



# 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



# 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
<b>Propiedades</b>			
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

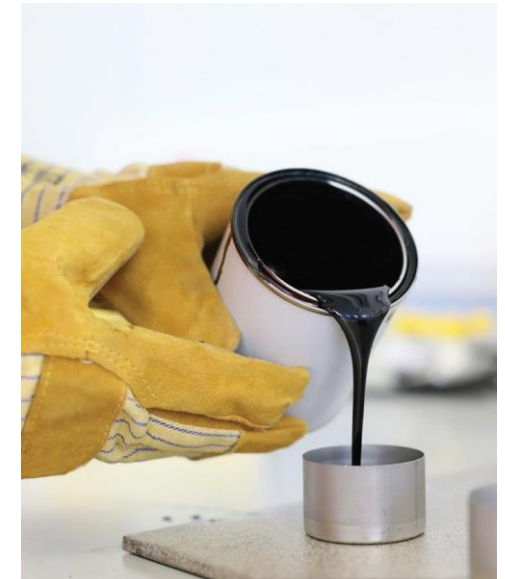




# Evaluación de materiales (III)

- Ligantes originales AM3 y AM3 LT (2010)

	AM3	AM3 LT	IRAM 6596 (2016)
<b>Ligante Original</b>			
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
<b>Después de RTFOT</b>			
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

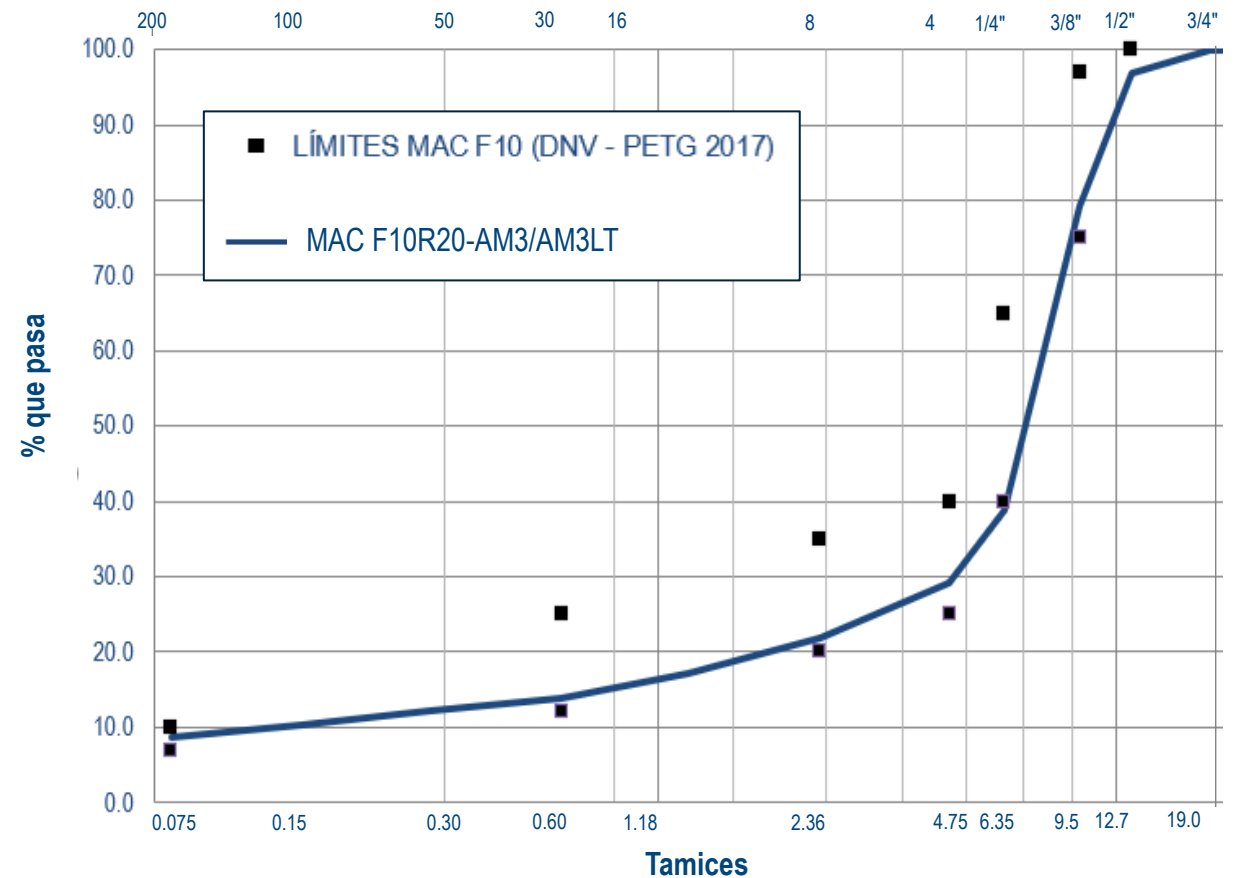
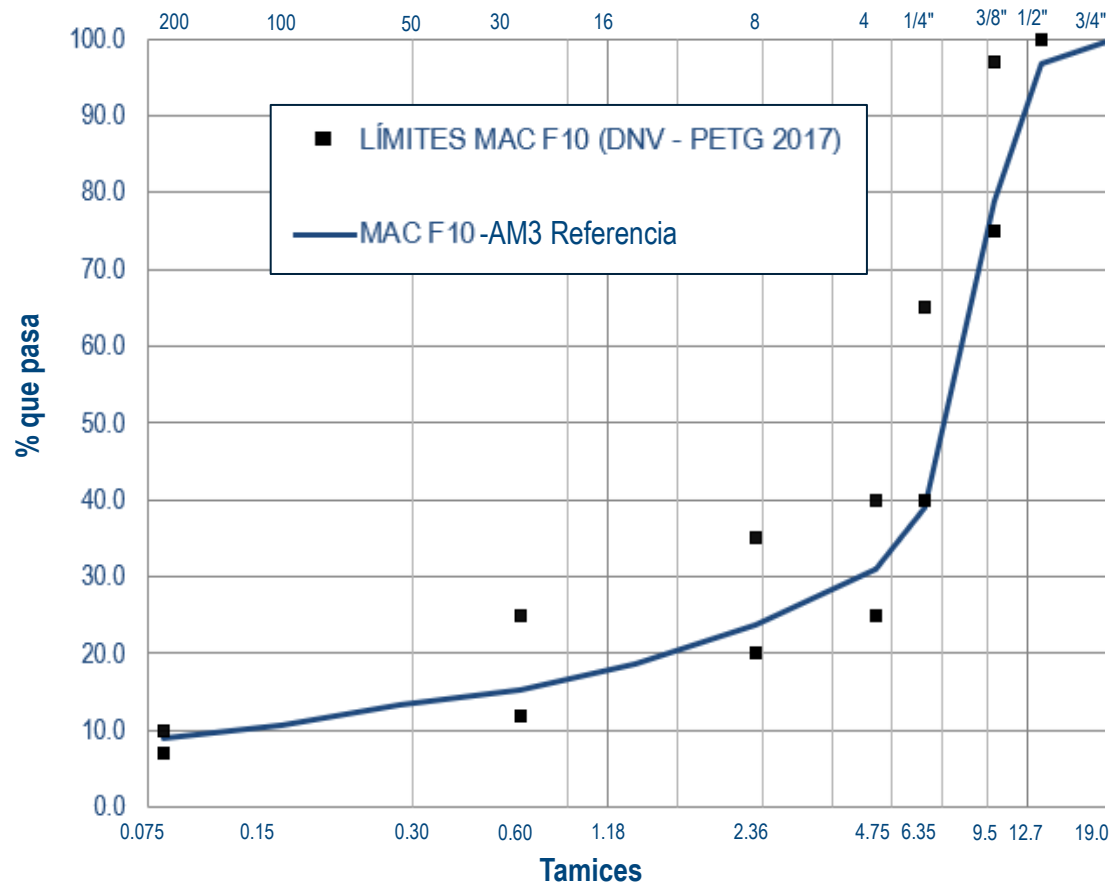
Material (%)	MACF10-AM3 Referencia
Árido 0/3	20.9
Árido 6/12	67.2
Filler	5.7
Call como filler	1
Ligante virgen AM3	5.2

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

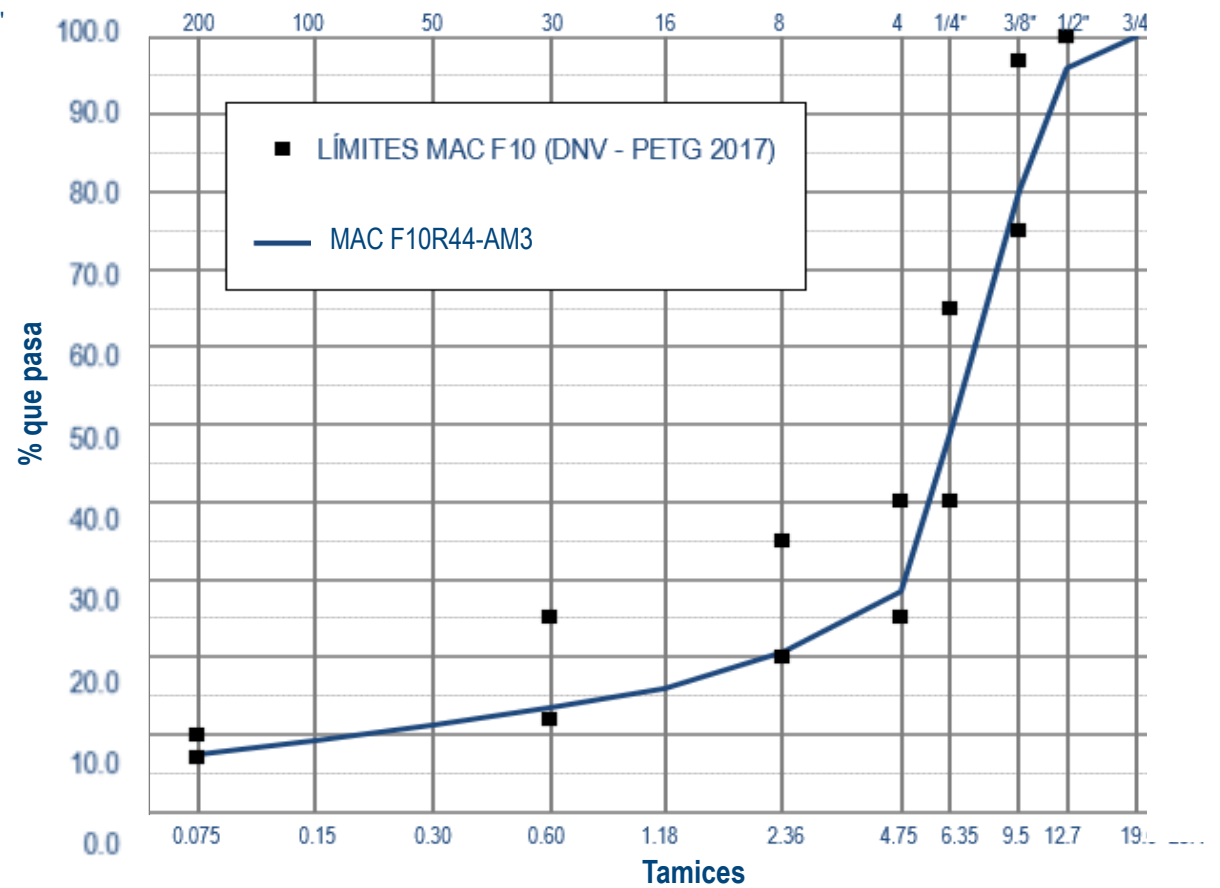
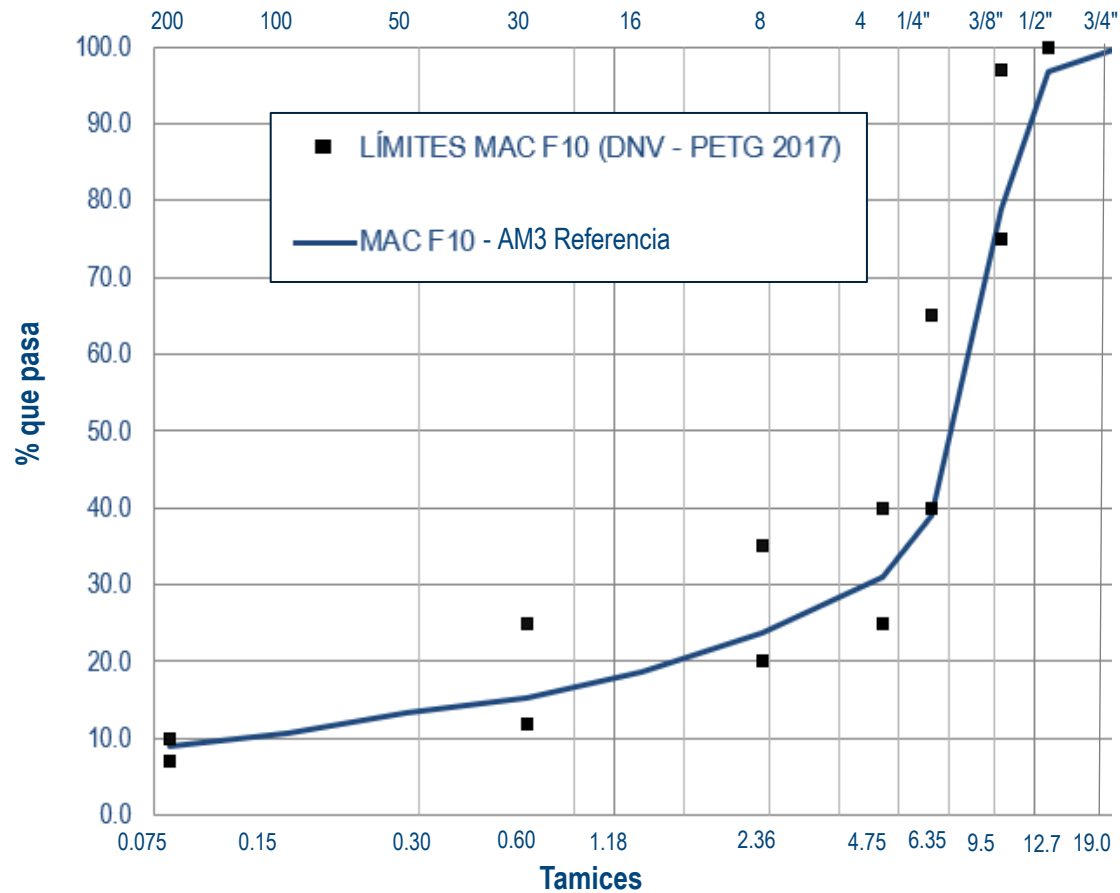
# Diseños MACF10R20-AM3/AM3LT (cont.)

## ■ Granulometrías comparativas



# Diseño MACF10R44-AM3

## ■ Granulometrías comparativas



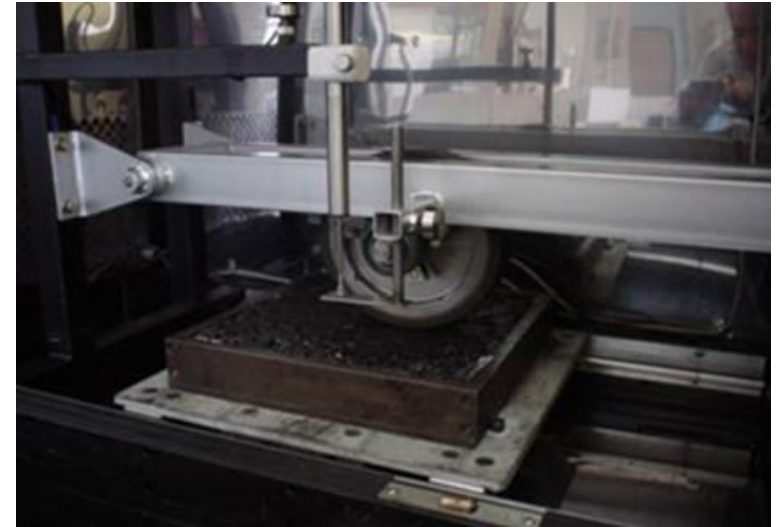
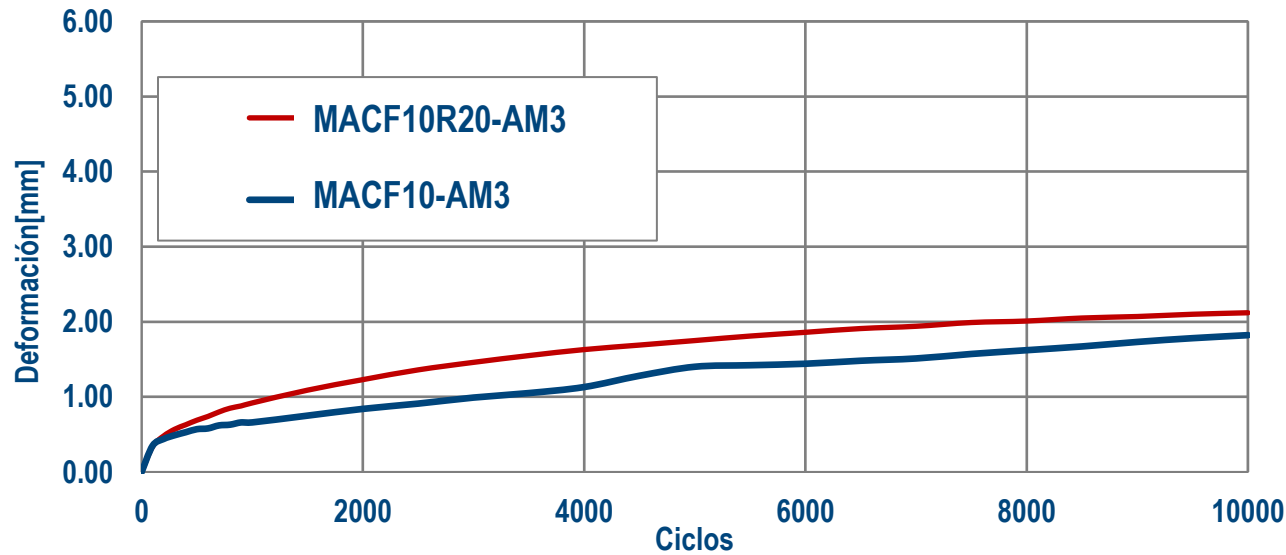
# Diseños MACF10R20-AM3/AM3LT y MACF10R44-AM3 (cont.)

- 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.)

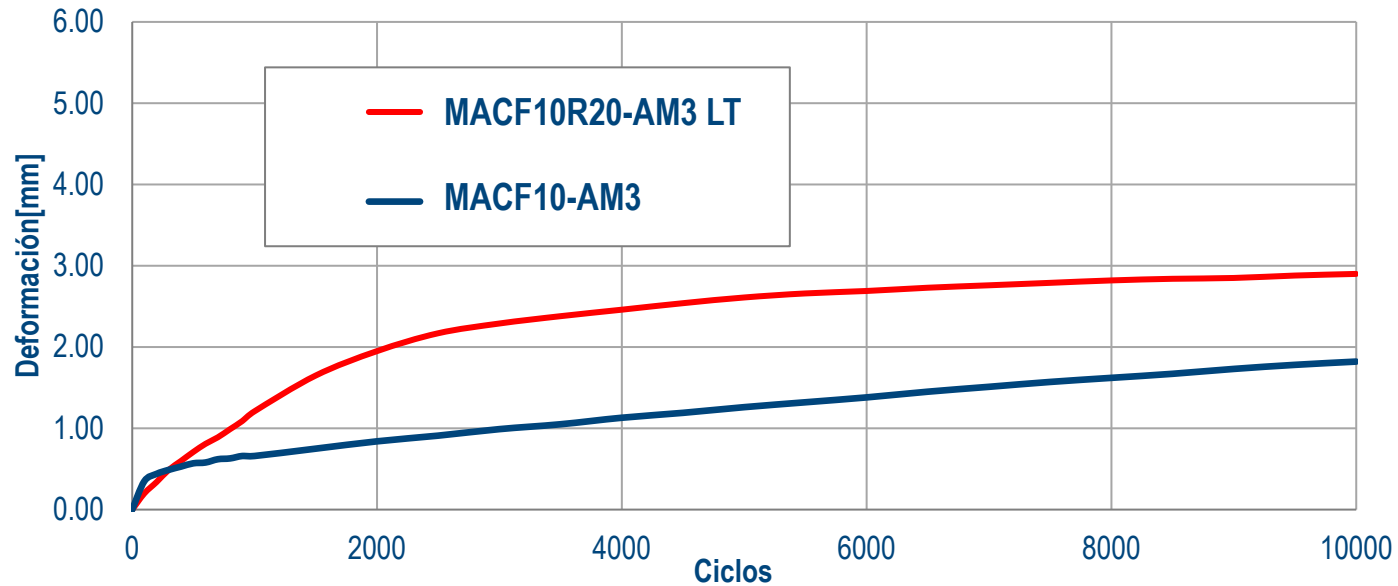
- WTT performance (EN 12697-22)



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

# Diseño MACF10R20-AM3LT

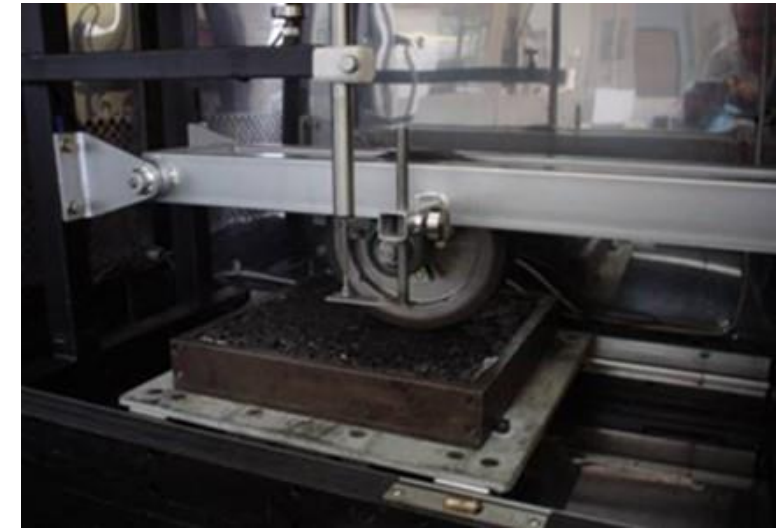
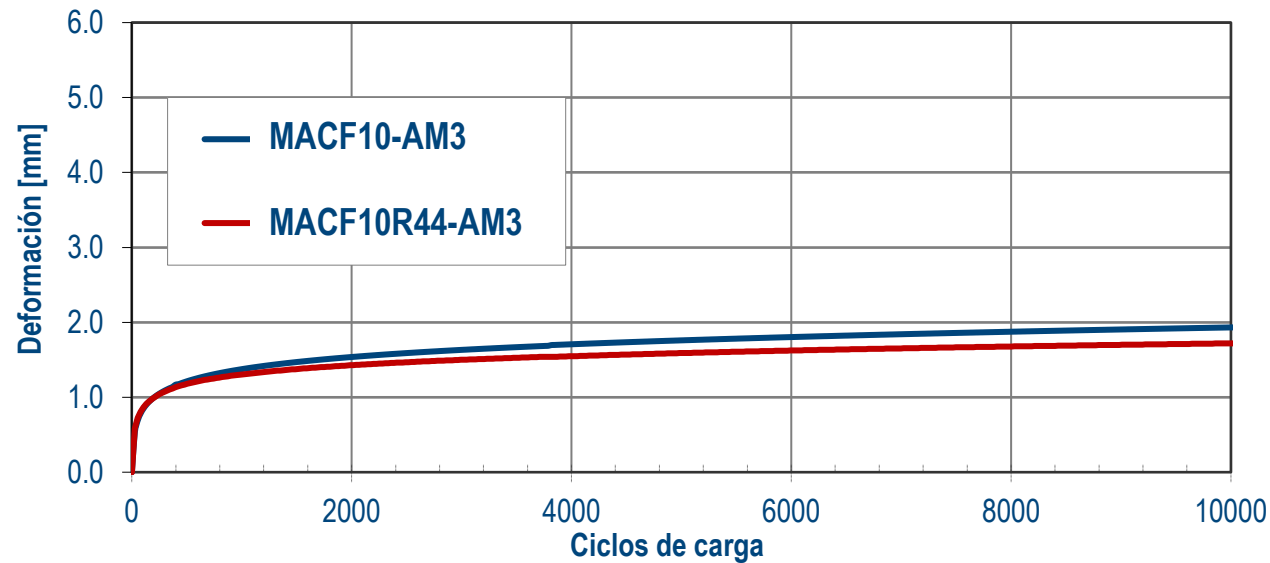
## ■ WTT performance (EN 12697-22)



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

# Diseño MACF10R44-AM3

- WTT performance (EN 12697-22)

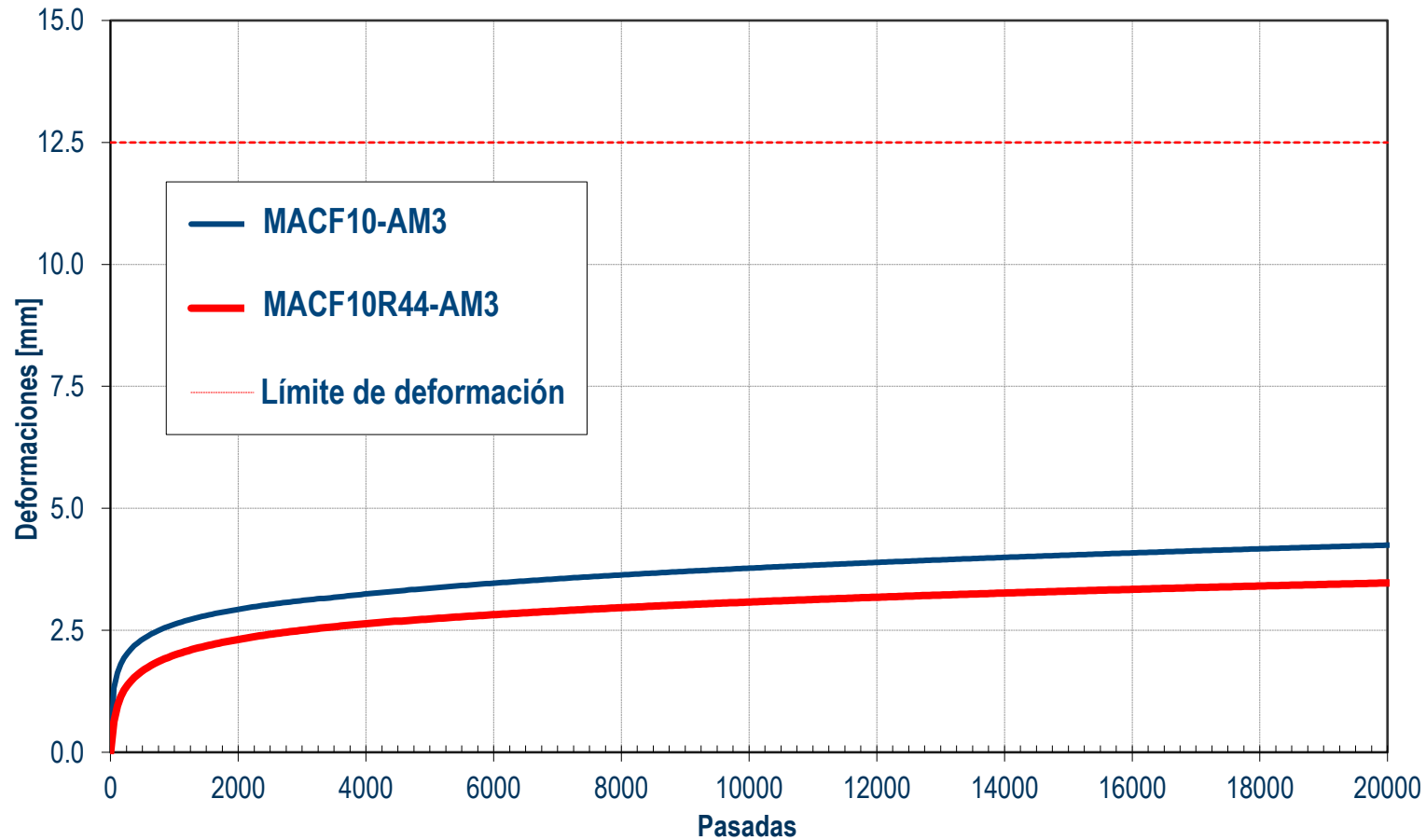


Parámetros	MAC F10 R44 AM3	MAC F10 AM3 Referencia	Límites s/ DNV
RD (mm)	1.7	2.0	---
PRD <sub>10000</sub> (%)	3.5	3.9	≤5%
WTS <sub>aire</sub> (mm/10 <sup>3</sup> ciclos)	0.03	0.04	<0.08



# 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](mailto:mariojair@hotmail.com)

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

**Damián Gimenez**

✉ [dgimenez@ingevial.com.ar](mailto:dgimenez@ingevial.com.ar)

