

COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DEL EMPLEO DE RAP Y RESUDIOS ACEITOSOS PARA LA CONSTITUCION DE MEZCLAS ASFALTICAS A BAJAS TEMPERATURAS EN VIAS DE TRANSITO

Julián Rivera¹, Anael Porro¹, Silvina Barbeito¹, Luciano Brizuela¹

¹LEMaC Centro de Investigaciones Viales UTN FRLP – CIC PBA, Calle 60 y 124, (1900) La Plata, Argentina, lemac@frlp.utn.edu.ar.

Resumen

En pavimentos de urbanizaciones, emprendimientos comerciales y municipios de la zona de influencia del LEMaC, se ha observado el empleo de capas de rodamiento constituidas por el Recuperado de Pavimento Asfáltico (RAP) con el agregado de manera tentativa de residuos aceitosos (para disminuir la viscosidad del cemento asfáltico y permitir un mayor grado de consolidación). Esta práctica emplea, en el mejor de los casos, el mezclado de los materiales en la tolva de una terminadora a una temperatura no mayor a los 60 °C. Ante reiteradas consultas en tal sentido, desde el LEMaC se ha encarado un estudio en vistas a optimizar la metodología de trabajo descripta y evaluar la posible respuesta estructural esperable en estas capas. Para ello, se ha desarrollado una adaptación del Método Marshall, que permite obtener los contenidos óptimos de los residuos aceitosos a ser utilizados. Luego, se ha tomado de referencia un RAP característico de la Región de La Plata y se lo ha mezclado con diversos residuos aceitosos de los cuales podría disponerse a bajo costo. Se arriba a conclusiones en cuanto a lo que comparativamente significa esta alternativa y el comportamiento estructural que se les podría asignar a las mezclas así generadas.

Palabras Clave: residuos aceitosos, recuperado de pavimento asfáltico, ingeniería vial.

1 Introducción

1.1 Las mezclas asfálticas a bajas temperaturas con empleo de RAP y residuos aceitosos

En algunos pavimentos internos de urbanizaciones o emprendimientos comerciales y en vías de bajo tránsito de municipios de la zona de influencia del LEMaC, se ha observado del empleo de capas de rodamiento asfálticas constituidas por RAP compactado mediante equipo pesado o el uso de los propios camiones de obra. En ciertas ocasiones, esa capa la constituye, además del RAP, algún residuo aceitoso, aplicado con la finalidad de disminuir la viscosidad del cemento asfáltico que contiene dicho material y permitir un mayor grado de consolidación. Esta práctica se efectúa al incorporar de manera tentativa la dotación de ese residuo aceitoso y efectuar el mezclado mediante encaballetado o en la tolva de una terminadora. En este último

caso, dicha tolva al estar calefaccionada le otorga al mezclado un leve aumento de la temperatura que facilita el mezclado del residuo aceitoso con el cemento asfáltico aportado por el RAP. De la Figura 1 a la Figura 4 se observan imágenes de diferentes obras en las que se han realizado las aplicaciones citadas.



Figura 1. Empleo de RAP solo, en una zona suburbana en el Municipio de Rojas (izq.) y en el Municipio de Berisso (der.)



Figura 2. Empleo de RAP solo, en una zona suburbana en el Municipio de San Pedro (izq.) y Municipio de Campana (der.)



Figura 3. Empleo de RAP más aceite usado de motor y distribuido con terminadora en una urbanización (izq.) y en el Conurbano de Buenos Aires (der.)



Figura 4. Empleo de RAP más aceite usado de motor, distribuido con terminadora en una playa de estacionamiento en Conurbano de Buenos Aires

Las prácticas anteriormente descritas y la situación mencionada, sirven de disparador para que en el LEMaC se decida encarar un estudio en tal sentido, que permita optimizar la metodología de trabajo descrita, incrementar el empleo de RAP en la constitución de nuevos pavimentos y evaluar la posible respuesta estructural esperable para la capa.

Para ello, se establece como una situación deseada en análisis la metodología de mezclado y colocación constituida por el uso de la terminadora descripto y la compactación de la mezcla mediante un rodillo neumático de peso suficiente. De este modo, se considera que se trata de mezclas que permitirían alcanzar una temperatura de mezclado mínima de 60 °C y con una densidad comparable a la Densidad Marshall obtenible en laboratorio, lo que a los efectos de este trabajo da lugar a las que denominaremos como “mezclas asfálticas a bajas temperaturas de RAP y residuos aceitosos”.

De acuerdo a lo señalado, se establece para el estudio el empleo de una metodología modificada del Método Marshall *ad hoc* para la obtención de los contenidos óptimos de diversos residuos aceitosos a ser utilizados con un RAP de referencia y su caracterización volumétrica; para luego establecer su respuesta estructural asociada.

1.2 Relevamiento de antecedentes

La búsqueda de antecedentes, directamente relacionados con el análisis encarado, no ha permitido hallar registros de estudios que hayan abordado la temática exactamente de la forma planteada en el presente trabajo. Si, en cambio, se han relevado trabajos en los que se aprovechan residuos aceitosos, tanto de motor como comestible, y la utilización de RAP como parte de una mezcla asfáltica en caliente nueva, es decir con agregados y cemento asfáltico virgen adicional. En dichos trabajos el análisis se realiza a partir de la adición del residuo en distintas proporciones, a fin de encontrar su porcentaje óptimo de intervención [1, 2, 3, 4, 5].

1.3 El tipo de RAP involucrado

El material denominado como RAP procede del proceso de fresado de capas asfálticas, efectuado en tareas de reparación y rehabilitación de pavimentos. El origen del término fresado se remonta a la técnica de desbaste o corte de metales, u otras piezas, por intermedio de un engranaje constituido por un cortador giratorio de ángulos diversos, o de varios fresas, en movimiento giratorio continuo. Esa técnica da origen al término *milling machine*, aplicado a los equipos de fresado de parte de una estructura cualquiera. El equipo de fresado aplicable en los casos abordados, se concibe a partir de la segunda mitad de la década del '70, simultáneamente tanto en Europa como en América del Norte, como herramienta adecuada para posibilitar y garantizar el desbaste del pavimento en profundidades predeterminadas [6]. El fresado aplicado en la rehabilitación de pavimentos se origina de diversas maneras. En primer lugar, por el tipo de proceso específico utilizado se cuenta con: la *cold milling machine* (fresado en frío), que efectúa el desbaste de la estructura por medio de un simple abrasivo; y el proceso en caliente, que utiliza el precalentamiento de la estructura para facilitar su desbaste. El primero es el relacionado con el presente estudio.

Varios autores divergen sobre su subclasificación de acuerdo a sus aplicaciones. No obstante, de manera resumida, se puede efectuar una distinción por el espesor de corte y la textura resultante en la vía. En función del espesor de corte se puede clasificar al fresado como: superficial, raso y profundo [6]. De estos, resulta de interés a los efectos del presente trabajo el fresado raso, que alcanza normalmente solo las capas superiores del pavimento y presenta en la mayoría de los casos una profundidad promedio de corte de alrededor de 5 cm.

Por otro lado, existen distintos tipos de cilindros de fresado, lo cual da lugar a distintas granulometrías del RAP resultante, aun para una misma capa asfáltica fresada. La Figura 5 muestra la comparación de los tipos de fresado según la textura resultante en la vía.



Figura 5. Fresado estándar (izq.), fresado fino (centro) y microfresado (der.) [6]

Sea cual sea la técnica de fresado en frío empleada, se obtiene un RAP con características particulares, que llevan a diversas opciones de empleo. Por todo lo

expresado, ante cada acopio de RAP a ser utilizado en la constitución de las mezclas asfálticas motivos de este estudio, se deberá analizar su granulometría, pues la misma puede variar significativamente. Es conveniente, por lo tanto, analizar las tipologías de mezclas asfálticas disponibles, como para asociarlas con la potencial granulometría de los áridos presentes en el RAP.

1.4 Las mezclas asfálticas asociables

Para analizar este aspecto, se ha decidido emplear el Pliego de Especificaciones Técnicas Generales 2017 de la Dirección Nacional de Vialidad (PETG-DNV2017) [7]. Este documento presenta dos tipos de mezclas asfálticas asociables al material en estudio, los Concretos Asfálticos en Caliente Densos de Tamaño Máximo 12 mm (CAC-D12) y las Mezclas de Arena Asfalto en Caliente (MAAC). Se debe analizar entonces cuál daría el marco de referencia más ajustado al caso en estudio.

1.5 La consideración estructural empleable

Una herramienta sencilla de emplear para la caracterización estructural a ser encarada, sencillez que guarda relación de escala con la baja aptitud del material en desarrollo, la constituye la Guía AASHTO93, la cual en su versión original en inglés [8], establece la respuesta mecánica asignable a las capas de rodamiento asfáltico a partir de sus coeficientes estructurales a_i . En versiones anteriores de la Guía, como es el caso de la versión 1986 [9], se cuenta con gráficas que permiten asociar el a_i al valor de Estabilidad Marshall de la mezcla asfáltica en cuestión. Al trabajar estas gráficas es posible establecer por regresión una correlación entre ambos parámetros, con un coeficiente de determinación R^2 de 0,9 adecuado; arribándose a la Ecuación 1 que expresa una relación aproximada utilizable.

$$a_i = 0,1364 \cdot \ln E - 0,8268 \quad (1)$$

donde a_i ya ha sido descrito con anterioridad y se mide en 1/pulg y E es la Estabilidad Marshall de la capa de rodamiento asfáltica [N].

2 Métodos

Dado lo innovador en ciertos sentidos del trabajo encarado, se procede a redactar los procedimientos de análisis a ser utilizados en el estudio, debido a la inexistencia de una normativa de aplicación rigurosa en tal sentido.

2.1 Procedimiento para la elaboración de las mezclas asfálticas en estudio

- Obtener por cuarteo una muestra de RAP a temperatura ambiente (secada previamente en estufa a 60 °C durante 24 horas), en cantidad suficiente para confeccionar un pastón a ser utilizado en la elaboración de 3 probetas Marshall y la determinación de la Densidad Rice.

- Incorporar el residuo aceitoso con el porcentaje predefinido. Ambos materiales se mezclan uniformemente a fin de obtener la mayor homogeneidad posible entre ellos. El porcentaje de residuo se expresa en porcentaje de peso de residuo, por encima, respecto del 100% del peso de RAP seco.
- Dejar reposar a temperatura ambiente durante 24 horas, con mezclados periódicos para garantizar su homogeneidad.

2.2 Procedimiento para el curado inicial de las mezclas asfálticas en estudio

- Llenado de 3 moldes Marshall de compactación: Primero se coloca un disco de papel de filtro u otro papel absorbente en el fondo del molde. Luego, se colocan 1.200 g de la mezcla aplicándose 15 golpes distribuidos en el perímetro y 10 en su interior, y se nivela la superficie del material.
- Toma de muestra no menor a 2.000 g para realizar por duplicado la determinación del peso específico mediante el procedimiento de J. Rice (saturación por vacío).
- Los moldes que contienen la mezcla y la bandeja con la muestra para la determinación de la Densidad Rice son llevados a estufa a 60 °C por un período de 24 horas.

2.3 Procedimiento para el moldeo de las probetas con las mezclas asfálticas en estudio

- Se retira de la estufa el molde y se lo coloca sobre el pedestal de compactación Marshall, sujetándolo con el aro de ajuste. Se le coloca un disco de papel sobre la superficie para evitar que la muestra quede adherida al pisón y se aplican con este último 75 golpes por cara (la energía de compactación entregada es debido a la semejanza con una CAC-D12, de acuerdo lo que se explica más adelante en el punto 3.1).
- Terminada la compactación de la probeta se retira el molde del pedestal y se lo coloca en un recipiente con agua fría por un lapso de 1 minuto.
- Con el extractor se desmolda la probeta ya compactada.
- Se identifica la probeta y se la deja reposar durante 24 horas sobre una superficie lisa y ventilada.
- Se moldean 3 probetas para cada porcentaje de residuo, repitiéndose las operaciones indicadas anteriormente.

2.4 Procedimiento para el ensayo de las probetas con las mezclas asfálticas en estudio

- Se determina la densidad de las probetas, el peso específico máximo teórico (Densidad Rice) y se ensayan las probetas para establecer la Estabilidad y Fluencia promedio para cada contenido de residuo aceitoso, de acuerdo a la Norma IRAM 6.845 [7].

2.5 Determinación de las mezclas asfálticas óptimas para cada tipo de residuo aceitoso analizado

Se decide establecer como contenido óptimo de residuo aceitoso en cada una de las mezclas a ser analizadas, a aquel que permita arribar a los mayores valores de Estabilidad; aunque observándose también los valores asociados de la Relación E/F y Vacíos.

2.6 Consideración de la respuesta estructural de las mezclas asfálticas en estudio

Para analizar en forma relativa las respuestas estructurales para cada uno de los contenidos óptimos de los diversos residuos aceitosos analizados, se decide emplear la Ecuación 1.

3 Materiales

3.1 El RAP utilizado en las experiencias

Se obtiene una muestra de RAP en cantidad suficiente de una obra de la periferia de la ciudad de La Plata. Sobre esa muestra se determina mediante el procedimiento LEMaC-A01/06 [10] el Contenido de Cemento Asfáltico de 4,0 % y la curva granulométrica de los áridos recuperados de la Tabla 1, graficada en la Figura 6, en las cuales se la compara con los límites granulométricos establecidos para las mezclas CAC-D12 y MAAC, según el PETG-DNV2017 [7].

Como se puede observar, al menos en principio, el tipo de mezcla asociable a la granulometría de los áridos recuperados sería la CAC-D12.

Complementariamente, cabe acotar que el árido recuperado visualmente parece ser en su fracción gruesa piedra granítica triturada de coloración roja, presentándose un contenido de arena silícea.

Tabla 1. Curva de los áridos recuperados y límites para la CAC-D12 y la MAAC

Tamiz	Abert. (μm)	% Pasa MAAC		% Pasa CAC D-12		CURVA
		C. Min	C. Max	C. Min	C. Max	
25 mm (1")	25.400	100	100	100	100	100,0
19 mm (3/4")	19.100	100	100	100	100	98,1
12,5 MM (1/2")	12.700	100	100	80	95	88,2
9,5 mm (3/8")	9.520	100	100	72	87	80,0
4,75 mm (N°4)	4.760	85	100	47	65	63,2
2,36 mm (N°8)	2.380	80	90	30	50	48,6
600 μm (N°30)	590	55	80	16	30	28,3
300 μm (N°50)	297	30	60	12	23	21,6
75 μm (N°200)	74	4	14	5	8	8,1

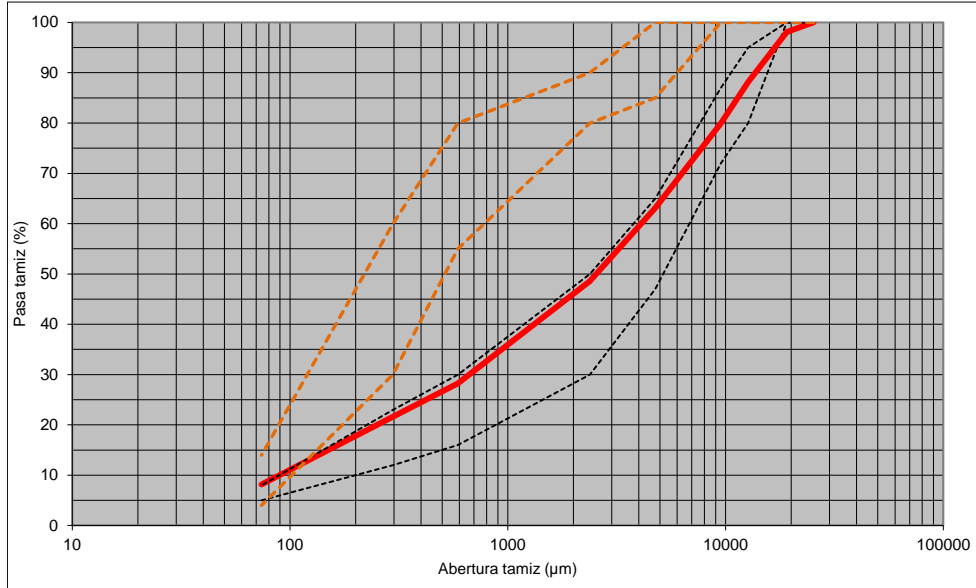


Figura 6. Gráfica de los áridos recuperados y límites para la CAC-D12 y la MAAC

3.2 El aceite usado de autos empleado

Se trata de un aceite marca El Aion, del tipo 15W40, proveniente del recambio de un automóvil naftero, luego de haber sido utilizado durante 10.000 km.

3.3 El aceite comestible usado empleado

Se trata de un aceite mezcla de girasol marca Caracas, proveniente del recambio en una freidora industrial utilizada en la preparación de comidas.

3.4 El desgomado de soja empleado

Este producto se obtiene en la planta de la empresa América Pampa SA (Figura 7), ubicada en el Partido de Rivadavia, en la cual se efectúa la extracción del aceite de soja. El "desgomado de soja" es el residuo proveniente de esa actividad industrial. Durante una visita a dicha planta, personal del LEMaC realiza la toma de una muestra representativa de dicho material (Figura 8).

4 Resultados

4.1 Mezcla de RAP y aceite usado de autos

Los resultados obtenidos para estas mezclas se observan en la Tabla 2, graficados en la Figura 9. Se ve allí que el contenido óptimo de aceite usado de autos, para los materiales analizados, se ubica en el 1,0% por encima del 100% de peso de RAP.



Figura 7. Planta de extracción de aceite de soja



Figura 8. Muestra de desgamo de soja en el laboratorio

Tabla 2. Resultados Marshall de la mezcla de RAP y aceite usado de autos

% Aceite	Estabilidad prom (N)	Relación E/F (KN/mm)	Vacíos (%)
0,0	1.567	0,46	14,7
0,5	1.728	0,48	9,8
1,0	2.357	0,65	5,1
1,5	2.125	0,71	3,8
2,0	1.493	0,39	3,3

En función de estos resultados y de la Ecuación 1, puede establecerse que el coeficiente de aporte estructural máximo asignable a_i para este tipo de mezcla sería de 0,23 1/pulg y que para el RAP solo sería de 0,18 1/pulg.

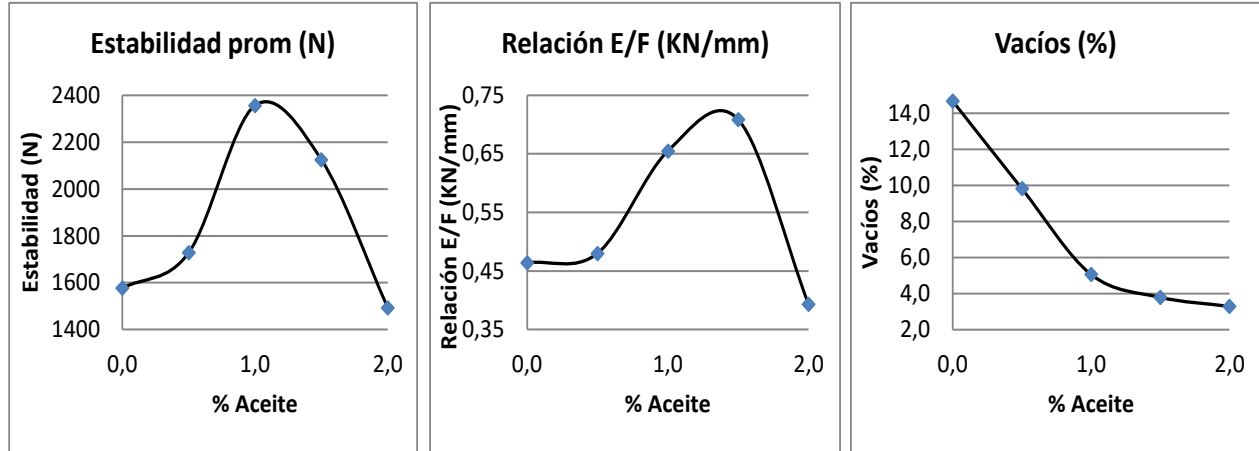


Figura 9. Gráfica de Estabilidad (izq.), Relación E/F (centro) y Vacíos (der.) versus contenido de aceite en mezclas de RAP y aceite usado de autos

4.2 Mezcla de RAP y aceite comestible usado

Tabla 3. Resultados Marshall de la mezcla de RAP y aceite comestible usado

% Aceite	Estabilidad prom (N)	Relación E/F (KN/mm)	Vacíos (%)
0,0	1.567	0,46	14,7
0,5	1.648	0,53	10,0
1,0	1.911	0,55	6,0
1,5	1.614	0,62	3,2
2,0	1.366	0,46	2,5

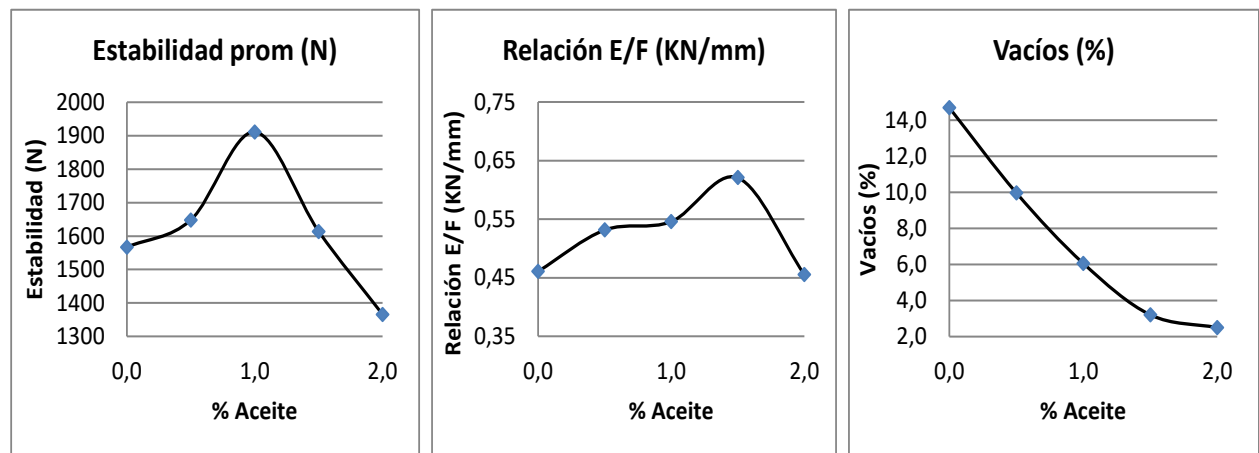


Figura 10. Gráfica de Estabilidad (izq.), Relación E/F (centro) y Vacíos (der.) versus contenido de aceite en mezclas de RAP y aceite comestible usado

Los resultados obtenidos para estas mezclas se observan en la Tabla 3, graficados en la Figura 10. Se ve allí que el contenido óptimo de aceite comestible usado, para los materiales analizados, se ubica en el 1,0% por encima del 100% de peso de RAP.

En función de estos resultados y de la Ecuación 1, puede establecerse que el coeficiente de aporte estructural máximo asignable a_i para este tipo de mezcla sería de 0,20 1/pulg.

4.3 Mezcla de RAP y desgomado de soja

Los resultados obtenidos para estas mezclas se observan en la Tabla 4, graficados en la Figura 11. Se ve allí que el contenido óptimo de desgomado de soja, para los materiales analizados, se ubica en el 3,0% por encima del 100% de peso de RAP.

Tabla 4. Resultados Marshall de la mezcla de RAP y desgomado de soja

% Aceite	Estabilidad prom (N)	Relación E/F (KN/mm)	Vacíos (%)
0,0	1.567	0,46	14,7
2,0	1.605	0,55	7,2
3,0	1.682	0,67	7,1
5,0	849	0,34	5,3

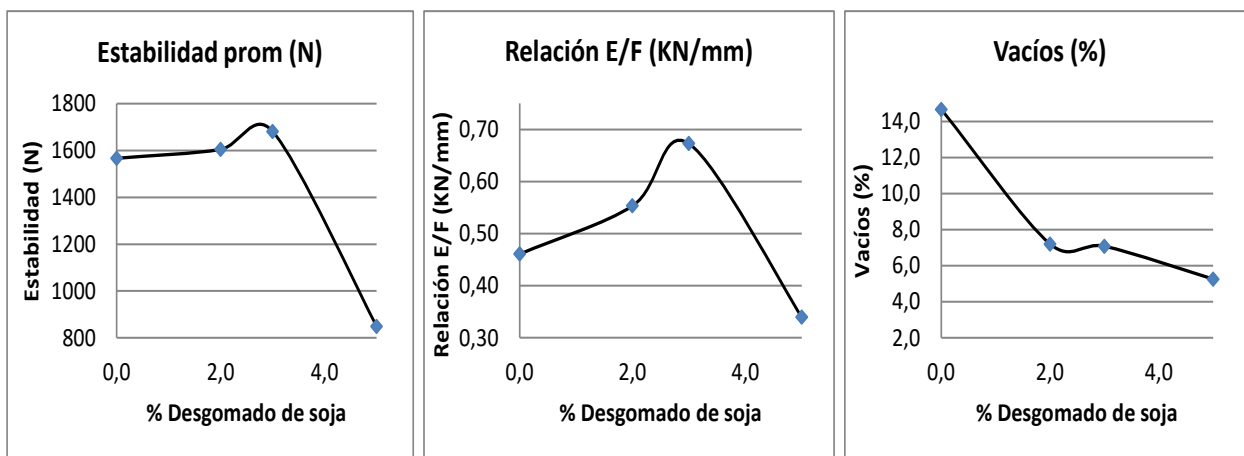


Figura 11. Gráfica de Estabilidad (izq.), Relación E/F (centro) y Vacíos (der.) versus contenido de aceite en mezclas de RAP y desgomado de soja

En función de estos resultados y de la Ecuación 1, puede establecerse que el coeficiente de aporte estructural máximo asignable a_i para este tipo de mezcla sería de 0,19 1/pulg.

4.4 Análisis de los resultados de coeficiente de aporte estructural para las distintas mezclas

De acuerdo a los resultados obtenidos, para los materiales analizados, se puede arribar al cuadro de resumen de la Tabla 5.

Tabla 5. Resumen de resultados de aporte estructural

Dosificación	Coefficiente de aporte estructural (1/pulg)
100% RAP	0,18
100% RAP + 1,0% aceite usado de autos	0,23
100% RAP + 1,0% aceite comestible usado	0,20
100% RAP + 3,0% desgomado de soja	0,19

Para que una mezcla de agregados (de granulometría continua) con un ligante asfáltico sea considerable como una “mezcla asfáltica estructural”, existen referencias [9] en cuanto a que es común aceptar como mínimo Estabilidades de 2.220 N, lo cual se alcanza con la máxima Estabilidad obtenida (2.357 N) para el caso del empleo aceite usado de motor. Esto implica que se obtendría solo en ese caso, al menos con los materiales analizados, materiales de baja aptitud vial pero que podrían ser de aceptación bajo el concepto de una mezcla asfáltica estructural.

Por otro lado, la versión de la guía AASHO 1971 admite otorgar a una capa de rodamiento constituida por un tratamiento superficial triple (en un espesor cercano a la pulgada) coeficientes de aporte estructural de hasta 0,16 (sin unidad, pues se trata del aporte estructural de todo el espesor) [11]; por lo tanto, los coeficientes de aporte estructural obtenidos en todos los casos verificarían esta condición (pues el espesor del tratamiento estructural coincidiría con la pulgada de espesor de la unidad del coeficiente de aporte estructural expresado en 1/pulg).

Estos últimos comentarios van a colación de que es posible que a muchos profesionales encargados de trabajar con mezclas asfálticas de altas prestaciones, estas respuestas estructurales le parezcan despreciables. Esto no es así y eso es lo que se intenta demostrar; todo se trata de una escala entre el problema y la solución o, si se quiere, entre la disponibilidad de recursos materiales y la categoría o condicionantes de la vía. Una muestra de ello, son las experiencias realizadas en el LEMaC con un número importante de materiales que se comercializan para la “pavimentación en frío” y que poseen una finalidad estructural. Por ejemplo, se puede citar a algunos (no todos) productos premezclados y listos para usar en bacheo en frío, tanto de origen nacional como extranjero, los cuales en la práctica muestran efectividad estructural en el relleno de baches de dimensiones de importancia pero que, al ser analizados en laboratorio, incluso introduciendo importantes periodos de curado, resultan imposibles de ser ensayados para establecer su Estabilidad, pues las probetas generadas se disgregan durante el periodo de aclimatación en agua a 60 °C.

Las mezclas analizadas en este trabajo, vencen esa barrera y permiten advertir un grado de prestación mínimo. La duda reside ahora entonces en dónde ubicar la barrera límite de su aplicación. Para eso, se decide instrumentar un análisis de potencialidad de deformación plástica permanente, sobre aquella alternativa que presenta mayor aporte estructural.

4.5 Estudio preliminar de la potencialidad de deformación plástica permanente

Con la mezcla de mayor coeficiente de aporte estructural, es decir la que emplea aceite usado de autos, se decide encarar el estudio de su potencial resistencia a las deformaciones plásticas permanentes (ahuellamiento). Esta característica se puede valorar, por ejemplo, a través del ensayo Wheel Tracking Test (WTT) mediante la Norma UNE-EN 12697-22 [12] y UNE-EN-12697-33 [13].

En relación a estas determinaciones, el PETG-2017 [7] establece en las mezclas CAC-D12 utilizadas en capas de rodamiento, valores límites de ciertos parámetros, en vías con un índice de tránsito T4 (se trata del menor nivel de tránsito y corresponde a un nivel de demanda menor a 199 vehículos pesados diarios). Estos parámetros de referencia son la Pendiente Media de Deformación en el intervalo de 5.000 a 10.000 ciclos (*WTS* de su sigla en inglés) y la Profundidad Media Proporcional de la Huella (*PRD* de su sigla en inglés).

Se moldea entonces una probeta con la mezcla en análisis y se la somete al ensayo especificado, según se observa en la Figura 12.

Como con el ensayo en cuestión se arriba a una deformación cercana a los 20 mm (límite impuesto por Norma) en aproximadamente 2.000 ciclos, no se puede obtener los valores indicativos a los 10.000 ciclos. Por esta razón, y sólo a los efectos comparativos, se vuelca la curva obtenida en el gráfico de la Figura 13, de manera conjunta con la curva que se obtuviera en el LEMaC en una experiencia previa con una mezcla CAC-D12 que verifica en forma ajustada los requisitos para el nivel de tránsito T4. En la Tabla 6 se observan además los resultados de *WTS* y *PRD* de dicha mezcla y los valores exigidos por la especificación correspondiente.



Figura 12. Probeta de WTT ensayada

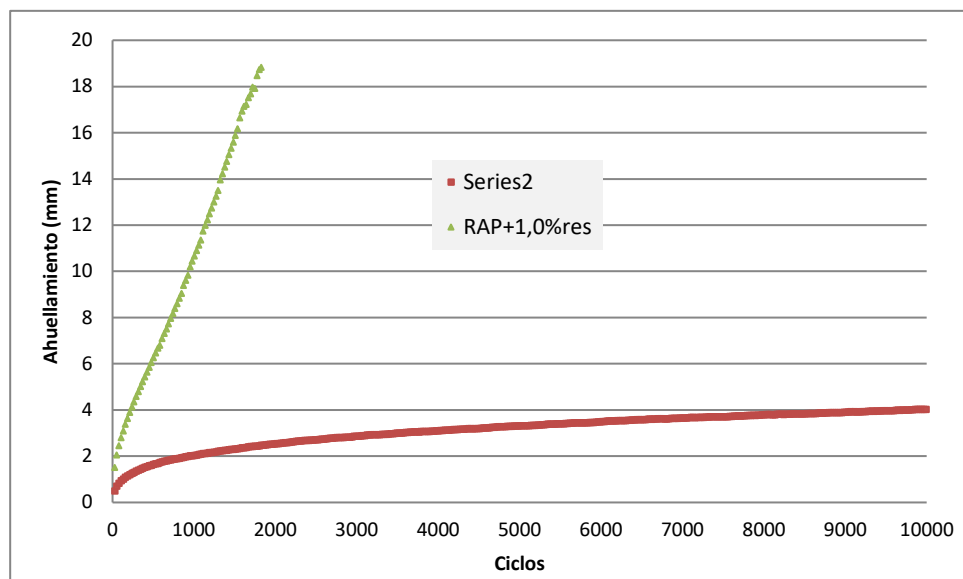


Figura 13. Gráfica del ensayo WTT para ambas configuraciones de mezclas

De acuerdo a la experiencia realizada, queda claro que no es dable pensar utilizar este tipo de mezclas en vías rurales (ya sean de jurisdicción nacional, como también probablemente en las de jurisdicciones provinciales), aunque dichas vías cuenten con niveles mínimos de tránsito pesado. Esto reduciría su ámbito de aplicación al campo actual de empleo existente y a recubrimientos de caminos rurales de la red terciaria.

Tabla 6. Resultados de WTT para la mezcla de referencia

Tipo de capa	Indice de tránsito T4	CAC-D12 Referencia
Rodamiento	$WTSaire \leq 0,15$ y $PRD \leq 10$ %	$WTSaire = 0,15$ y $PRD = 8,1$ %

5 Conclusiones

Es necesario mejorar las vías suburbanas o de bajo tránsito para que puedan modificarse las condiciones habitacionales de las zonas más alejadas de los centros urbanos, las cuales generalmente se encuentran desprovistas de la infraestructura mínima necesaria para la convivencia. Esto debería lograrse de una manera económica y que considere la facilidad y rapidez en el llevado a cabo de la tarea.

A través de la presente investigación se logra dar un marco teórico, con procesos y metodologías, a una práctica en esta línea de pensamiento que se está ya llevando a cabo; es decir, la constitución de capas de rodamiento mediante RAP compactado a baja temperatura.

Los resultados de las experiencias realizadas demuestran que existe una potencial mejoría en cuanto al aporte estructural que posee el RAP con algún aditivo aceitoso respecto del que tenía en condiciones naturales. También se observa que la mejor respuesta, desde el punto de vista de la Estabilidad, se obtiene con la inclusión de un bajo contenido de aceite usado de autos, arribándose en este caso de estudio a un coeficiente de aporte estructural de 0,23 1/pulg. Todo esto al menos para el caso de los

materiales analizados, que se consideran de un buen grado de representatividad respecto de los utilizables en la zona central de la Argentina.

Este tipo de soluciones deben limitar su ámbito de empleo a vías que cuenten con muy bajos niveles de tránsito pesado.

6 Referencias

- [1] Quintana, P. J. G., & Martínez, S. X. C. "Efecto del aceite quemado de motor sobre las propiedades físicas y mecánicas de mezclas asfálticas que contienen RAP". Revista de la Escuela Colombiana de Ingeniería, (109), 13-20, 2018.
- [2] Dávila Velandia, M. L., & Magaldi Manotas, P. M. "Efecto del aceite reciclado de cocina sobre las propiedades físicas y mecánicas de mezclas asfálticas en caliente MD-19 (60-70)", Repositorio Universidad Católica de Colombia, 2019.
- [3] Grajales, L. E. S. (2016). "Usos del aceite de palma y sus derivados oleoquímicos en la industria de los pavimentos". Revista Palmas, 37, 163-172, 2016.
- [4] Jia, X., Huang, B., Moore, J. A., & Zhao, S. "Influence of waste engine oil on asphalt mixtures containing reclaimed asphalt pavement". Journal of Materials in Civil Engineering, 27(12), 04015042, 2015.
- [5] Botasso, H. G., Cuattrocchio, A. C., Rebollo, O. R., & Soengas, C. J. (2008). Reciclado de pavimentos asfálticos en frío. Una forma de utilizar totalmente el RAP para el mantenimiento y rehabilitación de la red caminera. LEMaC Centro de Investigaciones Viales UTN FRLP, Argentina, 2008.
- [6] Bonfim, V., "Fresado de pavimentos asfálticos", Editorial Exceção, primera edición, Brasil, 2008.
- [7] DNV, "Pliego de especificaciones técnicas generales para concretos asfálticos en caliente y semicaliente del tipo densos", Dirección Nacional de Vialidad, Argentina, 2017.
- [8] AASHTO, "Guide for design of pavement structures 1993", American Association of State Highway and Transportation Officials, ISBN 1-56051-055-2, EEUU, 1993.
- [9] EICAM, "Curso de actualización de diseño estructural de caminos, método AASHTO93", Universidad Nacional de San Juan, Argentina, 1998.
- [10] Rivera, J., & Botasso, H. G. "Guía de metodologías y procedimientos para uso vial desarrollados en el LEMaC", edUTecNe, Universidad Tecnológica Nacional, ISBN 978-987-4998-27-9, 2° Edición, 2019.
- [11] George, K. P. "Structural Layer Coefficient for Flexible Pavement". Journal of Transportation Engineering, 110(2), 251-267, 1984.
- [12] AENOR, "Métodos de ensayo para mezclas bituminosas en caliente, Parte 22 ensayo de rodadura", UNE-EN 12697-22, Asociación Española de Normalización y Certificación, España, 2008.
- [13] AENOR, "Métodos de ensayo para mezclas bituminosas en caliente, Parte 33 elaboración de probetas con compactador de placa", UNE-EN 12697-33, Asociación Española de Normalización y Certificación, España, 2007.