



**DEPARTAMENTO TÉCNICO
ASFALTOS CEPESA**

**BETUNES CAUCHO VÍA HÚMEDA
EN CENTRAL**

**JORNADA TÉCNICA MEZCLAS BITUMINOSAS CON
POLVO DE NEUMÁTICO
Toledo, 30 de noviembre 2016**

CEPSA

- MARCO NORMATIVO

-**Plan de neumáticos fuera de uso 2001-2006:** se priorizará su empleo cuando sea técnica y económicamente viable.

-**Orden Circular 5bis/02**

Condiciones de adición en las mezclas bituminosas

Modificación artículos 540, 542 y 543 del PG-3, priorizando el empleo de materiales que contengan NFU.

-**Orden Circular 21/2007:** Uso y especificaciones que deben cumplir los ligantes y mezclas bituminosas que incorporen NFU

-**Orden Circular 24/2008:** Inclusión de nuevos betunes caucho en los art 542 y 543

-**Orden Circular 21bis/2009:** Criterios para la fabricación in situ y almacenamiento en obra

- **PG3:** “Según el apartado 8 del Plan Nacional Integrado de Residuos 2008- 2015, se fomentará el uso de polvo de caucho procedente de la trituración de NFU, siempre que sea técnica y económicamente posible”.

OTRAS PUBLICACIONES:

- Manual de empleo de caucho de NFU en mezclas bituminosas del CEDEX

- Manual sobre el empleo de firmes realizados con mezclas de caucho de NFU – Federación Española Reciclaje

PROCEDIMIENTOS DE INCORPORACION DEL CAUCHO POR VÍA HÚMEDA

- Consiste en la mezcla a alta temperatura de polvo de caucho con betún asfáltico para obtener un ligante modificado o mejorado con caucho.
 - BC → caucho < 8%.
 - PMB C → caucho < 15%
- BMAVC → caucho > 15%

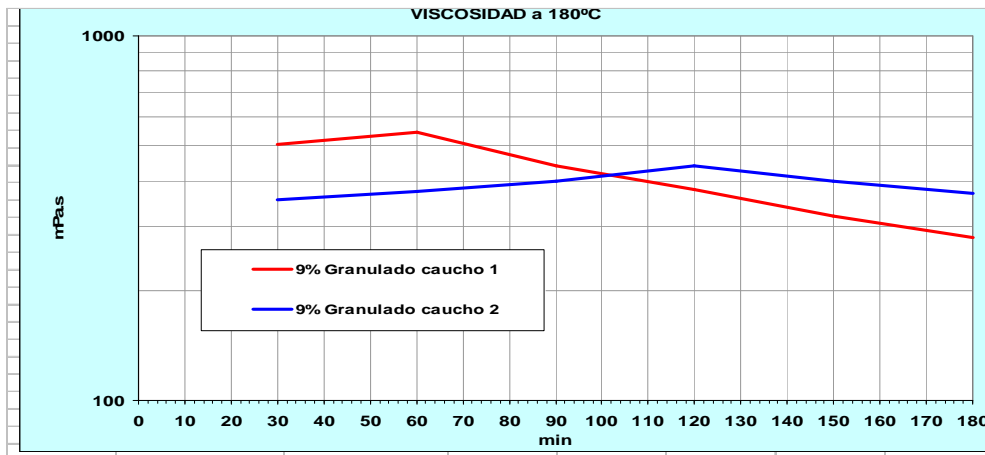
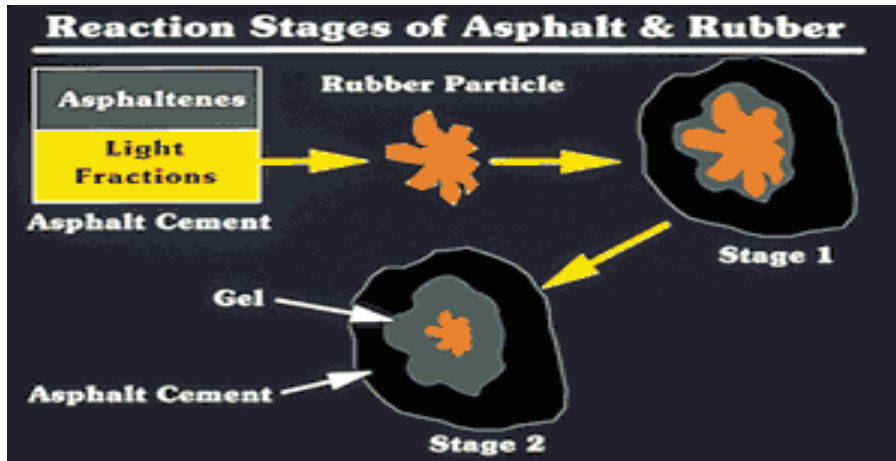
ESTABLES → Fabricación en Central

Fabricación en "in situ"

- Se suministra en la planta de fabricación de mezcla asfáltica "listo para uso", similar a los BMP
 - Una sola central puede suministrar varias plantas
 - Posibilidad de control de calidad del ligante, previo a la fabricación de la mezcla
 - Permite mayores dotaciones en la mezcla que con ligantes convencionales
 - Se pueden conseguir BC y PMB-C "estables al almacenamiento"
- ...es importante:

- Controlar la compatibilidad
- Controlar la viscosidad

FABRICACIÓN



- El polvo de caucho se adiciona al betún a una Tª de 180-190°C
- Se requiere un molino de alta cizalla
- ...y un tiempo de reacción determinado en función de formulación y materias primas.
 - BC>45 min
 - PMB-C>60 min

EFFECTOS DE LA INCORPORACIÓN DEL CAUCHO

- Aumento de la viscosidad del ligante
- Aumento del punto de reblandecimiento.
- Mejora de la elasticidad del ligante
- Mejora de la cohesión
- Mejor resistencia al envejecimiento



ESPECIFICACIONES BC (OC 21/2007)

			35/50	BC 35/50	50/70	BC 50/70	
Penetración	UNE 1426	0,1 mm	35-50	35-50	50-70	50-70	
Punto de Reblandecimiento	UNE 1427	°C	50-68	>58	46-54	>53	
Punto de Fragilidad Fraass	UNE 12593	°C	<-5	<-5	<-8	<-8	
Fuerza ductilidad 25°C	UNE 13589	J/cm2	-	>0,5	-	>0,5	
Recuperación elástica 25°C	UNE 13398	%	-	>10	-	>10	
Estabilidad al almacenamiento - UNE 13398	Diferencia Anillo y Bola	UNE 1427	°C	-	<10	-	<10
	Penetración	UNE 1426	0,1 mm	-	<8	-	<10
Solubilidad	UNE 12592	%	>99	>92	>99	>92	
Punto de inflamación	ISO 2592	°C	>240	>235	>230	>235	
Residuo del ensayo película fina y rotatoria (envejecimiento)	UNE 12607						
Variación de masa	UNE 12607	%	<0,5	<1	<0,5	<1	
Penetración retenida	UNE 1426	%	>53	>65	>53	>60	
Variación de punto de reblandecimiento	UNE 1427	°C	<11	[-4+8]	<10	[-5+10]	

ESPECIFICACIONES PMB-C (UNE- EN 14023)

MARCADO CE



DENOMINACIÓN UNE-EN 14023			PMB 10/40-70	PMB 25/55-65	PMB 45/80-60	PMB 45/80-65	PMB 45/80-75	PMB 75/130-60	
CARACTERÍSTICAS		UNE-EN	Ensayos sobre el betún original						
PENETRACIÓN A 25°C		1426	0 1 mm	10-40	25-55	45-80	45-80	45-80	75-130
PUNTO DE REBLANDECIMIENTO		1427	°C	≥ 70	≥ 65	≥ 60	≥ 65	≥ 75	≥ 60
COHESIÓN. FUERZA-DUCTILIDAD		13589 13703	J/cm²	≥ 2 a 15°C	≥ 2 a 10°C	≥ 2 a 5°C	≥ 3 a 5°C	≥ 3 a 5°C	≥ 1 a 5°C
PUNTO DE FRAGILIDAD FRAASS		12593	°C	≤ -5	≤ -7	≤ -12	≤ -15	≤ -15	≤ -15
RECUPERACIÓN ELÁSTICA A 25°C		13398	%	TBR	≥ 50	≥ 50	≥ 70	≥ 80	≥ 60
ESTABILIDAD AL ALMACENA- MIENTO (*)	DIFERENCIA DE PUNTO DE REBLANDECIMIENTO	13399 1427	°C	≤ 5	≤ 5	≤ 5	≤ 5	≤ 5	≤ 5
	DIFERENCIA DE PENETRACIÓN	13399 1426	0,1mm	≤ 9	≤ 9	≤ 9	≤ 9	≤ 13	≤ 13
PUNTO DE INFLAMACIÓN		ISO 2592	°C	≥ 235	≥ 235	≥ 235	≥ 235	≥ 235	≥ 220
			Durabilidad – Resistencia al envejecimiento UNE-EN 12607-1						
CAMBIO DE MASA		12607-1	%	≤ 0,8	≤ 0,8	≤ 1,0	≤ 1,0	≤ 1,0	≤ 1,0
PENETRACIÓN RETENIDA		1426	%	≥ 60	≥ 60	≥ 60	≥ 60	≥ 60	≥ 60
INCREMENTO DEL PUNTO DE REBLANDECIMIENTO		1427	°C	≤ 8	≤ 8	≤ 10	≤ 10	≤ 10	≤ 10
DISMINUCIÓN DEL PUNTO DE REBLANDECIMIENTO		1427	°C	≤ 5	≤ 5	≤ 5	≤ 5	≤ 5	≤ 5

TBR (To Be Reported): Valor informativo a proporcionar.

(*) Únicamente exigible a ligantes que no se fabriquen "in situ"

Cuando el polímero utilizado mayoritariamente sea polvo de caucho, al final de la denominación se añadirá una letra C mayúscula.

¿QUÉ BUSCAMOS?

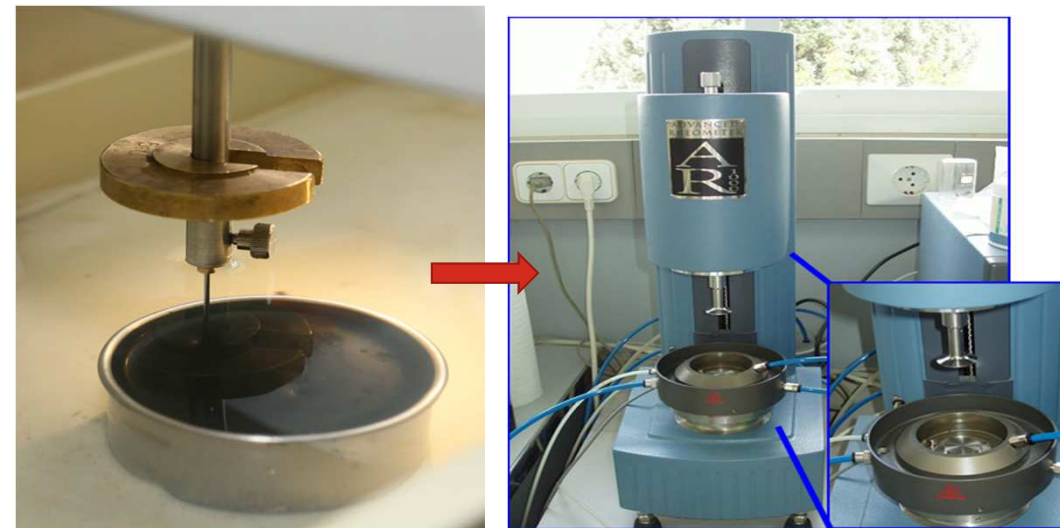
- ESTABILIDAD / HOMOGENEIDAD



- PROFUNDIZAR EN EL CONOCIMIENTO DE LOS LIGANTES
- Estudios propiedades empíricas
- Estudios reológicos



COMPROBAR EL GRADO DE MODIFICACIÓN
» **SELECCIÓN DE MATERIAS PRIMAS**



LA EXPERIENCIA DE CEPSA

BC 35/50

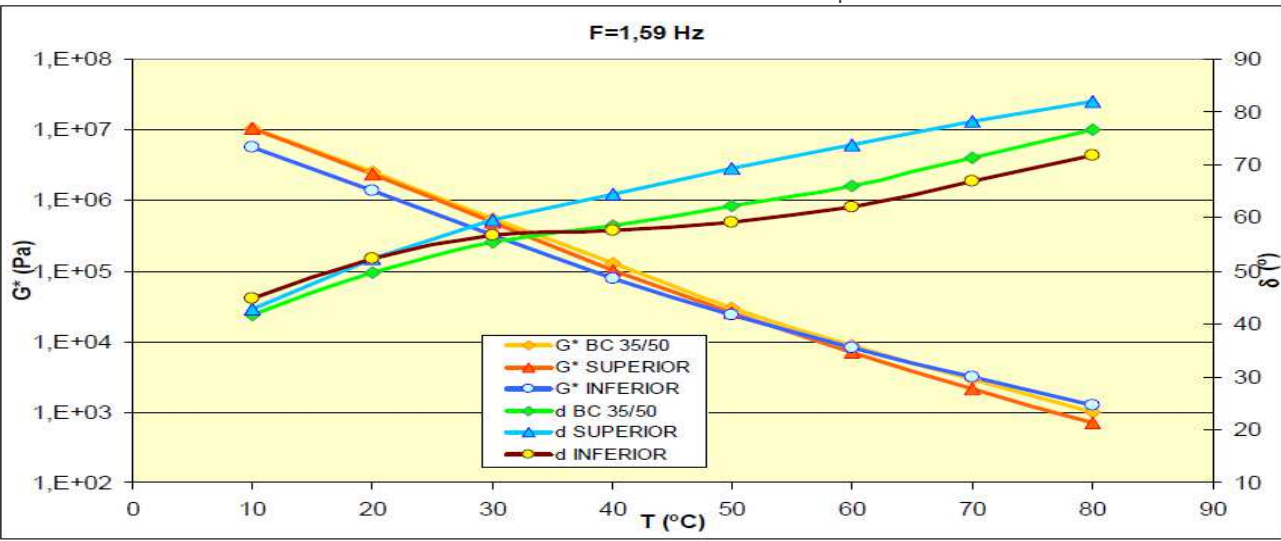
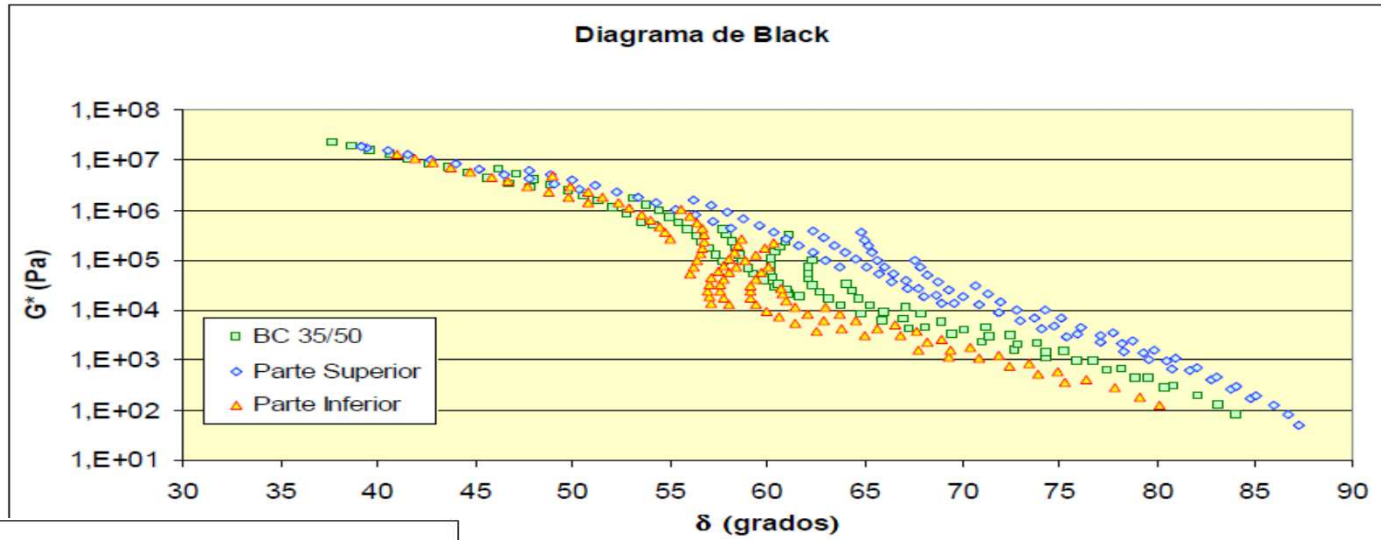
CARACTERÍSTICAS	UNIDAD	MÉTODO DE ENSAYO	BC 35/50 compatible	BC 35/50 no compatible	B 35/50
Betún original:					
* Penetración (25°C; 100 g; 5 s)	0,1 mm	NLT-124	41	43	41
* Punto de reblandecimiento (A&B)	°C	NLT-125	60,2	60,8	54,6
* Índice de penetración	-	NLT-181	0,6	0,9	-0,5
* Estabilidad al almacenamiento		NLT-328			
- Diferencia Punto Reblandecimiento	°C	NLT-125	4	5,4	-
- Diferencia Penetración (25°C)	0,1 mm	NLT-124	7	5	-
* Recuperación elástica (25°C; torsión)	%	NLT-329	34	21	-
* Viscosidad Brookfield	mPa.s	UNE 13302			
@ 135 °C			1415	1625	700
@ 150 °C			650	695	250
@ 175 °C			210	255	100

CARACTERÍSTICAS	UNIDAD	MÉTODO DE ENSAYO	BC 35/50 compatible	Parte inferior	Parte superior	B 35/50
Betún original:						
* Penetración (25°C; 100 g; 5 s)	0,1 mm	NLT-124	41	49	45	41
* Punto de reblandecimiento (A&B)	°C	NLT-125	60,2	64,2	59,2	54,6
* Índice de penetración	-	NLT-181	0,6	1,5	0,6	-0,5
* Recuperación elástica (25°C; torsión)	%	NLT-329	34	42	25	-
* Viscosidad Brookfield	mPa.s	UNE 13302				
@ 135 °C			1415	7100	885	700
@ 150 °C			650	4000	445	250
@ 175 °C			210	1510	150	100



LA EXPERIENCIA DE CEPSA

BC 35/50



LA EXPERIENCIA DE CEPSA

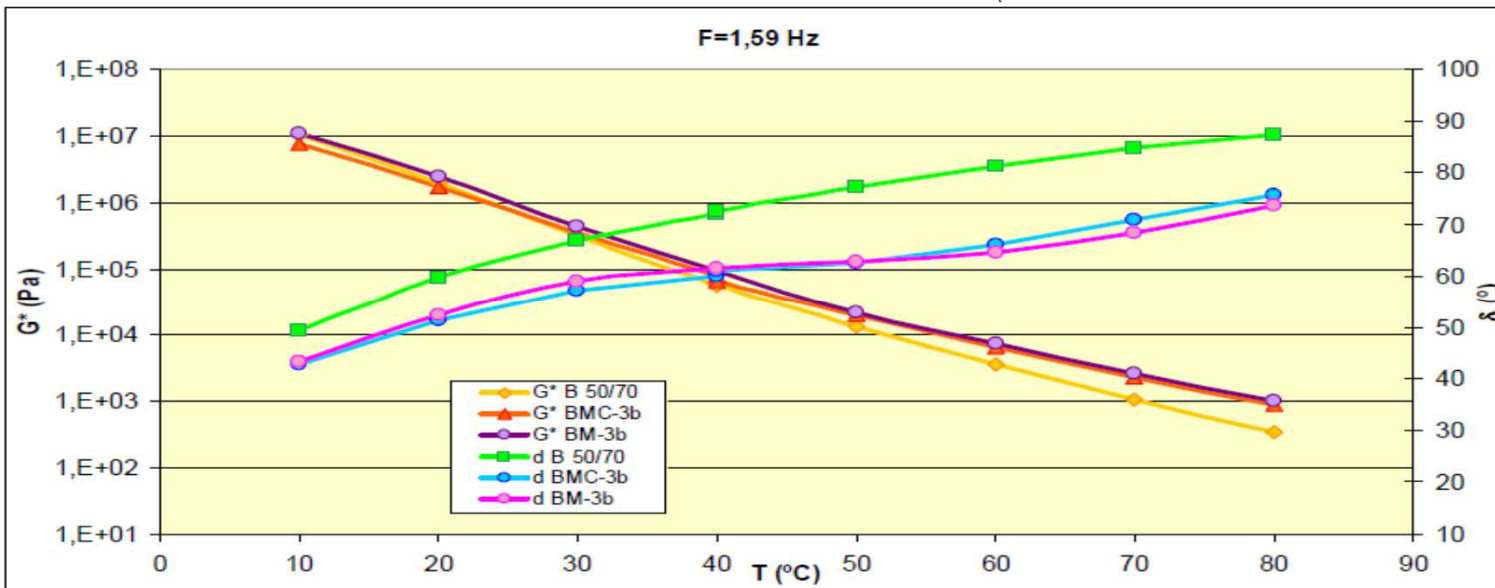
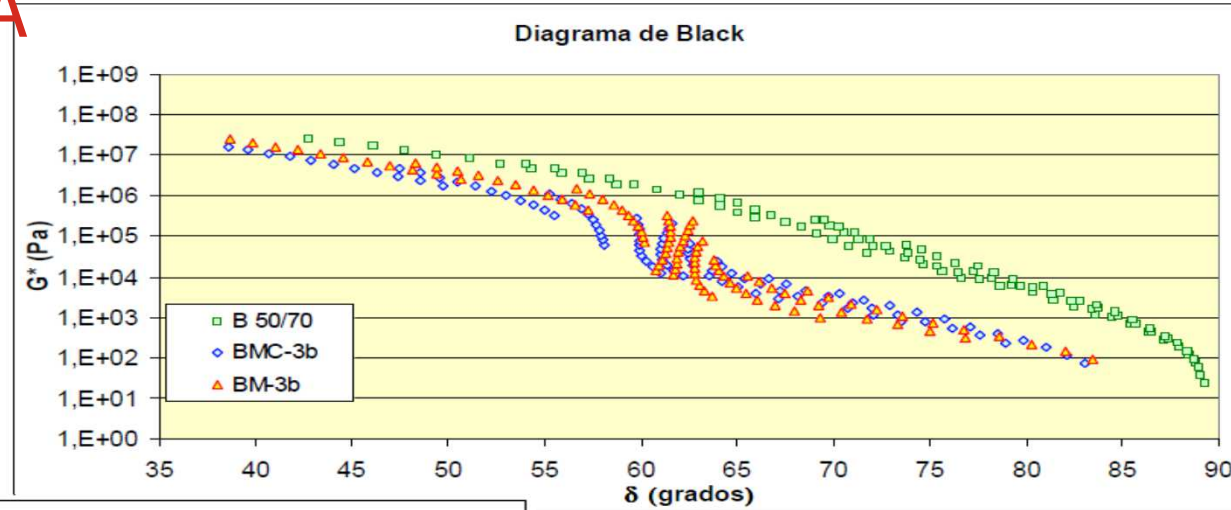
PMB-C 40/80-60 (BM3-b)

CARACTERÍSTICAS	UNIDAD	MÉTODO DE ENSAYO	BMC-3b	BM-3b	B 50/70
Betún original:					
* Penetración (25°C; 100 g; 5 s)	0,1 mm	NLT-124	55	57	60
* Punto de reblandecimiento (A&B)	°C	NLT-125	60	60	51,7
* Índice de penetración	-	NLT-181	1,3	1,4	-0,3
* Estabilidad al almacenamiento		NLT-328			
- Diferencia Punto Reblandecimiento	°C	NLT-125	4	0,4	-
- Diferencia Penetración (25°C)	0,1 mm	NLT-124	9	1	-
* Recuperación elástica (25°C; torsión)	%	NLT-329	50	69	-



LA EXPERIENCIA DE CEPSA

PMB-C 40/80-60 (BM3-b)



LA EXPERIENCIA DE CEPSA

- ¿QUÉ APRENDIMOS?

- Es importante garantizar la **homogeneidad** del producto, mediante la selección de materias primas y/o disposición de medios adecuados (agitación)
- La dispersión del NFU en betún es costosa → altas temperaturas y aditivos

- Influencia del tipo de caucho

- Trituración ambiental
- Tamaños finos de partícula
- A mayor caucho natural mayor compatibilidad

POLVO NFU	Compatible	No compatible
Tamaño máximo (mm)	0,5	0,8
Composición (%)	100% NFU camión	% NFU de camión + turismo
Contenido de caucho natural (%)	36	30
Contenido de textiles (%)	< 0,2	< 0,5

- La caracterización reológica aporta **mucha información** sobre el comportamiento viscoelástico de estos betunes.
- Los BC presentan **propiedades reológicas superiores** a las de los betunes convencionales de penetración similar.
- Los BMC alcanzan **propiedades similares** a los PMB equivalentes, aunque tienen mayor viscosidad. No obstante, puede ser necesario añadir polímeros sintéticos, en algunos casos, para cumplir especificaciones.

PROYECTO EUREKA- POWDER-ROAD

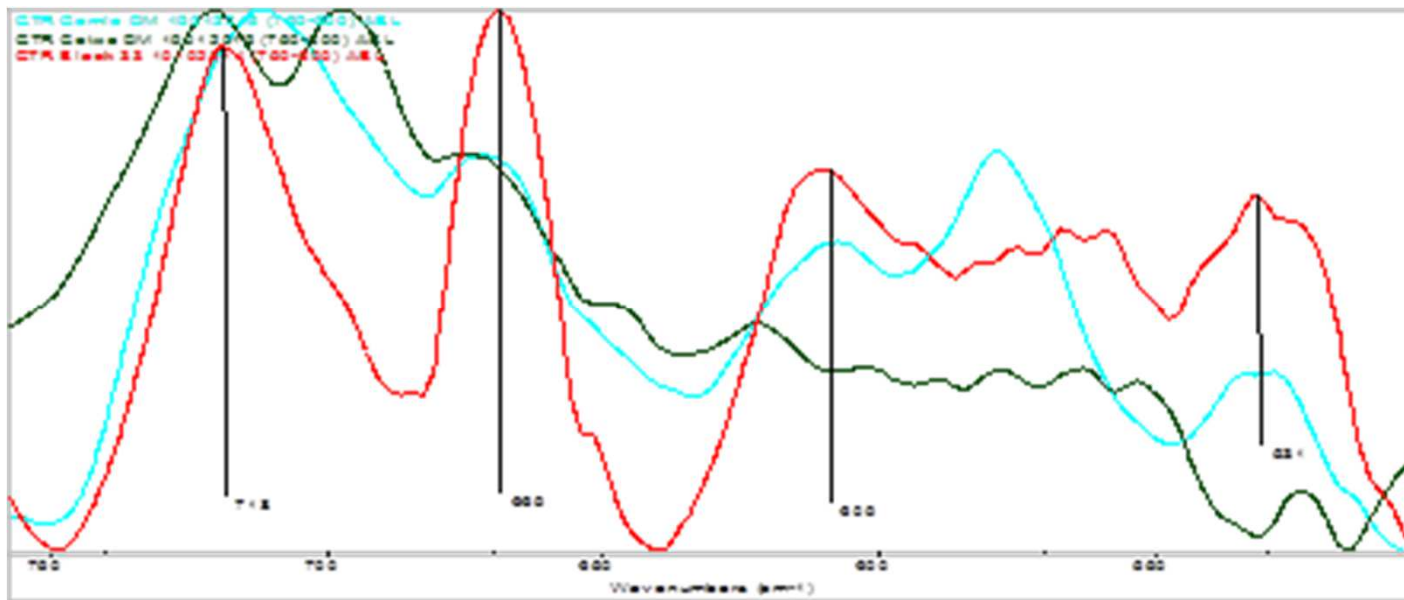
- OBJETIVOS:
- Desarrollar proceso de obtención de polvo de caucho mejorado con los que obtener betunes caucho de alta calidad. Mejorar la aplicación del neumático de turismo con buen rendimiento energético.
- Ligantes BC y BMC con menores viscosidades, que permitan disminuir la temperatura de fabricación de la mezcla entre 8 y 16°C, sin comprometer la homogeneidad y estabilidad del producto.
- Diseñar mezclas asfálticas en las que aprovechar estas propiedades mejoradas de estos ligantes.



PROYECTO EUREKA- POWDER-ROAD

RESULTADOS:

- Mediante una nueva tecnología de reactivado mecánico del polvo de NFU se producen cambios estructurales y morfológicos en el caucho.
- Este cambio afecta más al neumático de coche.



Caracterización mediante FTIR

PROYECTO EUREKA- POWDER-ROAD

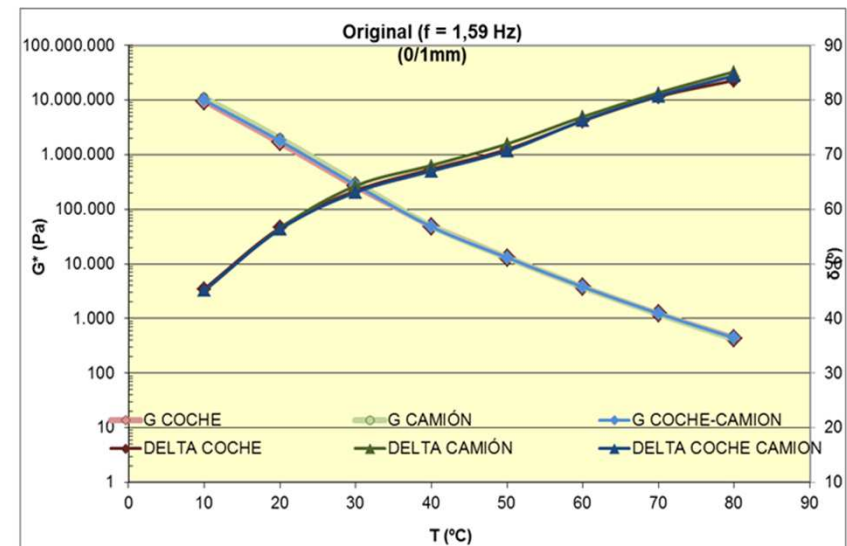


RESULTADOS:

- **El neumático de camión sigue teniendo mejor comportamiento en cuanto a recuperación elástica** siendo más indicado para PMB-C
- Sin embargo, **el neumático de turismo da también buenos resultados**, especialmente en BC, incluso prescindiendo de aditivos compatibilizantes
- Se han tenido **buenos resultados** con granulometrías de caucho de **hasta 1mm** de tamaño máximo del polvo de NFU.



Microfotografías ópticas de muestras de polvo de caucho reactivado de coche.



CONCLUSIONES

- Cabe esperar un buen comportamiento de los betunes caucho en la carretera tanto desde el punto de vista técnico como medioambiental.
- Los ligantes BC presentan propiedades mejoradas respecto a los betunes convencionales. Los ligantes modificados con caucho pueden presentar propiedades similares a los modificados con polímeros
- El control de las materias primas es muy importante para definir el producto, así como el proceso de fabricación (vía húmeda) del betún caucho.
- En los betunes caucho, vez conseguidas las propiedades necesarias, son variables críticas la estabilidad del producto y las temperaturas de empleo, según su viscosidad.
- Se sigue investigando y mejorando en los procesos de fabricación de NFU y sus aplicaciones en ligantes para conseguir aún mejores materiales.

Gracias

Toledo, 30 de noviembre de 2016



marimar.colas@cepsa.com
[@MarColVic](https://twitter.com/MarColVic)

