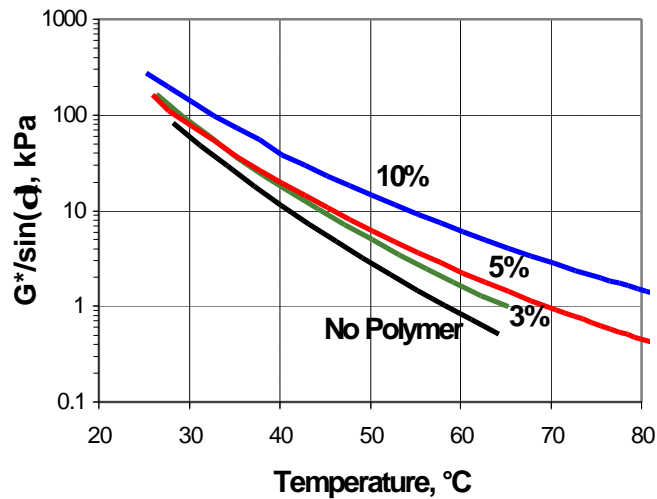


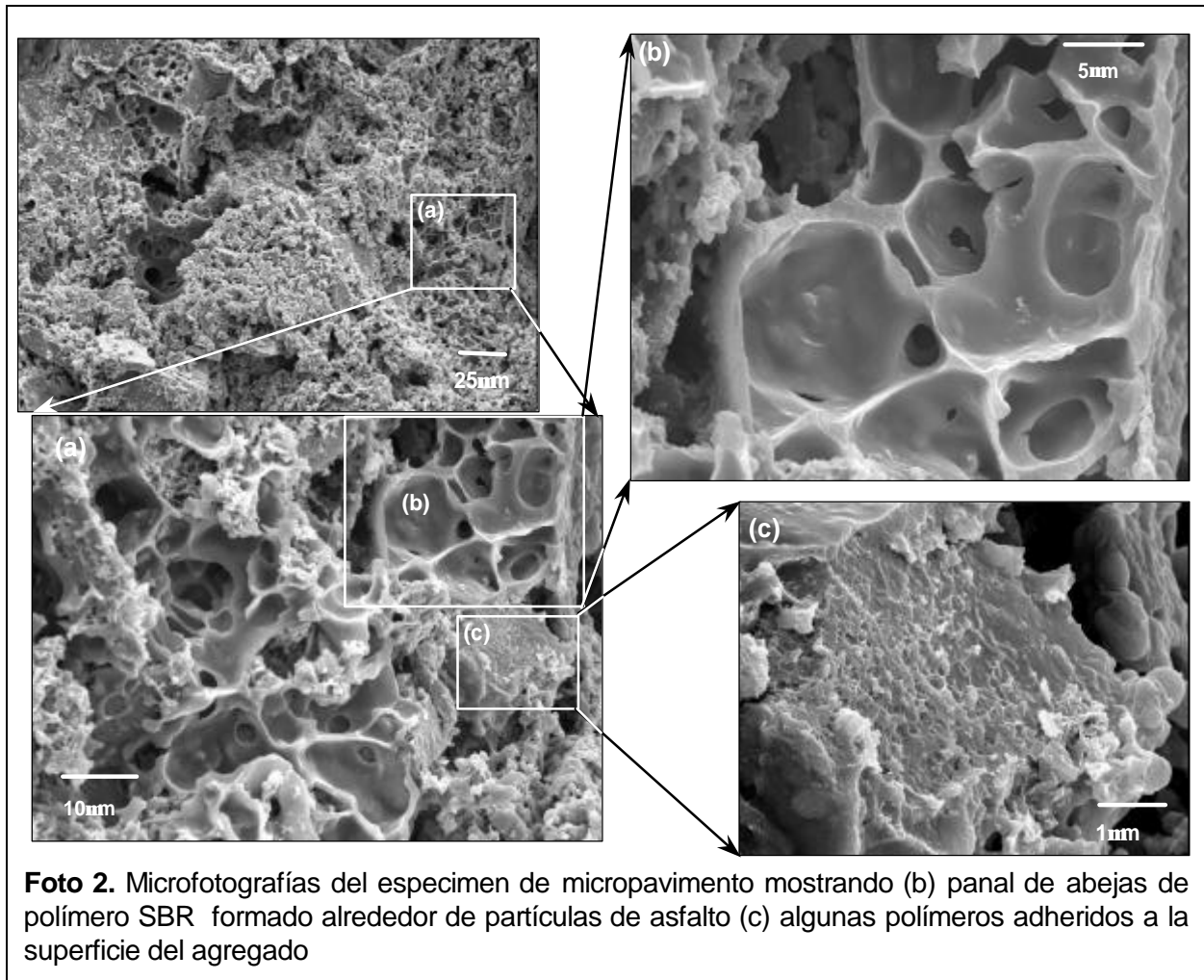
Fig. 4. Valores de $G^*/\sin \delta$ para residuos de emulsiones asfálticas modificadas con cantidades variables de látex SBR

3.3 Morfología de la estructura del látex en el microaglomerado

Se preparó una muestra de micropavimento mezclando 100 g. de agregado, 12 g. de emulsión bituminosa al 65% con un 3% (sólido sobre sólido) de látex sintético de SBR, 10grs. de agua y 1g. de cemento. El tiempo de mezcla fue de aprox. dos minutos a temperatura ambiente.

La mezcla agregado/emulsión fue curada empleando el método standard para la medición de la cohesión, en un anillo de metal de 50 mm de diámetro y 5 mm de profundidad. La cohesión medida fue superior a 25 kg-cm después de una hora.

La muestra de micropavimento se dejó curar durante un mes y luego se fracturó para poder analizar la sección transversal. Se trató con OsO_4 como describe D.L. Wolfe et al. (4) , y posteriormente el bitumen fue extraído con MEK (metil-etil-cetona).



El tratamiento con OsO_4 hace al polímero de SBR insoluble al solvente orgánico y también mejora el contraste para la observación con el microscopio electrónico de barrido. El espécimen mantuvo la estructura original incluso después de haber extraído completamente el bitumen.

Las microfotografías mostradas en la Foto 2 (a y b) muestran claramente las estructuras de panal de abeja que el polímero de SBR forma alrededor de las partículas de bitumen. Algunas partículas de látex polimerizado se adhieren también a la superficie de los agregados como se aprecia en la foto 2 (c). Tanto el polímero de látex como las partículas de cemento se mantienen en la fase acuosa. Asimismo, consideramos altamente probable que no sea el polímero puro, sino una combinación polímero – cemento la que forme esas estructuras.

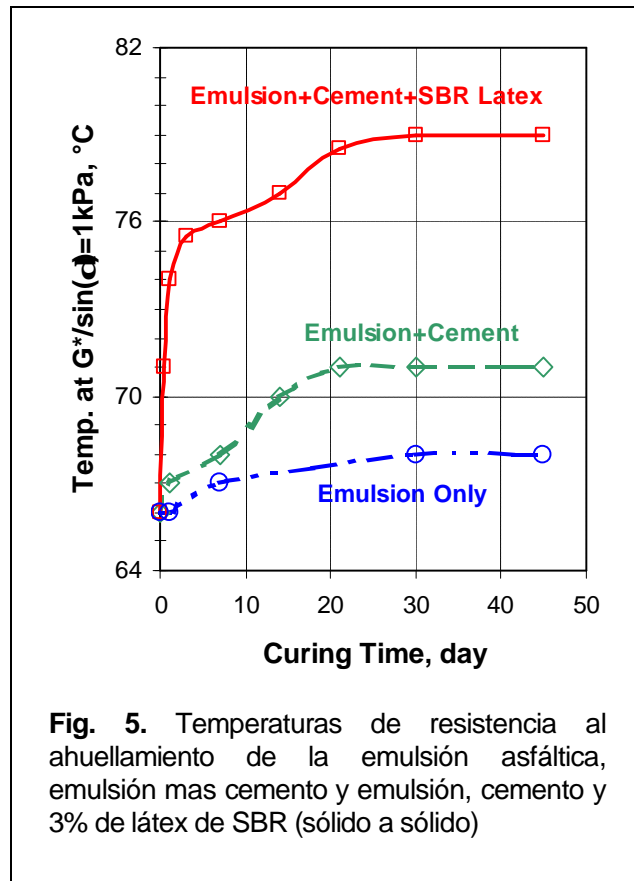
Este comportamiento difiere radicalmente del observado en las emulsiones modificadas mediante el procedimiento de modificación previa en caliente con polímeros sólidos, y es uno de

los motivos del uso tan extendido a nivel mundial de látices de SBR se utilizan a nivel mundial en emulsiones bituminosas en general y en micropavimentos en particular.

3.3 Resistencia al ahuellamiento del compuesto emulsión/cemento

La velocidad de secado del residuo de emulsión para micropavimento (complejo emulsión modificada - cemento) fue más lenta que la de una emulsión CRS (Cationic Rapid Setting, emulsiones de rotura rápida) empleando por lo menos un día para secar completamente. La emulsión secó más rápidamente sin el cemento.

El reómetro DSR fue nuevamente empleado para determinar las propiedades reológicas del residuo del micropavimento. La temperatura de resistencia al ahuellamiento T_r , (temperatura a la cual $G^*/\sin \delta=1$ kPa) fue determinada en función del tiempo de curado de la emulsión sola, de la emulsión con cemento, y de la emulsión con 3% de látex de SBR.



La emulsión fue fabricada a base a un bitumen de grado PG 64 (AC-20) y la T_r se incrementó ligeramente de 66°C a 68°C después de un mes. Los resultados pueden observarse en la Fig. 5. La adición de cemento proporciona un incremento gradual de la T_r hasta 71°C en el lapso de tres semanas. Sin embargo, eso se debe principalmente a una mayor rigidez ya que el ángulo de fase se incrementó de 82° a 88° a la temperatura T_r . El valor T_r se incrementa rápidamente a 76°C dentro de días cuando el látex de SBR esta presente en la mezcla. Después de dos semanas de curado se da una apreciable mejora de dos grados de PG. El ángulo de fase a la temperatura T_r se mantiene constante en valores de 77-78°, confirmando que el ligante modificado con SBR mantiene su elasticidad.

4. CONCLUSIONES

El látex SBR de alto contenido de sólidos y polimerizado en frío es un polímero elastomérico finamente disperso en agua que puede emplearse para modificar tanto el cemento asfáltico como las emulsiones asfálticas que se emplean en pavimentación. Los beneficios que se obtienen son los de una mayor vida útil de las vías, al reducirse considerablemente el ahuellamiento, el agrietamiento térmico y de fatiga, y el desprendimiento de agregado. Se comprobó asimismo la formación de la estructura elastomérica de tipo panal de abeja al emplearse emulsiones modificadas con SBR en micropavimentos, y un aumento de los valores $G^*/\sin \delta$, con la consiguiente mejora de las resistencias al ahuellamiento. Las sinergias observadas en el sistema emulsión-látex-cemento demuestran las ventajas de la tecnología del micropavimento.

Todos los países iberoamericanos son conscientes de la necesidad de mejorar la calidad y durabilidad de su red vial como paso indispensable para alcanzar la ansiada meta del desarrollo económico. Paulatinamente, los Estados están reconociendo que es necesario un mayor involucramiento del sector privado (vía el esquema de concesiones viales por ejemplo) para afrontar el reto que presenta el elevado costo de la construcción y mantenimiento de la estructura vial. Por todo ello, aspectos como la consideración del costo total del ciclo de vida de las vías, el empleo de nuevas especificaciones orientadas al rendimiento y el uso de polímeros tendrán cada vez mayor vigencia. Consideramos que el látex sintético de SBR, por su versatilidad y su relativo bajo costo de inversión inicial, es la alternativa ideal para ayudar a afrontar este reto en Iberoamérica.

5. AGRADECIMIENTOS

Agradecemos la colaboración de Bob LaForce y Donna Harmelink, del Department of Transportation de Colorado, Estados Unidos, por los datos del del proyecto de pavimentación experimental con asfalto modificado con SBR.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Antecedentes de los Métodos de Ensayo de Ligantes Asfálticos de Superpave, Asphalt Institute, traducción suministrada por el Instituto Panamericano de Carreteras, Enero de 1998
2. Sheehan, J.G., Takamura, K., Davis, H.T. y Scriven, L.E., "Microstructure development in particulate coatings examined with high-resolution cryogenic scanning electron microscopy", Tappi Journal, nº 76, 1993. 93-101
3. Türk, J., Schmidt, M. "Asphalt /Bitumen Modification with Elastomeric SBR Dispersions". Asphalt Conference Minsk. Septiembre 1999.
4. Wolfe, D.L., Armentrout, D., Arends, C.B., Baker, H.M., Plancher, H. y Petersen, J.C. "Crude source effects on the chemical, morphological, and viscoelastic properties styrene/butadiene latex modified asphalt cements", Transportation Research Record 1096, National Research Council, Washington, DC.