



Seminario de Mezclas Asfálticas Recicladas: Módulo I

Mario Jair

Consultor Independiente
Vicepresidente 1ro. CPA

Web Seminar Paraguay - Bs.As.
3 y 4 de Noviembre de 2020

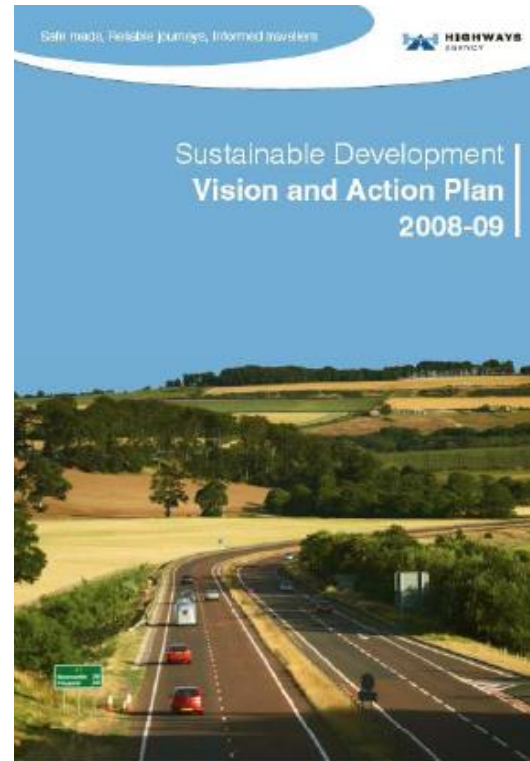
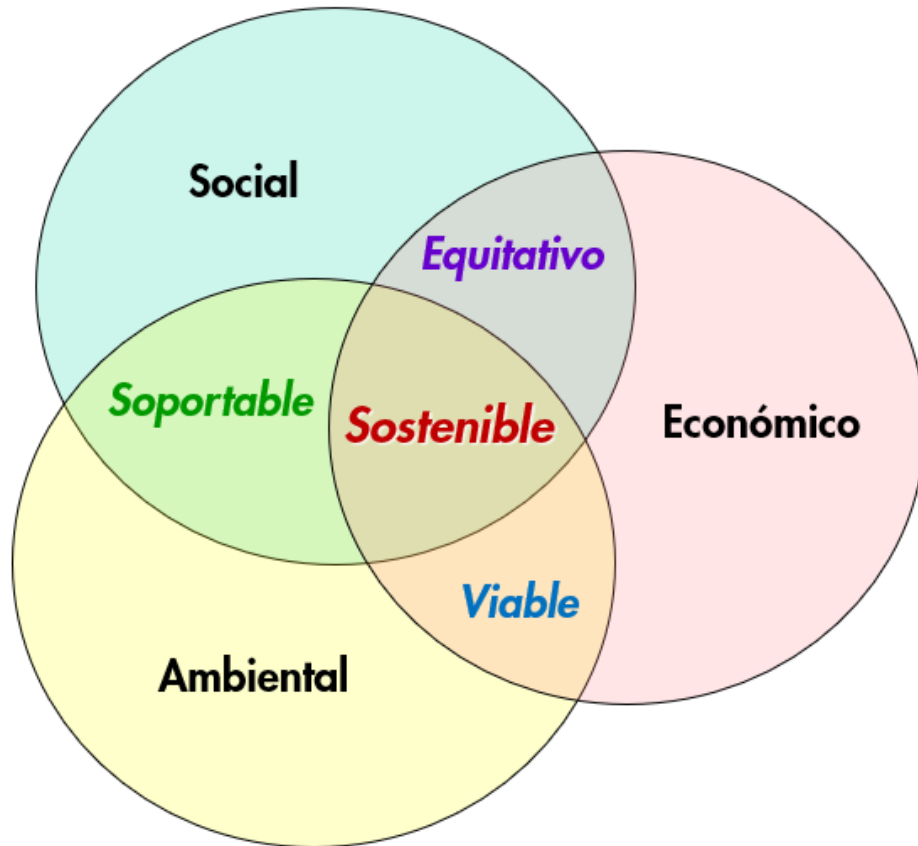


Agenda

- Reseña histórica del reciclado de pavimentos: generalidades
- Técnicas disponibles y tendencias
- La situación actual
 - Europa
 - USA...
 - Argentina?
- Y el futuro?



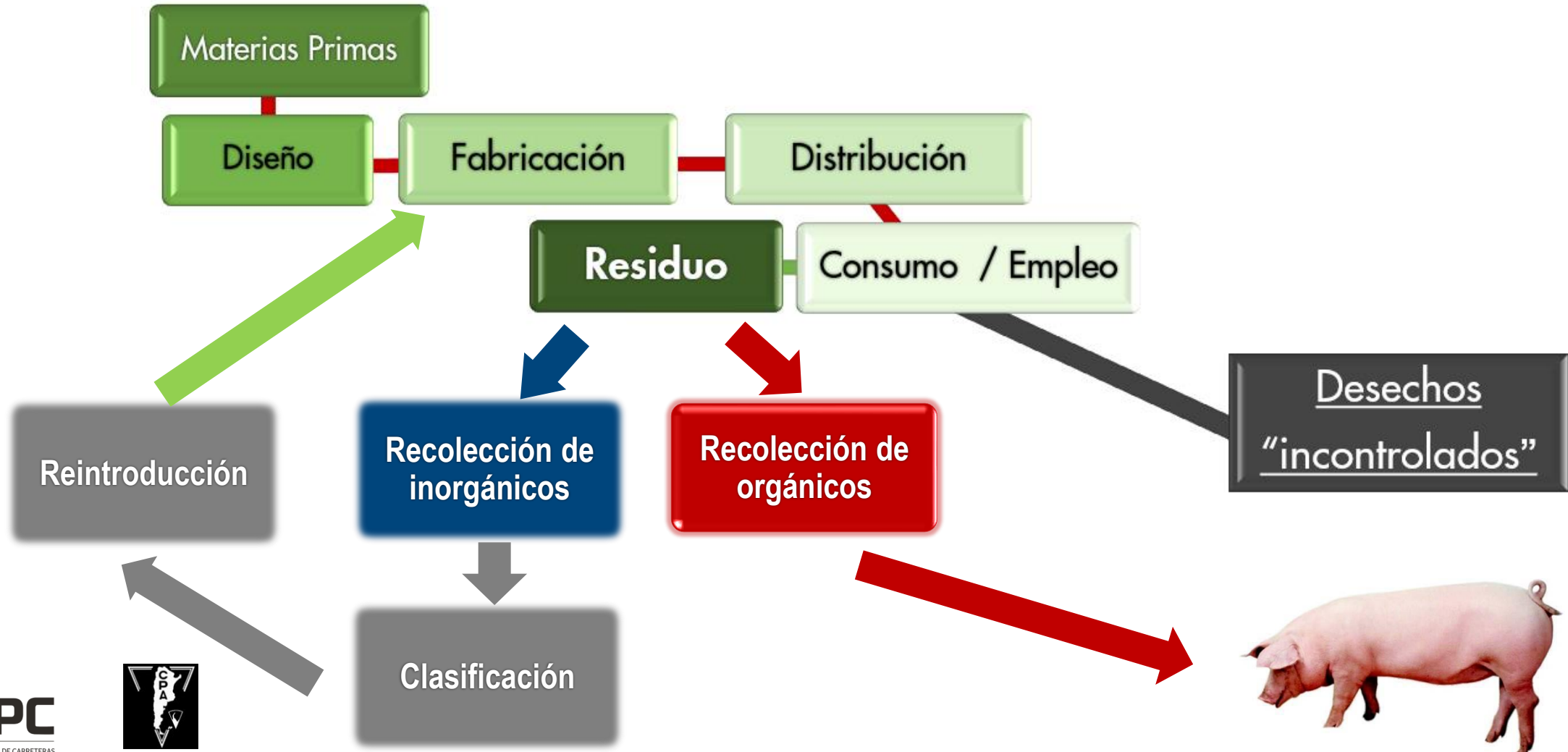
Idea 1: Sustentabilidad/Sostenibilidad



Desarrollo Sustentable

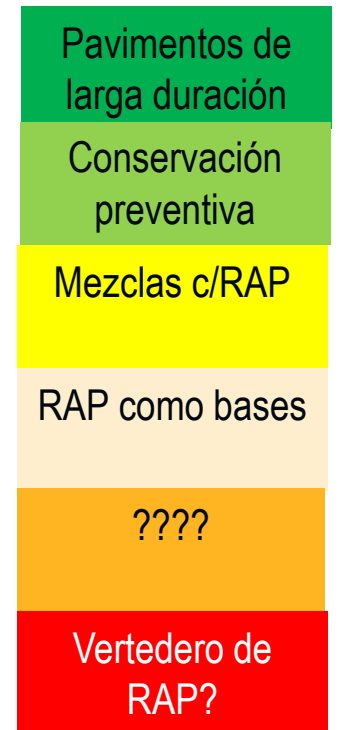
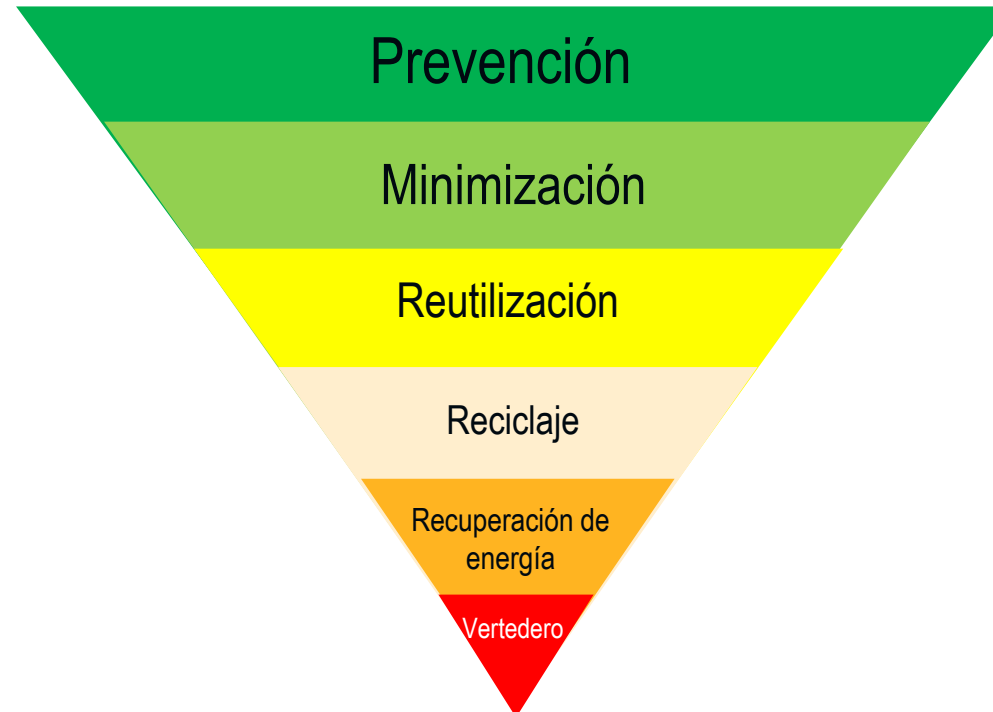
“Cubrir las necesidades presentes sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones de cubrir las propias”

Idea 2: del proceso clásico a la **gestión de residuos**



Idea 3: Economía circular

- Soluciones Sustentables/Sostenibles, Economía Circular
- Lo “nuevo”: gestión de residuos



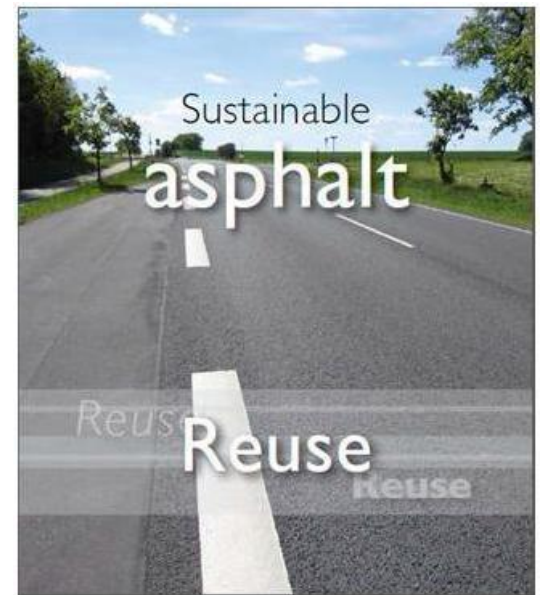
“Reciclar” en la Industria Asfáltica: Generalidades

- 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**



“Reciclar” en la Industria Asfáltica: Ventajas

- Económicas (<\$ de transporte, equipos)
- Energéticas (<consumo en el proceso) y Ambientales
- Técnicas:
 - Se evita elevamiento de la rasante
 - Se puede trabajar en un solo carril, si es necesario
 - Se reducen perturbaciones a las capas inferiores
 - Las capas siguientes se colocan sobre un material saneado, evitando sobre espesores de refuerzo por temor al reflejo de fisuras (cuando quedan como bases a cubrir)
 - Tendencia: “reusar”, es decir que vuelvan a cumplir las mismas funciones originales...**sobre todo con RAP “PmB”**



“Reciclar” en la industria asfáltica: Técnicas disponibles

- In situ/In place
 - En caliente (superficial)
 - En frío (emulsion, espuma, cemento, cal, mixto; espesores variables)



- En planta/off site

- En caliente
- En frío
- Templado/Tibio (new!)





“Reciclar” en la industria asfáltica: Técnicas disponibles

■ Mezclas recicladas “templadas”(New!)

- Definición: Mezcla Bituminosa Templada con Emulsión (MBTE): “Combinación homogénea de áridos (en su caso, incluido el polvo mineral y/o el material procedente del fresado o demolición de mezclas bituminosas), emulsión bituminosa como ligante y eventualmente aditivos, que es fabricada a una temperatura inferior a 100°C”
- Ventajas sobre reciclado en frío in situ : se puede reciclar en planta al 100% pero con muchos mejores prestaciones mecánicas y sin problemas de “curado”
- Fabricación:
 - Método “Directo”: planta “doble tambor”
 - Método “Indirecto”: por sobrecalentamiento de agregados vírgenes
- Diseño:
 - Compactación x impacto o giratoria f (tasa de RAP).
 - Tracción uniaxial p/control



“Reciclar” en la industria asfáltica: aplicaciones

Técnica reciclado	En frío (emulsión/espuma)	En caliente	Tibio/templado
In situ	<p>Capas intermedias o de base: necesidad de recubrir</p> 	<p>Retratamiento superficial típico, 5cm espesor (100%)</p> 	---
En planta			

“Reciclar” en la industria asfáltica: aplicaciones

Técnica reciclado	En frío (emulsión/espuma)	En caliente	Tibio/templado
In situ	<p>Capas intermedias o de base: necesidad de recubrir</p> 	<p>Retratamiento superficial típico, 5cm espesor (100%)</p> 	---
En planta	<p>Capas intermedias o de base: necesidad de recubrir</p> 	<p>Todas las capas, incluidas las de rodamiento (tasa variable): target RE USO !!!</p> 	<p>Todas las capas, incluidas las de rodamiento (tasa variable): target RE USO!!!</p> 


“Reciclar” en la industria asfáltica: aporte estructural

Técnica reciclado	Coeficiente equivalencia	Limitación construcción	Observaciones
Reciclado en caliente en central 	0,8-1 MB	6-15 cm	---

“Reciclar” en la industria asfáltica: aporte estructural

Técnica reciclado	Coeficiente equivalencia	Limitación construcción	Observaciones
<p>Reciclado en caliente en central</p> 	0,8-1 MB	6-15 cm	---
<p>RFSE 100% espesor de mezclas asfálticas</p> 	0,75 MB	6-12 cm	> 90% MB ant.

“Reciclar” en la industria asfáltica: aporte estructural

Técnica reciclado	Coefficiente equivalencia	Limitación construcción	Observaciones
Reciclado en caliente en central 	0,8-1 MB	6-15 cm	---
RFSE 100% espesor de mezclas asfálticas 	0,75 MB	6-12 cm	> 90% MB ant.
RFS con espuma 	0,6 MB	15-20 cm	>50% MB ant

“Reciclar” en la industria asfáltica: nuevas tendencias

- Fresado selectivo
- Separación y acopio del RAP
- Control en la adición del RAP
- Menores tasas de uso...pero masivamente (exceptuando in situ)
- Uso de tambores paralelos



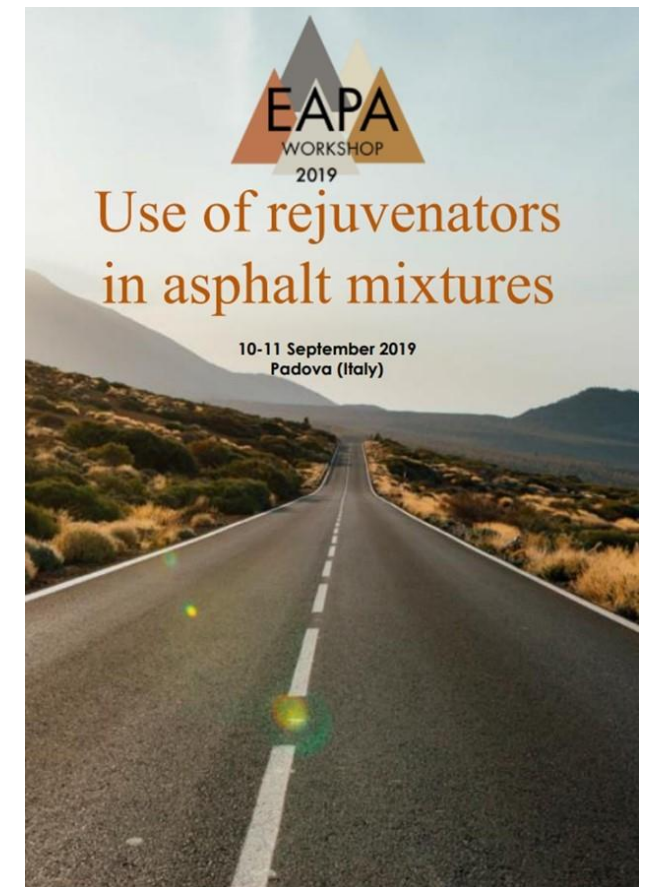
La situación global (EU)

- Se reportaron aproximadamente 49 millones de toneladas disponibles de RAP en Europa durante 2018.
- Alemania con 13M, Italia con 9M, Francia con 7.1M y Gran Bretaña con 6.1M, los países con mayor disponibilidad de RAP.
- Alemania dispuso del 82% para mezclas en caliente y “tibias” y el 18% para capas inferiores no ligadas; Francia, el 73% en mezclas en caliente y “tibias” y el 10% para mezclas “templadas” con emulsión; UK, sólo el 30% en mezclas en caliente y “tibias”, el 70% restante en otras aplicaciones; Italia NO reporta la apertura en cuanto a su uso.
- Teniendo en cuenta que el total de mezclas producidas en EU en 2018 fue de alrededor de 298 millones de toneladas, el RAP utilizado reportado para nuevas mezclas asfálticas, representa alrededor del 8%.



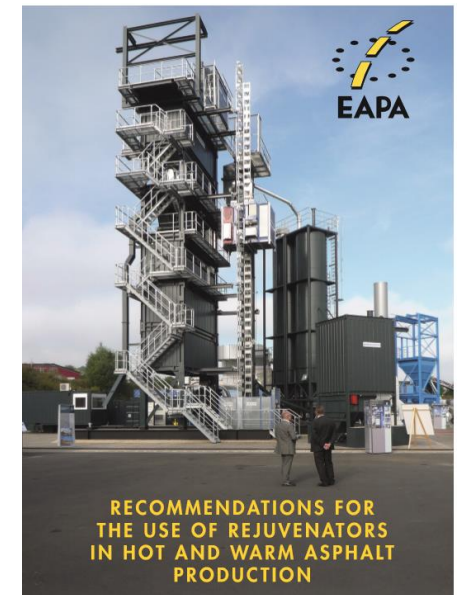
La situación global (EU)...cont.

- El reciclado de mezclas asfálticas (RA) es una práctica establecida
- En promedio, el 30%, sobre todo en la capa base, todavía hay algunas diferencias entre los países
- Existe normativa para RA desde 2007 (EN 13108-8)
- Se necesita solucionar aún:
 - Como incrementar el contenido de RA,
 - Como reutilizar el RA más envejecido
 - Como facilitar la fabricación en las plantas
- Nuevas tecnologías en la última década
- Uso de **rejuvenecedores**



La situación global (EU)...cont.

- Desarrollo de ligantes basados en rejuvenecedores (y modificados!)
- Grupo de trabajo EU (EAPA, standards EN), objetivos:
 - HSSE, para trabajadores y colindantes
 - Restaurar propiedades perdidas de flexibilidad y resistencia a fisuración
 - Sin impacto en deformaciones
 - Mantener durabilidad y reciclabilidad
 - Formas de incorporar el rejuvenecedor
 - En el ligante
 - En la planta antes o después del calentamiento del RAP
 - En la planta en la unidad de mezclado



La situación global (EU)...cont.

■ Evaluación del rejuvenecedor en el ligante del RAP

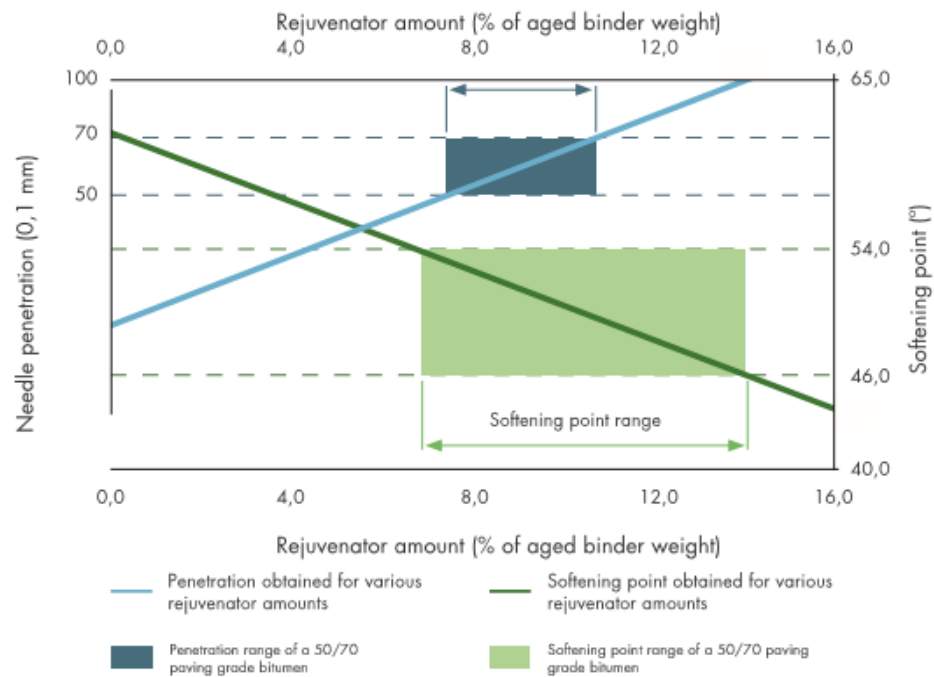
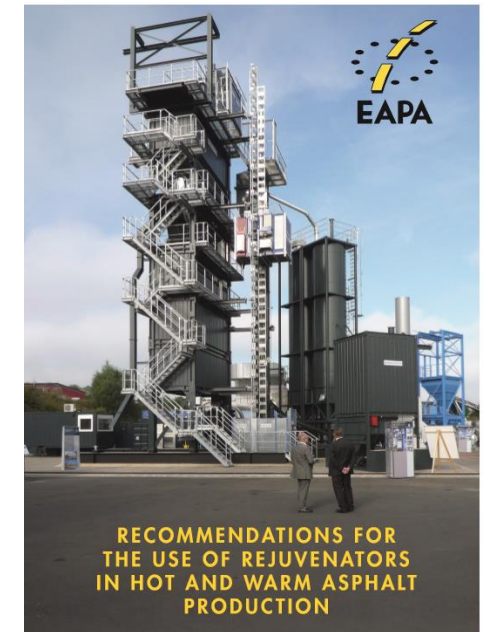
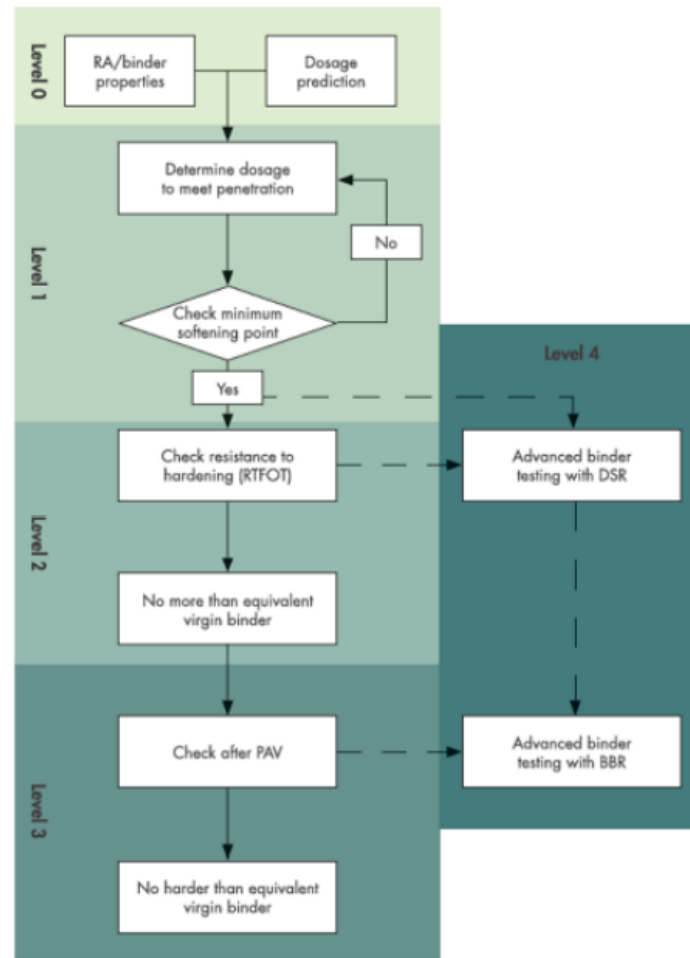


Figure 1: **Example** of blending chart for a certain rejuvenator and a certain reclaimed asphalt [2]



La situación global (USA)

- El total estimado de toneladas de RAP utilizadas en las mezclas asfálticas fue de 82,2 M de toneladas en 2018
- Esto representa un aumento de casi el 7,9 por ciento con respecto a la temporada de construcción de 2017, y representa un aumento de casi el 46,8% del total de toneladas estimadas de RAP utilizadas en 2009
- Teniendo en cuenta que el total de mezclas producidas en USA en 2018, fue de alrededor de 390M de toneladas, el uso de RAP es el 21%
- Se estima que el uso de RAP durante la temporada 2018 ha reducido la necesidad de 4,1 millones de toneladas de ligante asfáltico y más de 78 millones de toneladas de agregado con un valor total estimado de más de 2.800 millones de dólares

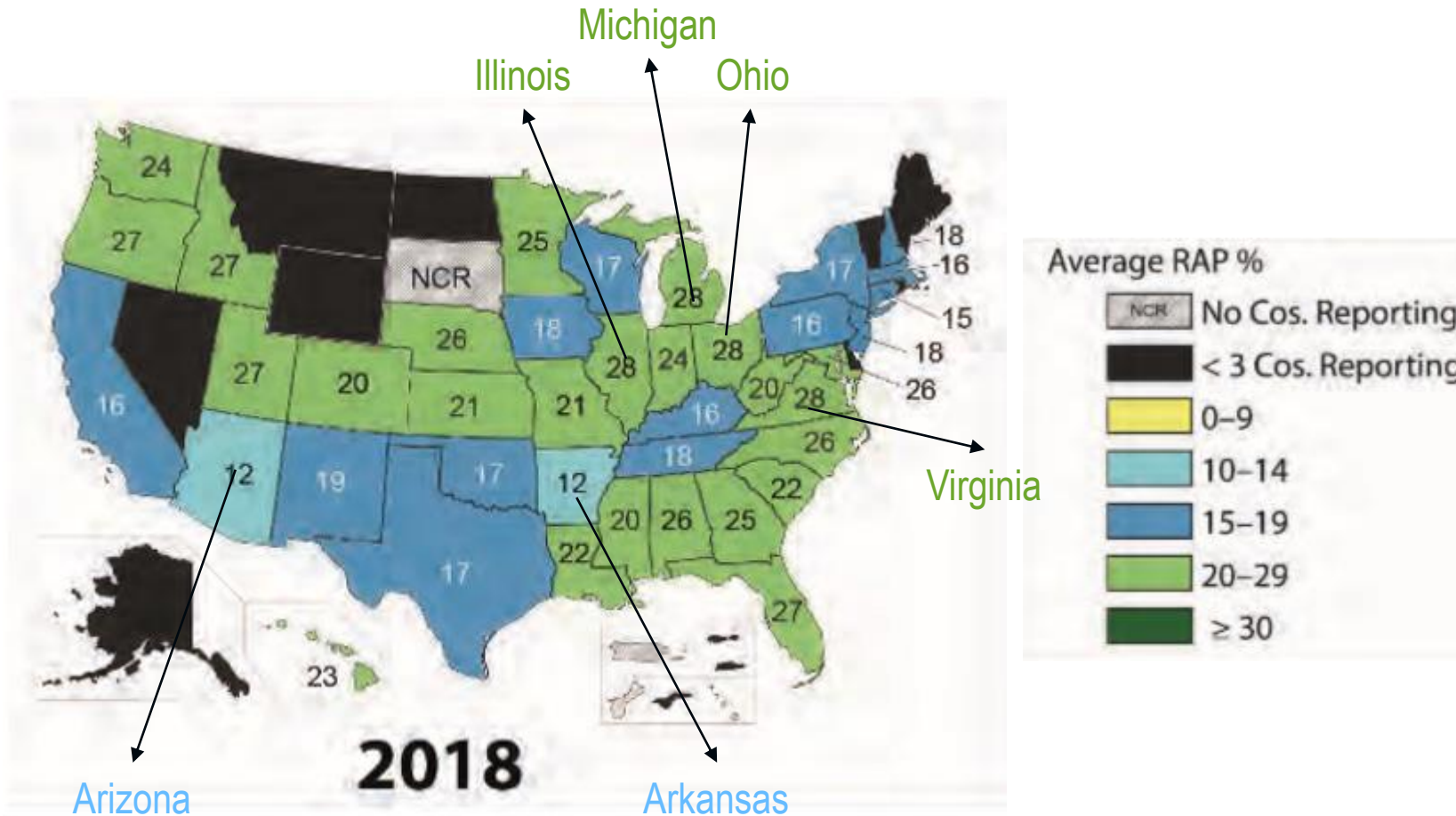


Asphalt Pavement Industry Survey on Recycled Materials and Warm-Mix Asphalt Usage 2018

Information Series 138



La situación global (USA)...cont.



Asphalt Pavement Industry Survey on Recycled Materials and Warm-Mix Asphalt Usage 2018

Information Series 138



Máximo 28%!!!



La situación en Argentina

- Reciclado en caliente in situ (muy incipiente) <https://youtu.be/FeVWjZwjptA>



La situación en Argentina (cont.)

- Reciclado en caliente in situ (muy incipiente) <https://youtu.be/FeVWjZwjptA>
- Reciclado en caliente en planta: extensa experiencia con RAP al 20%...nuevo desafío
RAP proveniente de **mezclas especiales con PmB**

La situación en Argentina (cont.)

- “Concretos asfálticos en caliente y semicaliente con aporte de RAP”
- Definición:
 - Se define como Concreto Asfáltico en Caliente (CAC R) del tipo denso a la combinación de un ligante asfáltico **convencional**, agregados (incluido filler), RAP proveniente de mezclas con ligante **convencional** y eventualmente aditivos y/o fibras. Estas mezclas son elaboradas en plantas asfálticas y colocadas en obra a una temperatura muy superior a la ambiente
 - Es de total aplicación el presente Pliego los concretos asfálticos en caliente y semi caliente (CAC y CAS) del tipo densas, elaboradas con agregados vírgenes y con contenidos de RAP, respecto del total de la mezcla asfáltica, comprendidos entre **un diez por ciento (10 %)** y **un cincuenta por ciento (50 %)**.
- Ejemplos
 - CAC o S D R/B TMN R XX CA-YY
 - CAC D **B19 R20 CA 30** o CAS D **R12 R20 CA 20**



La situación en Argentina (cont.)

- “Concretos asfálticos en caliente y semicaliente con aporte de RAP”
- Definición de ligante “resultante”:
 - Se define como ligante **resultante**, al ligante asfáltico **recuperado de la mezcla asfáltica reciclada**, el cual es la combinación del asfalto **virgen** (más blando?), el **asfalto aportado** por el RAP y del eventual uso de algún agente rejuvenecedor.
 - El objetivo es contar al inicio de la vida en servicio del pavimento reciclado con un valor de viscosidad del ligante asfáltico **similar** al de un pavimento convencional



+



+

Rejuvenecedor

=

Ligante
resultante



La situación en Argentina (cont.)

- Reciclado en caliente in situ (muy incipiente) <https://youtu.be/FeVWjZwjptA>
- Reciclado en caliente en planta
- Reciclado en frío in situ
 - Con emulsión (gran experiencia entre 1998-2003, **desaprovechada**)

Reciclado en frío in situ con emulsión (RFSE): Clasificación

	Tipo I	Tipo II	Tipo III
Material a reciclar existente			
Emulsión lenta o super estable			
Objeto			



Reciclado en frío in situ con emulsión (RFSE): Clasificación

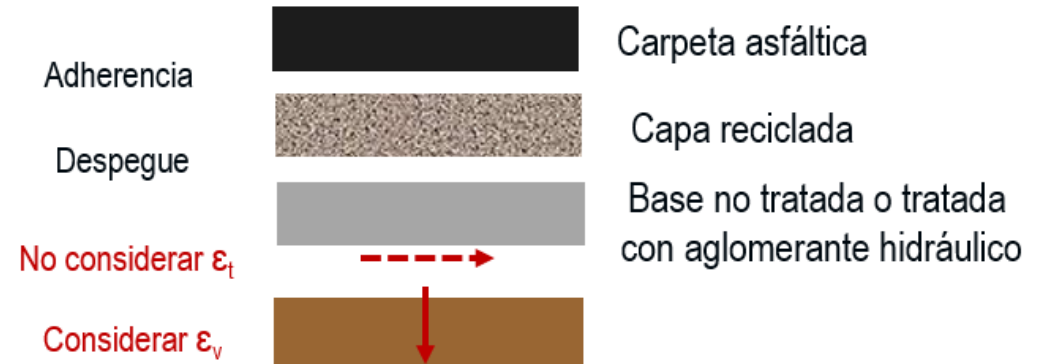
	Tipo I	Tipo II	Tipo III
Material a reciclar existente	Recubrimiento asfáltico (<4 / 5cm) + base granular	Recubrimiento asfáltico (5 / 10cm) + base tratada ó no (>50% material asfáltico)	Mezclas asfálticas (proyecto CPA actual)
Emulsión lenta o super estable	Emulsión de asfalto 80/100 ó 150/200 (4 a 7%)	Emulsión de asfalto 150/200 ó con regenerante (3 a 5%)	Emulsión con regenerante (2 a 3%)
Objeto	Mejorar las características mecánicas ó geométricas del pavimento existente	Idem y eventualmente, la regeneración del asfalto existente	Reciclado y regeneración del asfalto existente



Reciclado en frío in situ con emulsión (RFSE): dimensionado

Analítico

Tipo de reciclado	Módulo dinámico (Mpa)	Módulo de Poisson
I	1200 - 1800	0.35
II	2000 - 2500	0.35
III	3000 - 4000	0.35



Empírico

Tipo de reciclado	Coefficiente equivalencia	Observaciones
I	0,6 MB ó 2,5 EG	
II	0,7 MB	
III	0,8 A 0,85 MB	Valor inferior para espesores mayores (15cm) y el superior para los menores (8 cm)



La situación en Argentina (cont.)

- Reciclado en frío in situ **con emulsión**
- Proyecto de especificaciones CPA, **in progress**
- Definición:
 - Se define como concreto asfáltico convencional reciclado en frío in situ con emulsión (CARF) a la mezcla asfáltica resultante de la combinación del fresado de **una o más capas exclusivamente asfálticas del pavimento existente** (*), más emulsión bituminosa, agua y eventualmente la adición de áridos vírgenes correctores, aditivos rejuvenecedores u otros materiales

(*) En el caso que el fresado de las capas asfálticas sea el total del espesor existente ($\leq 12\text{cm}$) y se encuentren apoyadas sobre un material granular ó estabilizado, se debe interesar dicha capa en un espesor mínimo que asegure la total remoción de las capas asfálticas citadas.



La situación en Argentina (cont.)

- Reciclado en frío in situ con emulsión (100% mezclas asfálticas)
 - Dosificación, in progress

Tabla N° 7 – REQUISITOS DE DOSIFICACIÓN		
Proctor Modificado DNV (sólo con agua)	Determinación Porcentaje óptimo de fluidos de compactación	
Ensayo de preenvuelta (agua+emulsión=óptimo de fluidos de compactación)	Verificación de envuelta con el óptimo de fluidos de compactación	
Contenido de vacíos	6 – 12 % (a definir)	
Determinación del óptimo de emulsión Resistencia a compresión simple NLT 162 (disminuyendo carga a 6t de presión estática)	Tránsito intermedio a alto, > 10 ⁶ ESALs	
	RCS en seco	??
	RCS conservada tras inmersión durante 24 horas a 60°C	??
	Tránsito bajo ESAL < 10 ⁶ ESALs	
	Prohibición de circulación de camiones, sin carpeta	
	RCS en seco	??
Determinación del óptimo de emulsión Resistencia a tracción indirecta (por compactación giratoria, (160 giros CARF I y 100 giros CARF II))	RTI a 15 °C en seco	>1,7MPa (T1-T2) >1.2 Mpa (T3-T4)
	RTI a 15 °C tras 3 días curado a 50°C	> 75%
	Determinación de parámetros mecánicos de control	
		Ver siguiente slide



La situación en Argentina (cont.)

- Reciclado en frío in situ con emulsión (100% mezclas asfálticas)
 - Control en obra
 - Densidad inmediata: 100% Proctor Modificado
 - Densidad tramo de prueba (NLT): definir
 - Densidad tramo de prueba (RTI) : 98% de la lograda giratorio
 - Humedad de capa para la decisión de cubrir con mezcla 1 a 1,5% mantenida durante 7 días



Reciclado in situ con emulsion...la primera vez...

- RP N° 81, Formosa (Malla C.Re.Ma 505, 1997!)
 - Longitud: 15km
 - Calzada indivisa 7.30m; banquetas sin pavimentar
 - Reciclado 5cm carpeta +1 a 2cm base asfáltica
- Primer proyecto con RFSE (ICF S.A,)

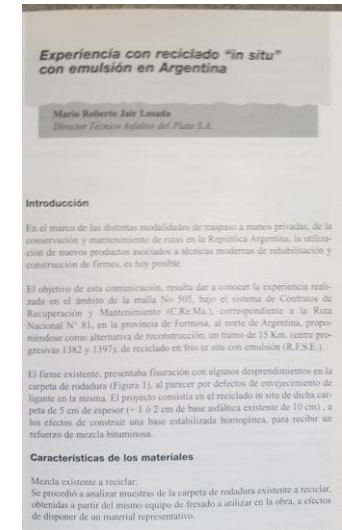


Figura 1: Estado de la calzada antes del reciclado.



Figura 2: Extensión previa del árido de aportación.



La situación en Argentina (cont.)

- Reciclado en caliente in situ (muy incipiente) <https://youtu.be/FeVWjZwjptA>
- Reciclado en caliente en planta
- Reciclado en frío in situ
 - Con emulsión (gran experiencia entre 1998-2003, desaprovechada)
 - Con espuma (primeros tramos de prueba)



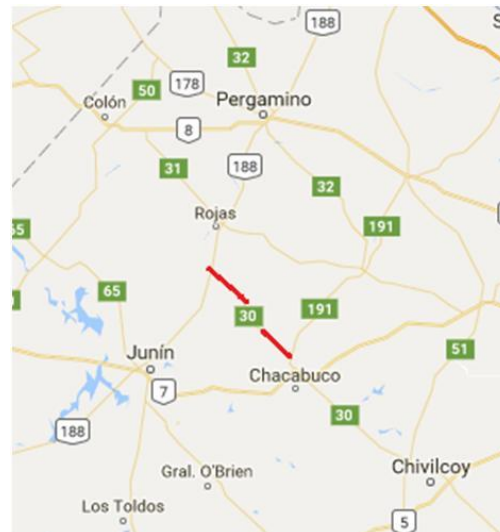
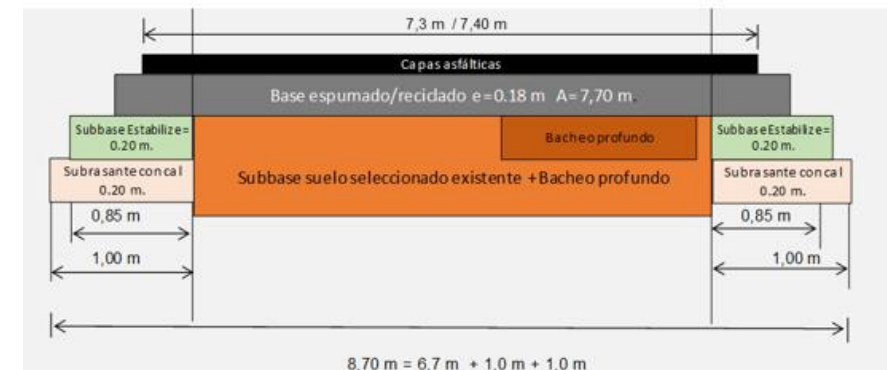
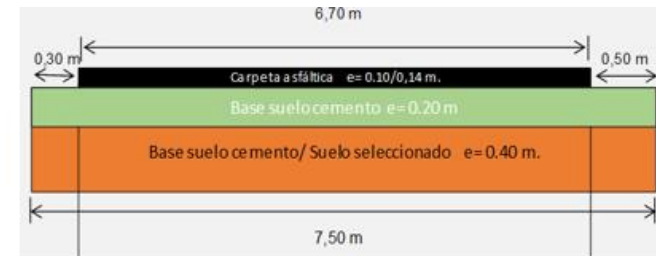
Reciclado con espuma: un caso actual...

Repavimentación RP N° 30, tramo RPN° 191 - RPN°188

- Longitud: 37,6km
- Calzada indivisa 6,70m; banquetas sin pavimentar
- Construcción original, 1955
- Reconstrucciones 1970/1972
- Primer proyecto DVBA



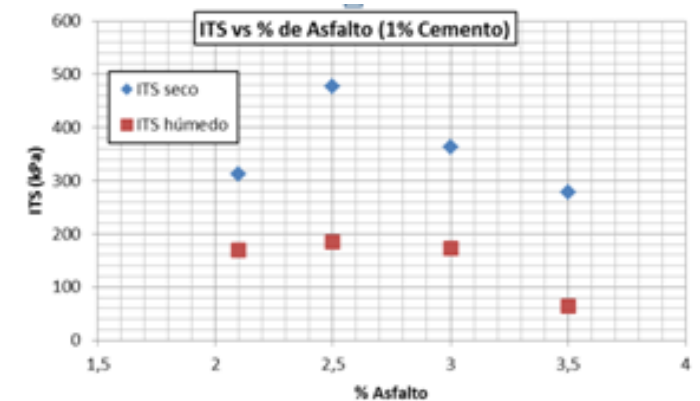
Estado previo



Reciclado con espuma: un caso actual...

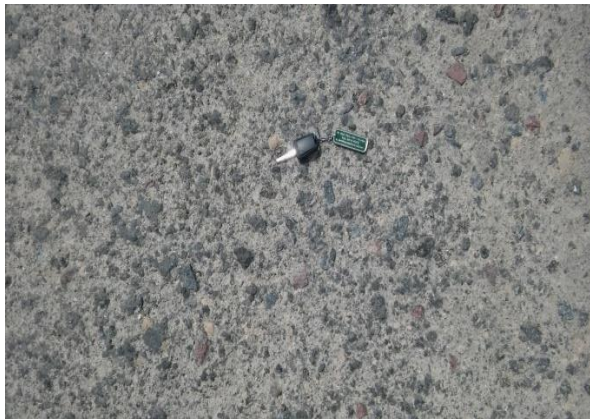
■ Diseño

- Determinación del contenido óptimo de asfalto de la mezcla y caracterización mecánica
 - Probetas de 100mm diám y 63.5mm altura, 75 golpes x cara
 - Curado
 - En seco: 40°C hasta p.constante (72hs). Sacar y dejar a 25°C
 - En húmedo: 24hs. A 25°C. Sacar, secar superficie y ensayar
 - Tracción indirecta (25°C): se adopta 2% filler aporte y 2,5% asfalto CA 10



Reciclado con espuma: un caso actual...

Repavimentación RP N° 30, tramo RPN° 191 - RPN°188



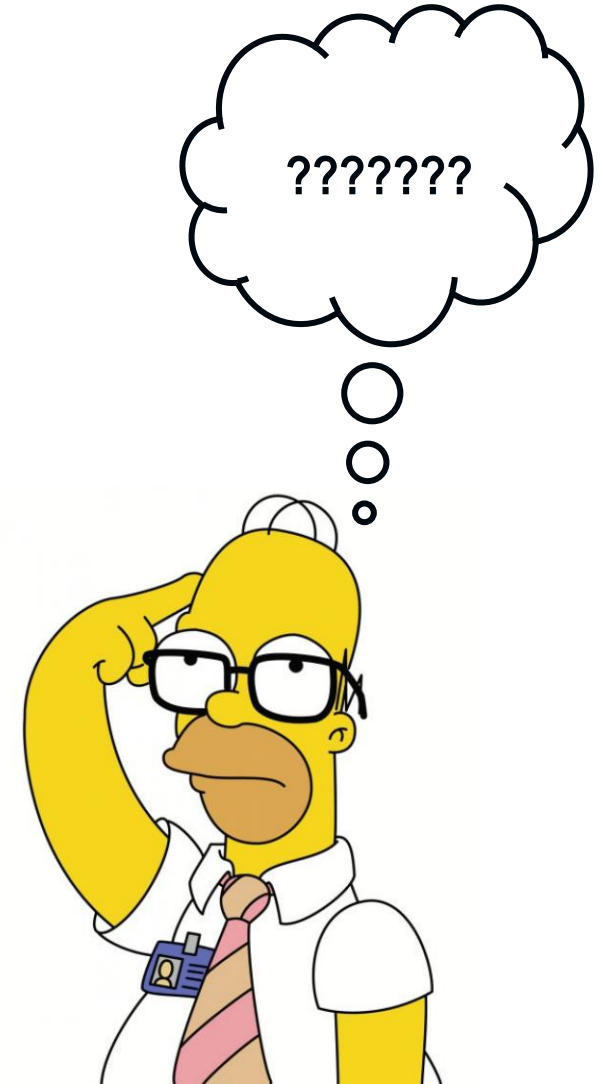
La situación en Argentina (cont.)

- Reciclado en caliente in situ (muy incipiente) <https://youtu.be/FeVWjZwjptA>
- Reciclado en caliente en planta
- Reciclado en frío in situ
 - Con emulsión
 - Con espuma
- Sin actividad para
 - Reciclado en frío en planta
 - Reciclado Templado
- Pruebas a nivel laboratorio de “WAM-RAP”
 - Diferentes papers presentados en CILA, PIARC, etc.



La situación en Argentina (cont.): como seguir...

- Sobre reciclado en caliente en planta
 - Promover su uso: <10%, sin restricciones; máximo hasta hoy: 50%
 - Desarrollo con RAP “especial”
 - Desarrollar uso de rejuvenecedores
 - Desarrollar mezclas especiales con RAP: drenantes, micros, SMA
- Sobre reciclado in situ con emulsión
 - Promover el regreso y aprovechar experiencia
 - Definir especificaciones: método de diseño
- Sobre reciclado con espuma
 - Promover definiendo ámbito de aplicación
 - Definir especificaciones: método de diseño



Y el futuro?



■ Plan Estratégico CT 4.1: Pavimentos (2020-2023)

Tema	Editor en Jefe	Traductores	Revisores de calidad
4.1.1 Uso de materiales reciclados para pavimentos	E. Toraldo (Italy) D. Bodin (Aus)	EN: C. Turgeon (USA) FR: T. Sedran (Fr) ES: F. Ochoa (Es), M. Jair (Arg)	M. Krmek (Aus) P. Sivapatham (Ale) M. Jair (Arg)
4.1.2 Estrategias innovadoras para reparación y mantenimiento	E. Correa (Por) N. Buche (Swiss)		
4.1.3 Big Data	M. Leigri (Est) S. Krafft (Fr)		
4.1.4 Resiliencia	V. Lakkavalli (Can)		
4.1.5 Carbon Footprint	E. Correa (Por) I. Drouadaine (Fr)		



Y el futuro? (cont.)

- Documento PIARC sobre “Uso de materiales reciclados en pavimentos”



4.1.1 Recycled road pavements

Workplan literature review

Editor-in-chief: **Emanuele Toraldo**

Table of contents (editors)

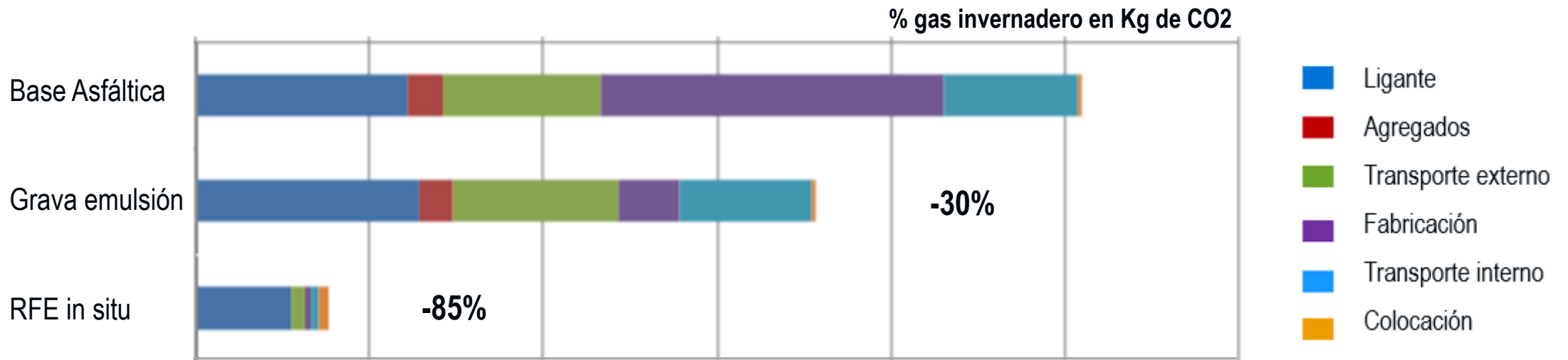
1. Introduction (**Margo Briessinck**)
2. In-Place Recycling - hydraulic binder / cement (**Emanuele Toraldo**)
3. In-Place Recycling - bitumen (**Curt Turgeon**)
4. Recycling of materials in an asphalt pavement with mixes made in-plant (**Serge Krafft**)
5. Recycling of materials in a concrete pavement with mixes made in-plant (**Thierry Sedran**)
6. Recycling of materials in a base layer with mixes made in-plant (**Naailah Mia**)

Y el futuro?

- Más y más sobre gestión del RAP (como ejemplo...)
 - Jerarquización del residuo: procedencia vs uso final...reciclado o reuso
 - Establecer puntos de recogida y administración de RAP para manejo de excesos de material
 - Manejo del RAP, desde el proyecto mismo: evaluación ambiental del transporte de RAP a planta vs. reciclado in situ



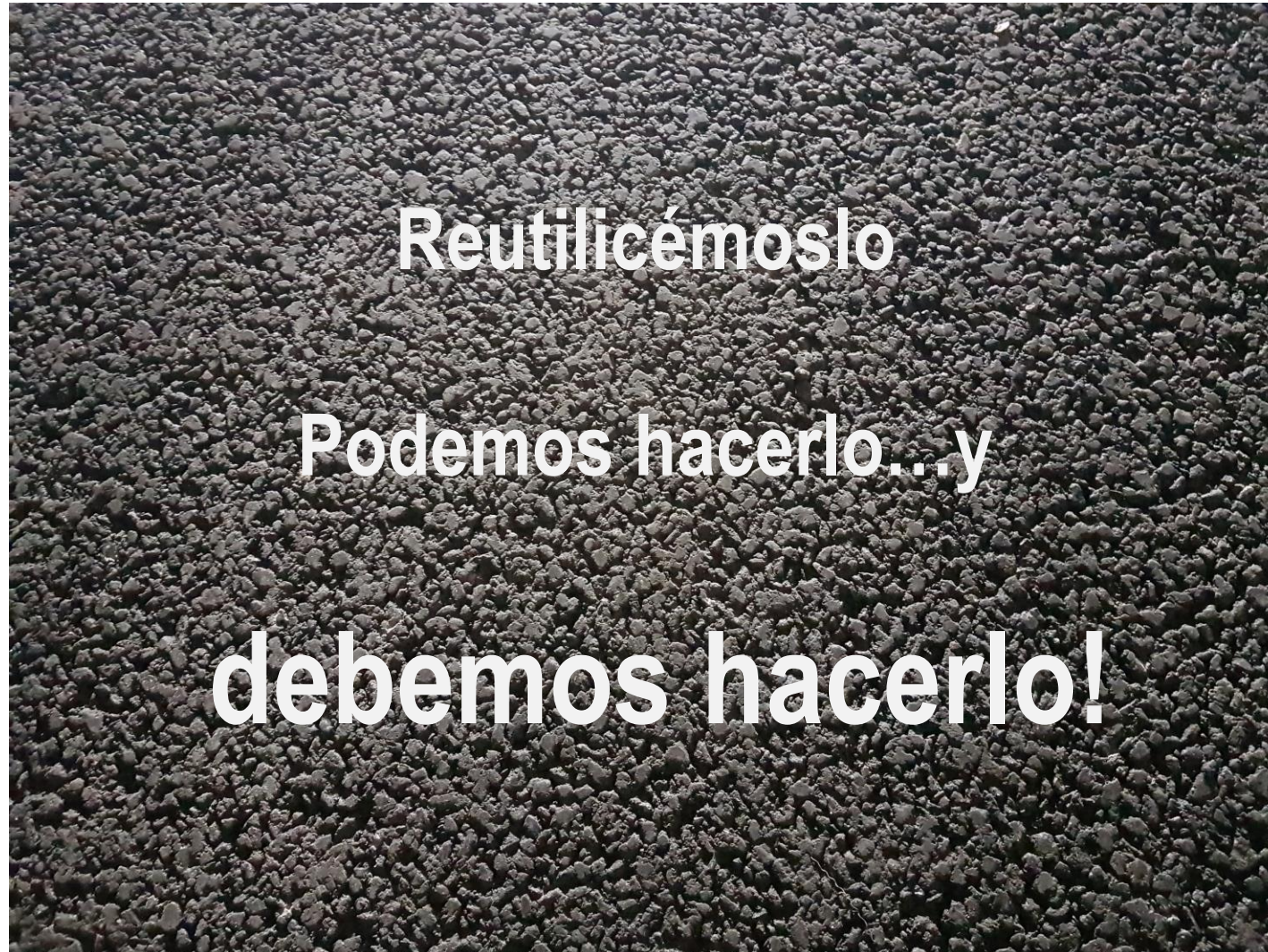
ENVIRONMENT



En definitiva...

- El RA contiene betún y áridos que pueden ser reutilizados/reciclados. Para un contenido medio de betún del 4,5% y utilizando los datos del inventario de ciclo de vida del betún del informe publicado por Eurobitume en 2019, y una media de emisiones de 3kg CO₂ equiv/t para los áridos, el ahorro de emisiones de GEI debido al reciclado/reutilización del RA sería de **12,3 Kg CO₂ equiv/t de RA**
- La agenda de nuestra industria reclama “reusar” y de manera **sostenible...WAM-RAP** para todo tipo de mezclas debería ser el **target**
- Las limitaciones tecnológicas **NO** provienen de la caracterización de materiales o de diseño: el problema fundamental es disponer de las **plantas adecuadas**
- Las **autoridades** deberían **estimular** el uso del reciclado...ellos son los “dueños” de las carreteras y los “dueños” del RAP

Para terminar...un último mensaje





Comisión Permanente del Asfalto
www.cpasfalto.com.ar



Gracias por su atención...!!!

Mario Jair

Consultor Independiente

Vicepresidente 1ro. CPA



mariojair@hotmail.com



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

