



# Mezclas Recicladas Templadas con Emulsión a TASA TOTAL

Caso de Estudio: Vía de Servicio Autovía A-1 (Burgos)

**Francisco J. Lucas Ochoa**

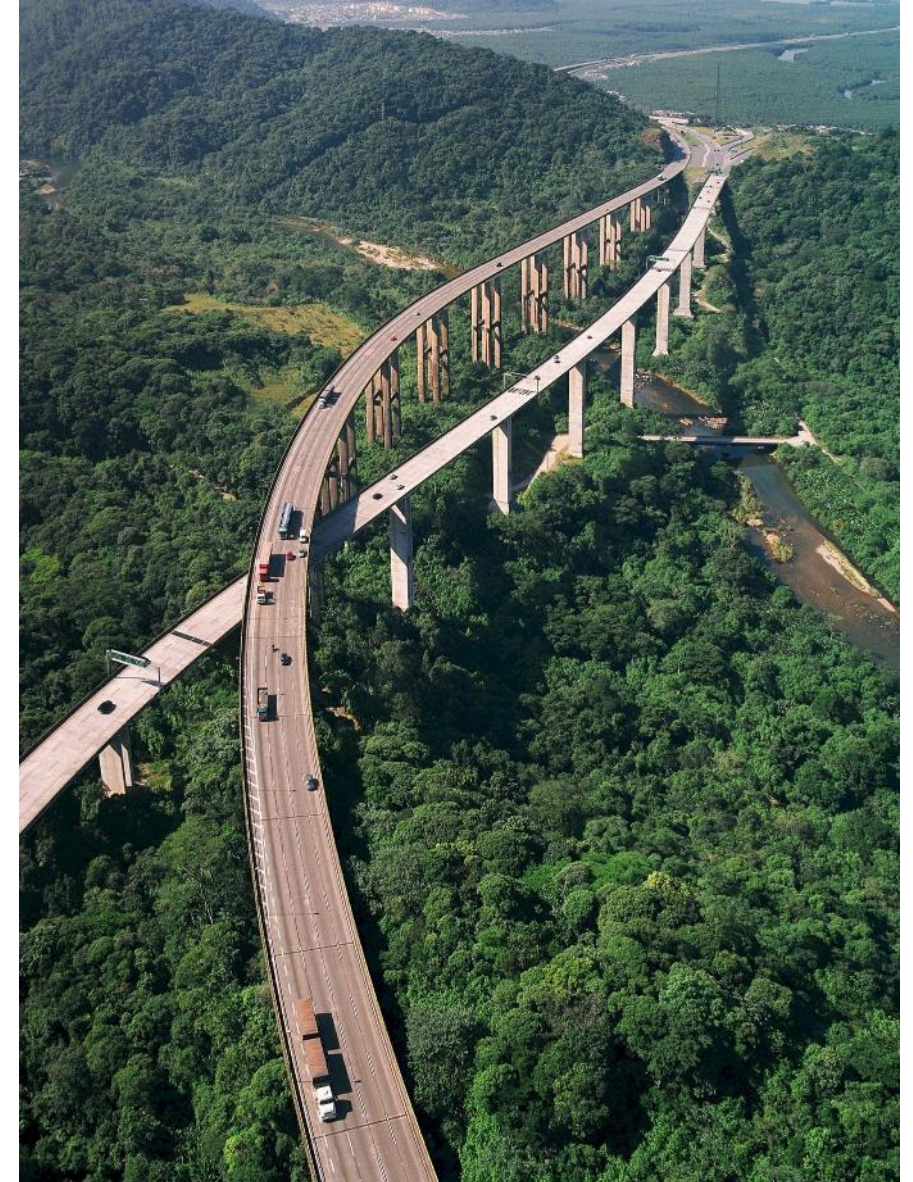
Miembro Español Comité Internacional de Firms



Septiembre 2021

# Índice

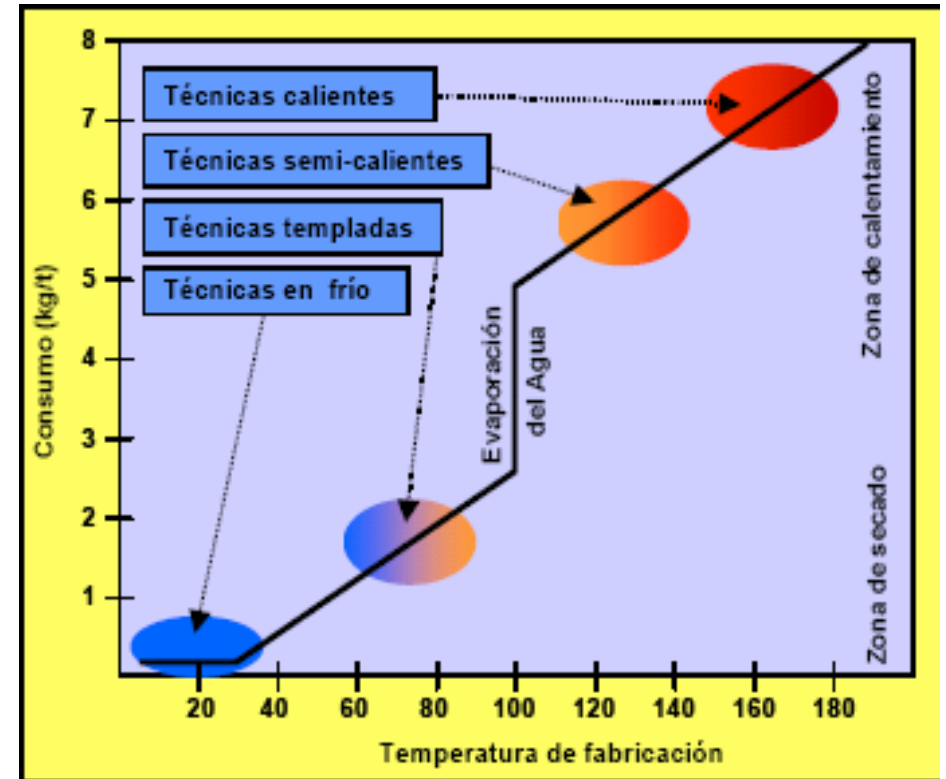
- Tipología de Mezclas Bituminosas en función de la Tª de fabricación
- Objetivos para el diseño de las mezclas templadas con emulsión
- La reducción de Tª: una oportunidad para el máximo aprovechamiento del RAP
- La difusión del ligante nuevo en ligante viejo en técnicas de Reutilización de MB.
- Caso Estudio: Vía de Servicio A-1 (Lerma, Burgos)
- Conclusiones





# Tipología de Mezclas Bituminosas en función de la Tª de fabricación

- ❑ Mezclas calientes (“*hot mixes*” asphalt HMA)  $>140^{\circ}$
- ❑ Mezclas semicalientes (“*warm mixes*” asphalt WMA ó “enrobis tièdes”  $>100^{\circ}$ - $140^{\circ}$
- ❑ Mezclas templadas (“*half-warm mixes*” asphalt WMA ó “enrobis semi-tièdes”  $<100^{\circ}$  -  $>60^{\circ}$
- ❑ Mezclas en frío (“*cold mixes*” asphalt ó “enrobis a froid”) Tª Ambiente



# Objetivos para el diseño de las Mezclas Templadas con Emulsión

## MEZCLAS EN FRÍO

- ❑ La emulsión es un producto manejable a temperatura ambiente.
- ❑ Las técnicas en frío tienen huellas medioambientales bajas.
- ❑ Las mezclas en frío, históricamente, han sido muy consideradas por su gran comportamiento mecánico frente a superficies deformables (al menor coste posible)

FLEXIBILIDAD

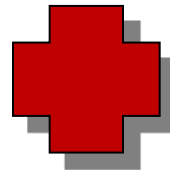
MENOR Tª

## MEZCLAS EN CALIENTE

- ❑ Las mezclas en caliente aportan buenos módulos de rigidez a los firmes no exentos de flexibilidad, permitiendo diseños de mezcla para los tráficos más severos.
- ❑ El calentamiento de la mezcla permite el uso de ligantes viscosos asegurando la envuelta.

RIGIDEZ

ABUNDANCIA  
PLANTAS



**Las mezclas templadas, pretender aunar las cualidades de las mezclas en frío y las mezclas en caliente**

# La reducción de Tª: una oportunidad para el aprovechamiento máximo del RAP

Aspecto	Reciclado Caliente	Reciclado semicaliente	Reciclado Templado	Reciclado Frío
Tª Fabricación	170 – 150	140 - 130	≤ 100	Ambiente
Tª Compactación	160 - 140	130 - 120	60 - 80	Ambiente
Reciclabilidad (Tasa Reciclado)	≤ 50%	< 50%	Hasta 100%*	Hasta 100%

## Equilibrio Termodinámico de 3 Sistemas

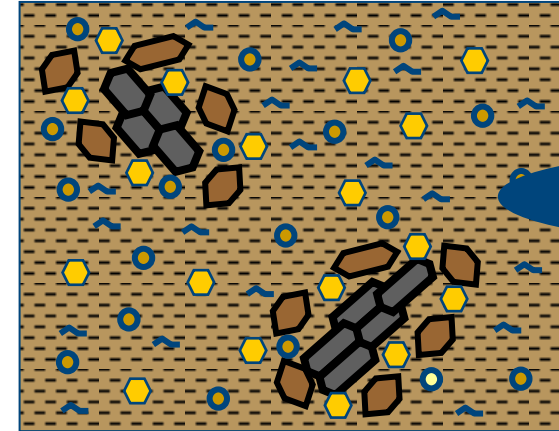
- Árido Virgen
- Nuevo Ligante (Tª en función de la viscosidad)
- Material a Reutilizar RAP

$$Q = m \cdot C_e \cdot \Delta T \quad (1)$$

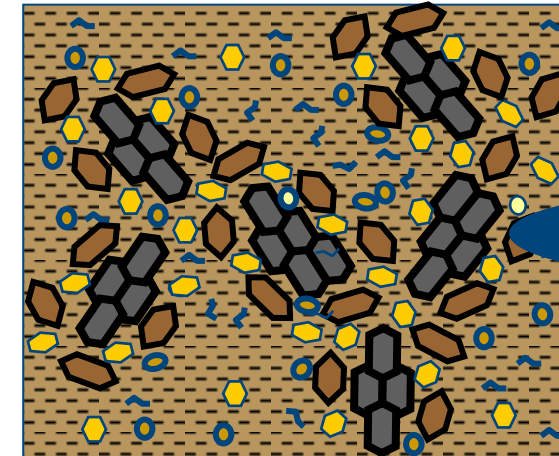
$$Q = m \cdot L_e \quad (2)$$

# Difusión de ligante “viejo” en el ligante “nuevo”

- ❑ No se trata de mezclar betún viejo y betún nuevo hasta conseguir Pen y AyB deseado
- ❑ La relación Composición/Propiedades es unívoca y puede explicarse casi siempre en términos de composición SARA.
- ❑ Para tasas de RAP “relevantes”, será necesaria la incorporación de aditivos para restituir composición.



SOL



GEL

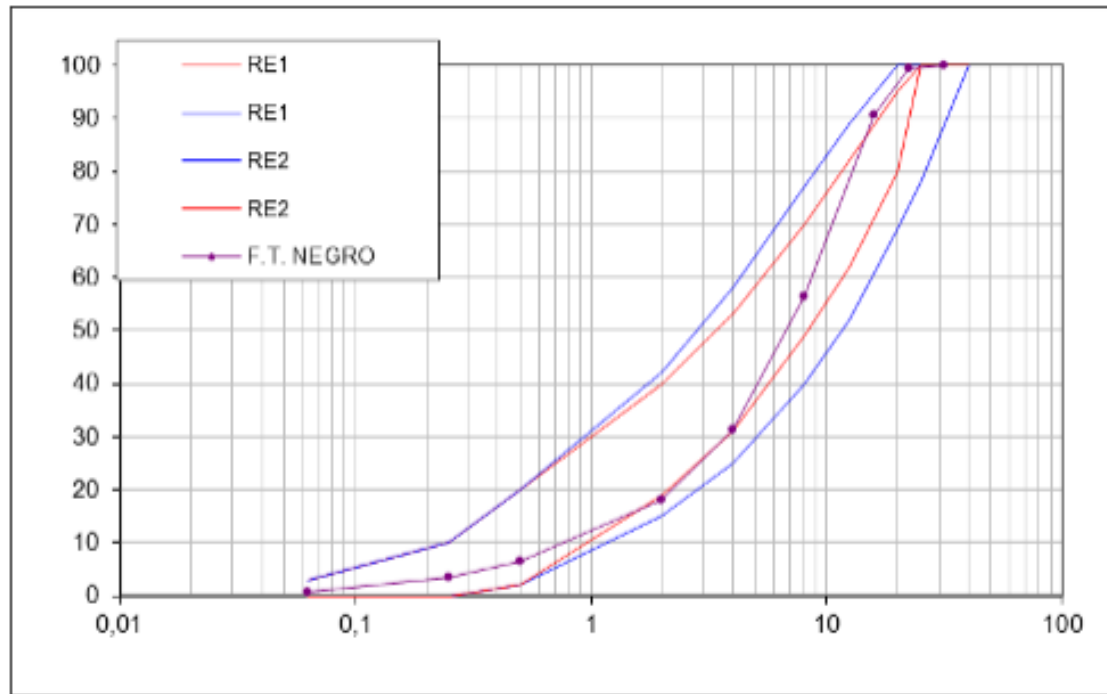
# Caso Estudio: Vía de Servicio Autovía A-1 (Lerma, Burgos)

- ❑ P.K. 204 M.I.
- ❑ Tramo 1.300 m
- ❑ 2 Subtramos: 2,5% y 3% Emulsión s/a
- ❑ Capa Intermedia. 5 cm
- ❑ Mezcla AC16 RT 100
- ❑ Tráfico T2 (intermedio)
- ❑ Titular MITMA
- ❑ Contratista: SACYR
- ❑ Fabricación Emulsión: REPSOL

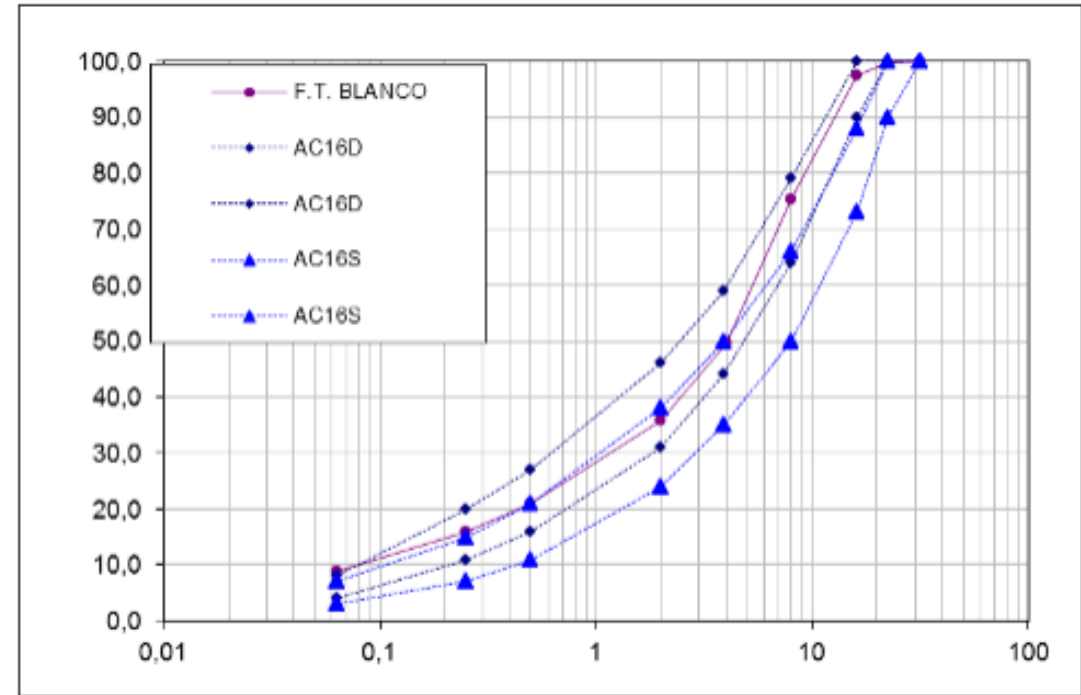


# Caso Estudio: Vía de Servicio Autovía A-1 (Lerma, Burgos)

## El « RAP ». Pretratamiento del MFMB: Granulometrías



Gráfica 1: Dosificación en negro



Gráfica 2: Huso granulométrico en BLANCO, tras extracción

40% 0/5 mm

60% 5/25 mm



# Caso Estudio: Vía de Servicio Autovía A-1 (Lerma, Burgos)

## El « RAP ». Pretratamiento del MFMB: Ligante Recuperado

Contenido de ligante soluble/Mezcla	BRUTO Promedio	FRACCIÓN 0/5 mm Promedio	FRACCIÓN 5/25 mm Promedio
% Ligante s/a	4.85	6.45	2.47

Ensayo/Mezcla	BRUTO 25.06.2012	FRACCIÓN 0/5 mm 25.06.2012	FRACCIÓN 5/25 mm 25.06.2012	BRUTO 26.06.2012	FRACCIÓN 5/25 mm 26.06.2012	FRACCIÓN 0/5 mm 26.06.2012
Penetración, 25 °C, 0.1 mm.	19	19	18	10	12	14
Punto Reblandecimiento, °C.	75.2	71.2	72.4	89.9	84.6	83.4

# Caso Estudio: Vía de Servicio Autovía A-1 (Lerma, Burgos)

## El « RAP »: Fabricando la mezcla a Tasa Total

- ❑ RAP fraccionado, en línea, para control de regularidad de la mezcla
- ❑ Control ponderal de los dos componentes del RAP
- ❑ Calentamiento no agresivo del RAP
  - ❑ Tambor secador (TS) flujo paralelo y cámara de combustión retrasada
- ❑ Entrada diferenciada en Tambor secador (TS) de finos y gruesos
- ❑ Sistema autónomo acoplable a planta convencional discontinua o continua



# Caso Estudio: Vía de Servicio Autovía A-1 (Lerma, Burgos)

## Resultados MRT: Sensibilidad al agua y Rodadura

Resultados/Mezcla	MRT 2,5% 25.06.2012	MRT 3% 25.06.2012
Densidad geométrica, g/cm <sup>3</sup> .	2.334	2.314
Densidad s.s.s., g/cm <sup>3</sup> .	2.374	2.368
% Huecos Mezcla, %VM.	2.3	2.2
Modulo Rigidez 20 °C, MPa.	5839	5604
Resistencia Tracción Indirecta Seco, MPa.	3.1	3.0
Resistencia Tracción Indirecta Húmedo, MPa.	2.8	2.8
Resistencia Conservada, %.	92.6	93.7

Resultados/Mezcla	MRT 2,5% Promedio	MRT 3% Promedio
Pendiente de deformación en pista, WTS aire	0,130 mm/10 <sup>3</sup> ciclos	0,233 mm/10 <sup>3</sup> ciclos
Densidad aparente placas pista (% Huecos Mezcla)	2.361 g/cm <sup>3</sup> (2,9% VM)	2.350 g/cm <sup>3</sup> (3,2% VM)
Profundidad de la rodera a los 10000 ciclos	3.47 mm	5.08 mm

### Testigos a las 19 h

Resultados/Testigo PROMEDIO	2.5 %	3.0 %
Altura, mm.	53.6	55.2
Densidad s.s.s., g/cm <sup>3</sup> .	2.309	2.250
% Huecos Mezcla, %VM.	5.2	7.4
Modulo Rigidez 20 °C, MPa	4758	3431
Resistencia Tracción Indirecta Seco, MPa.	2.64	2.29
Resistencia Tracción Indirecta Húmedo, MPa.	2.38	2.16
% RC	90.2	94





# Caso Estudio: Vía de Servicio Autovía A-1 (Lerma, Burgos)

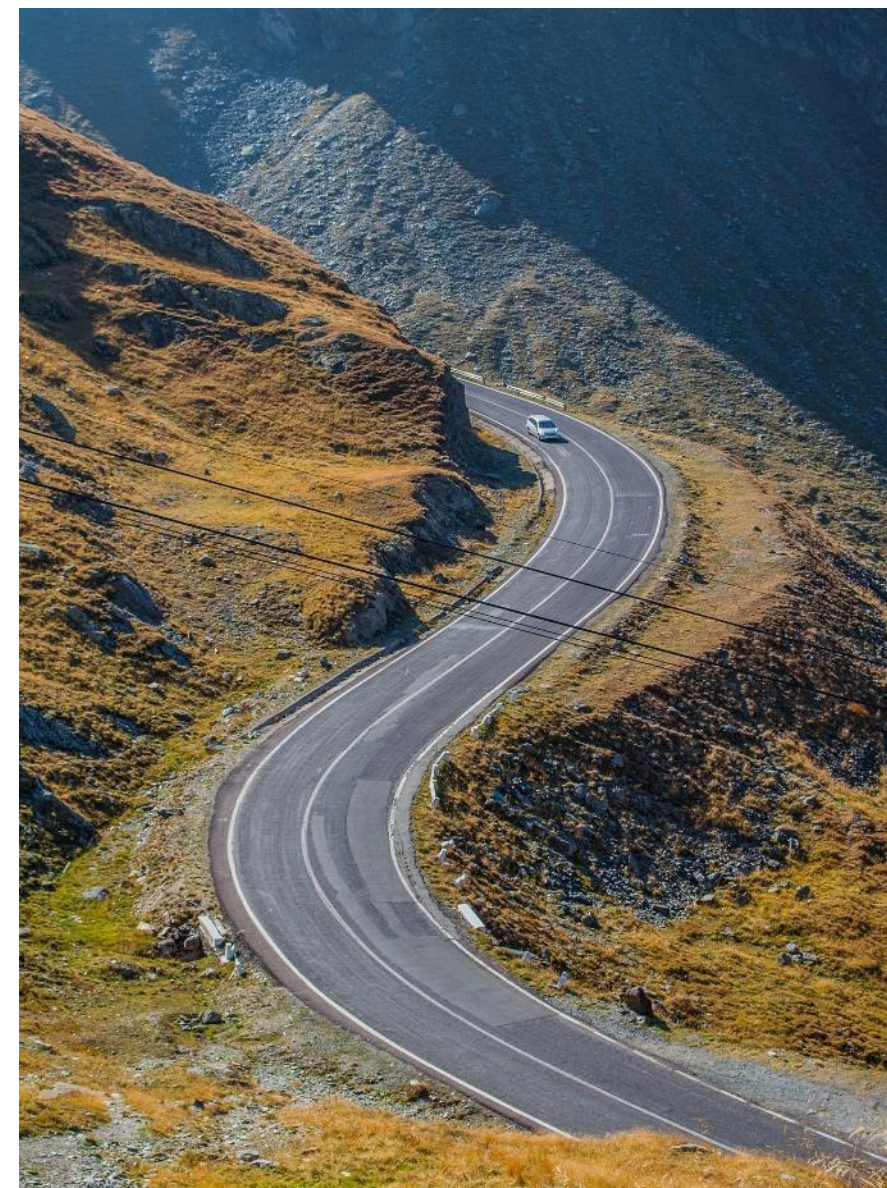
## La puesta en obra





# Conclusiones

- La reducción de  $T^a$  de fabricación de MB, permite (entre otros aspectos), desarrollar nuevas técnicas de reutilización de materiales bituminosos.
- Las mezclas templadas, permiten el empleo de tasas de hasta el 100% de RAP, optimizando adicionalmente las cualidades prestacionales de las mezclas en caliente y en frío.
- Las mezclas recicladas templadas con emulsión, son viables técnica y económicamente
- Potencialmente pueden representar una tipología de mezcla muy interesante desde la óptica del ACV.



# Agradecimientos



- Dirección General de Carreteras del MITMA de España
- SACYR
- Ing. Jacinto Luis G<sup>a</sup> Santiago

# Gracias por su atención

**Francisco J. Lucas Ochoa**

Miembro Español Comité Internacional de Firms



**@curro\_lucas**

