

**UNIVERSIDAD MILITAR
NUEVA GRANADA**



**COMPORTAMIENTO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS DEL INSTITUTO
DE DESARROLLO URBANO CON ADICIÓN DE PAVIMENTO
RECICLADO**

JEAME LILIANA OSTOS ASCENCIO, JUAN MAURICIO DUARTE SANMIGUEL Y
OSCAR JAVIER REYES ORTIZ

Artículo de Investigación

OSCAR JAVIER REYES ORTIZ Ph.D.

**UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL, PREGRADO
BOGOTA D.C.
2011**

COMPORTAMIENTO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS DEL INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO CON ADICIÓN DE PAVIMENTO RECICLADO

**Ostos Ascencio, Liliana – Duarte Sanmiguel, Juan M. – Vargas Fonseca, German L. –
Camacho Tauta, Javier – Reyes-Ortiz, Oscar Javier**
Universidad Militar Nueva Granada, Carrera 11 # 101-80, Edif. F, Bogotá, D.C. – Colombia
email: U1100718@unimilitar.edu.co, U1100744@unimilitar.edu.co,
german.vargas@unimilitar.edu.co, Javier.camacho@unimilitar.edu.co, oscar.reyes@unimilitar.edu.co

RESUMEN

El objetivo principal de esta investigación fue establecer el comportamiento mecánico de mezclas asfálticas del Instituto de Desarrollo Urbano – IDU al fabricarlas con granular procedente del reciclado de pavimentos flexibles (RAP) y asfaltos de penetración 60/70 y 80/100. La primera etapa del estudio consistió en caracterizar los materiales a utilizar (RAP y asfalto), seguido de la determinación del contenido del asfalto del RAP mediante el proceso de centrifugado. Posteriormente, con la ayuda de la metodología Marshall se estableció el contenido de asfalto a adicionar a las mezclas para tener las mejores condiciones mecánicas. Acto seguido, se fabricaron probetas con el porcentaje óptimo de asfalto y reemplazo del 100% de granular por RAP. A continuación se ensayaron las muestras a la resistencia a la tracción indirecta (RTI) en estado seco, húmedo y envejecidas a 24 y 48 horas en horno con circulación de aire. Entre los resultados encontrados se pudo establecer que no existe una susceptibilidad al agua de las mezclas según el ensayo de resistencia conservada. Adicionalmente, se estableció que la RTI es mayor para las muestras fabricadas con asfalto 60/70, irrelevantemente hayan sido ensayadas en estado seco y húmedo, así como envejecidas. Por último, a partir de los resultados se puede manifestar que utilizar RAP es viable en altas tasas y que de esta forma, se contribuye al medioambiente.

ABSTRACT

The main objective of this research was to set up the mechanical response of a hot mix asphalt (HMA) of Instituto de Desarrollo Urbano – IDU fabricated with aggregate of recycled asphalt pavement (RAP) and 60-70 penetration asphalt binder and 80/100. The first phase of the study began with the materials characterization (RAP and asphalt), Followed with determination of the asphalt content for the RAP through the centrifuge method. Later by with The application of the Marshall mixture design method led to determination of the optimum asphalt content of asphalt to added for the HMA to have the best mechanical condition. Based on this asphalt content, specimens were fabricated and replacing 100% percentage of aggregate by RAP. The samples were tested by indirect tensile test (IT) in dry state, wet and aged at 24 and 48 hours in an oven with air circulation. Of the results could be established that there had no significant effect on the water susceptibility of the mixtures according to the relation IT in dry state and wet. In addition, it was established that IT is higher for samples fabricated with asphalt 60/70, irrelevantly have been tested in dry state and wet, and aged. finally, corresponding results could say that using RAP is feasible to use high rates and thus contributes to the environment.

PALABRAS CLAVE: Reciclado de pavimentos y resistencia a la tracción indirecta

INTRODUCCIÓN

Como consecuencia del crecimiento económico y la necesidad de aumentar la infraestructura vial, se están construyendo cada día más vías interdepartamentales, intermunicipales y urbanas. Sin embargo, el deterioro de las mismas por el flujo vehicular, las condiciones climatológicas y el paso del tiempo aumenta, generando una cantidad elevada de material de pavimentos destruidos, el cual se origina como consecuencia del mantenimiento, reparación o rehabilitación de las vías. Dicho material se lleva a centros de acopio y escombreras en el mejor de los casos, pero parte del mismo termina en terrenos o cauces de ríos, creando contaminación ambiental y desaprovechando el potencial de reutilizarlo en la construcción de nuevas mezclas asfálticas o como material de relleno en terraplenes o rellenos constructivos [1,2,3,4]. Aunque en el país no se ha pensado mucho a cerca de las posibilidades de reutilizar el fresado de materiales de las carreteras, en otros países como Canadá, se han llevado a cabo investigaciones sobre el uso del reciclado de pavimentos; es así, como entre el periodo de 1999 a 2000, en el oeste de Canadá, más específicamente en Alberta se llevó a cabo un proceso de rehabilitación de aproximadamente 20 km de la vía por medio del sistema Hot-in-Place Recycling (HIPR) [5,6], el cual produjo beneficios en cuanto a la conservación de agregados, de cementos asfáltico y reducción de costos en cuanto al método tradicional de rehabilitación de carreteras [7]. Por otra parte, la Universidad de Illinois (EE.UU) desarrollo una investigación acerca de la influencia del RAP en mezclas asfálticas calientes, en el cual analizaron las propiedades mecánicas y volumétricas de la mezcla asfáltica en caliente con la adición de RAP, para así cuantificar los efectos del RAP en la mezcla en comparación con una mezcla asfáltica en caliente con materiales vírgenes, arrojando resultados satisfactorios a excepción de su utilización en temperaturas muy bajas [8,9]. Por su parte, la Federal Highway Administration (FHWA), del Department of Transportation of U.S. tras un estudio realizado reporto que el comportamiento de las mezclas asfálticas en caliente con RAP es comparable con el del material convencional utilizado para las mismas y puede llegar a mejorar las propiedades de la capa ya existente [10].

No obstante, la investigación acerca de la reutilización del RAP no se ha limitado a Norte América, por su parte, Japón ha hecho un gran aporte con la colaboración del Center for Advanced Infrastructure Technology de la Universidad de Mississippi, realizando una investigación acerca de la utilización de material reciclado en toda la estructura asfáltica (carpeta de rodadura y base asfáltica) con el fin de llevarlo a la práctica en la construcción de las pistas aéreas. Basados en esta investigación, se construyó a gran escala la pista aérea del aeropuerto internacional de Tokio, donde las ventajas económicas y la eficiencia del pavimento se ven reflejados en los datos de la actual construcción de la pistas [11].

A partir de las experiencias del uso del RAP en diferentes países con resultados satisfactorios y siguiendo las mismas preocupaciones planteadas en el acuerdo de Kyoto y en general por todas las políticas mundiales con respecto a disminuir la contaminación ambiental y reducir la explotación de los recursos naturales no renovables, se planteó la investigación de utilizar RAP al 100% en remplazo de material granular virgen de la curva de granulometría md20 del IDU [12]; con el objeto de aportar al país estudios que conduzcan a políticas e ideales medioambientalmente sostenibles.

METODOLOGÍA

El desarrollo de la investigación, se ejecutó siguiendo la metodología que se presenta en la Figura 1.



Figura 1. Metodología de la investigación del uso del RAP en mezclas asfálticas.

La primera parte del estudio consistió en caracterizar los asfaltos y el RAP, así como establecer el contenido de asfalto del pavimento reciclado. Posteriormente, con la ayuda del procedimiento Marshall se obtuvo el porcentaje de asfalto a adicionar a la mezcla, de tal forma, que presentará las mejores condiciones con respecto a estabilidad, flujo, densidad y vacíos. Acto seguido, se fabricaron probetas con granulometría md20 del IDU y asfaltos con penetración 60/70 y 80/100. El reemplazo de granular por RAP en las mezclas fue del 100%. A continuación un grupo de probetas fabricadas fueron llevadas al horno con circulación de aire para ser envejecidas a 24 y 48 horas. Posteriormente, todas las muestras fueron ensayadas a la resistencia a la tracción indirecta (RTI), algunas en estado seco y otras en estado húmedo. Con los resultados obtenidos, se estableció el comportamiento de las mezclas con adición de RAP.

Características del Asfalto

Los asfaltos utilizados en la investigación fueron caracterizados con los ensayos que aparecen en la tabla 1.

ENSAYO	NORMA	ASFALTO 1 (60/70)	ASFALTO 2 (80/100)
Penetración (1/10 mm)	ASTM D 5-97	63	89
Ductilidad (cm)	ASTM D 113-99	120	133
Viscosidad (poises)	ASTM D 2170-95	1500	1250
Punto de Ablandamiento (°C)	ASTM D 36-95	47°C	52°C
Punto de llama e ignición (°C)	ASTM D 3143-98	235°C y 245°C	220°C y 225°C

Curva granulométrica md20 del IDU

La curva granulométrica md20 del Instituto de Desarrollo Urbano en su parte media fue la que se utilizó en la investigación y aparece en la Figura 2.

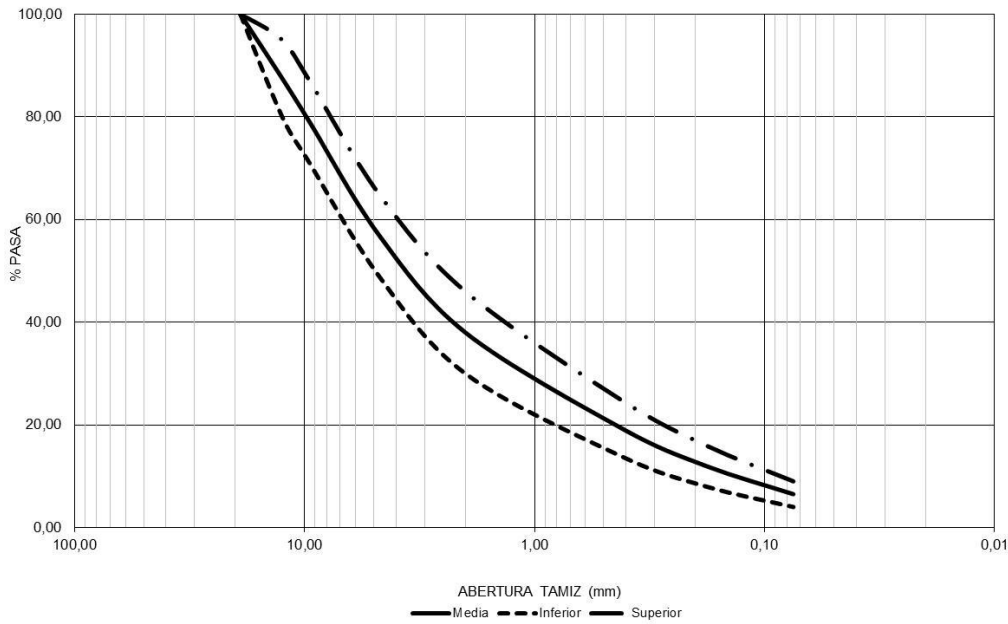


Figura 2. Curva granulométrica md20 del Instituto de Desarrollo Urbano.

Contenido de asfalto del RAP

El contenido de asfalto que presentaba el pavimento reciclado se determinó mediante el ensayo de centrifuga y sus resultados aparecen en la tabla 2. Se determinó en 6.18% en promedio.

Pesos de las muestras	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5
Peso inicial [g]	1200.03	1201.01	1200.13	1202.23	1200.52
Peso final [g]	1126,86	1127,32	1125,98	1129,2	1123,8
Porcentaje asfalto [%]	6,10%	6,14%	6,18%	6,07%	6,39%

Porcentaje de asfalto a adicionar

Para determinar el porcentaje a adicionar de asfalto para las mezclas fabricadas con RAP al 100% se fabricaron muestras con adición de 3, 4 y 5% de asfalto 60/70 y 80/100. En las Figuras 3 y 4, se observan los resultados de Estabilidad, flujo y densidad.

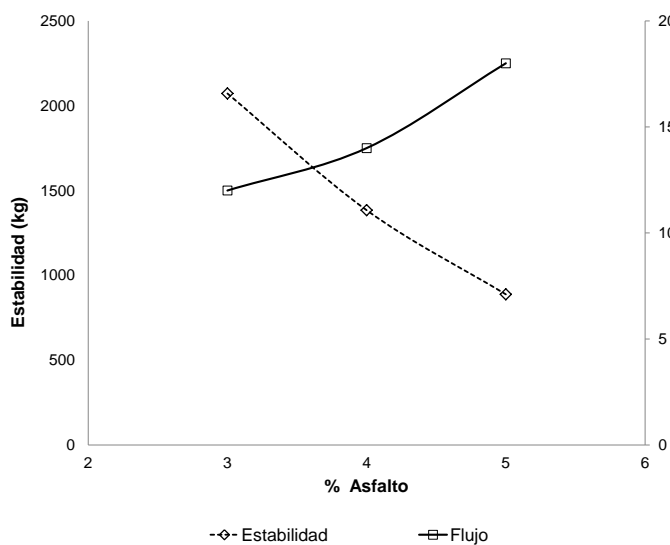


Figura 3. Estabilidad y flujo de mezclas fabricadas con RAP

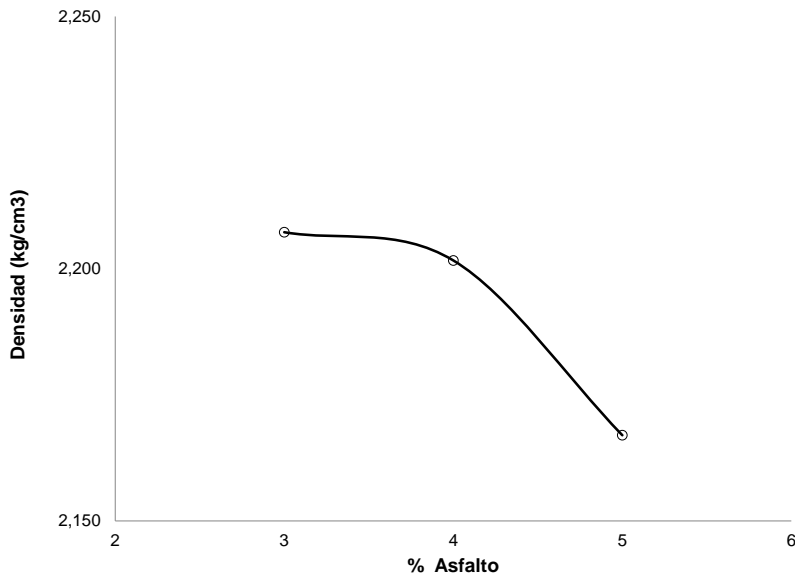


Figura 4. Densidad de mezclas fabricadas con RAP.

ANÁLISIS DE DATOS

A partir de los resultados del ensayo Marshall (Estabilidad, flujo, densidad y vacíos), se estableció el porcentaje de asfalto a adicionar, el cual fue del 3% para los dos asfaltos utilizados (60/70 y 80/100).

En las figuras 5 y 6, aparecen las curvas de fuerza vs desplazamiento de las probetas fabricadas con los asfaltos 60/70 y 80/100, así como, ensayadas en estado seco y húmedo.

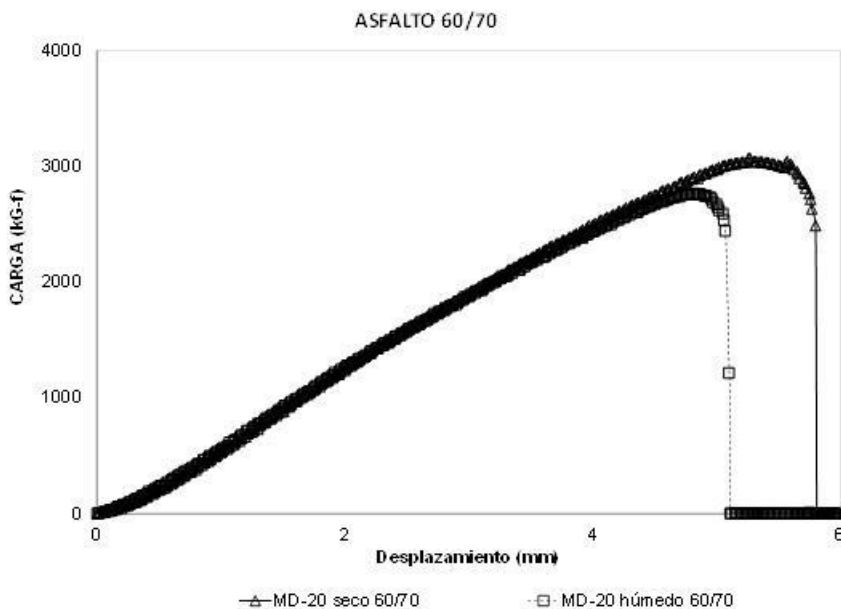


Figura 5. Curva Fuerza vs desplazamiento de las mezclas asfálticas md20 fabricadas con asfalto 60/70 y reemplazo del 100% de RAP.

De la Figura 5, se puede observar que irrelevantemente de haber sido ensayadas las muestras en diferentes estados (seco y húmedo), en la parte inicial de sus curvas la pendiente es similar, es decir, su respuesta elástica es parecida. La única diferencia encontrada en el ensayo, corresponde a la resistencia máxima de las muestras, que para el caso corresponde a la muestra ensayada en estado seco.

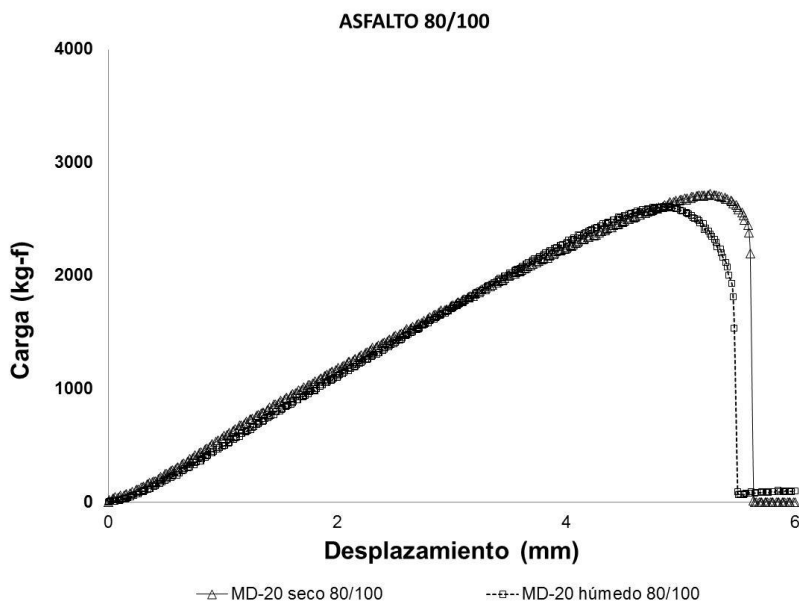


Figura 6. Curva fuerza vs desplazamiento para mezclas fabricadas con asfalto 80/100 y reemplazo de granular por 100% RAP.

De la Figura 6, resistencia a la tracción indirecta en estado seco y húmedo de muestras fabricadas con asfalto 80/100, se puede observar nuevamente un comportamiento similar al de las muestras fabricadas con asfalto 60/70, que corresponde a tener una pendiente similar durante el inicio del ensayo (parte elástica) y difieren solamente en la resistencia a la carga máxima.

Las figuras 7 y 8, corresponden a las muestras fabricadas con asfaltos 60/70 y 80/100 y envejecidas a 24 y 48 horas en horno con circulación de aire.

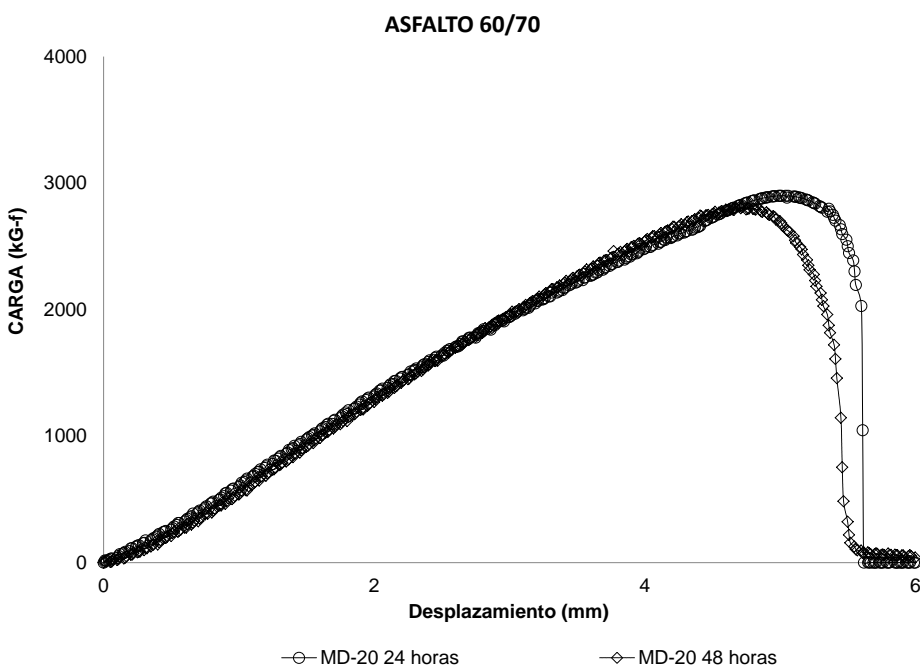


Figura 7. Curvas carga vs desplazamiento de probetas envejecidas 24 y 48 horas y fabricadas con asfalto 60/70.

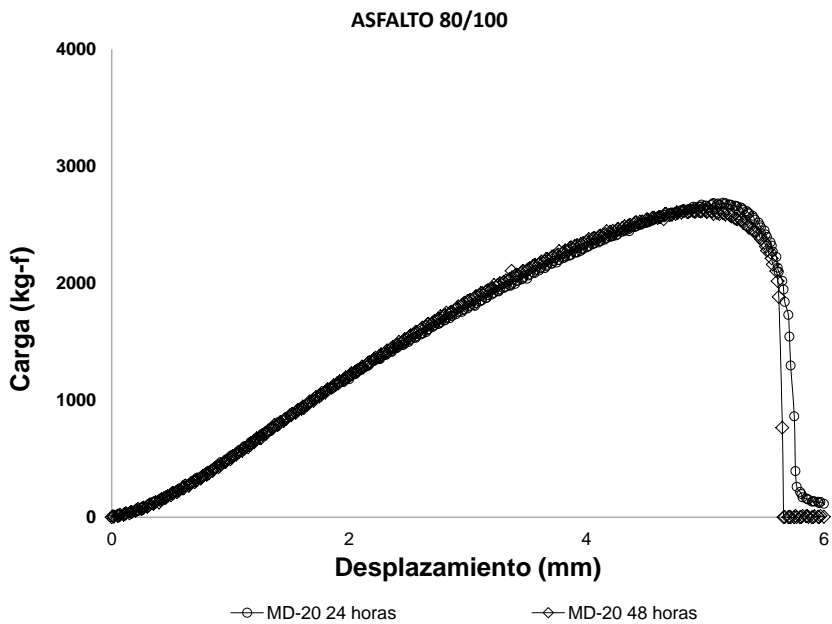


Figura 8. Curvas carga vs desplazamiento de probetas envejecidas 24 y 48 horas y fabricadas con asfalto 80/100.

De la figura 7, se puede observar la influencia del envejecimiento en la resistencia a la tracción indirecta de probetas fabricadas con asfalto 60/70, donde a mayor tiempo de exposición se rigidiza la mezcla, comportamiento que se observa al tener menor desplazamiento al alcanzar la carga máxima. Se resalta que para el menor periodo de exposición, la carga máxima es levemente mayor.

De la Figura 8, mezclas fabricadas con asfalto 80/100 y envejecidas a dos periodos de tiempo (24 y 48 horas), se observa que no existe una influencia en el envejecimiento y la resistencia, obteniéndose curvas muy similares.

Con respecto a los efectos de las resistencias en estado seco y húmedo para las probetas fabricadas con los dos asfaltos, en la Figura 9, se observan sus comportamientos y se puede establecer que las mezclas con asfalto 60/70 tienen mayor pendiente y resistencia máxima, es decir, resisten más. De igual forma, se observa que dicho comportamiento es indiferente de realizar los ensayos en estado seco o húmedo.

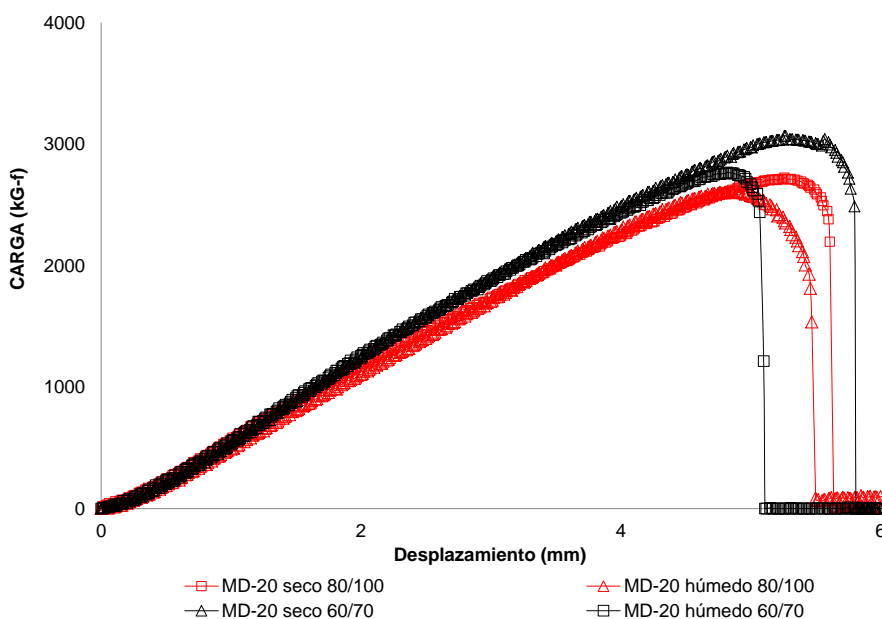


Figura 9. Curvas de fuerza vs desplazamiento para muestras fabricadas con asfalto 60/70 y 80/100 y ensayadas en estados eco y húmedo.

En la Figura 10, se observa que las muestras fabricadas con asfalto 60/70, sin importar su nivel de envejecimiento, presentan mayores valores de resistencia máxima. Con respecto al nivel de desplazamiento donde se alcanza la carga máxima, esta es muy similar para todas las muestras, indicando que el asfalto no afecta dicho comportamiento.

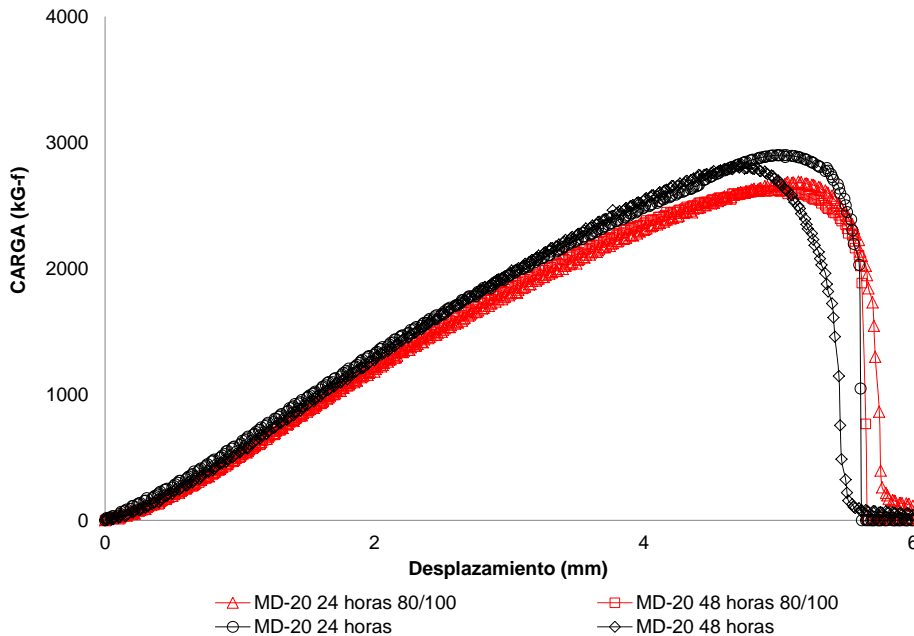


Figura 10. Curvas de fuerza vs desplazamiento para muestras fabricadas con asfalto 60/70 y 80/100 y envejecidas.

Finalmente, en la Figura 11, RTI de las muestras ensayadas, se resalta que las muestras fabricadas con asfalto 60/70, sin importar el tiempo de envejecimiento o el estado del ensayo, siempre presentan mayores valores.

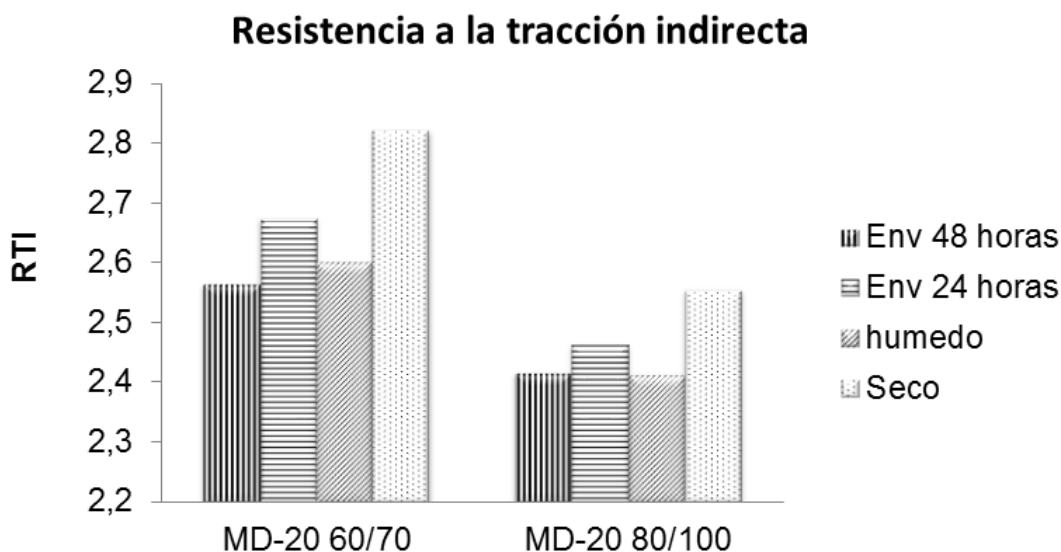


Figura 11. RTI de las muestras fabricadas con asfalto 60/70 y 80/100 y envejecidas a diferentes periodos.

Con respecto a la resistencia conservada, relación entre RTI en estado seco y RTI en estado húmedo, se determinó que sus valores eran del 92% para las muestras fabricadas con asfalto 60/70 y 94% para el asfalto 80/100. Estos resultados muestran que son muy superiores a lo exigido en la norma, valor del 80%.

CONCLUSIONES

Con base en los resultados obtenidos de los diferentes ensayos, se puede concluir que:

- Fabricar mezclas asfálticas con RAP a tasas del 100% de reemplazo es viable, tanto para muestras con asfalto 60/70 y 80/100.
- Del análisis de la resistencia conservada, el efecto de la susceptibilidad al agua de las muestras ensayadas es poco.
- El asfalto 60/70, presenta mejores comportamientos a RTI en las muestras ensayadas, sin importar si fueron envejecidas o no.
- El comportamiento de las muestras envejecidas y fabricadas con asfalto 80/100, pone de manifiesto con los resultados que existe menor susceptibilidad para este asfalto.
- De los resultados se puede manifestar que es viable el uso de RAP en la fabricación de mezclas asfálticas y así contribuir al medio ambiente.

AGRADECIMIENTOS

Este artículo es un resultado del Proyecto de investigación ING-730, financiado por la Vicerrectoría de Investigaciones de la Universidad Militar Nueva Granada. Liliana Ostos Ascencio y Juan Mauricio Duarte Sanmiguel agradecen la colaboración prestada por el laboratorista de pavimentos I de la Universidad Militar Alfonso

REFERENCIAS

- [1] LEACHING CHARACTERISTICS OF ASPHALT ROAD WASTE, Timothy G. Townsend, University Of Florida, 1998.
- [2] COMPORTAMIENTO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS DEL INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO CON ADICIÓN DE PAVIMENTO RECICLADO, Ostos A. Liliana, Duarte S. Juan, VI Congreso de Investigación Universidad Militar Nueva Granada, 2011.
- [3] CONSTRUCTION AND DEMOLITION DEBRIS DISPOSAL AND RECYCLING, Florida Administrative Code (1998), , Chapter 62-701.730, FDEP.
- [4] GUIDELINES FOR DESIGN OF SUPERPAVE MIXTURES CONTAINING RAP, Florida Highway Administrative Technical Writing Group (FHAWATWG) (1997), American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO).
- [5] EVALUATION OF RAP FOR USE AS CLEAN FILL, Kriech, Anthony J. (1991), , Heratige Research Group, Indianapolis, Indiana
- [6] ARS 3000 MULTI-TASK HOT IN-PLACE RECYCLING REMIXING EQUIPMENT, AARS American Asphalt Recycling Solutions, Inc.
- [7] REHABILITATION OF A 15-YEAR ASPHALT PAVEMENT BY HOT-IN-PLACE RECYCLING, Dyaljee V., Bollo-Kamara Nicholas, Khan M., Julio 1 a Agosto 29 de 2001.
- [8] EVALUATION OF RAP IMPACT ON HOT-MIX ASPHALT DESIGN AND PERFORMANCE, Ozer Hasan , Al-Qadi Imad L., Carpenter Samuel H. , Aurangzeb Qazi, Roberts Geoffrey L. , Trepanier James, 2009
- [9] RECYCLING OF ASPHALT PAVEMENTS - AN OVERVIEW OF CURRENT PRACTICES, Prithvi S. Kandhal, 2001

[10] RAP MIX DESIGN FOR HMA PAVEMENTS, Federal Highway Administration (FHWA), U.S. Department of Transportation, 2000

[11] APPLICABILITY OF RECYCLED ASPHALT MIXTURES WITH THE THICK-LIFT METHOD FOR FULL-DEPTH PAVEMENT OF AIRPORT RUNWAYS, Takahashi Osamu, Hachiya Yoshitaka, Yamaguchi Seiichi, 2002

[12] INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO (IDU), Especificaciones técnicas generales de materiales y construcción para proyectos de infraestructura vial y de espacio público de Bogotá: IDU, 2005

RADICADO EN: SOCIEDAD COLOMBIANA SCI
VI Jornadas de Pavimentos y Mantenimiento Vial
BOGOTÁ D.C. COLOMBIA