

05



ALQUITRÁN EN MEZCLAS PARA PAVIMENTOS.

TAR IN MIXTURES FOR FLOORING

Curmen Jean, Ing. en transporte y vías, Servicio Nacional de Aprendizaje SENA,
jcurmen@sena.edu.co

Camacho Deicy, Ing. en transporte y vías, Servicio Nacional de Aprendizaje SENA
dcamachov@sena.edu.co

RESUMEN

Por las similitudes observables entre el alquitrán y el asfalto como ligante en mezclas densas en caliente se propone las sustituciones del material convencionalmente empleado para la fabricación de mezclas densas en caliente por alquitrán con el propósito de conocer su comportamiento mediante ensayos de laboratorio normalizados y definir de esta manera la factibilidad del uso e alquitra en sustitución del asfalto para carpetas de rodadura.

Palabras clave: Alquitrán, Mezclas, pavimentos.

ABSTRACT

Due to the observable similarities between tar and asphalt as a binder in hot dense mixtures, it is proposed to substitute tar for the material conventionally used for the manufacture of hot dense mixtures with the purpose of knowing its behavior through standardized laboratory tests and defining the in this way the feasibility of the use of tar as a substitute for asphalt for rolling surfaces.

Key words: Tar, Mixtures, Pavements.

1. INTRODUCCIÓN

El uso exclusivo del asfalto como ligante en mezclas para conformar estructuras de pavimento genera una limitante en la industria de la construcción de carreteras al no contar con alternativas para el uso del asfalto en pavimentos flexibles, la tendencia al uso exclusivo de mezclas densas en caliente empleando asfalto como ligante genera riesgos económicos en los proyectos de construcción de obras viales debido a la fluctuación en los precios del asfalto, por lo que es pertinente aportar con estudios que definan la factibilidad del uso de materiales diferentes al asfalto. Con el propósito de encontrar alternativas de mezclas densas en caliente se propone evaluar el empleo de alquitrán como ligante de agregados para capas de rodadura mediante

los ensayos Marshall, la caracterización de materiales de la región y la granulometría MDC-19 según las especificaciones generales de construcción de carreteras INVIAS 2013. A partir de los resultados de estabilidad y flujo determinar la factibilidad del alquitrán en mezclas densas en caliente.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Los agregados empleados se clasifican en arena, finos de trituración y grava de $\frac{1}{2}$, la fuente de materiales corresponde con Triturados Paz del Rio. La caracterización de materiales y ensayos fueron desarrollados por el laboratorio Rapitest Ing. Ltda. los cuales iniciaron



con las granulometrías y las curvas características de cada material para posteriormente determinar por iteración numérica los porcentajes a utilizar de cada agregado de manera que se cumpla con la franja granulométrica establecida en la tabla 450-6 del artículo 450 de Las especificaciones de la norma INVIAS 2013 para MDC-19.

Posteriormente se realizó la caracterización de materiales con el fin de determinar el cumplimiento de los requisitos para agregados de mezclas densas en caliente descritos en la tabla 450-3 del artículo 450 de las especificaciones de la norma INVIAS (2013).

Verificado el cumplimiento de los materiales para MDC-19 se procede a realizar el ensayo Marshall elaborando tres briquetas para cada contenido de alquitrán con naftaleno, el cual se fue variando cada 1% de contenido en peso para un juego de 12 briquetas con contenidos de alquitrán con naftaleno de 4.0%, 5.0%, 6.0%, y 7.0%. En el caso de mezcla de agregados de alquitrán sin naftaleno se fabricaron 12 briquetas con contenidos de 4.5%, 5.0%, 6.5% y 7.5%. Cada briketa fue compactada con 75 golpes para una energía de compactación correspondiente a un martillo Marshall

de peso 10 Lb de caída libre según norma INV-E-748 y con ello obtener mediante el método gráfico la fórmula de trabajo. En el desarrollo de los ensayos se tuvieron las siguientes consideraciones:

La temperatura de la mezcla de alquitrán con agregados pétreos fue de 50 °C y la temperatura de compactación de 40 °C considerando protocolos de seguridad y salud en el trabajo ya que el alquitrán a altas temperaturas genera gases tóxicos.

El curado de las briquetas se realizó durante 7 días calendario con el fin de permitir la evaporación de los aditivos presentes en el alquitrán y hacer efectivo el ligante presente en este. Los procesos y resultados constituyen una información relevante para tomar decisiones en el uso de materiales para la construcción de carreteras e incentiva a aprendices e instructores en la continuidad con la ejecución de proyectos relacionados.

2.1 Ensayos de laboratorio

La caracterización de los agregados pétreos permitió verificar el cumplimiento de los mismos con las especificaciones de la norma INVIAS (2013). Ver tabla 1

Con relación a la mezcla de trabajo se estableció en cumplimiento de franja granulométrica para mezcla densa en caliente MDC-19 con las siguientes proporciones en peso: 37% de grava triturada de $\frac{1}{2}$ ", 32% de finos de trituración y 31% de arena lavada el resultado de la combinación de materiales se muestra en la siguiente figura.

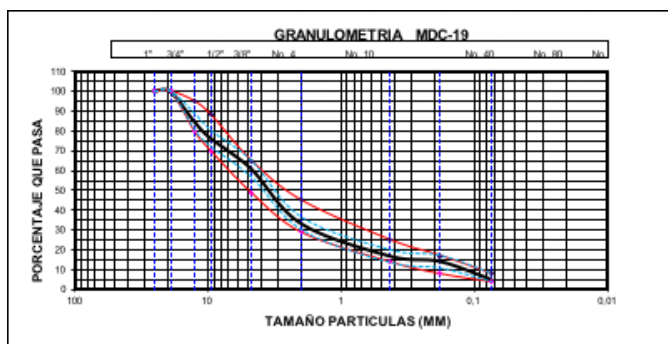


Figura 1. Mezcla de agregados

Una vez realizado los ensayos Marshall respectivos para cada uno de los alquitranes se obtiene las fórmulas de trabajo los cuales se presentan a continuación

Tabla 2. Fórmula de trabajo (alquitrán con naftaleno)

Parámetro	Especificación INV-2013	Fórmula de trabajo
% alquitrán	----	6,50%
Densidad Bulk	----	2,348 g/cm ³
Estabilidad	Mínimo 900 Kg	1330
Flujo	2.0 mm a 3,5 mm	4,58
Vacios en la mezcla total (aire)	4.0 % a 6.0 %	5,05%
Vacios en los agregados	Mínimo 15%	18,20%
Vacios llenos con asfalto	65% a 75%	72,0%
Relación llenante/ligante efectivo	0,8 a 1,2	1,13
Relación estabilidad/flujo	300 a 600 Kg/mm	

Fuente: Informe Rapitest Ing.

Tabla 3. Fórmula de trabajo (alquitrán sin naftaleno)

Parámetro	Especificación INV-2013	Fórmula de trabajo
% alquitrán	----	6,30%
Densidad Bulk	----	2,327 g/cm ³
Estabilidad	Mínimo 900 Kg	
Flujo	2.0 mm a 3,5 mm	3,96, mm
Vacios en la mezcla total (aire)	4.0 % a 6.0 %	6,30%
Vacios en los agregados	Mínimo 15%	18,35%
Vacios llenos con asfalto	65% a 75%	67,4%
Relación llenante/ligante efectivo	0,8 a 1,2	1,13
Relación estabilidad/flujo	300 a 600 Kg/mm	295 kg/mm

Fuente: Informe de Rapitest ingeniería Ltda

De acuerdo con los anteriores resultados se deduce que el alquitrán con naftaleno tiene mejores parámetros de consistencia y resistencia que el alquitrán sin naftaleno, y su comportamiento cumple para bajos volúmenes de tránsito. Según especificaciones generales de construcción de carreteras INVIAS (2013).



2.2 Costos comparativos entre mezcla convencional mdc-19 y la mezcla fabricada con alquitrán

Desde la determinación de la estructura del pavimento para el parqueadero del SENA Centro Minero a partir de estudios previos de la sub rasante y conociendo las características del tránsito se define una estructura de pavimento compuesta por las siguientes capas: 0.05 m de MDC-19, 0.15 m de base granular y 0.15 de subbase granular para la cual se realiza el presupuesto de obra considerando dos alternativas de comparación una con mezcla densa en caliente convencional tipo MDC-19 y otra con Alquitrán y naftaleno de acuerdo con los resultados de la fórmula de trabajo con este material. los resultados se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 4. Presupuestos para alternativas de pavimento

Presupuestos para las alternativas de pavimento	
Presupuesto de obra para mezcla convencional	\$ 71.296.025,71
Presupuesto de obra para mezcla con alquitrán	\$ 7.332.891,71

Las fórmulas de trabajos son válidas para los materiales estudiados y temperaturas de diseño establecidas, cualquier cambio en la procedencia de los materiales o el alquitrán requiere una verificación del diseño.

En el diseño de alquitrán con naftaleno se determina que tiene unas mejores condiciones de resistencia, comparado con el diseño de alquitrán sin naftaleno.

Tabla 1. Cumplimiento de agregados con norma INVIAS

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	REQUISITO	OBTENIDO	CRITERIO DE CUMPLIMIENTO
Desgaste máquina de los ángeles máximo (%)				
Capa de: rodadura/intermedia/-base, 500	E-218	25/35/35	21,56	CUMPLE
Capa de: rodadura/intermedia/-base, 100		5/7/2007	N/A	N/A
Degradación por abrasión en el equipo micro Deval máximo (%)	E-238	20/25/25	16.1	CUMPLE
Evaluación de la resistencia mecánica por el método del 10% de finos		110/90/75		
-valor en seco, mínimo (KN)	E-224	75/75/75	224,7	CUMPLE
-relación humedad/seco mínimo			94,1	CUMPLE
DURABILIDAD				
Perdidas en ensayo de solidez en sulfatos, máximo (%)	E-220		13,70	CUMPLE
-sulfato de magnesio		18	N/A	N/A
LIMPIEZA				
Índice de plasticidad (%)	E-125 Y E-126	3	N/P	CUMPLE
Equivalente de arena mínimo (%)	E-133	40	44,9	CUMPLE
Valor de azul de metileno, máximo	E-235	10	N/A	N/A
GEOMETRÍA DE LAS PARTÍCULAS DE AGREGADO GRUESO				
Índice de alargamiento y aplanamiento relación 5:1, máximo (%)	E-240	10	1,9	CUMPLE
Caras fracturadas				
Una Cara		85/75/60		
Dos Caras	E-227	70/-/-	100%	CUMPLE
GEOMETRÍA DE LAS PARTÍCULAS AGREGADO FINO (f)				
Dos Caras				
Angularidad de la fracción fina, mínimo (%)	E-239	45	58%	CUMPLE

De acuerdo con los precios unitarios actuales de los materiales la mezcla convencional proporciona menores costos en comparación con el alquitrán. Es de considerar que en el tiempo la fluctuación de los costos de los materiales puede modificar considerablemente esta condición, por lo cual el uso del alquitrán respecto a su costo en un momento puede corresponder a una variable factible en su uso.

Es de considerar que el presente estudio no trata de reemplazar el uso de asfalto en mezclas densas en caliente, si no de establecer la viabilidad del uso del alquitrán en carpeta de rodadura, por lo cual se realizaron ensayos normalizados para pavimentos flexibles con asfalto que permitieran conocer la consistencia de la mezcla con alquitrán, pero debido a las características propias de este material no fue posible realizar los ensayos de estabilidad y flujo cumpliendo con la totalidad de los parámetros establecidos en la norma INV-E-748-13 resistencia de mezclas asfálticas en caliente empleando el aparato Marshall. centrándose la diferencia de aplicación en las temperaturas de los ensayos las cuales fueron menores a las establecidas en la norma debido a que la briqueta con alquitrán no mantiene su consistencia a las temperaturas del mezclado compactación y estabilidad y flujo, como también que el alquitrán genera en su calentamiento a altas temperaturas gases tóxicos y cancerígenos razones por las cuales técnicamente la mezcla con alquitrán a pesar de mostrar resultados apropiados en su uso se considera no es una alternativa factible.

3. BIBLIOGRAFIA

CINVIAS. (2013), Artículo 450-13 Mezclas asfálticas en caliente de gradación continua. Bogotá. <https://www.invias.gov.co/index.php/normativa/documentos-tecnicos1>

INVIAS. (2013), Normas para ensayos de materiales para carreteras. Bogotá. <https://www.invias.gov.co/index.php/normativa/documentos-tecnicos1>

INVIAS. (2013), Especificaciones generales de construcción de carreteras. Bogotá. <https://www.invias.gov.co/index.php/normativa/documentos-tecnicos1>