

Técnicas de Reciclado.

Cómo ejecutarlas y cuándo emplearlas.

Alberto Bardesi

- Profesor Univ. Politécnica de Madrid
- Director Asoc. Técnica de Carreteras



POLITÉCNICA

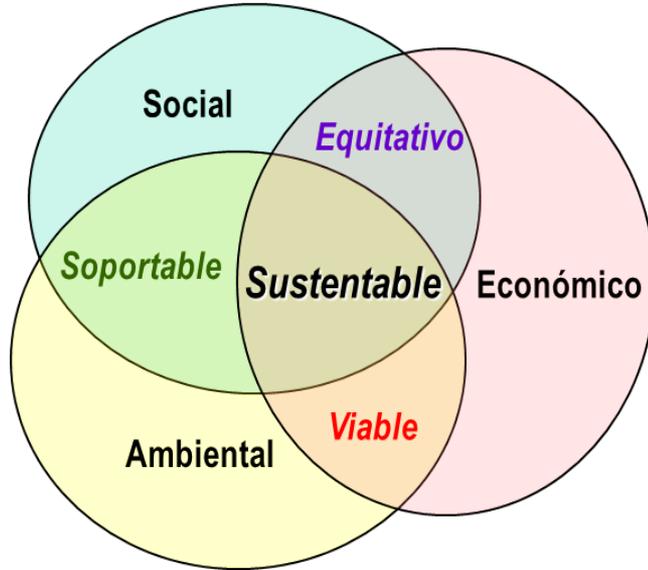


asociación técnica
de carreteras
comité nacional español de la
asociación mundial de la carretera





Sustentabilidad y Economía Circular





Pirámide de la Gestión de Residuos



Alternativas de reciclado de pavimentos

- **In situ vs en Planta**
- **Temperatura:**
 - En frío
 - Templado (< 100°C)
 - Tibio (*warm*: 100-135°C)
 - Caliente
- **Tasa de material reciclado:**
 - Total (100%)
 - Parcial (con material virgen)
- **Material a reciclar:**
 - Granular
 - Asfáltico
 - Tratado con cemento
- **Empleo de conglomerante:**
 - Asfálticos
 - Hidráulico (cal, cemento,...)
 - Mixto
 - Ninguno

Alternativas más empleadas

- Hay muchas posibilidades, pero:
 NO todas las combinaciones son posibles
- Alternativas más empleadas:
 - Reciclados en planta con ligantes asfálticos en caliente
 - Reciclados in situ con conglomerantes hidráulicos (cemento)
 - Reciclados in situ con ligantes asfálticos en frío (emulsión, espuma)
 - Reciclados in situ con ligantes asfálticos en caliente

Reciclados in situ en frío con ligantes asfálticos

Características	RFE-I	RFE-II	RFE-III
Tipo de firmes a tratar	Caminos sin pavimento, con T.S. o < 5 cm M.A.	Carreteras con 5-10 cm de mezclas asfáltica	Carreteras >10 cm de mezcla asfáltica
Problemática a resolver	Falta de capacidad estructural, IRI elevado	Firmes fisurados por envejecimiento, por fatiga, por despegue de capas (rodadura). IRI elevado	
Materiales a reciclar	Mayoritariamente granulares	Mayoritariamente asfálticos	Total o casi totalmente asfálticos
Contenido de RAP	<50%	50-90%	>90%
Espesor de tratamiento	8-15 cm	8-15 cm	6-12 cm
Dotación de ligante (espuma, emulsión sobreestabilizada)	3-4,5%	2,5-4%	2-3,5%
Completar con	D.T.S. / 4 cm M.A.	1 ó 2 capas (5-10 cm M.A.)	2 capas (10-15 cm M.A.)
Módulo E (MPa)	1500-2000	2000-3000	3000-4000
Coefficiente de capa (AASHTO)	0,28 ± 0,03	0,30 ± 0,02	0.34 ± 0,02



Equipos





Ejemplo RFE-I





Ejemplo RFE-II





Ejemplo RFE-III



Reciclados in situ en frío con conglomerantes hidráulicos (cemento)

- Prácticamente cualquier tipo de material, excepto:
 - Materiales granulares muy plásticos (requiere tratamiento previo con cal)
 - Con materiales contaminados : yesos, sulfuros, sales,...
- Aplicaciones típicas:
 - Rehabilitación integral de firmes con problemas de calidad de las capas granulares
 - Ensanches de firmes para tráfico pesado
- Resto sección: 1- 2- 3 capas (5-20 cm de MA), función del tráfico pesado
- Espesores recomendables: 20 – 35 cm
- Dosificación : 3 – 6% de cemento
- Módulo E: 5000-8000 MPa, según dotación de cemento
- Coeficiente de capa AASHTO: 0.18-0,26, función de resistencia a 7 días

Ejemplo RFC

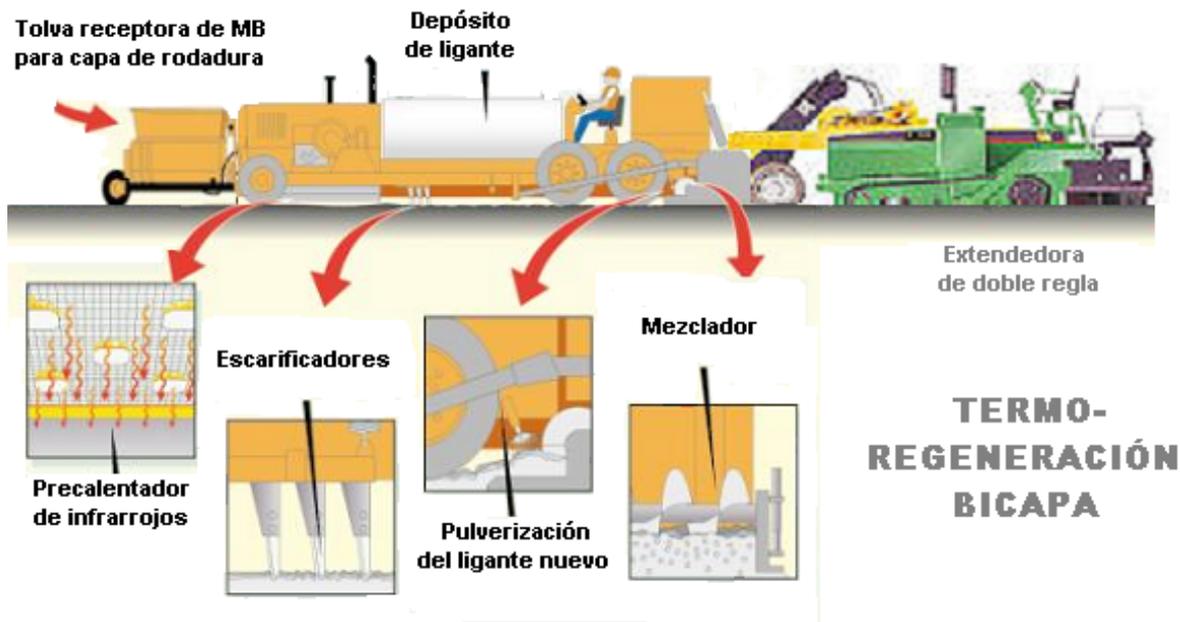


Reciclados in situ con ligantes asfálticos en caliente. TERMO-RECICLADOS

- Trata problemas ligados a la parte superior del firme: ondulaciones, envejecimiento, despegue, fisuración por reflexión,...
- Espesores recomendables: 5 – 6 cm, evitando
 - Firmes muy envejecidos ($pen < 20$) o heterogéneos
 - Rodaduras delgadas ($e < 5\text{cm}$)
- Dosificación de ligante: 0 – 2% (sin árido de aporte)
- Con/sin aporte de ligante (asfalto blando/regenerante) o de árido y/o mezcla nueva:
 - Termo-reperfilado
 - Termo-regeneración
 - Termo-reciclado



Ejemplo de Termo-regeneración





Equipo de Termo-reciclado



Reciclados in situ con ligantes asfálticos en caliente. In situ con planta TSM

- Planta TSM montada sobre chasis rodante
- Conceptualmente intermedia entre un reciclado in situ y un reciclado en planta.
- Ligante con regenerante y, eventualmente, árido para corregir granulometría.
- Limitaciones dadas por las especificaciones generales de las MBC y la capacidad de compactación.
- Normalmente en espesores de 6-12 cm.
- Valor estructural de mezcla nueva.



Equipo in situ con TSM



Consideraciones sobre RCB en planta

- Únicas limitaciones derivadas de:
 - Mezclas con problemas de deformación plástica
 - Calidad de áridos adecuados a la nueva capa
 - El tipo de planta a emplear



Incorporación directa al mezclador

Hasta 15 % RAP



TSM flujo paralelo



3er. CONGRESO
PARAGUAYO

Vialidad
y Tránsito

EXPO VIAL 2018



APC

ASOCIACIÓN PARAGUAYA DE CARRETERAS



Reciclado en TSM a contraflujo





Ejemplo RCB en Planta (dos tambores)

Hasta 50% RAP





Ejemplo RCB en Planta (tambor doble)



Fresado y preparación del RAP

- El RAP se debe acopiar en la planta y ser homogeneizado antes de su entrada al sistema de producción
- Antes de entrar al tambor secador el RAP debe cribarse retirando el material superior a 25 mm.



Consideraciones generales sobre RCB

- Los sistemas de RCB in situ están en desuso:
 - Potencialmente peligrosos
 - Alto consumo de combustibles → Emisiones CO2
 - Baja eficiencia (excepto en las plantas TSM móviles)
 - Dificultad para controlar la homogeneidad del proceso
- Los sistemas RCB en planta se imponen:
 - Hasta 15% sin ninguna restricción en plantas standard
 - Equipos que permiten trabajar hasta con 60% de RAP
 - Procesos bien controlados → mezclas homogéneas
 - Necesidad de preparar bien el RAP

3er. CONGRESO PARAGUAYO

Vialidad y Tránsito

EXPO VIAL 2018



APC

ASOCIACIÓN PARAGUAYA DE CARRETERAS

WORLD ROAD ASSOCIATION
MONDIALE DE LA ROUTE
COMITÉ NACIONAL PARAGUAYO



Muchas gracias por su atención