

Evaluación de la adherencia entre capas de concreto asfáltico ligadas con emulsión

Evaluation of the adherence between emulsion-bonded asphaltic concrete layers

Aivy Jinneth Cuta

Instituto de Ingeniería UNAM, Estudiante de Postmaestría, México, ACutaS@iingen.unam.mx

Alexandra Ossa López

Instituto de Ingeniería UNAM, Investigadora titular A, México, AOssaL@iingen.unam.mx

RESUMEN: En esta investigación se evalúa la adherencia entre capas de concreto asfáltico mediante la prueba de corte directo del Laboratorio de Caminos de Barcelona (LCB). Para ello se emplearon dos tipos de mezclas asfálticas como capa superior: una mezcla densa tibia y una mezcla de granulometría abierta (OGFC) en caliente. Tres tipos de emulsiones asfálticas catiónicas de rompimiento rápido: Tipo 1 convencional con 65% de cemento asfáltico residual (ECR65), Tipo 2 modificada con polímero y 65% de cemento asfáltico residual (ECR65P) y Tipo 3 termoaderente y 45% de cemento asfáltico residual (ECR45P). Adicionalmente, tres dosificaciones (0.14, 0.18, 0.25 l/m²) y una prueba de referencia, es decir, una interfaz sin riego de liga. Las dosificaciones seleccionadas abarcan el rango de las recomendaciones de la Asociación Mexicana del Asfalto A.C y el Instituto del Asfalto sobre riego de liga. Los resultados mostraron que la adherencia en la interfaz de capas aumenta en función de la cantidad de riego de liga hasta alcanzar un máximo en la resistencia al corte, luego disminuye. Por otra parte, cuando se emplea una mezcla OGFC como capa superior las fuerzas de unión en la interfaz de las capas se reducen en comparación con una capa de granulometría densa debido a una menor área de contacto.

PALABRAS CLAVE: Adherencia, resistencia al corte, riego de liga, OGFC

ABSTRACT: In this research, the adherence between asphalt concrete layers is evaluated by means of the direct shear test of the Barcelona Road Laboratory (LCB). For this purpose, two types of asphalt mixtures were used as the top layer: a warm dense mix (WMA) and a hot open granulometry mix (OGFC). Three types of fast-breaking cationic asphalt emulsions were used: Type 1 conventional with 65% residual asphalt cement (ECR65), Type 2 polymer-modified with 65% residual asphalt cement (ECR65P) and Type 3 polymer-modified thermosetting with 45% residual asphalt cement (ECR45P). In addition, three dosages (0.14, 0.18, 0.25 l/m²) and a reference test, i.e., an interface with no tack coat. The selected dosages cover the range of the recommendations of the Mexican Asphalt Association A.C. and the Asphalt Institute on the application of the tack coat. The results showed that the adhesion at the layer interface increases as a function of the amount of tack coat until reaching a maximum in shear strength, then gradually decreases until it stabilizes. On the other hand, when an OGFC mix is used as the top layer the bonding forces at the interface of the layers is reduced compared to a dense-grained layer due to a smaller contact area.

KEYWORDS: Adherence, shear resistance, tack coat, OGFC

1 INTRODUCTION.

La adherencia entre capas asfálticas es un factor fundamental durante el desempeño de los pavimentos. Asumir que la estructura actúa como un todo sobreestima la resistencia de la interfaz entre capas ante los esfuerzos impuestos por los vehículos que circulan en la vía.

La estructura de un pavimento es un sistema multicapa que se puede representar como una viga biapoyada formada por cierto número de capas; cuando las capas están completamente adheridas actúan de forma solidaria como un sistema monolítico, lo cual, permite una menor deflexión al someterse a cargas externas. Sin embargo, como se observa en la Figura 1, cuando se tiene una unión de interfaz insuficiente se produce una mayor deformación en la estructura, dando lugar a una reducción de la vida de servicio del pavimento (Tschegg *et al*, 1995).

En consecuencia, se presentan deterioros del pavimento, tales como grietas parabólicas o en forma de medialuna, desplazamientos longitudinales, deformaciones transversales, y desprendimientos o baches. Las grietas parabólicas son originadas por el deslizamiento de la capa de rodadura sobre la capa inferior,

estas ocurren con más frecuencia en áreas de frenado donde se generan cargas horizontales provocando que la superficie del pavimento se deslice o se deforme, por ejemplo, intersecciones y/o curvas cerradas (Raposeiras, 2013).



Figura 1. Analogía con la capacidad de carga de una viga., (a) homogénea y (b) multicapa (Tschegg *et al*, 1995).

Cuando se presenta un deslizamiento de la capa superpuesta, la parte inferior de esta capa desarrolla deformación por tensión horizontal. Simultáneamente, la parte superior de la superficie asfáltica original desarrolla una deformación por compresión horizontal. Estas deformaciones, resultado del deslizamiento, hacen que los puntos del pavimento cercanos entre sí (pero en diferentes lados de la interfaz) se distorsionen de forma independiente. Lo anterior, propicia que se debilite aún más la unión entre las dos capas de concreto asfáltico, lo que permite un mayor deslizamiento y esfuerzos más altos (Uzan *et al.*, 1978).

La adherencia entre capas asfálticas es influenciada por las fuerzas que actúan en la interfaz que son fuerzas químicas y fuerzas mecánicas de entrelazado. Las fuerzas químicas son desarrolladas por el riego de liga, debido a la composición fisicoquímica del cemento asfáltico presente en los riegos; derivado de esto, están influenciadas por la viscosidad, dosificación, tiempo de curado y susceptibilidad a la temperatura de estos. Las fuerzas mecánicas de entrelazado se desarrollan a partir de la rugosidad de las superficies involucradas en la unión, esta rugosidad depende de la distribución granulométrica de las mezclas usadas en la capa inferior y superior de las carpetas asfálticas.

2 METODOLOGÍA

2.1 Materiales

2.1.1 Mezclas asfálticas

En esta investigación, se emplearon dos tipos de mezclas asfálticas: una mezcla tipo *Open Graded Friction Course* (OGFC) y una mezcla densa tibia (WMA). La mezcla OGFC fue diseñada y fabricada en laboratorio de acuerdo con el Protocolo AMAAC para mezclas abiertas en caliente, se empleó un cemento asfáltico convencional con grado PG 64-22 y como agente estabilizador, para evitar el escurrimiento del cemento asfáltico, una fibra celulosa en forma de pellets. La mezcla WMA fue suministrada por la Planta Productora de Mezclas Asfálticas de la Ciudad de México (PPMA), la cual fue diseñada en dicha planta de acuerdo con las recomendaciones de las Normas de Construcción de la Administración Pública de la Ciudad de México, y fue elaborada con un cemento asfáltico modificado con grado PG 70-22. Las dos mezclas emplean un agregado pétreo de origen basáltico con un tamaño máximo de 19 mm (3/4 in), la Figura 2 presenta las curvas granulométricas de las mezclas.

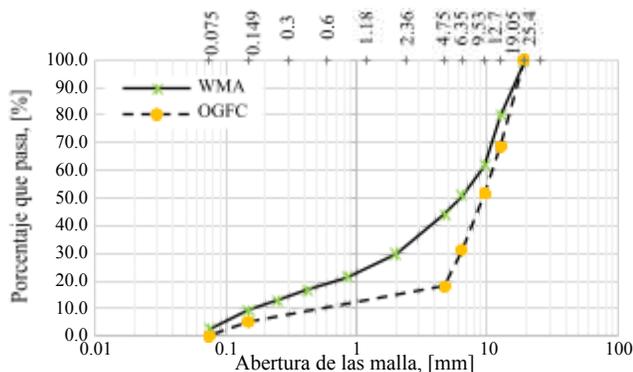


Figura 2. Curva granulométrica mezcla asfáltica WMA y OGFC

En la Tabla 1 se presenta las características principales de fabricación de las mezclas asfálticas empleadas en la investigación.

Parámetro	Característica	
	WMA	OGFC
Vacios de aire, [%]	4 - 5	15 - 20
Contenido óptimo de cemento asfáltico, [%]	6.0	5.0
Rango de temperatura de mezclado recomendado, [°C]	100 - 140	140 - 155

2.1.2 Emulsiones asfálticas

Se utilizaron tres emulsiones asfálticas catiónicas de rompimiento rápido de tres tipos. La Tipo 1 convencional con 65% de cemento asfáltico residual (ECR65), la Tipo 2 modificada con polímero y con 65% de cemento asfáltico residual (ECR65P) y la Tipo 3 termoadherente modificada con polímero y con 45% de cemento asfáltico residual (ECR45P). En la Tabla 2, se presenta la caracterización de las emulsiones asfálticas usadas en la investigación, dicha caracterización fue suministrada por el proveedor de las emulsiones.

Tipo de emulsión	ECR45P	ECR6590	ECR65P
<i>Pruebas a la emulsión</i>			
Contenido cemento asfáltico, [%]	51.4	65.4	65.3
Retenido malla No. 20, [%]	0.000	0.013	0.009
Viscosidad Saybolt 50°C, [SSF]	11.0	294.0	85.0
Densidad @25 °C, [gr/l]	1014.82	1008.84	1007.57
<i>Tamaño de partícula, micras (por difracción láser)</i>			
D (v, 0.1)	2.0434	3.3897	1.4931
D (v, 0.5)	3.8816	5.3172	2.5250
D (v, 0.9)	6.3825	7.7913	4.5882
Promedio	4.0813	5.4885	2.8231
Spam	1.1179	0.8278	1.2258

Las dosificaciones de emulsión asfáltica utilizadas en este trabajo fueron de 0.14, 0.18 y 0.25 l/m². La selección de estos valores se realizó de acuerdo con las recomendaciones del Instituto del Asfalto, de la Federal Highway Administration (FHWA) y la Asociación Mexicana del Asfalto A.C. (AMAAC) [Mohammad *et al.*, 2012; FHWA, 2016; AMAAC, 2012].

2.2 Fabricación de especímenes

Se fabricaron 10 placas de concreto asfáltico de 300 mm de ancho, 400 mm de largo y una altura de 100 mm. Las placas estuvieron conformadas por dos capas de mezcla asfáltica con altura de 50 mm y unidas por el riego de liga. Las placas asfálticas se compactaron mediante un compactador de rodillo liso de laboratorio, el cual trabaja con una presión de aire de 8 bares, para simular las condiciones de compactación en campo.

El proceso de fabricación de las placas se dividió en dos etapas, en la primera etapa se elaboró la capa inferior de 50 mm de espesor de las placas, compactando una mezcla asfáltica densa tibia, a una

temperatura de 130°C, de acuerdo con la recomendación de la PPMa. Esta capa se dejó enfriar durante un periodo de 24 horas, con el fin de que el material alcanzara la resistencia necesaria para que no se deformara o agrietara significativamente al momento de colocarle la siguiente capa.

Posteriormente, en la segunda etapa, con una jeringa se aplicó sobre la capa inferior de concreto asfáltico la cantidad de emulsión asfáltica necesaria para cada una de las dosificaciones. Luego, mediante una brocha humedecida con la misma emulsión, se homogenizó la emulsión aplicada en la capa. A las tres emulsiones se les dio 1 hora de curado al aire libre. En la Figura 3 se ilustra el proceso de aplicación de la emulsión asfáltica.



Figura 3. Aplicación de emulsión asfáltica

Por último, se compactó la segunda capa de la placa con un espesor de 50 mm y una mezcla asfáltica densa o abierta según la combinación de estudio. C1 Densa – Densa, Figura 4a; y C2 Abierta – Densa, Figura 4b.

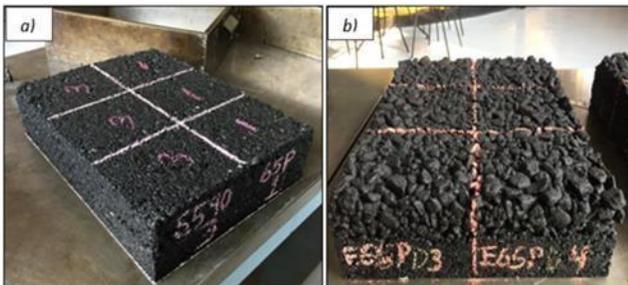


Figura 4. a) C1 Densa – Densa, b) C2 Abierta – Densa

Una vez fabricadas las placas de cada combinación en estudio, se dejaron reposar 5 días al aire libre, para que el riego de liga desarrollara completamente sus propiedades adhesivas, luego de cada placa se extrajeron 6 núcleos cilíndricos con un diámetro de 101.6 mm y altura final de 10 mm, de esta manera se obtuvo un total de 60 especímenes de prueba.

Antes de la realización de la prueba de corte directo, los especímenes se secaron en el horno durante 3 días a 30°C, con el objetivo de eliminar la humedad adquirida durante el proceso de extracción.

2.2 Prueba de corte

Para la ejecución de la prueba, los especímenes se sometieron a un acondicionamiento térmico, por un tiempo mínimo de 3 horas a 20±1°C, según las especificaciones de la norma NLT-382/08. El acondicionamiento y el procedimiento de prueba de corte se realizaron en un cuarto aislado, seco, sin acceso de luz solar y a temperatura controlada.

La Figura 5 muestra el procedimiento de la prueba de corte directo LCB, la cual se inició marcando una ubicación aproximada de la interfaz y colocando el espécimen de prueba dentro de la mordaza cilíndrica que tiene un diámetro de 101.6 mm. Luego, se ajustaron los tornillos de esta, se debe cuidar que la interfaz quede 5 mm afuera del borde externo de la mordaza.

Posteriormente, se acomodó el conjunto de la prueba en el equipo de carga en el marco de carga servo hidráulico (MTS “Material Testing System”) instrumentado y con capacidad de aplicar cargas de hasta 5.0 ton. Se niveló la mordaza y se ajustó el pistón de carga. Durante la ejecución de cada prueba, se aplicó a los especímenes una fuerza de corte de tal forma que se produjera una deformación en la interfaz de las capas a razón de 2.5 mm/min. Se registró gráficamente la carga y la deformación en las distintas instancias de la prueba, hasta llegar a la falla. Una vez que falló el espécimen, se retiró del dispositivo, y se separó en dos partes para realizar un registro fotográfico de la interfaz y analizar los puntos de contacto en las combinaciones de estudio.



Figura 5. Prueba de corte Laboratorio de Caminos de Barcelona LCB

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Influencia del tipo y dosificación del riego de liga

3.1.1 C1 densa – densa

En las figuras 6, 7 y 8 se presentan las curvas de resistencia al corte promedio, para las tres emulsiones utilizadas (ECR6590, ECR65P, ECR45P) en el conjunto de prueba densa – densa. Se observa que las tres emulsiones alcanzaron su resistencia máxima al corte para una dosificación entre 0.14 – 0.18 l/m² de cemento asfáltico residual. En términos generales, los riegos de liga usados en la investigación proporcionan un aumento en la resistencia al corte entre 15 y 20 %, respecto al valor de referencia, es decir, la interfaz sin riego de liga.

Lo anterior, se debe a que en la interfaz de la combinación 1, las fuerzas químicas y mecánicas de entrelazado actúan aproximadamente en igual proporción. Al agregar el riego de liga, las fuerzas químicas se incrementan debido a la propiedad adhesiva del cemento asfáltico residual, lo cual mejora la adherencia en las superficies de contacto.

Además, cuando se utiliza riego de liga en la interfaz, los vacíos en la superficie de la capa inferior son rellenados por el riego, aumentando los puntos de contacto entre las superficies de la interfaz, por ende, mejorando la adherencia. Sin embargo, aplicar un riego de liga en exceso, en lugar de incrementar la resistencia al corte, genera una película gruesa que disminuye el entrelazado de los agregados y la fricción en las superficies de contacto, debilitando las fuerzas de unión en la interfaz al introducir un plano de deslizamiento. Estas deducciones son consistentes con lo observado en las investigaciones de Mohammad *et al.* (2002), Hasiba K. (2012), Chen y Huang (2012), Ghaly *et al.* (2014), y Berenguer *et al.* (2019).

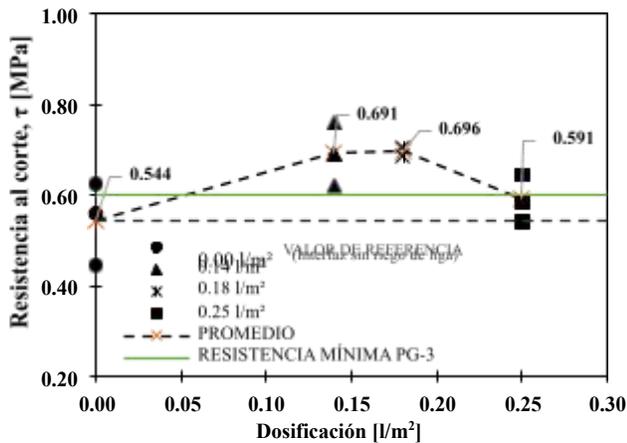


Figura 6. Resistencia al corte promedio - Emulsión ECR6590 - C1 Densa - Densa

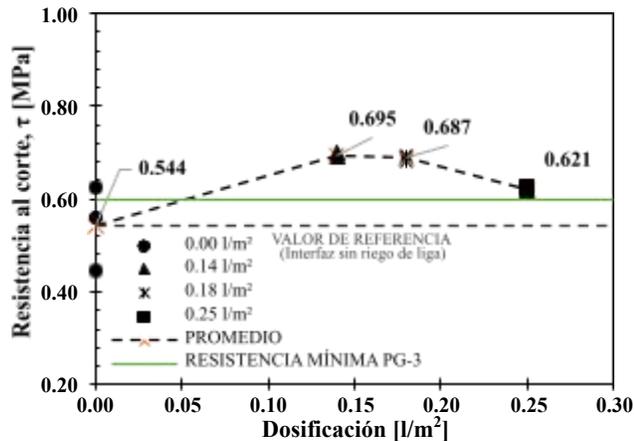


Figura 7. Resistencia al corte promedio - Emulsión ECR65P - C1 Densa - Densa

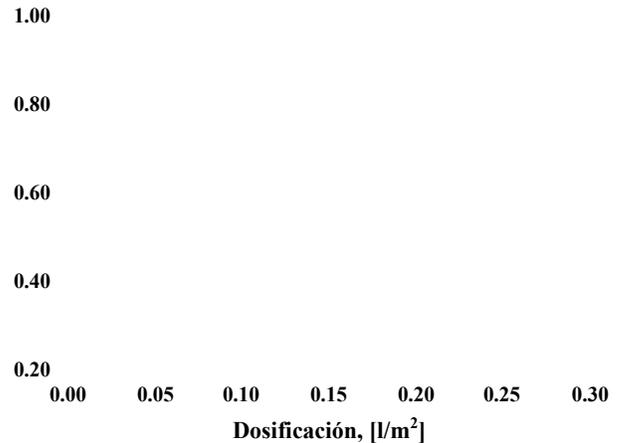


Figura 8. Resistencia al corte promedio - Emulsión ECR45P - C1 Densa - Densa

Adicionalmente, se evidencia que el tipo de riego de liga no tiene una influencia significativa en la adherencia entre las capas de concreto asfáltico, dado que el incremento de la resistencia al corte promedio no es mayor al 5% entre las tres emulsiones. Cabe resaltar que la emulsión ECR45P, presenta un comportamiento al corte ligeramente mayor que las otras dos emulsiones. Sin embargo, concluir que una emulsión es mejor que otra, cuando son sometidas a condiciones estandarizadas de laboratorio como: temperatura, superficies de contacto, tiempo de curado, entre otros factores, es erróneo, dado que en el laboratorio no se desarrollan completamente las características adhesivas de cada emulsión.

Es importante mencionar, que cada emulsión tiene condiciones inherentes de instalación en campo, con el fin de favorecer el aumento de la adherencia en la interfaz. Por ejemplo, la emulsión ECR65P, requiere un equipo de instalación especial, el cual, seguido de la aplicación del riego de liga, instala la capa superior de mezcla asfáltica, haciendo que el curado de la emulsión se haga mediante la temperatura de la capa superior. Además, se recomienda que esta emulsión sea instalada a temperaturas de 50 - 70 °C para facilitar la aplicación mediante aspersión, y las boquillas del camión no se obstruyan cambiando la dosificación y uniformidad del riego.

Por otra parte, la emulsión ECR45P es una emulsión termo-adherente, que busca reducir el daño en el riego debido a la adherencia de esta en las llantas de los neumáticos de los vehículos durante la construcción. Esta emulsión requiere que se utilice una mezcla asfáltica en caliente en las capas superpuestas, debido a que sus propiedades adhesivas se activan a temperaturas mayores a 140°C, es una emulsión que no requiere calentamiento previo, es decir, puede instalarse a temperatura ambiente.

3.1.2 C2 Abierta - Densa

La Figuras 9, 10 y 11 presenta las resistencias al corte promedio de las tres emulsiones utilizadas para la combinación 2. Se observa que cuando se tiene una interfaz de concreto asfáltico tipo OGFC y uno denso, las emulsiones modificadas con polímeros (ECR65P y ECR45P) desarrollan su resistencia máxima a dosificaciones menores, 0.18 - 0.32 l/m², respecto a la emulsión convencional

(ECR6590), a dosificaciones de 0.32 – 0.40 l/m². Sin embargo, la emulsión convencional moviliza una resistencia al corte ligeramente mayor que las otras dos emulsiones. A diferencia de la combinación 1, este tipo de interfaz requiere mayor riego de liga, debido al incremento observado cualitativamente de la macrotextura de la capa superior.

El comportamiento de la dosificación del riego de liga es similar al conjunto de especímenes de concreto asfáltico denso–denso, se obtiene un rango de dosificación óptima donde se desarrolla la máxima fuerza de unión en la interfaz y luego a dosificaciones mayores a este rango la adherencia empieza a disminuir, debido a que el exceso de riego actúa como un lubricante y no como un adherente.

En general, la presencia de la emulsión en la interfaz incrementa la resistencia al corte aproximadamente un 100% respecto a los especímenes que no tienen riego de liga, lo cual, al tener resistencias al corte tan pequeñas su incremento no es significativo en función de la capacidad de soporte. A causa de que la contribución de las fuerzas mecánicas a la adherencia en una interfaz Abierta-Densa disminuye. Recordando que este tipo de fuerzas provienen del entrelazado del agregado pétreo de las dos capas asfálticas al entrar en contacto. La mezcla OGFC al tener un agregado predominantemente grueso no penetra en los vacíos de la superficie de la mezcla densa. Por tanto, en este tipo de interfaz predominan las fuerzas químicas, brindadas por el cemento asfáltico presente en los riegos de liga.

Es importante resaltar que al igual que en la combinación 1, estas emulsiones pueden incrementar la resistencia al corte en campo, dado las características particulares de instalación de cada emulsión.

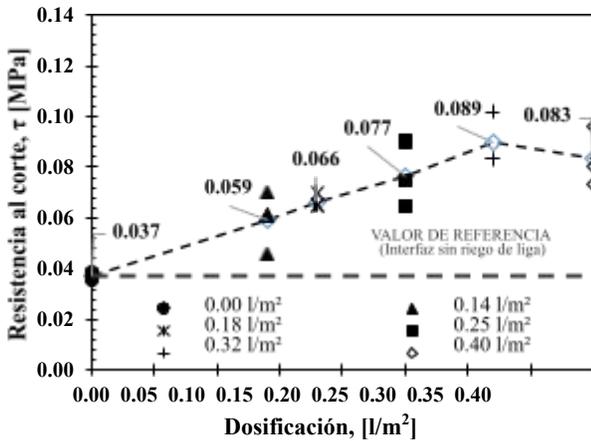


Figura 9. Resistencia al corte promedio - Emulsión ECR6590 – C2 Abierta – Densa

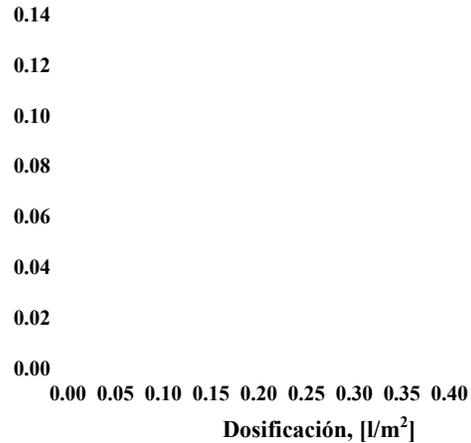


Figura 10. Resistencia al corte promedio - Emulsión ECR65P – C2 Abierta – Densa

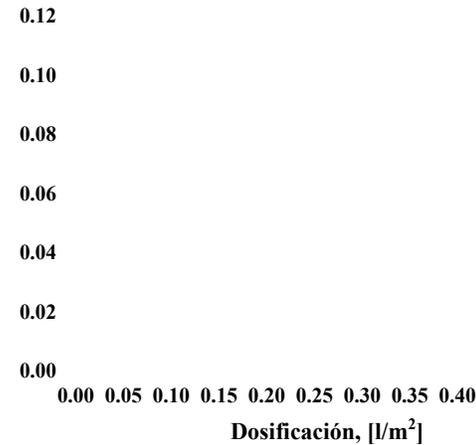


Figura 11. Resistencia al corte promedio - Emulsión ECR45P – C2 Abierta – Densa

3.2 Influencia de la granulometría de la mezcla asfáltica superior

En la Figura 12 se muestra la resistencia al corte promedio para las dos combinaciones, las tres emulsiones y las dosificaciones de estudio. Se observa que, de los tres factores evaluados, el tipo de granulometría de la mezcla asfáltica superior tiene mayor relevancia en la adherencia de la interfaz entre capas de concreto asfáltico. Dado que, la resistencia al corte disminuyó aproximadamente de 0.7 MPa en la combinación 1, a alrededor de 0.08 MPa en la combinación 2. Esto es, una reducción del 90 por ciento en la adherencia de los especímenes ensayados para C2 Abierta – Densa. Esta reducción es a causa del aumento de las áreas de no contacto en la interfaz de la combinación 2.

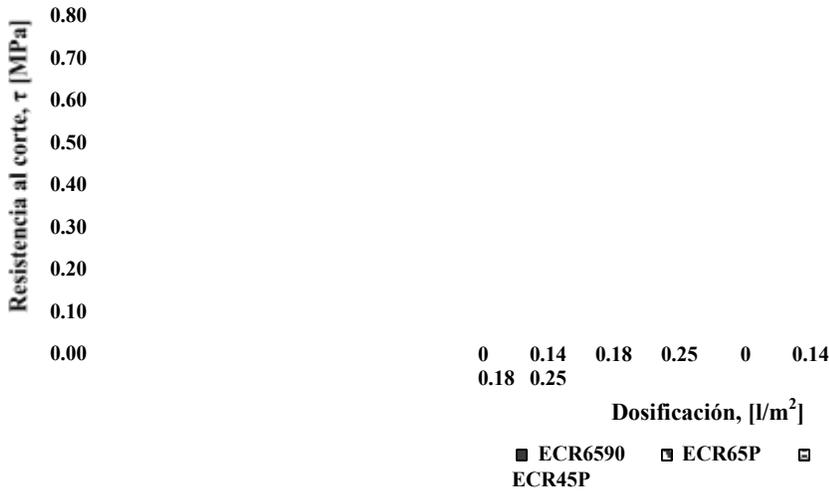


Figura 12. Valores medios de resistencia al esfuerzo cortante para los conjuntos C1 y C2

Lo anterior, se justifica mediante el análisis de la interfaz de los especímenes ensayados. Este análisis se realizó por medio del proceso de binarización de imágenes, el cual consiste en separar regiones de interés en una fotografía. Se resaltaron las áreas de no contacto en la interfaz, Figura 13, las cuales son originadas por la cantidad de vacíos de aire de la mezcla asfáltica compactada. La mezcla OGFC presenta un alto contenido de vacíos de aire, como se muestra en la Figura 13a, donde las áreas de no contacto resultan ser significativas respecto a la superficie de la sección transversal del espécimen. Por tanto, se debilita la resistencia al corte de la interfaz, debido a que los puntos de contacto entre la capa superior e inferior disminuyen. Estas observaciones son concordantes con los estudios realizados por Santagata *et al.* (2008), Chen y Huang (2010) y Berenguer *et al.* (2019).



Figura 13. Áreas de no contacto en la interfaz. a) OGFC b) Densa.

Cuando la capa superior e inferior se construyen con mezclas densas, la adherencia en la interfaz es mayor, debido a los numerosos puntos de contacto entre las superficies de la capa intermedia, esto se observa en la Figura 13b, donde las áreas de no contacto son mínimas respecto a la superficie de la sección transversal del espécimen.

Los resultados de resistencia al corte promedio de la interfaz obtenidos para el conjunto de especímenes ensayados fueron superiores a los obtenidos cuando se aplica riego de liga en la interfaz. En contraparte, los resultados de resistencia al corte de la interfaz obtenidos para el conjunto de especímenes abierta-densa fueron en promedio 0.08 MPa. Esta reducción es a causa del aumento de las áreas de no contacto en la interfaz de la combinación 2.

Se observó que la presencia del riego de liga incrementó la adherencia entre las capas de concreto asfáltico. Para capas

asfálticas construidas con mezclas densas, el incremento fue entre el 15 y 20%, respecto a la interfaz de referencia. En cuanto a las capas asfálticas construidas con mezclas OGFC como capa de rodadura, el incremento llega a ser mayor al 100% respecto a las capas que no tiene riego de liga. No obstante, el riego de liga debe ser aplicado en las dosificaciones correctas, ya que una cantidad insuficiente reduce la resistencia, al igual que un exceso de riego facilita el deslizamiento entre capas.

Los valores máximos de resistencia al corte para capas asfálticas densa-densa, están dentro del rango de dosificación 0.14 y 0.18 l/m² de cemento asfáltico residual para las tres emulsiones estudiadas. Mientras que para las capas asfálticas abierta-densa, las emulsiones ECR65P y ECR45P, desarrollan su resistencia máxima dentro del rango de dosificación 0.18 – 0.32 l/m² y la emulsión ECR6590 en el rango de dosificación 0.32 – 0.40 l/m². Lo anterior, se debe al cambio de macrotextura en la interfaz, la combinación 2 Abierta – Densa, requiere mayor riego de liga para que desarrolle su resistencia máxima, a causa de que tiene mayor macrotextura en la capa superior.

Se concluyó que el tipo de riego de liga no tiene influencia significativa en la resistencia al corte final. Sin embargo, es importante resaltar que las emulsiones asfálticas estudiadas cuentan con características inherentes de instalación en campo que contribuyen a mejorar la adherencia en la interfaz, por lo que, en laboratorio bajo condiciones estandarizadas no están alcanzando completamente la resistencia al corte que pueden llegar a tener en campo.

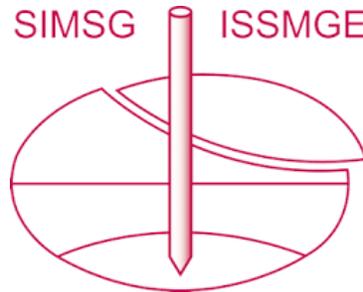
La adherencia entre dos capas asfálticas cambia significativamente en función de la granulometría de la mezcla asfáltica de la capa superior. La presencia de una capa superior de mayor porosidad (abierto) en contacto con una de baja porosidad (densa) causa una reducción del 90% en la adherencia entre ambas capas, respecto a cuándo se tiene en la capa inferior y superior una mezcla densa, debido a una menor área de contacto entre ellas.

5 REFERENCIAS

Tschegg, E. K., Kroyer, G. Tan, D., Stanzl-Tschegg, S., and Litzka, J. (1995). "Investigation of bonding between asphalt layers on road construction" *Journal of Transportation Engineering*, Vol. 121, N° 4

- Raposeiras A. C. (2013) “Analysis of Tack Coats in Bituminous Pavements: Influence of Macro-Texture on Optimal Binder Dosage and Development of a New Method to Control the Amount Applied” [PhD thesis, University of Cantabria]
- Uzan J., Livneh M., and Eshed Y. (1978) “Investigation of Adhesion Properties Between Asphaltic Concrete Layers” *Asphalt Paving Technology*, Vol. 47, pp. 495–521.
- Mohammad L., Elseifi M., Bae A., Patel N., Button J., and Scherocman J. (2012). *NCHRP Report 712: Optimization of Tack Coat for HMA Placement*. Transportation Research Board of the National Academies, Project 9-40. Washington D.C., EEUU.
- National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. (2018). *NCHRP Synthesis 516: Tack Coat Specifications, Materials, and Construction Practices*. Washington D.C., EEUU.
- Federal Highway Administration (2016). *Tack Coat Best Practices*. Publication No. FHWA-HIF-16-017. U.S. Department of Transportation. Washington D.C., EEUU.
- Asociación Mexicana del Asfalto A.C, AMAAC (2012). *Recomendación AMAAC REA 12/2012 – Aplicación de emulsiones asfálticas en riegos de liga*. México.
- NLT-328/08 (2008). *Evaluación de la adherencia entre capas de firme, mediante ensayo de corte*. CEDEX, 1^a edn, España.
- Santagata F., Partl M.N., Ferrotti G., Canestrari F., and Flisch A. (2008) *Layer characteristics affecting interlayer shear resistance in flexible pavements*. *J. Assoc. Asph. Pav. Tech.* 77, 221–256, Ancona, Italia.
- Chen J., and Huang, C. (2010). *Effect of Surface Characteristics on Bonding Properties of Bituminous Tack Coat*. Transportation Research Record Board, 2180(1), 142–149, Washington D.C., EEUU.
- Berenguer J., Martínez A., Calvo C., Hernández P., Gomariz R., García I., and Real T., (2019). *Ensayo de adherencia de capas de firme (NLT-382/08): influencia de la dotación del ligante y la macrotectura*. Congreso ibero latinoamericano del asfalto, México.
- Mohammad, L.N., Raqib, M.A. and Huang, B. (2002). *Influence of asphalt tack coat materials on interface shear strength*. Louisiana, EEUU.
- Hasiba K., (2012). *Development of a testing approach for tack coat application rate at pavement layer interfaces*. [Master’s Thesis, University of Illinois at Urbana-Champaign]
- Ghaly N., Ibrahim I. and Noamy E. (2014). *Tack coats for asphalt paving*. *Egyptian Journal of Petroleum* 23, 61-65, Cairo, Egipto.

INTERNATIONAL SOCIETY FOR SOIL MECHANICS AND GEOTECHNICAL ENGINEERING



This paper was downloaded from the Online Library of the International Society for Soil Mechanics and Geotechnical Engineering (ISSMGE). The library is available here:

<https://www.issmge.org/publications/online-library>

This is an open-access database that archives thousands of papers published under the Auspices of the ISSMGE and maintained by the Innovation and Development Committee of ISSMGE.

The paper was published in the proceedings of the 17th Pan-American Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering (XVII PCSMGE) and was edited by Gonzalo Montalva, Daniel Pollak, Claudio Roman and Luis Valenzuela. The conference was held from November 12th to November 16th 2024 in Chile.