

# **Incorporación de Tereftalato de Polietileno Como Agente Modificador en el Asfalto.**

J. A. Grajales García<sup>1</sup>, A. J. Vidal Satizabal<sup>1</sup>, D. Ramírez López<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Estudiantes de Ingeniería Civil, Pontificia Universidad Javeriana Cali*

**Resumen:** Este proyecto presenta la posibilidad de incorporar Tereftalato de Polietileno en las mezclas asfálticas para conocer su comportamiento. El primer paso fue realizar ensayos de comportamiento mecánico a los agregados. Posteriormente se procedió a analizar la penetración, el punto de ablandamiento, la viscosidad y la durabilidad del asfalto. A continuación se realizó un diseño mediante el método Marshall, suponiendo un nivel de tránsito NT2, concluyendo que el porcentaje de asfalto a utilizar en la mezcla era 5%. Luego se plantearon tres porcentajes de PET, 3%, 5% y 7% de la masa total del asfalto, con los cuales se modificó el bitumen, pero el protocolo de mezcla utilizado provocó que el material se aglutinara en el fondo del recipiente, lo cual no es adecuado para lograr una mezcla homogénea. Por lo mencionado anteriormente, se optó por utilizar el PET como parcial de arena. Basándose en estudios anteriores se plantearon tres porcentajes de PET a utilizar; 5%, 8% y 11%, se analizó la estabilidad y el flujo de la mezcla modificada. Finalmente, los resultados obtenidos permiten concluir que el PET como parcial de arena, altera el comportamiento de la mezcla modificada de una manera considerable, mejorando la estabilidad en un 79% con 5% de PET. Sin embargo, se obtuvo un aumento en la deformación de la mezcla, con 8% de PET, de 140% respecto a la mezcla sin modificar

## **1. Introducción.**

Las propiedades de las mezclas asfálticas pueden ser modificadas para mejorar las características de los pavimentos convencionales. Hay casos en los cuales los pavimentos flexibles presentan problemas al no generar la resistencia adecuada frente a cargas producidas por el tráfico y la acción del clima. Para tratar de solucionar los problemas mencionados anteriormente, se ha optado por modificar las propiedades de los asfaltos, mediante la investigación e implementación de materiales que colaboren con los problemas estructurales y que sean amigables con el medio ambiente.

Un posible material para modificar asfaltos es el Tereftalato de Polietileno, PET por sus siglas en inglés. Este es un material comúnmente usado para envases de bebidas y textiles. En Colombia se produce aproximadamente 84.000 ton/año de PET, de las cuales se recicla solamente el 24% [1]. En el área del diseño de pavimentos, el PET es un material poco investigado y prácticamente nuevo como modificador de propiedades.

La presente investigación está orientada a la evaluación de la posibilidad de incorporar PET al asfalto, teniendo en cuenta los cambios que este le podría producir a sus propiedades, como la resistencia y la deformación.

## 2. Fundamentación teórica

La caracterización de un agregado depende del tipo uso que se le vaya a dar. Para el diseño de pavimentos, los agregados deben cumplir los límites de los ensayos establecidos por el artículo 450 del Instituto Nacional de Vías (INVIAS) [2], dependiendo del tipo de mezcla. Para una mezcla asfáltica densa en caliente MDC-1, el agregado debe ser sometido a los ensayos mencionados en la Tabla 1.

De igual manera, el asfalto sin modificar y el asfalto modificado con polímero deben pasar por un proceso de caracterización para conocer si es adecuado o no para una mezcla asfáltica. Los asfaltos se clasifican de acuerdo al grado de penetración que tengan, según el artículo 400 del INVIAS. La Tabla 1 muestra los ensayos a los cuales deben ser sometidos los asfaltos para su caracterización.

**Tabla 1. Ensayos realizados al agregado y al asfalto.**

Agregados		Asfaltos	
Ensayo	Norma INVIAS	Ensayo	Norma INVIAS
Análisis granulométrico	INVE 213	Punto de ignición y de llama	INVE 709
Desgaste en la máquina de los Ángeles	INVE 218	Punto de ablandamiento	INVE 712
Equivalente de arena	INVE 133	Penetración	INVE 706
Índice de aplanamiento y alargamiento	INVE 230	Viscosidad	INVE 717
Gravedad específica del agregado grueso	INVE 223	Índice de penetración	INVE 724
Gravedad específica del agregado fino	INVE 222	Desgaste en el horno de lámina delgada	INVE 720

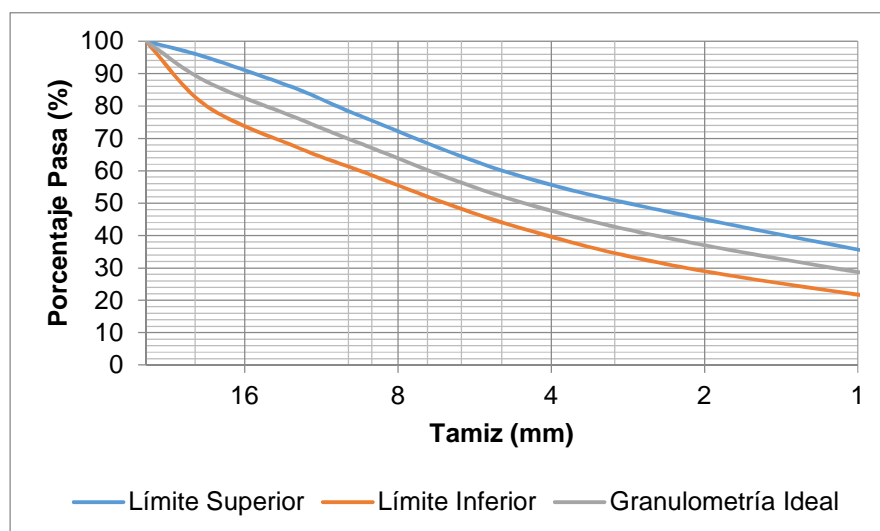
Los asfaltos modificados son el producto de la incorporación de un polímero al asfalto convencional, con el fin de mejorar propiedades físicas y reológicas, disminuyendo susceptibilidad térmica y oxidación. Además, se trata de aumentar la resistencia de las mezclas asfálticas respecto a la deformación y ahuellamiento [3]. En la modificación de asfaltos se utilizan principalmente dos tipos de polímeros: elastómeros y plastómeros. Los primeros son polímeros de respuesta elástica y fácilmente deformables. Los segundos son más rígidos y no son deformables, ofreciendo resistencia al asfalto. [4]

## 3. Resultados

Para la investigación se utilizó un agregado proveniente de la empresa CANTERAS LTDA, del departamento del Cauca. La Tabla 2 muestra los resultados de los ensayos realizados, los cuales se adaptan a los límites que da la norma para una mezcla MDC-1. La Figura 1 muestra la granulometría del agregado.

**Tabla 2. Resultados de la caracterización del agregado.**

Ensayo	Resultado
Análisis granulométrico de agregados gruesos y finos	-
Resistencia al desgaste de los agregados de tamaños menores de 37.5 mm por medio de la máquina de Los Ángeles	14%
Equivalente de arena de suelos y agregados finos	30,2
Gravedad específica agregado fino	2,64
Gravedad específica agregado grueso	2,83
Índice de aplanamiento y de alargamiento de los agregados para carreteras	
$I_A$	21%
$I_{Li}$	18%



**Figura 1. Granulometría del agregado.**

El asfalto utilizado en la investigación es de penetración 60/70, de acuerdo a la clasificación del INVIAS. Para modificar el asfalto se utilizaron tres porcentajes de PET respecto a la masa del asfalto: 3%, 5% y 7%. De igual manera, a las mezclas modificadas se les realizó pruebas de punto de ablandamiento, penetración y viscosidad. Después de haber mezclado el asfalto con el PET, se encontró que los resultados no eran los esperados, ya que, al ser modificado con un plastómero, se esperaba un aumento en el punto de ablandamiento y una disminución en la penetración del asfalto. Esto generó dudas, pero se pensó que podría haber sido algún error en el procedimiento de los ensayos. Se prosiguió con el ensayo de viscosidad, el cual fue interrumpido a los 160°C, ya que se evidenció que los resultados eran demasiado similares cuando el asfalto no contenía PET. En la

Tabla 3 se puede observar un resumen de los resultados obtenidos para los diferentes tipos de asfaltos analizados.

En la búsqueda de respuestas a lo ocurrido en los ensayos de penetración, punto de ablandamiento y viscosidad, se puso en duda el proceso de mezclado, ya que se encontró que el PET no se comportó de la manera que se pretendía, pues se esperaba que este polímero se incorporara al asfalto de una forma homogénea. En lugar de ocurrir esto, el material se depositó en el fondo del recipiente.

Debido a que la mezcla asfáltica modificada con PET no dio los resultados esperados, se decidió analizar la mezcla asfáltica adicionando PET como parcial de arena. Para esto, se utilizaron tres porcentajes de PET: 5%, 8% y 11%. Como primera instancia, se realizó el diseño Marshall con el asfalto sin modificar para obtener el porcentaje óptimo de asfalto. Se analizaron cinco porcentajes, de 4.5% a 6.5%, con incrementos de 0.5 %, y se encontró como porcentaje óptimo 5 % de asfalto.

**Tabla 3. Resultados de la caracterización del asfalto.**

Ensayo	Asfalto sin modificar	Asfalto Modificado, 3% PET	Asfalto Modificado, 5% PET	Asfalto Modificado, 7% PET
Punto de ignición y de llama	<220°C	-	-	-
Punto de ablandamiento	52°C	51°C	48°C	45°C
Penetración	61 (0,1 mm)	64 (0,1 mm)	62 (0,1 mm)	60 (0,1 mm)
Índice de penetración	-0,32	-0,3	-1,2	-2,1
Ensayo en el horno de lámina asfáltica delgada en movimiento	0.1 (g)	-	-	-
Incremento en el punto de ablandamiento	5,2°C	-	-	-
Penetración	39 (0,1 mm)	-	-	-
Viscosidad a 100°C	4792,1 (cP)	4844 (cP)	-	-
Viscosidad a 120°C	1162,3 (cP)	1108 (cP)	-	-
Viscosidad a 140°C	393,5 (cP)	293 (cP)	-	-
Viscosidad a 160°C	119,7 (cP)	124,5 (cP)	-	-
Viscosidad a 180°C	59,7 (cP)	-	-	-
Viscosidad a 200°C	34,3 (cP)	-	-	-

Una vez se tuvo el porcentaje óptimo de asfalto, se realizó el diseño Marshall, utilizando los porcentajes de PET como parcial de arena. Para esto se realizaron tres briquetas por porcentaje y se sometieron a pruebas de estabilidad y flujo. La Figura 2 muestra los resultados obtenidos.

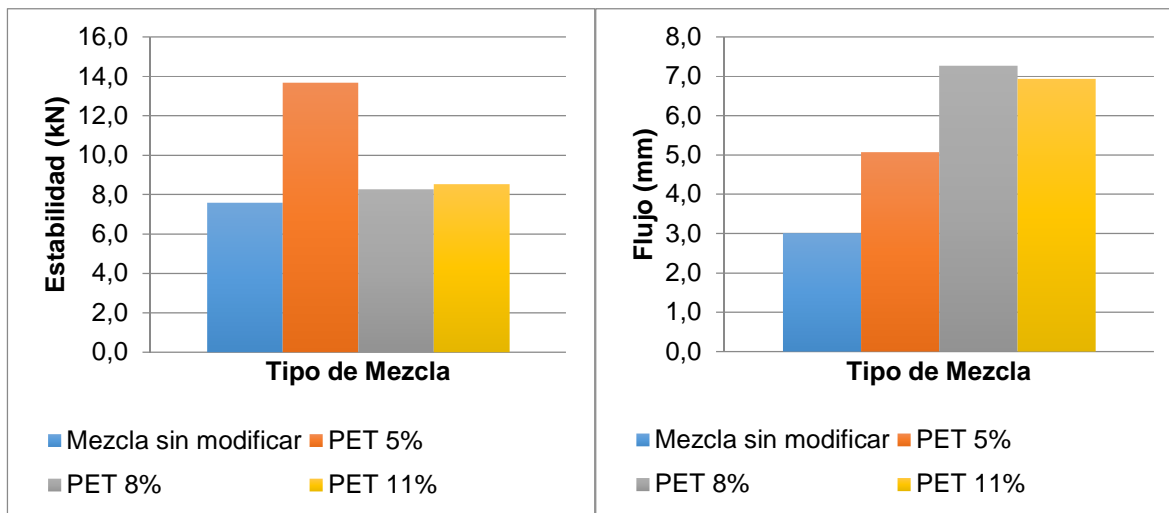


Figura 2. Estabilidades y flujos obtenidos para los diferentes tipos de mezclas.

#### 4. Discusión y conclusiones

Para comenzar, se analiza la estabilidad de las briquetas modificadas con PET. Se observa en la Figura 2 que la estabilidad disminuye a medida que la cantidad de porcentaje de PET aumenta. Este resultado puede ser por varios motivos: Primero, no existe compatibilidad entre la mezcla asfáltica tradicional y la mezcla asfáltica modificada con PET, o, al tratarse de módulos de elasticidad distintos, es decir, rigideces distintas, el comportamiento no es homogéneo del todo el material y se altere el valor de estabilidad. Además, se tiene que, según el artículo 450 de INVIAS, la estabilidad mínima es de 750 kg para un nivel de tránsito NT2. En la Figura 2 se puede ver que en todas las mezclas modificadas la estabilidad está por encima de la mínima establecida por la norma, lo que indica que cumple con un criterio de diseño de la mezcla asfáltica en caliente por el método Marshall. Se observa que existe una mejora sustancial de la estabilidad de la mezcla con PET con respecto a la mezcla sin modificar. Midiendo las distancias relativas con respecto a la mezcla sin modificar, se encuentra una mejora del 44% con PET al 5%, del 8% con PET al 9% y del 12% con PET al 11%. Esta mejora sustancial, se ve reflejada en una mayor rigidez por parte de la mezcla modificada.

De la misma manera, en la Figura 2 se puede ver un aumento considerable en el flujo de la mezcla a medida que hay un incremento en el porcentaje de PET. Según el artículo 450 del INVIAS, solo la mezcla sin modificar cumple con el criterio de flujo, lo que pone en duda cualquier posibilidad de diseño de mezcla asfáltica en caliente por el método Marshall, pues si estos resultados persisten, el flujo por tensión de la carpeta asfáltica con PET es excesivo frente a una mezcla sin modificar. De hecho, la variación del flujo de una mezcla modificada con respecto a una mezcla sin modificar, llega a valores extremos como del 130% con un PET al 11%. Lo que lleva a dudar de la posibilidad de usar PET en una mezcla asfáltica.

## 5. Referencias

- [1] CEMPRE. Plásticos. Colombia. [En línea]. Disponible en: <<http://www.cempre.org.co/documentos/ficha%20pl%C3%A1stico.pdf>>
- [2] Instituto Nacional de Vías. Artículo 400. Santa Fe de Bogotá, INVIAS, 2007.
- [3] ARENAS LOZANO, Hugo León. Los asfaltos modificados. En: Tecnología del Cemento Asfáltico. Colombia: FAID, (s,f), p.281.
- [4] AVELLAN CRUZ, Martha Dina. Asfaltos modificados. En. Asfaltos modificados con polímeros. Guatemala: 2007, p.32.