



Webinar C.T. 4.1 Pavimentos “Uso de Materiales Reciclados para Pavimentación”

Diseño de mezclas asfálticas especiales con RAP “modificado”



Mario Roberto Jair

Representante de Argentina en el Comité 4.1. de PIARC

Damián Gimenez

Construcciones Ingevia

22 de Septiembre 2021

Webinar Buenos Aires

Agenda

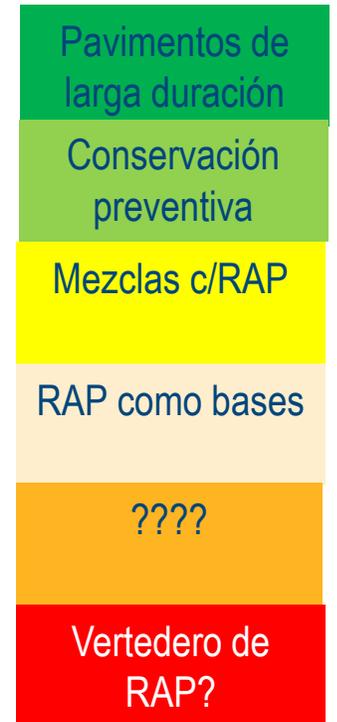
- Introducción y situación en Argentina
- Tipos de mezclas diseñadas
- Evaluación de los materiales
 - Caracterización de los “RAP modificados”
 - Caracterización de ligantes vírgenes utilizados
- Diseño de mezclas
 - Composición granulométrica
 - Dosificación volumétrica
 - Procedimiento Marshall
 - Resistencia a tracción indirecta
 - WTT y HWTT
- Conclusiones



The poster features a background image of a large yellow and white road roller paving a road. At the top left, the AAC logo (Asociación Argentina de Carreteras) and the PIARC logo (Comité Nacional Argentino) are displayed. The main text reads: "Seminario Internacional PIARC", "Comité Técnico 4.1: Pavimentos", and "Uso de Materiales Reciclados en Pavimentación". The dates "20 AL 22 DE SEPTIEMBRE" are shown in a blue box, and "Inscripción sin cargo" is in an orange box. A small note says "* Requiere inscripción previa". A circular icon in the bottom right corner indicates "modalidad virtual". The website "www.aacarreteras.org.ar" is at the bottom.

Idea “fuerza”: Economía circular

- Soluciones Sustentables/Sostenibles, Economía Circular
- Lo “nuevo”: gestión de residuos (ej: presentación Joralf ayer!)



Source: *Perspectivas actuales en la concepción y construcción de pavimentos en Europa*, A. Bardsi, 2019, BsAs

“Reciclar” en la Industria Asfáltica: Generalidades

- La reutilización de RAP, comienza en 1955: las superficies se reciclaban agregando aceites in situ. Debido a la crisis del petróleo de 1973, se comienza con el reciclado de mezclas para ahorrar asfalto
- Qué reciclamos en carreteras?
 - Mezclas asfálticas (RAP) y materiales de impermeabilización (RAS)
 - Suelos, materiales granulares
 - Caucho de neumáticos; plásticos, etc.
- Razones
 - Restricción de materiales vírgenes: \$, disponibilidad
 - Legislación: medio ambiente, restricción transporte desechos, \$
- Objeto: restituir propiedades originales o **reuso**



La situación en Argentina

- Reciclado en caliente in situ (muy incipiente)
- Reciclado en frío in situ
 - Con emulsión (gran experiencia entre 1998-2003, desaprovechada)
 - Con espuma (primeros tramos de prueba/obras)
- Reciclado en caliente en planta
 - A partir de 2017, **nuevas** especificaciones de DNV
 - Sólo para mezclas densas con RAP convencional
 - <10% RAP ninguna consideración
 - Ámbito aplicación: 10-50% de RAP
 - Nuevos desafíos
 - Reutilización en mezclas asfálticas especiales
 - Uso de RAP “modificado”
 - WAM-RAP como opción futura



Objeto de la
presentación



Tipos de mezclas diseñadas

- Continuando con trabajos previos (presentados en diversos congresos), se llevó a cabo el diseño de una MACF10R-AM3 con aporte de RAP de MACF10-AM3 (2001) al 20%(MACF10R20-AM3) y una MACF10R-AM3 con aporte de RAP de una SMA19-AM3 (2005) al 44% (MACF10R44-AM3)
- Se comparten los datos de diseño de ambas, como así también una variante de MACF10R20-AM3LT, es decir una variante “tibia” a efectos de aunar las bondades de ambas tecnologías (WAM-RAP)



Evaluación de materiales

■ Granulometrías del RAP

| Tamiz [pulg] | Tamiz [mm] | % que pasa |
|--------------|------------|------------|
| 1 / 2 " | 12.50 | 99.2 |
| 3 / 8 " | 9.50 | 90.4 |
| 1/4" | 6.35 | 64.1 |
| N ° 4 | 4.75 | 48.6 |
| N ° 8 | 2.38 | 35.6 |
| N ° 16 | 1.18 | 29.1 |
| N ° 30 | 0.60 | 22.3 |
| N ° 50 | 0.30 | 18.3 |
| N° 100 | 0.15 | 13.8 |
| N° 200 | 0.075 | 9.9 |

Proveniente de MACF10-AM3 (2001)

| Tamiz [pulg] | Tamiz [mm] | Fracción Gruesa | Fracción fina |
|--------------|------------|-----------------|---------------|
| | | % que pasa | |
| 3/4" | 25.40 | 100 | 100 |
| 1 / 2 " | 12.50 | 75.70 | 100 |
| 3 / 8 " | 9.50 | 39.30 | 100 |
| 1/4" | 6.35 | 27.10 | 87.80 |
| N ° 4 | 4.75 | 23.20 | 71.70 |
| N ° 8 | 2.38 | 19.10 | 52.50 |
| N ° 16 | 1.18 | 16.40 | 41.60 |
| N ° 30 | 0.60 | 14.5 | 34.40 |
| N ° 50 | 0.30 | 12.70 | 28.30 |
| N° 100 | 0.15 | 10.70 | 22.0 |
| N° 200 | 0.075 | 8.60 | 17.30 |

Proveniente de SMA19-AM3 (2005)



Evaluación de materiales (II)

■ Ligantes recuperados del RAP

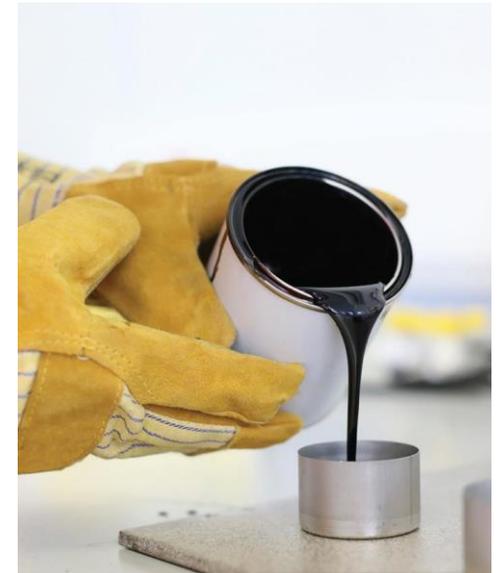
| | RAP MACF10-AM3 | RAP SMA19-AM3 | |
|---|-------------------|------------------|--------------------|
| | | Fracción fina | Fracción gruesa |
| Contenido de asfalto, % s/m | 4.9 | 5,98 | 3,56 |
| Propiedades | | | |
| Penetración (25 °C, 100g, 5s), d mm | 47 | 50 | 53 |
| Punto Ablandamiento, °C | 71 | 70,1 | 70,8 |
| Recuperación elástica torsional (25°C), % | 39 | 61,1 | 65,0 |
| Viscosidad Brookfield (a 170°C) mPa s | 366 | 350 | 370 |



Evaluación de materiales (III)

- Ligantes originales AM3 y AM3 LT (2010)

| | AM3 | AM3 LT | IRAM 6596 (2016) |
|---|------|--------|---------------------|
| Ligante Original | | | |
| Penetración a 25 °C (100g-5s), 0.1 mm | 68 | 65 | 50-80 |
| Softening point, °C | 70 | 84.5 | >65 |
| Recuperación elástica torsional a 25°C, % | 84 | 88 | >70 |
| Viscosidad Brookfield a 135°C, mPa.s | 2300 | 2280 | informar |
| Punto Fraass , °C | -13 | -13.5 | <-12 |
| Después de RTFOT | | | |
| Penetración a 25 °C (100g-5s), 0.1 mm | 51 | 54 | >65% orig |
| Softening point, °C | 76.4 | 70.2 | Δ -5+10 |
| Recuperación elástica torsional a 25°C, % | 77 | 68 | --- |
| Viscosidad Brookfield a 135°C, mPa.s | 5075 | 3525 | --- |



Diseños MACF10R20-AM3/AM3LT y MACF10R44-AM3

■ Dosificación comparativa

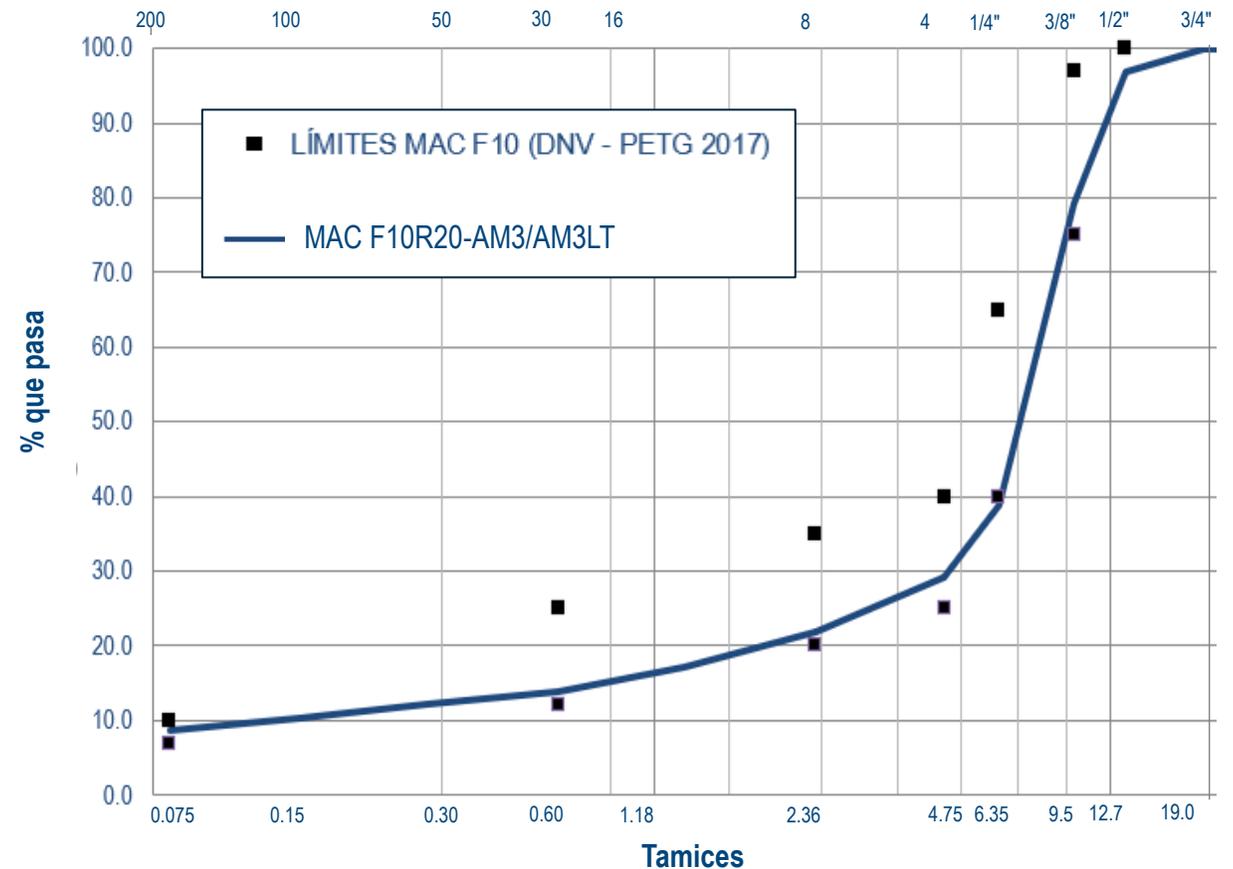
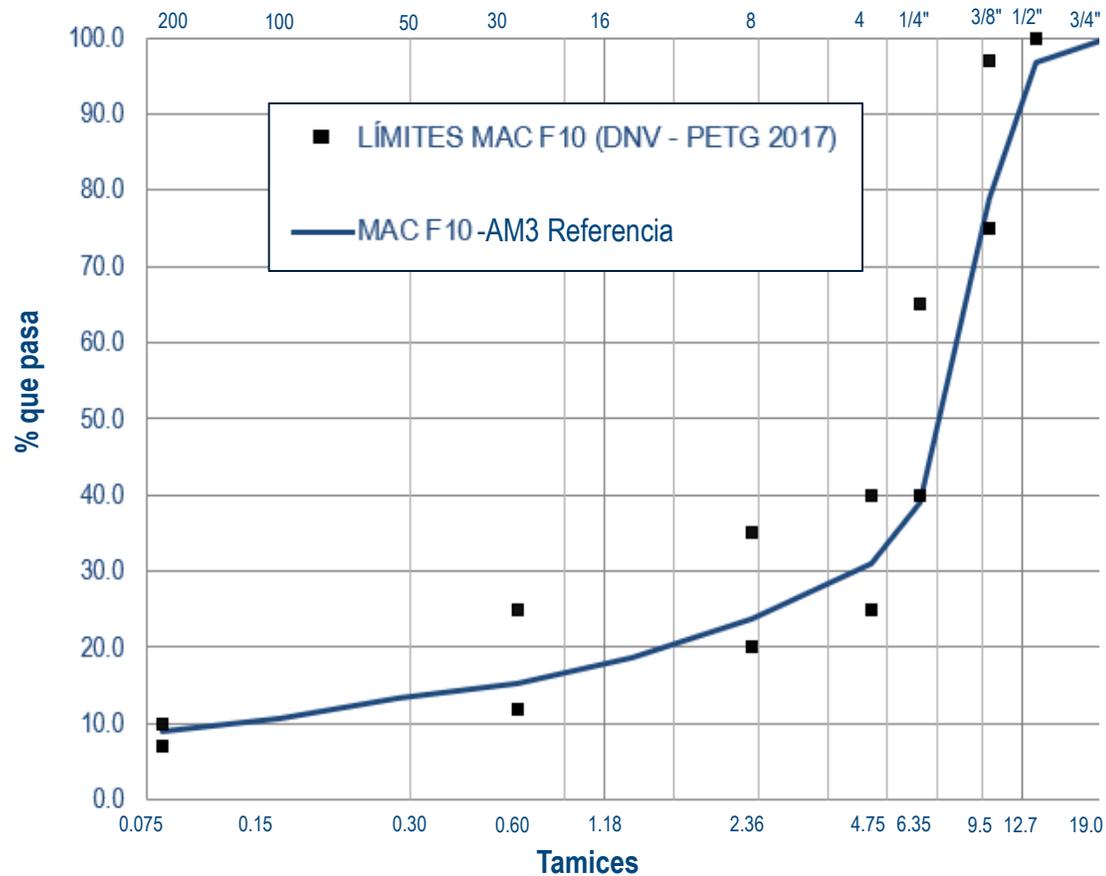
| Material (%) | MACF10-AM3 Referencia |
|--------------------|-----------------------|
| Árido 0/3 | 20.9 |
| Árido 6/12 | 67.2 |
| Filler | 5.7 |
| Call como filler | 1 |
| Ligante virgen AM3 | 5.2 |

| Material (%) | MACF10R20-AM3/AM3LT |
|--------------------|---------------------|
| Árido 0/3 | 9.5 |
| Árido 6/12 | 60.8 |
| Filler | 4.7 |
| Call como filler | 1 |
| RAP MAC F10 (2001) | 20% |
| Ligante virgen AM3 | 4.1 |
| Ligante del RAP | 1.1 |

| Material (%) | MACF10R44-AM3 |
|--------------------|---|
| Árido 6/12 | 49.8 |
| Cal como filler | 1 |
| RAP SMA 19 (2005) | 44% (68% fracción fina + 32% fracción gruesa) |
| Ligante virgen Am3 | 2.9 |
| Ligante del RAP | 2.3 |

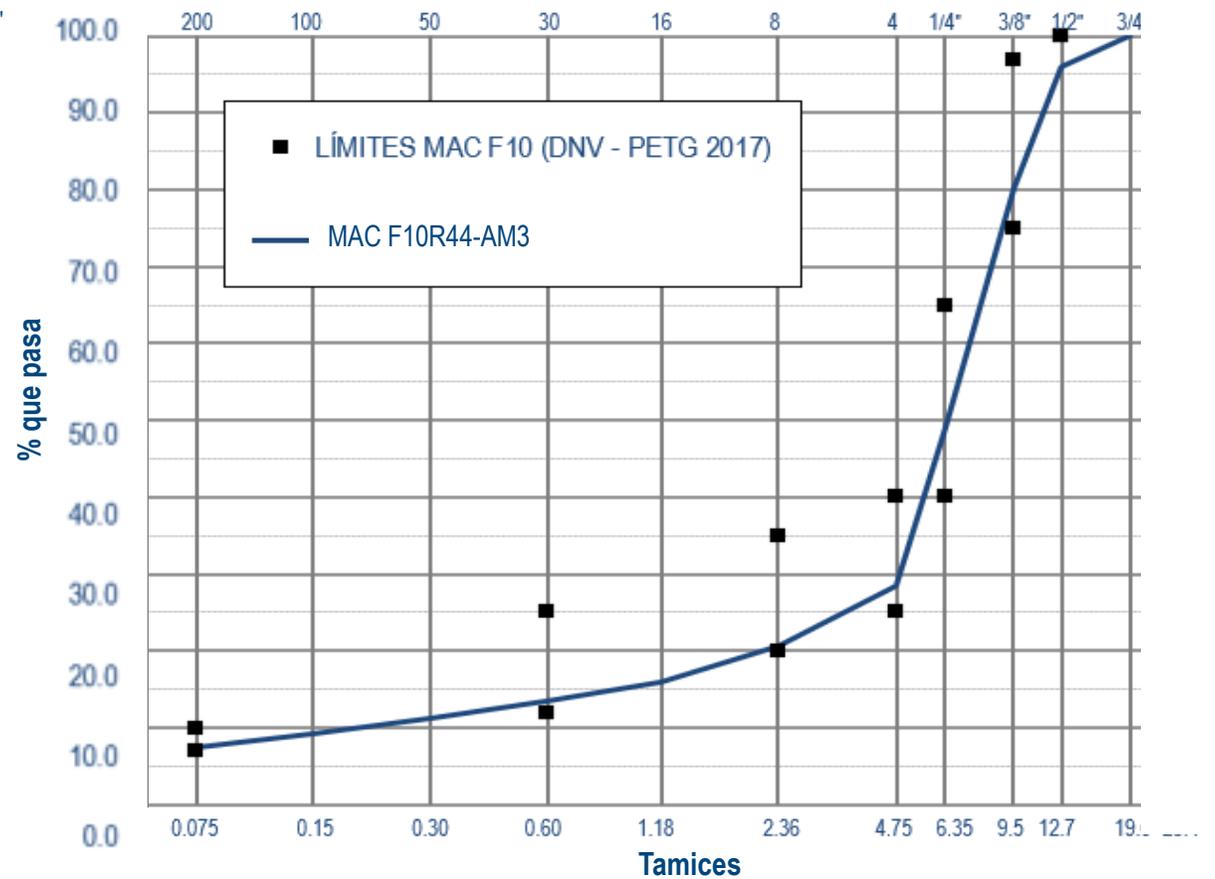
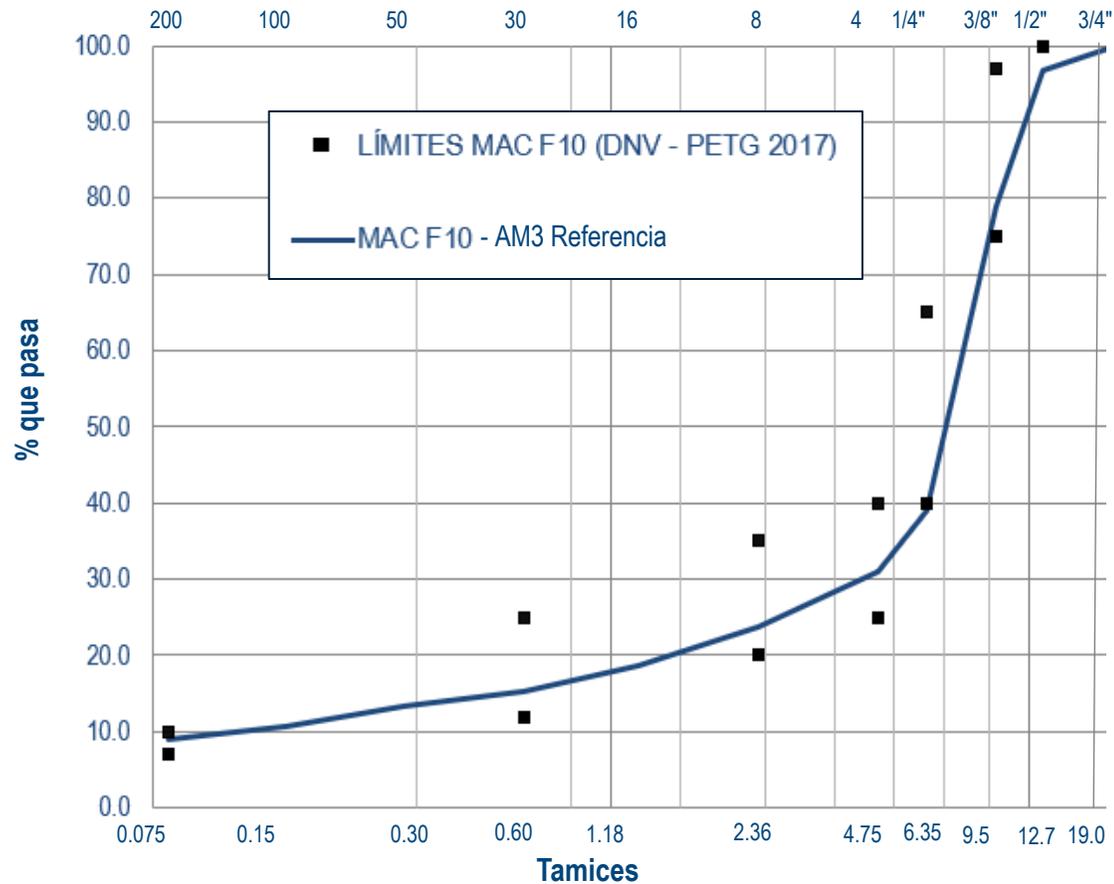
Diseños MACF10R20-AM3/AM3LT (cont.)

■ Granulometrías comparativas



Diseño MACF10R44-AM3

■ Granulometrías comparativas



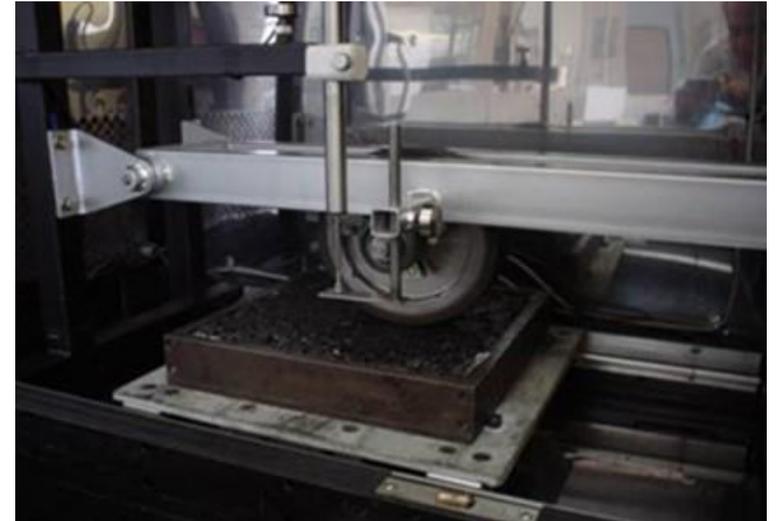
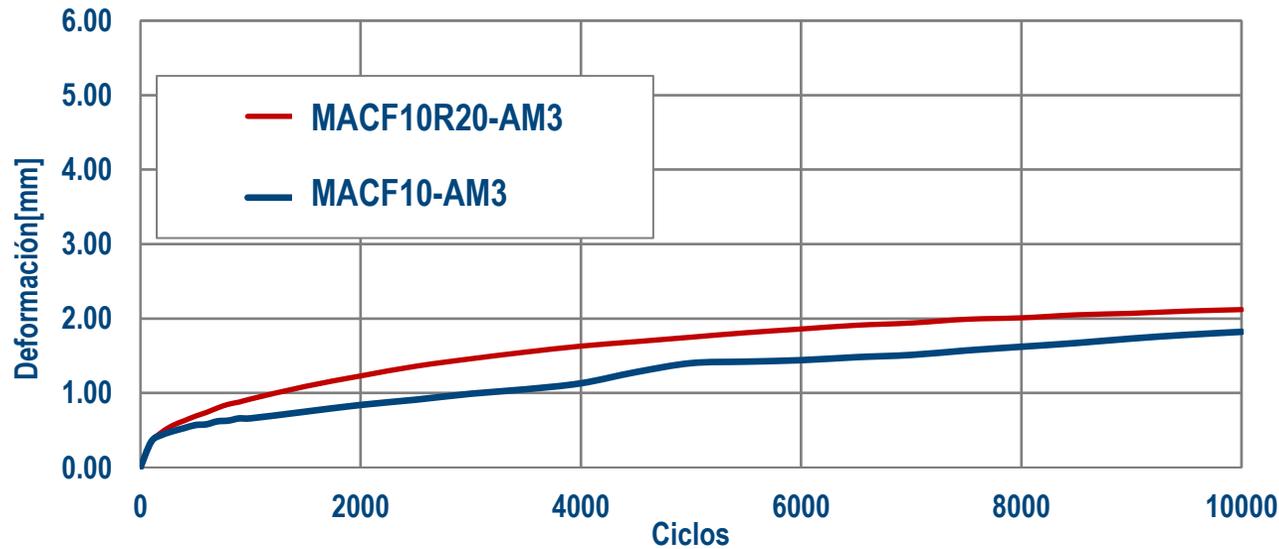
Diseños MACF10R20-AM3/AM3LT y MACF10R44-AM3 (cont.)

- Dosificación volumétrica (Marshall) y RTI

| | MACF10-AM3 Ref. | MACF10R20-AM3 | MACF10R20-AM3LT | MACF10R44-AM3 |
|---------------------------------|-----------------|---------------|-----------------|---------------|
| T° compactación | 160 | 160 | 120 | 160 |
| Contenido de ligante s/mezcla | 5.2 | 5.2 | 5.1 | 5.0 |
| GPC | 50 | 50 | 50 | 50 |
| Da prom | 2.371 | 2.314 | 2.360 | 2.391 |
| Desvío estándar | 0.014 | 0.003 | 0.0058 | 0.011 |
| DRice | 2.496 | 2.490 | 2.495 | 2.510 |
| %Vacíos promedio | 5 | 7.1 | 5.4 | 4.7 |
| VAM (DNV) promedio | 16.9 | 18.8 | 17.4 | 16.7 |
| RBV (DNV) promedio | 70.4 | 62.4 | 70.6 | 71.6 |
| RTI | 930 | 823 | 963 | 968 |
| R Conservada (Daño por humedad) | 88 | 89 | 90 | 90 |

Diseño MACF10R20-AM3 (cont.)

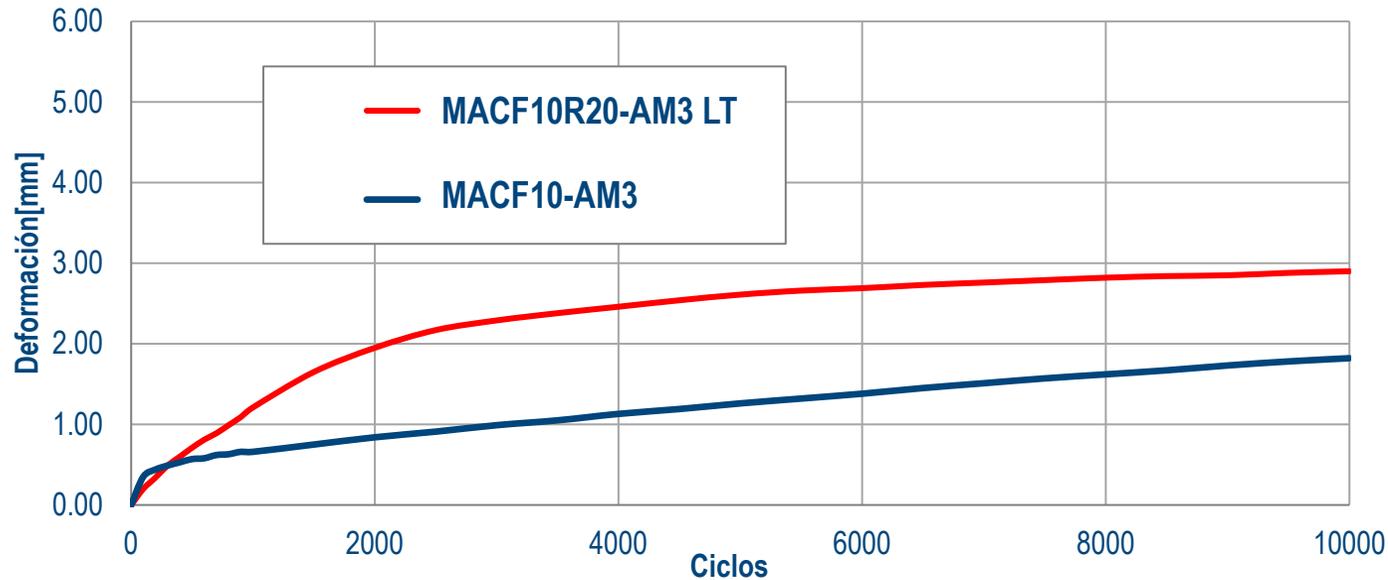
- WTT performance (EN 12697-22)



| Parámetros | MACF10R20-AM3 | MACF10-AM3 Referencia | Límites s/ DNV |
|---|---------------|-----------------------|----------------|
| RD (mm) | 2.12 | 1.82 | --- |
| PRD ₁₀₀₀₀ (%) | 4.1 | 3.6 | ≤5% |
| WTS _{aire} (mm/10 ³ ciclos) | 0.07 | 0.08 | <0.08 |

Diseño MACF10R20-AM3LT

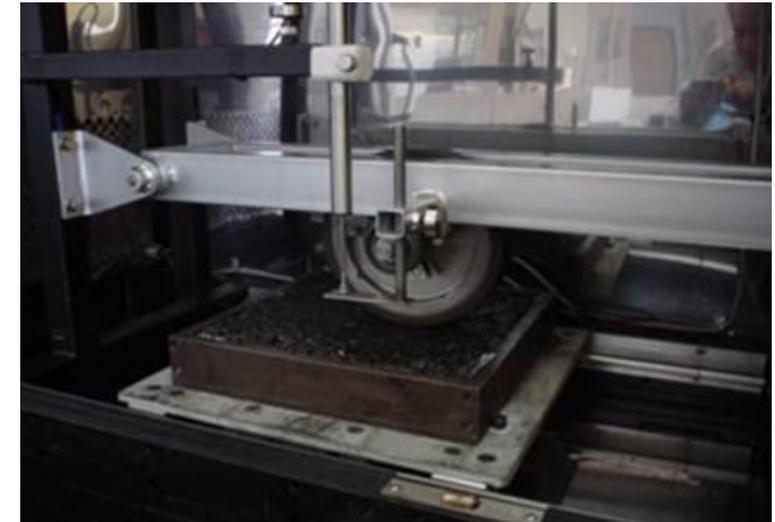
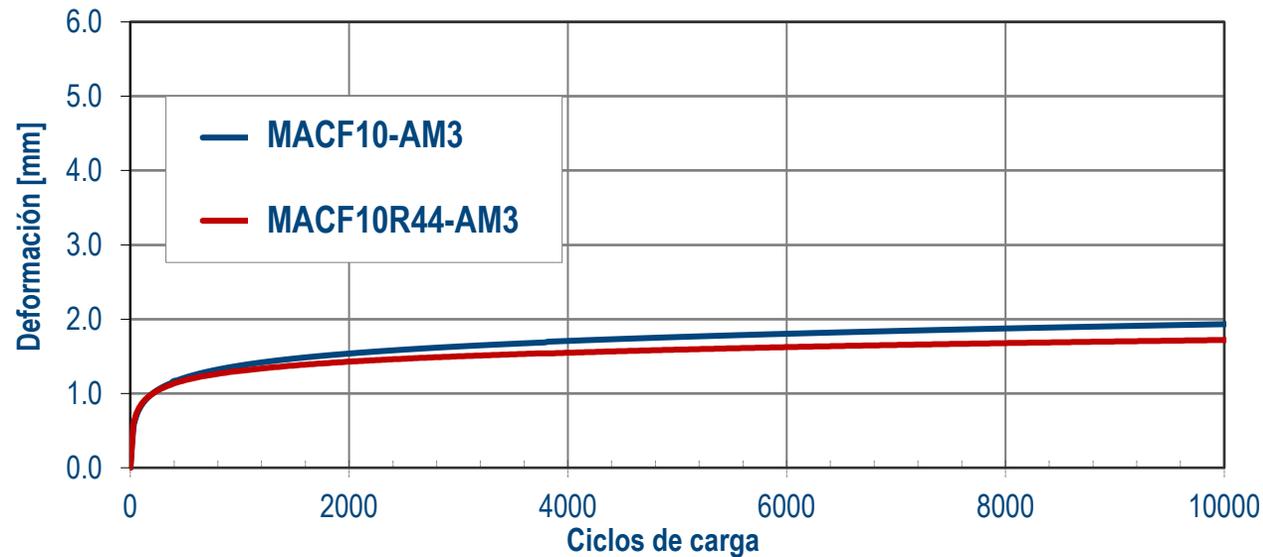
■ WTT performance (EN 12697-22)



| Parámetros | MACF10R20-AM3LT | MACF10-AM3 Referencia | Límites s/ DNV |
|---|-----------------|-----------------------|----------------|
| RD (mm) | 2.9 | 1.82 | --- |
| PRD ₁₀₀₀₀ (%) | 5.78 | 3.6 | ≤5% |
| WTS _{aire} (mm/10 ³ ciclos) | 0.06 | 0.08 | <0.08 |

Diseño MACF10R44-AM3

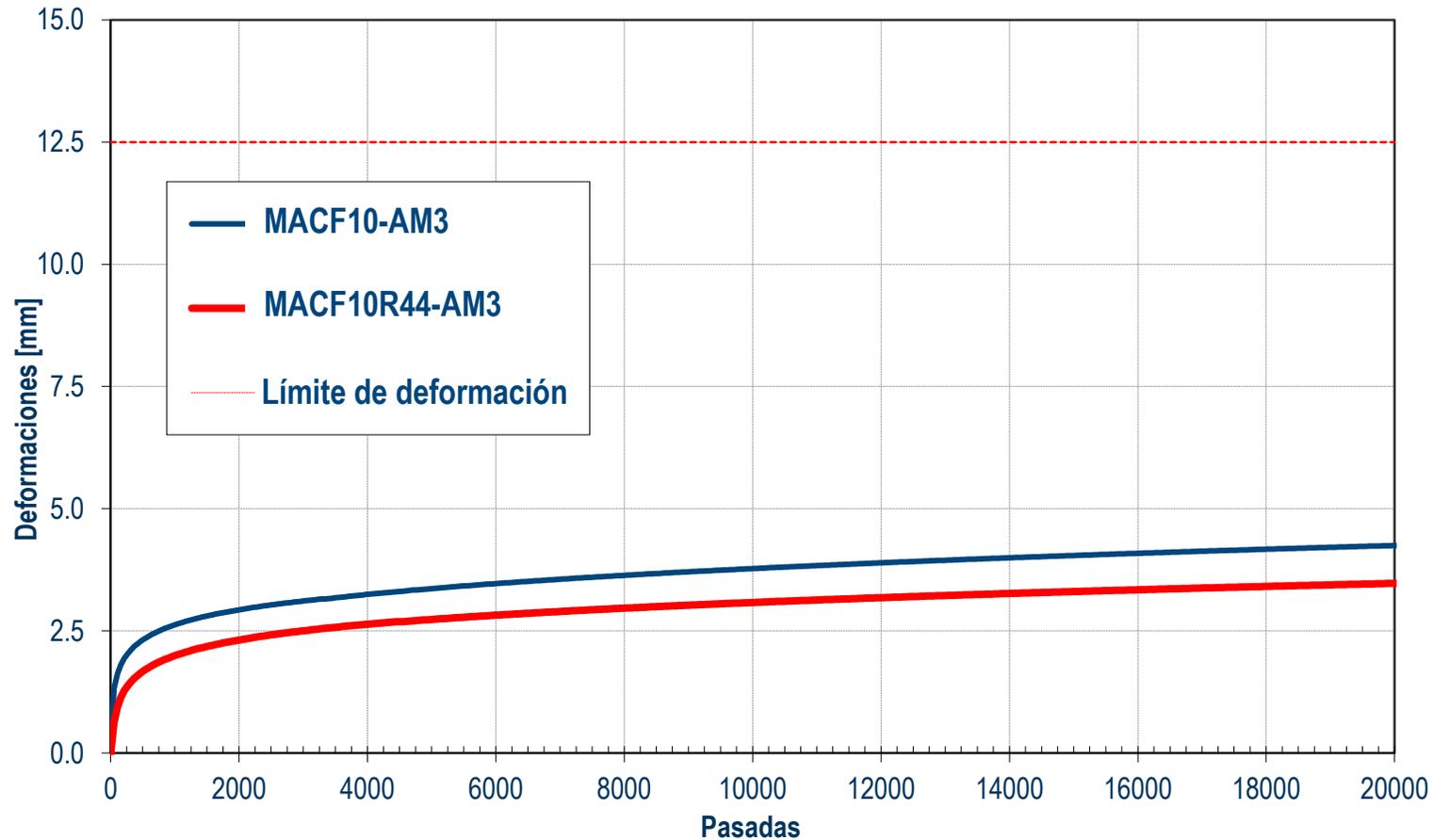
- WTT performance (EN 12697-22)



| Parámetros | MAC F10 R44 AM3 | MAC F10 AM3 Referencia | Límites s/ DNV |
|---|-----------------|------------------------|----------------|
| RD (mm) | 1.7 | 2.0 | --- |
| PRD ₁₀₀₀₀ (%) | 3.5 | 3.9 | ≤5% |
| WTS _{aire} (mm/10 ³ ciclos) | 0.03 | 0.04 | <0.08 |

Diseño MACF10R44-AM3 (cont.)

- HWTT performance (AASHTO T-234)



Conclusiones

- Se han diseñado en laboratorio dos MACF10R-AM3: una con el aporte de 20% de RAP de una MACF10-AM3 (2001) y otra con el 44% de RAP de una SMA19-AM3 (2005)
- Además, se diseñó una variante de MACF10R20-AM3LT (tibia)
- En todos los casos, tanto la performance volumétrica como las mecánicas evaluadas, permiten anticipar un comportamiento similar a una MAC F10-AM3 realizada con materiales vírgenes
Esto debería confirmarse luego de un tramo de prueba de próxima ejecución
- De más está decir, la importancia del reuso del RAP proveniente de viejas mezclas basadas en asfalto modificado en el diseño de nuevas carpetas de rodamiento de las mismas prestaciones
- El diseño y producción de MACF10R-LT o de otro tipo de mezcla para carpeta de rodamiento utilizando ligantes tibios, dando lugar a las mezclas actualmente denominadas WAM-RAP está disponible en Argentina, lo que permitiría aprovechar las bondades de ambas tecnologías



Gracias por su atención!



Mario Jair

✉ mariojair@hotmail.com

🐦 [@IngJairBit](https://twitter.com/IngJairBit)

Damián Gimenez

✉ dgimenez@ingevial.com.ar

