

# Comportamiento de una mezcla asfáltica en caliente, modificada con copolímero estireno acrilato

## Behavior of a hot asphalt mix modified with styrene acrylate copolymer

Quiñones, Alexandra\*; León, Martha

Escuela de Ingeniería Civil, Instituto Universitario Politécnico Santiago Mariño.

Mérida, 5101, Venezuela

\*[ale.ingcv@gmail.com](mailto:ale.ingcv@gmail.com)

### Resumen

*El artículo presenta los resultados experimentales obtenidos al someter a ensayo una mezcla asfáltica en caliente de alto módulo tipo MDC-19; de acuerdo a lo establecido por el Instituto Venezolano del Asfalto- INVEAS, 2004. Esta mezcla, fue modificada por vía húmeda con copolímero estireno acrilato, suministrado por la distribuidora venezolana Seikon. Para llevar a cabo los respectivos análisis, se realizaron ensayos de caracterización de asfaltos, tales como punto de ablandamiento, penetración y viscosidad. Se obtuvo que la mezcla modificada con copolímero estireno acrilato presenta mayor rigidez cuando se somete a cargas monotónicas y cíclicas, mayor resistencia a la deformación y mejor capacidad drenante en comparación a las mezclas asfálticas convencionales. Además, la mezcla presenta resistencia química, alta resistencia a la fuerza de impacto, un incremento en la dureza superficial y dureza total.*

**Palabras claves:** Asfalto modificado, polímero, copolímero estireno acrilato.

### Abstract

*This article presents the experimental results obtained by testing a high modulus hot asphalt mix, type MDC-19, as established by then Venezuelan Asphalt Institute INVEAS, 2004. This mixture was modified by wet method with styrene acrylate copolymer, supplied by the Venezuelan distributor Seikon. To carry out the respective analyzes, asphalt characterization tests were carried out, such as softening point, penetration and viscosity. It was obtained that the modified mixture has greater rigidity when subjected to monotonic and cyclic loads, in comparison with a conventional asphalt mixture. It also has greater resistance to deformation, better draining capacity, high resistance to impact force, increases the surface hardness and total hardness.*

**Keywords:** Modified asphalt, polymer, styrene acrylate copolymer.

### 1 Introducción

La modificación del asfalto por medio de la adición de polímeros, es una técnica empleada para el aprovechamiento efectivo de los asfaltos en la pavimentación. Esta técnica ampliamente estudiada en los últimos años, pretende mejorar las características mecánicas del asfalto, tales como la resistencia a la deformación, bien sea por efectos del clima o las incidencias del tránsito sobre la superficie pavimentada.

De acuerdo a diversas investigaciones, el principal objetivo de la modificación de asfaltos con polímeros, es obtener ligantes más viscosos a altas temperaturas, una mayor rigidez y así, reducir considerablemente las deformaciones permanentes de la

capa de rodamiento, asimismo evitar el escurrimiento del asfalto, segregación del pétreo grueso, trituración o machaqueo del material y el enfriamiento de la mezcla. Aunque en una mezcla asfáltica, el asfalto sea minoritario en proporción, sus propiedades pueden influir de manera significativa en su comportamiento (Arenas 2011). Es decir, que el tipo de mezcla será el que, en gran medida, determine la contribución hecha por el ligante sobre todo el conjunto.

Atendiendo la consideración anterior, en este estudio se plantea modificar una mezcla asfáltica convencional con un polímero acrílico, empleando copolímero estireno acrilato. Este polímero, es resistente a los ataques químicos, presenta tenacidad a cualquier temperatura, condición especialmente interesante, ya que



Con la mezcla óptima dosificada, se procedió a la adición del polímero, el mezclado y calentamiento de la mezcla, hasta hacerse homogénea, por lo tanto, todas sus partículas estuvieron totalmente cubiertas por el ligante; posteriormente se procedió a su compactación como lo indica la norma.

La temperatura de mezclado con el aditivo estuvo comprendida entre 100°C y 120°C y el tiempo de mezclado fue entre 30 y 45 minutos, utilizando recipiente metálico y termómetro tubular de vidrio.

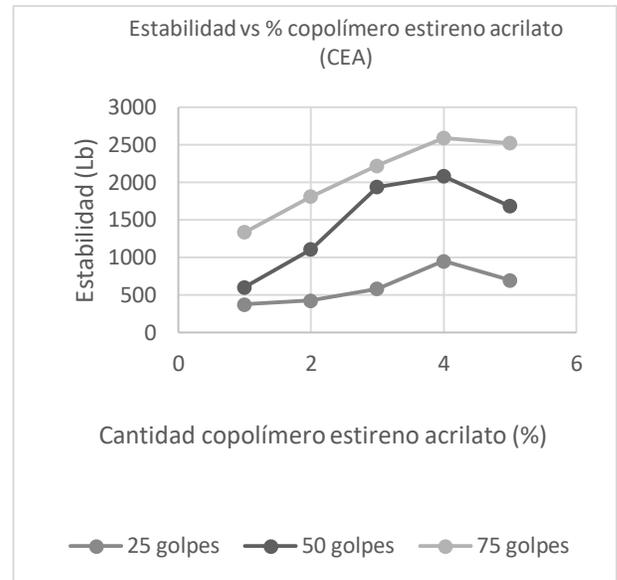
### 3 Resultados y análisis.

Una vez aplicado el método Marshall y con el valor del porcentaje óptimo de asfalto, se obtuvieron los valores de los parámetros Marshall en función del porcentaje de polímero adicionado. Estos valores se indican en la tabla 2.

**Tabla 2.** Parámetros Marshall en función del porcentaje del aditivo copolímero estireno acrilato (CEA).

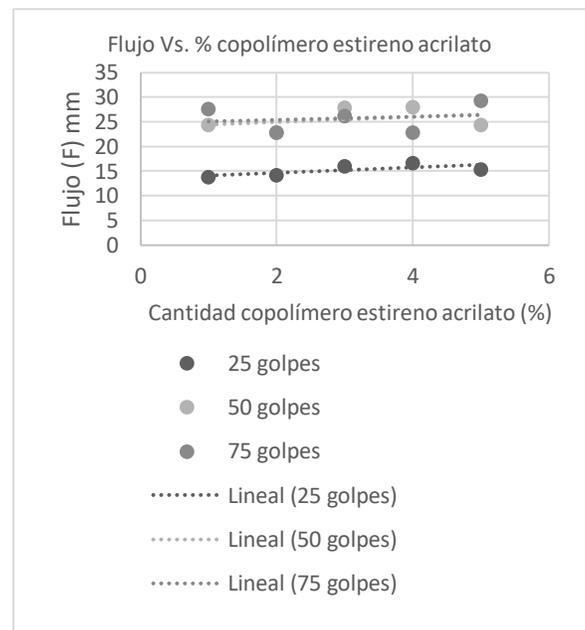
% CEA	No. de golpes	Estabilidad E (kg)	Flujo F (mm)	Peso específico (gr/cm <sup>3</sup> )	Módulo de rigidez E/F (Kg/mm)
0.1	25 golpes	170.31	1.37	2,11	14.42
0.2		194.92	1.41	2,13	103.86
0.3		265.19	1.59	2,16	125.35
0.4		431.20	1.66	2,20	195.12
0.5		317.17	1.53	2,19	155.98
0.1	50 golpes	275.12	2.43	2,13	85.06
0.2		503.60	2.27	2,17	166.85
0.3		879.68	2.78	2,24	237.98
0.4		945.41	2.79	2,25	254.66
0.5		764.04	2.44	2,22	235.92
0.1	75 golpes	607.63	2.76	2,18	165.63
0.2		820.99	2.27	2,23	272.01
0.3		1007.27	2.61	2,25	290.66
0.4		1175.29	2.27	2,26	388.71
0.5		1144.35	2.92	2,24	294.56

Mediante la curva de estabilidad de la figura 1, se deduce que los porcentajes óptimos para cada una de las muestras son: a) Para muestra de 25 golpes 0.4%, b) para muestras de 50 golpes 0.4%, c) para muestras de 75 golpes 0.4%. Por lo cual el porcentaje óptimo para dichos ensayos es de 0.4% de porcentaje de copolímero estireno acrilato con respecto al peso de la muestra Marshall, donde su estabilidad máxima de las tres curvas es de 1175,29 kg.

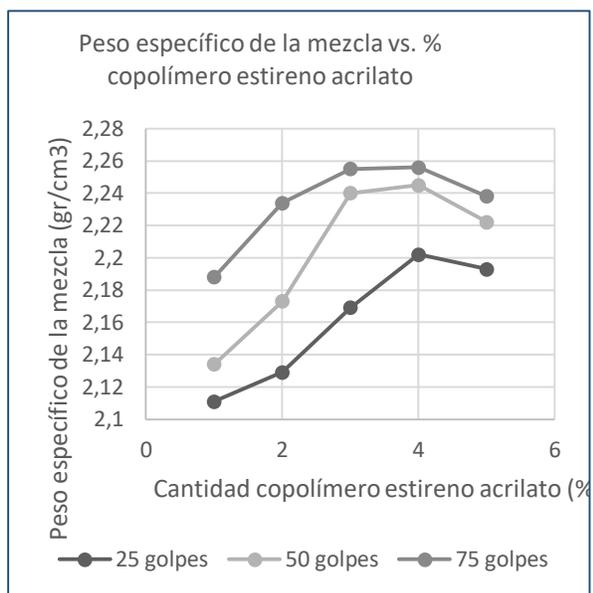


**Figura 1.** Estabilidad vs. Porcentaje de copolímero estireno acrilato.

Para cada una de las probetas del ensayo Marshall, se muestra que el valor de flujo para cualquier porcentaje de polímero es aproximadamente constante para todas las curvas, como se observa en la figura 2, mientras que, para el peso específico de la mezcla, el porcentaje de polímero es de 0.4% con respecto al peso de la muestra, como se indica en la figura 3.

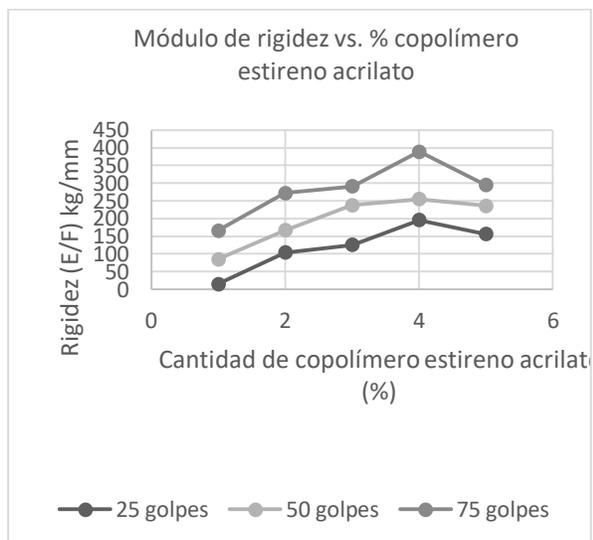


**Figura 2.** Flujo (F) vs. Porcentaje de copolímero estireno acrilato



**Figura 3.** Peso específico de la mezcla vs. % copolímero estireno acrilato (CEA).

El módulo de rigidez para las tres gráficas presenta un máximo de 0.4% del porcentaje de copolímero estireno acrilato cuyo valor máximo es de 388,71 kg/mm como se indica en la figura 4.



**Figura 4.** Módulo de rigidez vs. % copolímero estireno acrilato.

De los resultados obtenidos se deduce que el porcentaje óptimo que mejora de manera substancial las propiedades mecánicas del asfalto para la mezcla en estudio, está alrededor del 0.4% del porcentaje del polímero empleado como aditivo. Pero se debe guardar especial cuidado al emplear porcentajes bajos, debido a

que para las muestras compactadas en 25 y 50 golpes, con una adición de polímero de 0.1% y 0.2%, se observa una disminución de la estabilidad, por lo que la compactación dentro del diseño de este tipo de mezclas es de mayor importancia que en mezclas convencionales.

Es importante resaltar que la rigidez de la mezcla modificada se incrementa cuando se somete a cargas cíclicas, y por tanto se incrementa la resistencia a la deformación permanente. Estos incrementos se deben a que, con la incorporación de aditivo, en este caso del copolímero estireno acrilato, se obtiene un material más rígido y viscoso (Stastna 2000)

Al adicionar el aditivo por vía húmeda, se observa que mientras mayor cantidad de aditivo existe en la mezcla, la misma presenta mayor rigidez, así mismo, se evidencia disminución de los valores de penetración y ductilidad, así como aumento de la viscosidad. Por estas consideraciones, es recomendable llevar a cabo un análisis de las características reológicas de la mezcla.

#### 4 Conclusiones.

Las mezclas asfálticas modificadas con polímeros se utilizan como capa de rodadura en pavimentos de alto desempeño, teniendo como función principal brindar mayor vida útil al pavimento, alta resistencia al tránsito y confort a los usuarios de la vía.

Al adicionar copolímero estireno acrilato a una mezcla asfáltica convencional, se observa que la misma tiende a presentar comportamiento rígido, además se observa mejora en las propiedades mecánicas tales como estabilidad, flujo y susceptibilidad térmica, por lo que se deduce que los daños a la estructura de pavimento por las sollicitaciones de tránsito disminuirán.

Una característica importante de este tipo de mezclas modificadas es la rigidez de la misma a altas temperaturas de servicio, lo que supone una reducción del ahuellamiento. Asimismo, se obtienen mezclas más flexibles a bajas temperaturas de servicio reduciendo el fisuramiento.

De igual manera, la adición de copolímero estireno acrilato a bajas temperaturas, disminuye la exudación del asfalto, debido a que la mezcla presenta una mayor viscosidad, por lo tanto tiene menor tendencia a fluir y mayor elasticidad.

En cuanto a la cohesión, se deduce que el polímero refuerza la cohesión de la mezcla, mejora la trabajabilidad y compactación debido a la acción lubricante del polímero.

Por otra parte, los valores de estabilidad y rigidez Marshall de la mezcla modificada tienden a ser mayores,

cuanto mayor es el porcentaje de aditivo en la mezcla. Así mismo, las mezclas asfálticas modificadas con copolímero estireno acrilato, presentan un incremento notable en la resistencia mecánica bajo carga monótonica en comparación con las mezclas convencionales.

Las temperaturas de ensayo juegan un papel muy importante en los resultados, haciéndose evidente un descenso en los módulos del asfalto con el aumento de la temperatura.

Los porcentajes bajo comprendidos entre 0.1% y 0.2% de copolímero estireno acrilato, para muestras compactadas con 25 y 50 golpes, experimentan una disminución en los parámetros Marshall, en comparación a una mezcla asfáltica convencional.

Sin embargo, se puede decir en base a los resultados obtenidos que, los asfaltos modificados con polímeros presentan propiedades mecánicas superiores a las de los ligantes tradicionales. Así mismo, los valores de penetración, punto de ablandamiento y viscosidad de la mezcla estudiada permiten predecir una disminución considerable de ahuellamiento en la superficie de pavimento, cuando se somete a altas temperaturas de servicio y cargas de tránsito pesado.

Otras propiedades que presenta la mezcla modificada con copolímero estireno acrilato son mayor intervalo de plasticidad, mayor cohesión, mejora de la respuesta elástica, mayor resistencia a la acción del agua o impermeabilización en los sellados bituminosos, pues absorbe mejor los esfuerzos tangenciales, evitando la propagación de las fisuras.

La resistencia al envejecimiento se ve incrementada pues se mantienen las propiedades del ligante, los sitios más activos del asfalto son ocupados por el copolímero acrilato estireno. Esto conlleva a que la mezcla asfáltica modificada presente una mayor durabilidad y una respuesta satisfactoria ante la resistencia al cambio de sus propiedades características.

La película ligante es gruesa y la mezcla modificada presenta alta viscosidad, los áridos se ven cubiertos por dicha película, evitando los efectos perjudiciales del envejecimiento y la acción del agua.

Es preciso señalar que emplear este tipo de mezclas tiene algunas desventajas, tales como extremos cuidados durante la elaboración de la mezcla y control de la temperatura mínima de distribución, la cual debe ser de 45° C por su rápido endurecimiento.

Además, se presente dificultad de mezclado, pues todas las partículas del polímero no son compatibles con el asfalto base, por lo que se debe tener especial cuidado de que los agregados no estén contaminados.

Evidentemente, la mayor desventaja de este tipo de mezclas es el alto de obtención del polímero, lo que incrementa el costo inicial de la mezcla modificada. Sin embargo, si se realiza un análisis del costo a largo plazo, se puede sintetizar que el elevado costo inicial es compensado por la reducción del mantenimiento futuro e incremento de la vida útil del pavimento.

Finalmente, para que la mezcla asfáltica modificada con copolímero estireno acrilato cumpla con el objetivo para el cual fue diseñada, debe presentar baja polaridad, su peso específico de la mezcla debe tener un porcentaje de polímero de 0.4% con respecto al peso de la muestra y la rigidez de la mezcla modificada debe mostrar un incremento cuando se somete a cargas cíclicas.

## Referencias

- AASHTO- American Association of State Highway and Transportation Officials, 2004, Guía de especificaciones para asfaltos modificados con polímeros. EUA.
- Agnusdei J, 2010, Evaluación de las propiedades de asfaltos modificados con polímeros activados. Corporación para la Investigación y Desarrollo de Asfaltos en el sector de Transporte Industrial Corasfaltos.
- Arenas H, 2011, Tecnología del cemento asfáltico. 5ª ed. Bogotá: Faid Editorial.
- Asociación Mexicana de Ingeniería de Vías Terrestres, 2014, Reología de asfaltos teoría, aplicación e implementación, 4º seminario técnico.
- ASOPAC- Asociación de Productores y Pavimentadores Asfálticos de Colombia, 2015, Cartilla del pavimento asfáltico. 1era ed. Colombia. p.52.
- ASTM D-1559 – American Society for Testing and Materials, 2000. Vol. 05.01.
- Botasso H, 2009, Asfaltos modificados: Fijación de residuos contaminantes. Universidad Tecnológica Nacional. Argentina.
- Agüero MJ, 2008, Caminos Y Asfaltos. 2da ed. Chile.
- Canevarolo S, 2002, Ciencia dos Polímeros. Brasil: Universidad Federal de San Carlos.
- COVENIN- Comisión Venezolana de Normas Industriales, 2000, norma venezolana sector construcción, Fondonorma.
- Chen J, Shi X, 2002, Asphalt modified by Styrene-Butadiene- Styrene triblock copolymer: Morphology and model. Journal of Material in Civil Engineering, Vol 14, Issue 3. pp. 57
- Heshmat A, 2017, Polymer modifiers for improved performance of Asphalt Mixture. Usmani, A. M. (ed). Asphalt science and technology. New York: Marcel Dekker, Inc, pp. 197-220.
- INVEAS – Instituto Venezolano del Asfalto, 2004, Norma 12-10, versión revisada, p. 18.
- López D, 2008, Variabilidad del módulo resiliente de una mezcla asfáltica MDC-2 dentro de la ventana de diseño propuesta. M. Witzak. Colombia.

- Macías J, 2008, XI reunión nacional de vías terrestres. Modificación de Asfaltos con Polímeros. México.
- Montejo A, 2008, Ingeniería de pavimentos para carreteras. 2da ed. Colombia. p. 1491.
- Stastna J, 2000, Damping of shear vibrations in asphalt modified with Styrene-Buttadiene-Styrene polymer. Transportation research record, Annual Meeting of the Transportation Research Board, No. 1728, pp. 15-20.
- The Asphalt Institute, 2003, Manual del asfalto. Bilbao. Ediciones Urmo.
- Vázquez I, 2010, Ventajas y desventajas del uso de polímeros en el asfalto. Universidad Veracruzana. México.

**Recibido:** 15 de julio de 2019

**Aceptado:** 05 de diciembre de 2019

**Quiñones, Alexandra:** Ingeniero Civil. Egresada del Instituto Universitario Politécnico “Santiago Mariño”. Aspirante MSc en Ingeniería Estructural Universidad de Los Andes (ULA, Venezuela). *Correo electrónico:* [ale.ingcv@gmail.com](mailto:ale.ingcv@gmail.com)

**León, Martha:** Ingeniero Civil. Especialista en Gerencia de obras. Profesor titular del Instituto Universitario “Politécnico Santiago Mariño”. *Correo electrónico:* [martha.leon@psmmerida.edu.ve](mailto:martha.leon@psmmerida.edu.ve)