

La opción WAM-RAP para el diseño de mezclas asfálticas de altas prestaciones

Mario Jair,
mariojair@hotmail.com

Rosana Marcozzi,
tecnologiavial@lemit.gov.ar

La tendencia global en el uso de mayores tasas de RAP (Reclaimed Asphalt Pavement) en mezclas asfálticas de nueva construcción e inclusive de alta performance, es creciente.

Las diferentes tecnologías WAM (Warm Asphalt Mixtures o mezclas asfálticas tibias) se han desarrollado de manera importante en USA y Europa en la última década.

Basados en los antecedentes y experiencias recogidas e informadas por los autores en previos congresos de la especialidad [1] [2], el objeto del presente trabajo y continuando con lo realizado, es compartir los resultados obtenidos en la búsqueda de mezclas asfálticas, en este caso, de altas prestaciones que combinen las técnicas enunciadas precedentemente (WAM-RAP). El objetivo es permitir la fabricación de capas de rodamiento de alta calidad aunando las ventajas de reciclabilidad y de trabajabilidad y mejorando la huella de carbono de todo el proceso, debido al menor tenor de emisiones al ambiente.

Palabras Clave: Micro aglomerados asfálticos en caliente, mezcla asfáltica “tibia”, RAP, medio ambiente.

The global trend in the use of higher RAP (Reclaimed Asphalt Pavement) rates in new construction and even high-performance asphalt mixes is growing.

The different WAM technologies (Warm Asphalt Mixtures) have developed significantly in the USA and Europe in the last decade.

Based on the background and experiences gathered and reported by the authors in previous congresses of the specialty [1] [2], the purpose of the present work is to share the results obtained in the search for high performance asphalt mixtures, in this case, combining both technologies mentioned above (WAM-RAP). The objective is to enable the manufacture of high-quality bearing layers by combining the advantages of recyclability and workability and improving the carbon footprint of the entire process, due to lower lower emissions into the environment.

Keywords: Thin layer asphalt mixtures, warm asphalt mixtures, RAP, environment.

1. INTRODUCCIÓN

La industria del asfalto ha buscado en los últimos años, disminuir el impacto ambiental de las tecnologías de pavimentación basados en éstos ligantes ya sea mediante la reutilización del RAP de las capas agotadas o envejecidas (en este caso proveniente de mezclas SMA basadas en ligantes especiales), como así también disminuyendo las temperaturas de fabricación, colocación y compactación de éstas, lo que se conoce como tecnología WAM (Warm Asphalt Mixtures o mezclas asfálticas tibias).

El presente trabajo pretende compartir los resultados ob-

tenidos durante la evaluación comparativa de micro aglomerados asfálticos en caliente de bajo espesor para carpetas de rodamiento, combinando ambas técnicas (uso de RAP y asfaltos “tibios”) a los efectos de desarrollar futuras propuestas sustentables de diseño y aprovechando las ventajas de ambas tecnologías.

2. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL EMPLEADA

Se procedió al estudio comparativo de cuatro micro aglomerados asfálticos en caliente y semi calientes del tipo MAC F 10, en un todo de acuerdo con las especificaciones de la Di-

La opción WAM-RAP para el diseño de mezclas asfálticas de altas prestaciones

rección Nacional de Vialidad de la Argentina [3] siendo dos con áridos vírgenes y los otros dos, con el reemplazo de éstos por 44% del RAP proveniente de la mezcla SMA citada en la introducción. Se utilizaron asfalto modificado del tipo AM3, según IRAM 6596 [4] y su correspondiente versión “tibia” (en adelante denominado AM3 LT).

Los ensayos sobre los materiales constitutivos de las mezclas (agregados, RAP y ligantes) como así también las curvas granulométricas de las mezclas MAC F10 y MAC F10 (R44%) evaluadas (con y sin RAP respectivamente), se observan en el apartado 3.

Los resultados de las propiedades volumétricas y mecánicas (daño por humedad, ahuellamiento y Hamburgo) se describen en el apartado 4.

3. ENSAYOS SOBRE MATERIALES CONSTITUYENTES

3.1 Agregados vírgenes y RAP

La composición de los micro aglomerados MAC F10 (de referencia) sólo con agregados vírgenes, y MAC F 10 (R44%) puede verse en Tabla 1

Tabla 1. Composición de los MAC F10 y MAC F10 (R44%) de diseño

Agregado	Agregado	
6/12	77	55
Arena trituración 0/3	17	--
Filler calcáreo	5	--
Cal	1	1
RAP Grueso	--	14
RAP Fino	--	30

El RAP proviene de un pavimento de mezcla SMA 12, con ligante modificado AM3. Fue retirado del fresado de una calzada con más de 14 años de vida útil y separado en laboratorio en dos fracciones y caracterizado.

En la Tabla 2 se presentan propiedades del RAP obtenidas luego de realizar el lavado del RAP por reflujo de solvente y recuperar el ligante mediante destilación Abson.

Tabla 2. Características del RAP empleado

	RAP Fino	RAP Grueso
Contenido de Asfalto Medio, % s/m	5,98	3,56
Ensayos sobre el asfalto recuperado		
Penetración (25 °C, 100g, 5s), 0.1 mm	50	53
Punto de Ablandamiento, °C	70,1	70,8
Recuperación elástica torsional a 25°C, %	61,1	65,0
Viscosidad rotacional a 170°C (2 rpm), mPa.s	350	370

Las curvas granulométricas de ambas mezclas de diseño se muestran en la Figura 1.

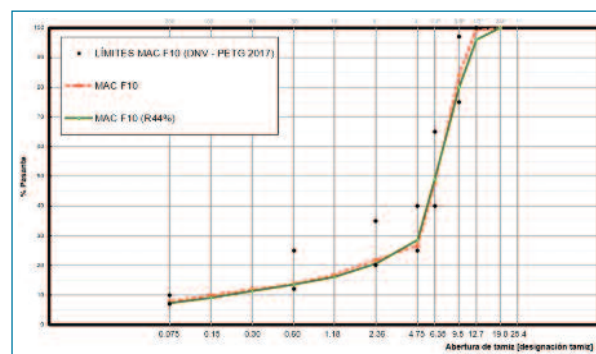


Figura 1 Curvas granulométricas resultantes MAC F10 y MAC F10 (R44%)

En el caso de las MAC F10 (R44%), a la composición de áridos definidas en curva se le incorporó un 2,7% de ligante nuevo, de manera de obtener mezclas con un contenido de ligante total orden del 5%.

A fin de reproducir las peores condiciones de fabricación, en la mezcladora mecánica se colocaron los agregados vírgenes a una temperatura de 170°C y el RAP a temperatura ambiente y se mezclaron enérgicamente durante unos 15 segundos. Se incorporó el ligante virgen y se continuó con el proceso hasta obtener recubrimiento total de los agregados. El tiempo de mezclado de las mezclas con RAP resultó necesariamente superior al tiempo de mezclado efectivo de las otras mezclas.

3.2 Ligantes asfálticos

límite del 80 %.

Ligantes originales

Los resultados de la evaluación de los ligantes originales utilizados AM3 y AM3 LT se muestran en Tabla 3:

Tabla 3. Propiedades de los asfaltos modificados AM3 y AM3 LT

	AM3	AM3 LT	Norma de ensayo
Penetración a 25 °C (100g-5s), 0.1 mm	74	73	IRAM 6576
Punto de Ablandamiento, °C	62,9	65,6	IRAM 6841
Recuperación elástica torsional a 25 °C (30 min), %	70,0	82,2	IRAM 6830
Viscosidad rotacional a 170°C, (SPDL 21, 10 rpm), mPa.s	360	305	IRAM 6837

Ligantes recuperados de las mezclas fabricadas

Los resultados de la evaluación de los ligantes recuperados de las mezclas MAC F10 y MAC F10 (R44%) utilizando AM3 y AM3 LT se muestran en Tabla 4:

4.2 Verificación al ahuellamiento

Esta verificación fue realizada mediante el ensayo de Wheel Tracking a 60°C, bajo normativa EN 12697-22 – Parte B. El

Tabla 4. Propiedades de los asfaltos AM3 y AM3 LT recuperados

	MAC F 10		MAC F10 (R44%)		Norma de ensayo
	AM3	AM3 LT	AM3	AM3 LT	
Contenido de ligante	5,0	5,0	52	5,3	IRAM 6576
Penetración a 25 °C (100g-5s), 0.1 mm	58	56	64	83	IRAM 6576
Punto de ablandamiento, °C	64,0	72,0	63,4	62,6	IRAM 6841
Recuperación elástica torsional a 25 °C, (30 min), %	67,2	68,0	70,6	68,9	IRAM 6830
Viscosidad rotacional a 170°C, (SPDL 21, 10 rpm), mPa.s	330	455	340	360	IRAM 6837

4. RESULTADOS DE LAS PROPIEDADES VOLUMÉTRICAS Y MECÁNICAS EVALUADAS

4.1 Propiedades volumétricas, tracción indirecta y daños por humedad

En Tabla 5 se muestran los resultados volumétricos, tracción indirecta y daño por humedad (evaluado según la metodología definida en la norma AASHTO T-283).

Los micro aglomerados “tibios” con y sin RAP presentan buen comportamiento, superando en todos los casos el valor

equipo consiste en una rueda con un revestimiento de goma maciza cargada con 705 N que se desplaza con movimiento alternativo en un recorrido de 230 mm sobre una muestra de la mezcla en estudio a razón de 26,5 ciclos por minuto.

La profundidad de huella es medida como el promedio de 25 mediciones equidistantes a lo largo de ± 5 cm del centro de la probeta.

La duración y la temperatura de ensayo son de 10.000 ciclos y 60°C, respectivamente.

Los resultados se informan como las Pendientes de Ahuellamiento o Wheel Track Slope (WTS) calculadas de la siguiente

La opción WAM-RAP para el diseño de mezclas asfálticas de altas prestaciones

te forma:

$$\text{Pendiente de ahuellamiento (WTS)} = D_{10000} - D_{5000} / 5$$

[mm/10³ ciclos de descarga]

Donde D_{10.000} es la profundidad de huella a los 10.000 ciclos de carga en mm y D₅₀₀₀ es la profundidad de huella a los 5000 ciclos de carga en mm.

La profundidad de huella o Proportional Rut Depth (PRD) es calculada como el porcentaje de profundidad de huella res-

pecto del espesor inicial de la probeta.

Las probetas se moldearon utilizando el compactador de rodillo según EN 12697-33 y en todos los casos, las mezclas con material reciclado resultan menos deformables.

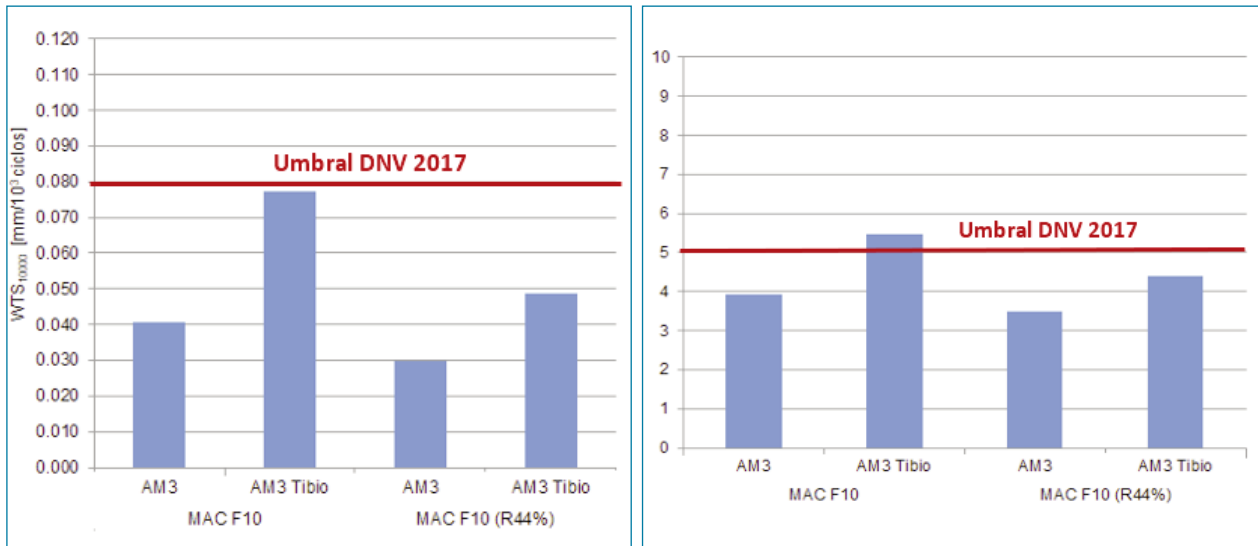
En Tabla 6 se muestran los resultados obtenidos con ambas mezclas MAC F10 y MAC F10 (R44%) utilizando ligantes AM3 y AM3 LT y en Figuras 2 y 3, los valores comparativos:

Tabla 5. Propiedades volumétricas y resultados de tracción indirecta y daño por humedad

		MAC F10		MAC F10 (R44%)	
		AM3	AM3 LT	AM3	AM3 LT
T° de compactación	°C	160	120	160	120
Contenido de ligante virgen /mezcla	%	5,0	5,0	2,7	2,7
GPC	---	50	50	50	50
Da prom	g/cm ³	2,370	2,358	2,391	2,361
D Rice	g/cm ³	2,498	2,489	2,510	2,499
% Vacíos promedio	%	5,1	5,3	4,7	5,5
VAM (DNV) promedio	%	17,0	17,1	16,7	17,3
RBV (DNV) promedio	%	69,8	69,1	71,6	68,1
Resistencia a Tracción Indirecta promedio	kPa	1102	885	968	689
Relación Filler / Asfalto (en peso)	--	1,5		1,6	
GPC	---	22	32	22	25
Resistencia conservada (Daño por humedad)	%	100	91	85	83

Tabla 6. WTT para MAC F10 y MAC F10 (R44%) con AM3 y AM3 LT

Mezcla	MAC F10		MAC F10 (R44%)	
	AM3	AM3 Tibio	AM3	AM3 Tibio
T° de mezclado	170	170	170	170
T° compactación	150	120	150	120
T° de ensayo	60	60	60	60
Profundidad de huella [mm]	2,0	2,7	1,7	2,2
PRD ₁₀₀₀₀ [%]	3,9	5,5	3,5	4,4
WTS ₁₀₀₀₀ [mm/10 ³ ciclos]	0,041	0,077	0,030	0,049



Figuras 2 y 3 Comparativa valores WTT para MAC F10 y MAC F10 (R44%) con AM3 y AM3 LT

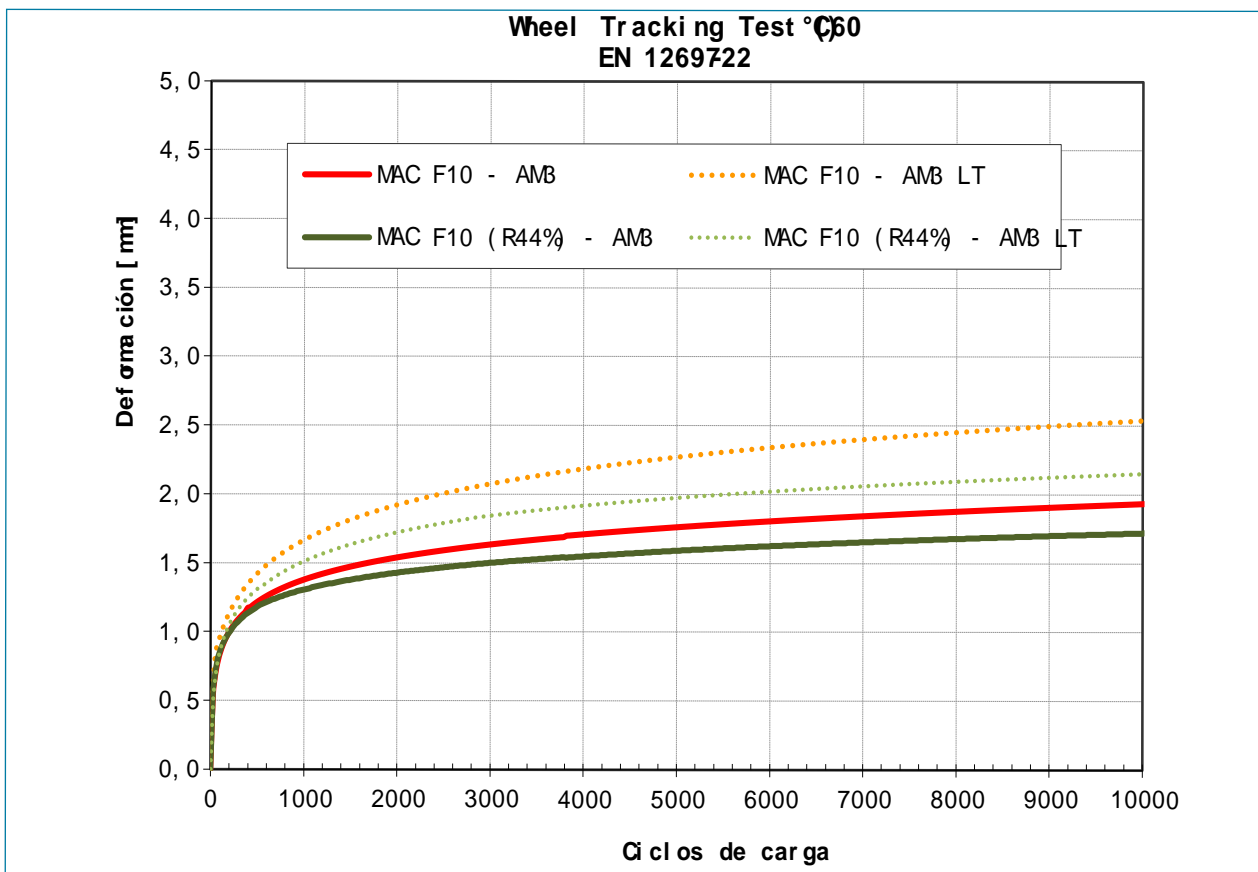


Figura 4. Evolución de las deformaciones con de los MAC F10 y MAC F10 (R44%) con ligantes AM3 y AM3 LT

En Figura 4, se muestran los gráficos de evolución del ensayo de WTT para los 4 micro aglomerados evaluados.

4.3 Verificación al WTT de Hamburgo (AASHTO T-324)

Mediante este ensayo es posible medir el efecto combinado de las deformaciones y el daño causado por el agua a una mezcla asfált-

La opción WAM-RAP para el diseño de mezclas asfálticas de altas prestaciones

tica sumergida en un baño de agua a una determinada temperatura, en este caso, 50 °C.

Durante el ensayo se registra la curva Deformación – Número de pasadas de la rueda, la cual en general presenta dos rectas con pendientes bien diferenciadas. Una es la pendiente de deformación (creep slope) la cual permite evaluar la susceptibilidad al ahuellamiento. La segunda pendiente es conocida como “stripping slope” o pendiente de descubrimiento e indica la acumulación de deformación inducida por el daño producido por el agua.

El punto de inflexión entre las dos pendientes conocido como Punto de Descubrimiento (Stripping Point) corresponde al número de pasadas de rueda donde comienzan a ser evidentes los daños por humedad y que debe superar las 10.000 pasadas y la profundidad de huella o deformación mantenerse por debajo de 12.5 mm.

En la Figura 5 se presentan la comparativa de evolución de los 4 micro aglomerados evaluados MAC F10 y MAC F10 (R44%) utilizando ligantes AM3 y AM3 LT, los cuales muestran un excelente comportamiento.

La mezcla MAC F10 (R44%) acumula menos deformación al final del ensayo que las mezcla MAC F10 con agregados vírgenes, cuando se utiliza ligante AM3.

5. CONCLUSIONES

Como continuación de diferentes trabajos presentados por los autores en anteriores congresos de la especialidad, el presente documento comparte los resultados de laboratorio obtenidos en la evaluación de dos mezclas del tipo micro aglomerado asfáltico en caliente MAC F10 y MAC F10 (R44%), esta última conteniendo 44% de RAP proveniente de una SMA a base de ligante modificado de 14 años de vida útil. Los ligantes utilizados para ambos han sido: modificado del tipo AM3 (IRAM 6596) y su “variante” “tibia”, denominado AM3 LT.

El objetivo es observar el comportamiento mecánico de las mezclas a los efectos de evaluar la sensibilidad de éstas ya sea por el uso del RAP “modificado” y/o de los ligantes LT, en busca de variantes

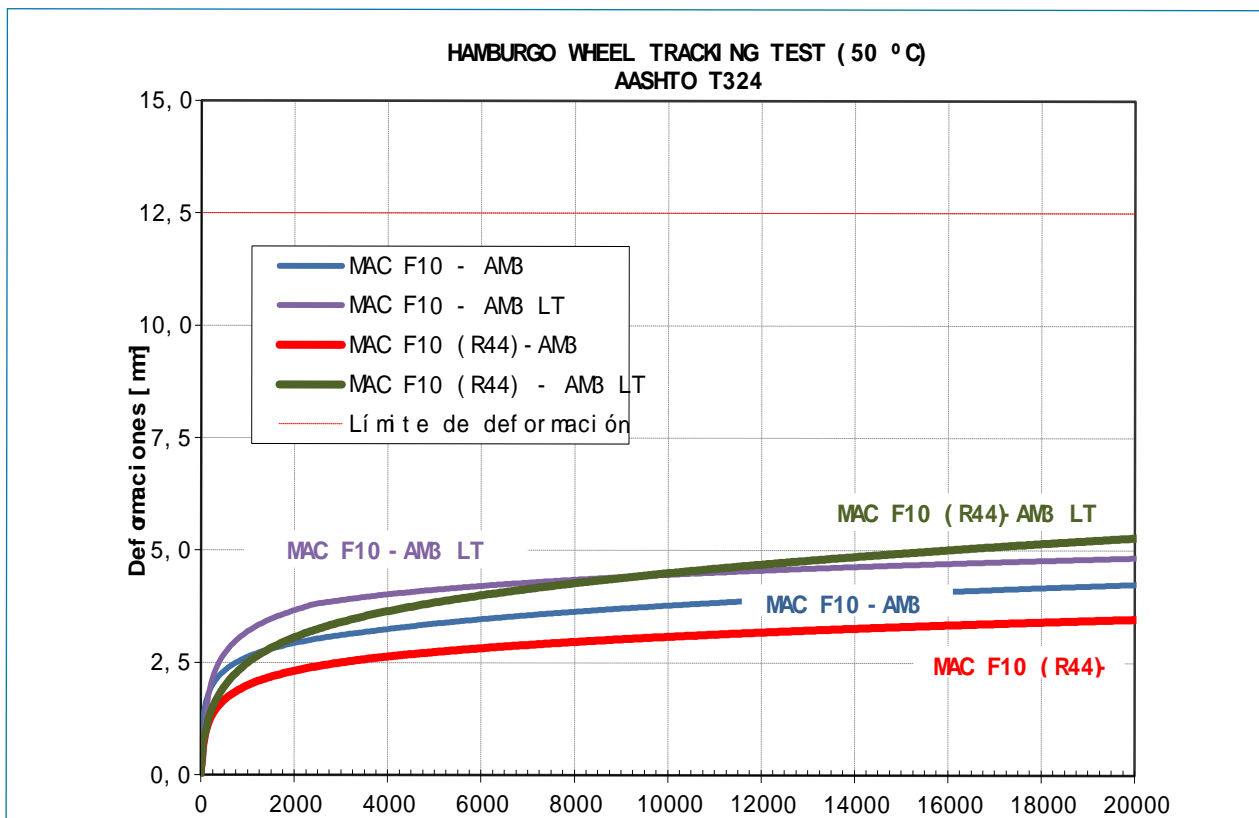


Figura 5: Comparativa de evolución en el Hamburgo Test para MAC F10 y MAC F10 (R44%) con la utilización de ligantes AM3 y AM3 LT

En las mezclas ensayadas, no se alcanza en ningún caso el límite de deformación ni se producen efectos de daño por humedad.

de menor impacto ambiental y de, al menos, la misma performance.

Las conclusiones pueden resumirse como sigue:

- Respecto al daño por humedad, ambas mezclas con RAP (versión AM 3 y AM3 LT) presentan un buen comportamiento, superando en todos los casos el valor límite del 80% exigido.
- La resistencia al ahuellamiento mejora ligeramente por el uso de RAP en las mezclas con ligante AM3. En los casos de utilización de ligante AM3 LT, el comportamiento entre la mezcla con áridos vírgenes y la mezcla con RAP, es muy similar.
- En el ensayo de Hamburgo, las mezclas ensayadas no alcanzan en ningún caso el límite de deformación ni se producen efectos de daño por humedad. La mezcla MAC F10 (R44%) acumula menos deformación al final del ensayo que la mezcla MAC F10 con agregados vírgenes, cuando se utiliza ligante AM3.
- La combinación de tasas importantes de RAP (sobre todo si proviene de mezclas con ligante modificados) con el uso de tecnologías WAM, permitirían la fabricación y puesta en obra de capas de rodamiento de altas prestaciones con similar performance que las obtenidas con agregados vírgenes.
- En el caso de mezclas tibias, parte del diseño serán las reducciones de temperaturas que permitan lograr mezclas de calidad. Esto es especialmente importante en el caso de mezclas de bajos espesores con altos contenidos de RAP.

El uso de tasas crecientes de RAP permite un importante ahorro ambiental que debemos ponderar adecuadamente.

Al reutilizar recursos no renovables se reduce la cantidad de agregado pétreo que debe ser obtenido y transportado de canteras o yacimientos y, en función de la calidad remanente del ligante del RAP, puede reducirse también la cantidad y calidad del ligante virgen a incorporar.

Este trabajo y los anteriores presentados con esta temática contienen resultados que permiten apreciar estas tecnologías como técnica y económicamente convenientes.

Como parte de estos estudios, actualmente se está estudiando la incidencia en la matriz técnico-económica-ambiental, de las variables asociadas con las energías de mezclado y tiempos de almacenamiento de mezclas que incorporen altas tasas de RAP proveniente de pavimentos con ligantes modificados con polímeros, resultados que formarán parte de futuras publicaciones.

6. REFERENCIAS

- [1] Jair, M.R., Marcozzi, R.G., Morea, F. "Mezclas asfálticas sustentables: la opción WAM-RAP". XVIII° Congreso Ibero Latinoamericano del Asfalto – Noviembre de 2015.
- [2] Marcozzi, R.G., Jair, M.R., Ibarra, A. "Mezclas asfálticas sustentables WAM con RAP de asfalto especial". XIX° Congreso Ibero Latinoamericano del Asfalto – Noviembre de 2017.
- [3]. "Pliego de Especificaciones Técnicas Generales para Micro Aglomerados en Caliente". Dirección Nacional de Vialidad Versión 2017.
- [4] "Asfaltos Modificados para Uso Vial, Clasificación y Requisitos". Instituto Racionalización Argentino de Materiales, Norma IRAM 6596 Versión 2016.