

Dirección Técnica

Las Palmas, 11 de diciembre de 2012

**Betunes Caucho
fabricados en central.
La experiencia de
PROAS**



**PRODUCTOS
ASFÁLTICOS S.A.**

Vicente Pérez Mena

ÍNDICE

- INTRODUCCIÓN
- LA EXPERIENCIA DE PROAS
- FABRICACIÓN, TRANSPORTE Y USO DEL BETÚN CAUCHO
- EXPERIENCIAS EN OBRA
- CONCLUSIONES

Introducción...

- Via seca. Consiste en la incorporación del polvo de caucho directamente en la amasadora de la central de fabricación de la mezcla bituminosa. El producto resultante es una mezcla bituminosa modificada.
- Via 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 < 10%.
- » PMB C → caucho < 15%
- » BMAVC → caucho ≈ 20%

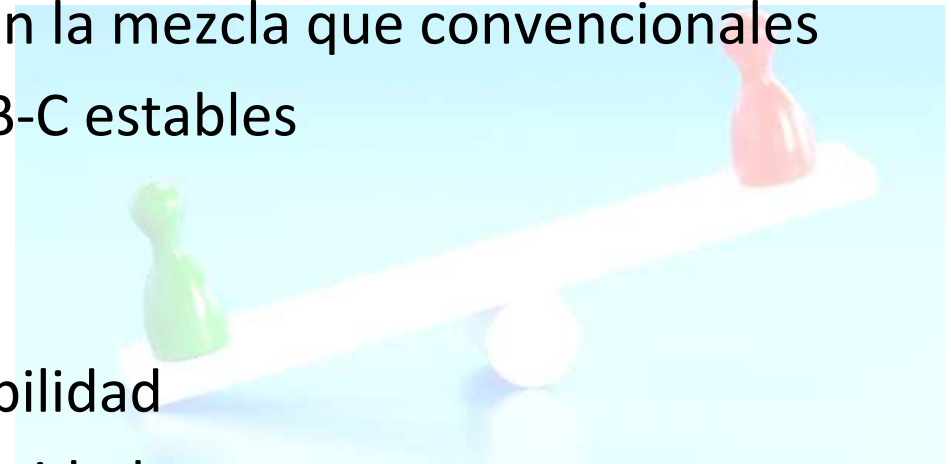
ESTABLES → Fabricación en Central

Vía húmeda

- Se suministra en la planta asfáltica “listo para uso”
- Una sola central puede suministrar varias plantas
- Posibilidad de control de calidad previo a la fabricación de la mezcla
- Permite mayores dotaciones en la mezcla que convencionales
- Se pueden conseguir BC y PMB-C estables

...es importante:

- Controlar la estabilidad
- Controlar la viscosidad



LA EXPERIENCIA DE PROAS

- ¿QUÉ BUSCAMOS?
 - » ESTABILIDAD / HOMOGENEIDAD



- » COMPROBAR MODIFICACIÓN
- » MATERIAS PRIMAS

LA EXPERIENCIA DE PROAS

- ¿QUÉ HICIMOS?
 - » Estudios propiedades empíricas
 - » Estudios reológicos



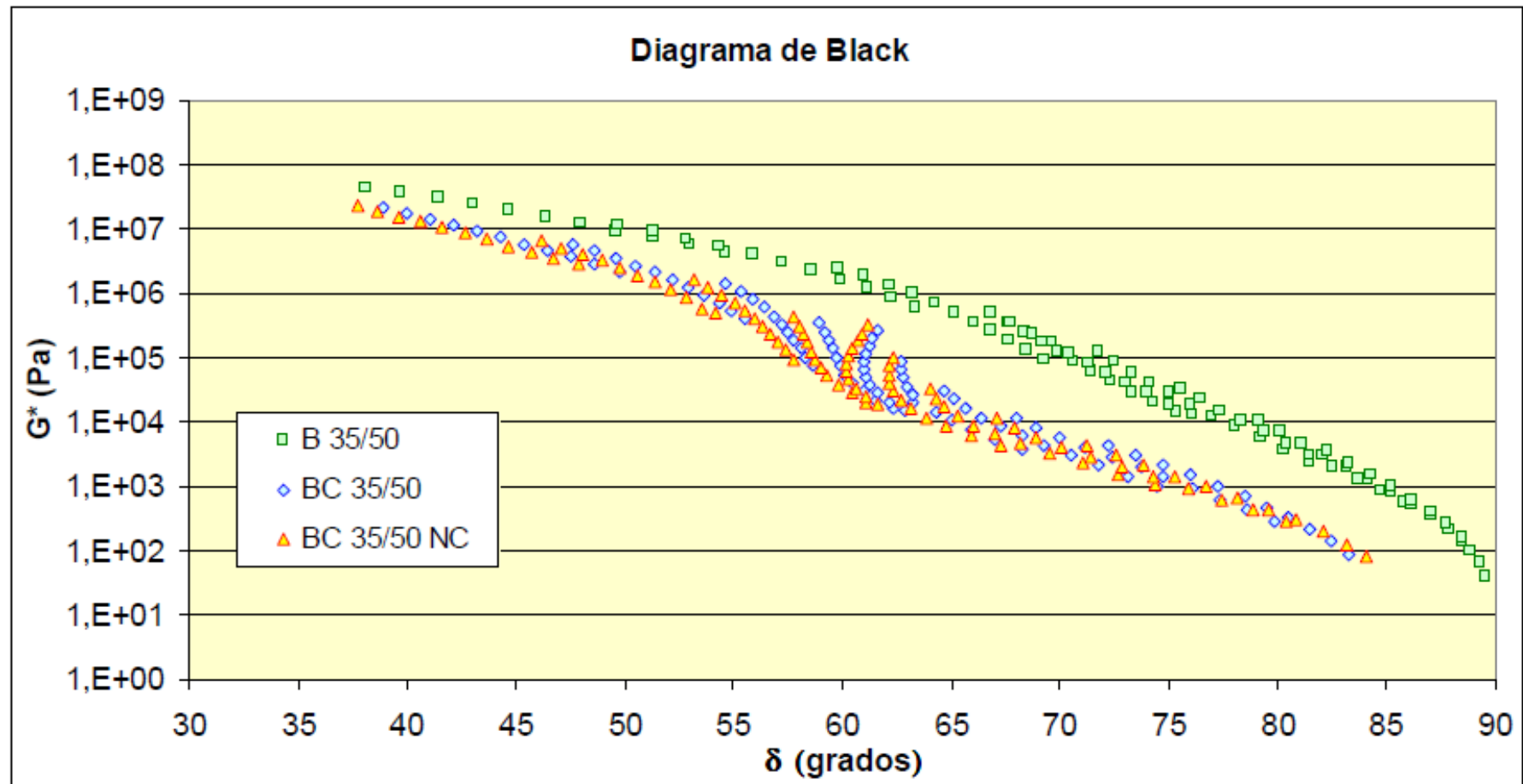
LA EXPERIENCIA DE PROAS

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

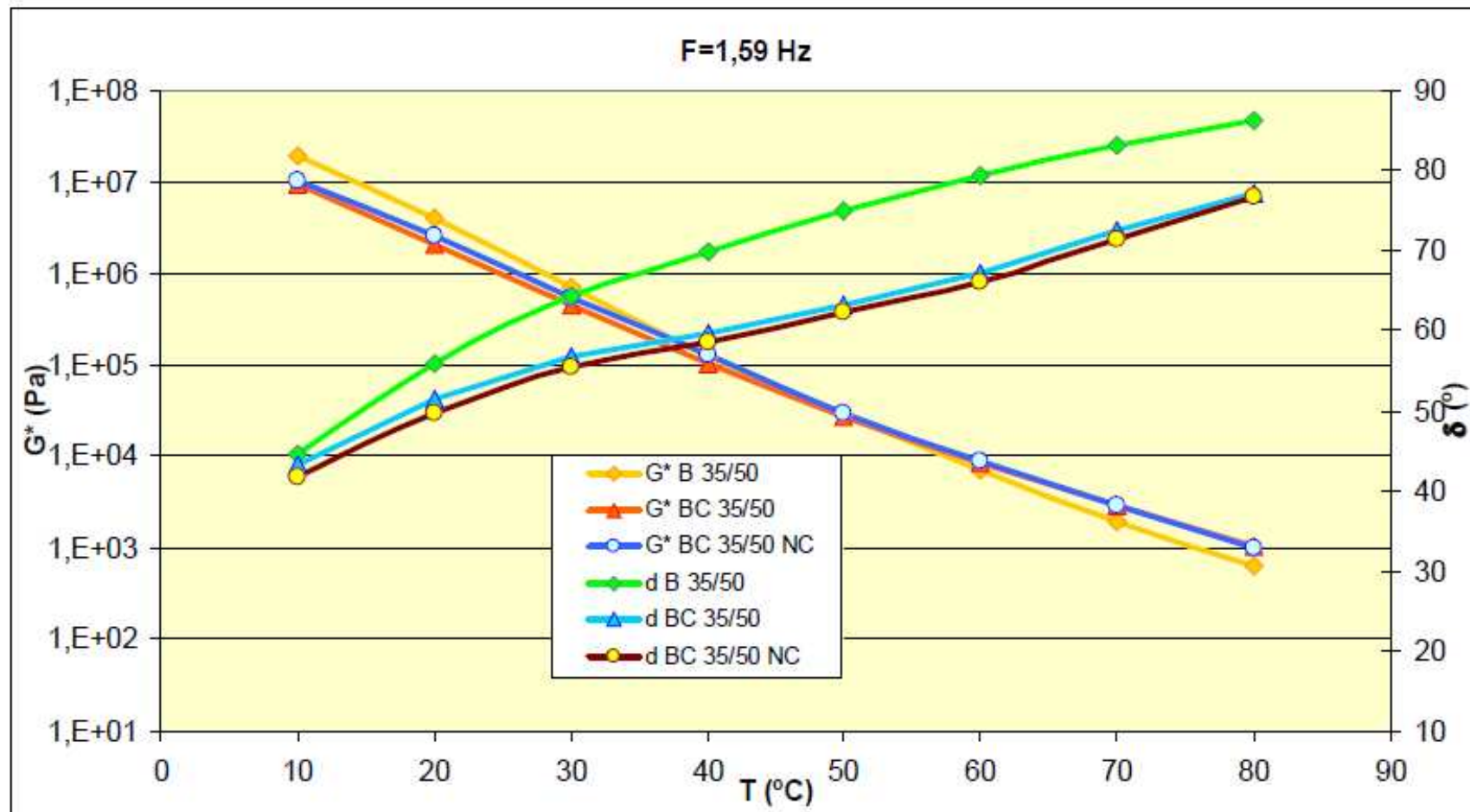
LA EXPERIENCIA DE PROAS

BC 35/50



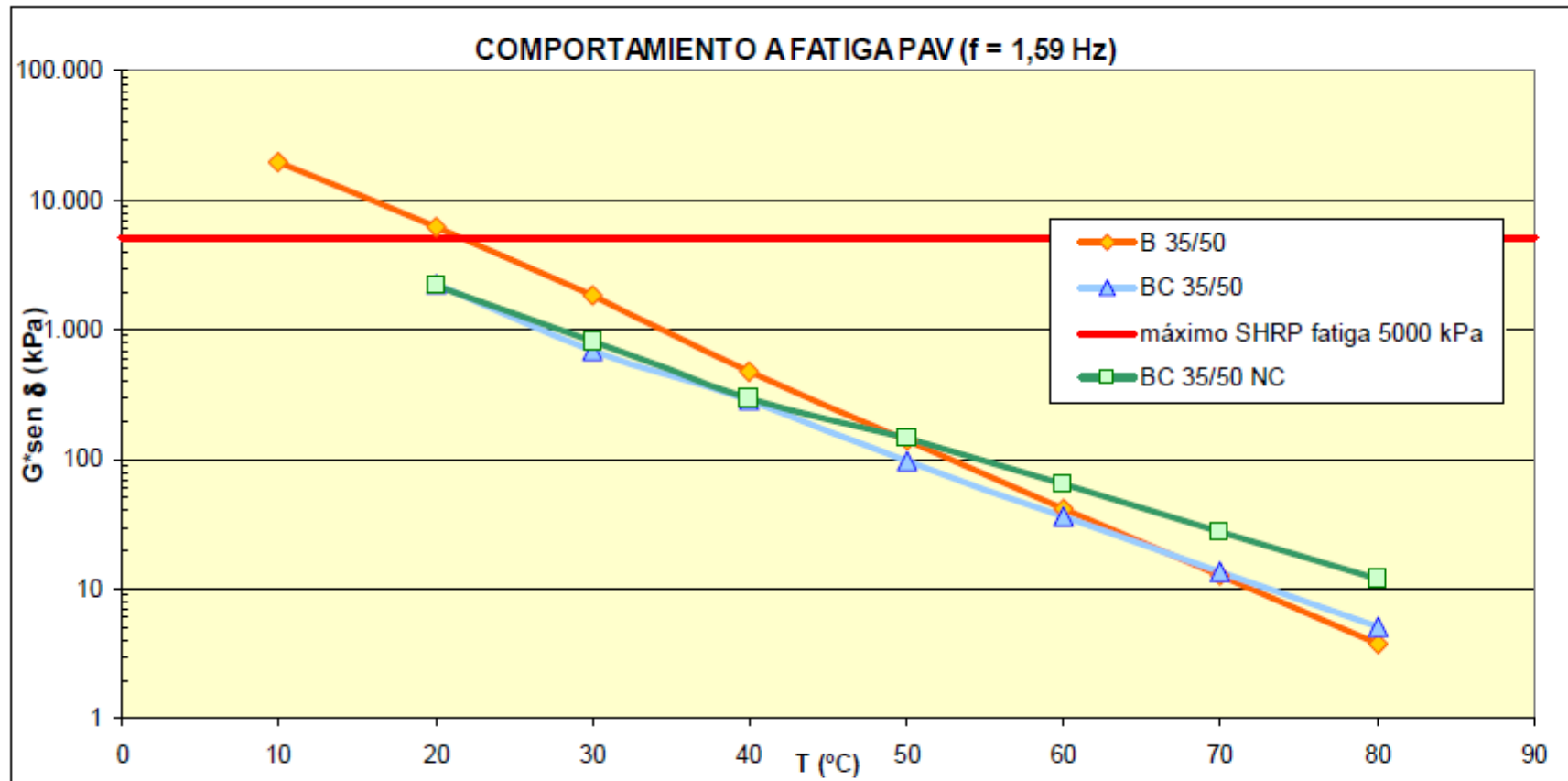
LA EXPERIENCIA DE PROAS

BC 35/50



LA EXPERIENCIA DE PROAS

BC 35/50



Comportamiento a fatiga de los ligantes tras RTFOT y PAV

LA EXPERIENCIA DE PROAS

BC 35/50

	B 35/50	BC 35/50 compatible	BC 35/50 no compatible
Temperatura @ $G^* \sin \delta = 5000$ kPa (°C)	21,4	11,3	8,8

Temperatura mínima de fatiga según SHRP

	B 35/50	BC 35/50 compatible	BC 35/50 no compatible
Temperatura @ $S=300$ Mpa y $m=0,3$ (°C)	-10	-16	-14

Temperatura mínima de fisuración térmica según SHRP

	B 35/50	BC 35/50 compatible	BC 35/50 no compatible
GRADO PG	70-16	76-22	76-22

Grado PG de los ligantes

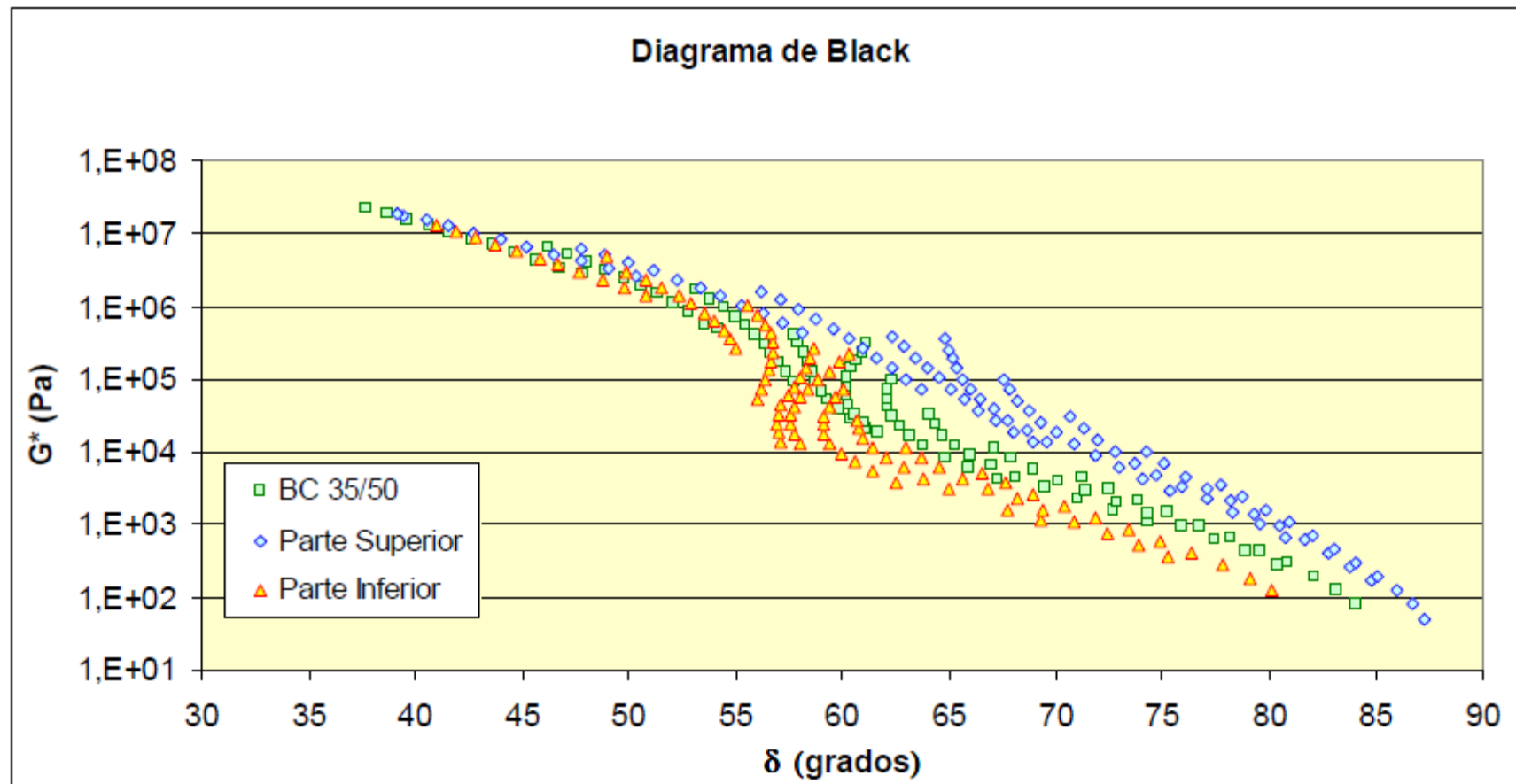
LA EXPERIENCIA DE PROAS

BC 35/50

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

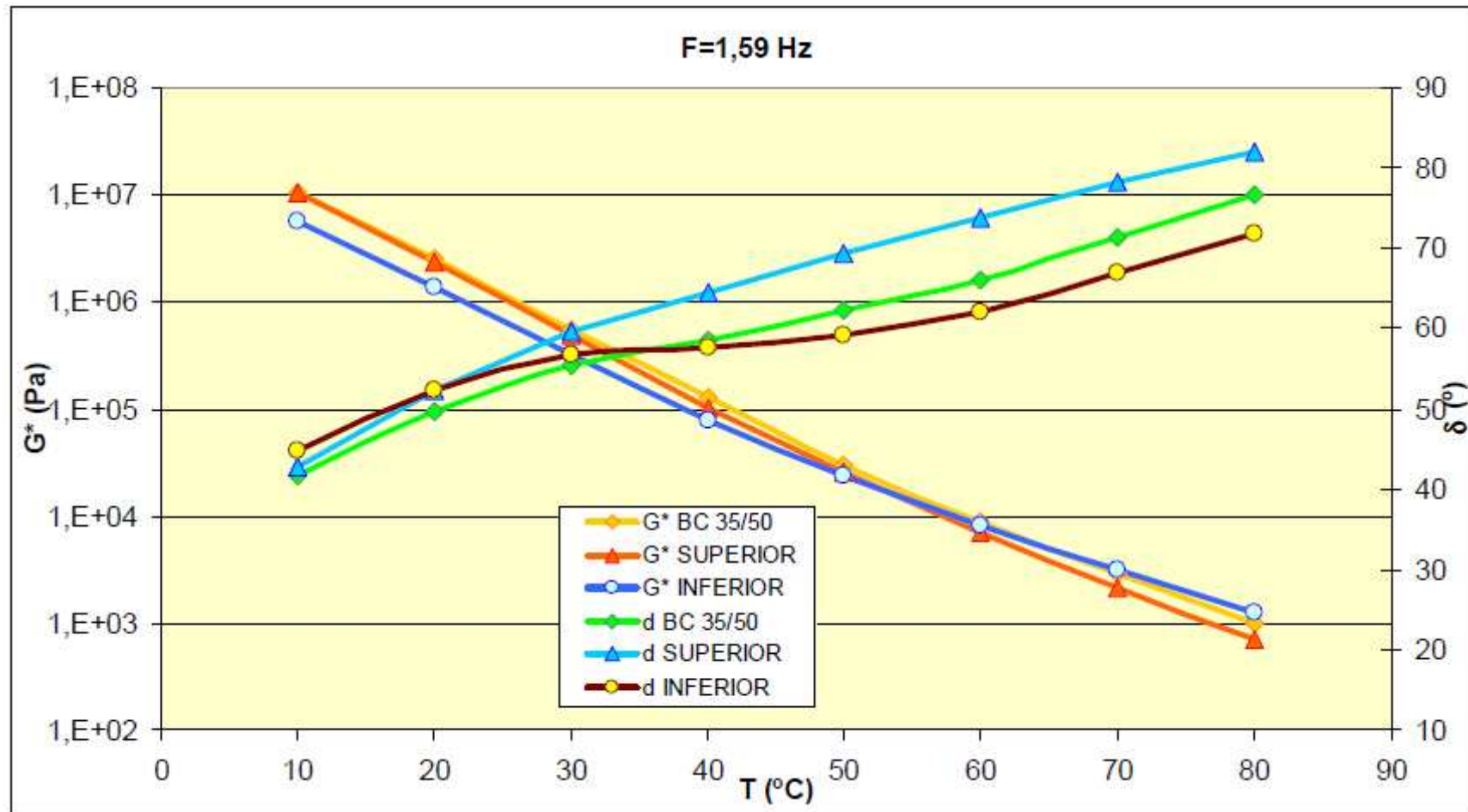
LA EXPERIENCIA DE PROAS

BC 35/50



LA EXPERIENCIA DE PROAS

BC 35/50





LA EXPERIENCIA DE PROAS

BC 35/50

	BC 35/50 compatible	Parte inferior	BMC-3c	Parte superior	B 35/50
GRADO PG	76-22	82-22	82-28	76-16	70-16

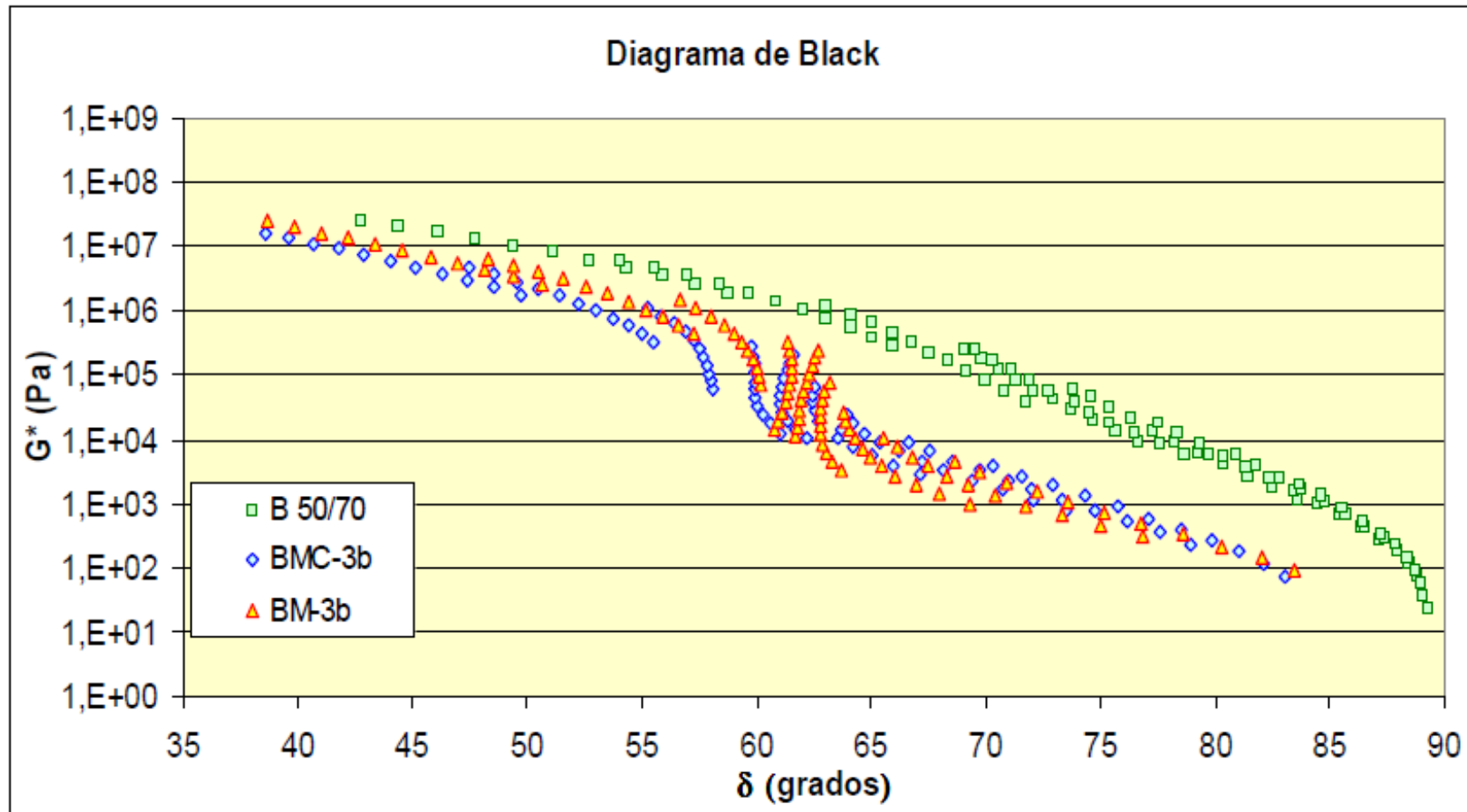
LA EXPERIENCIA DE PROAS

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	-

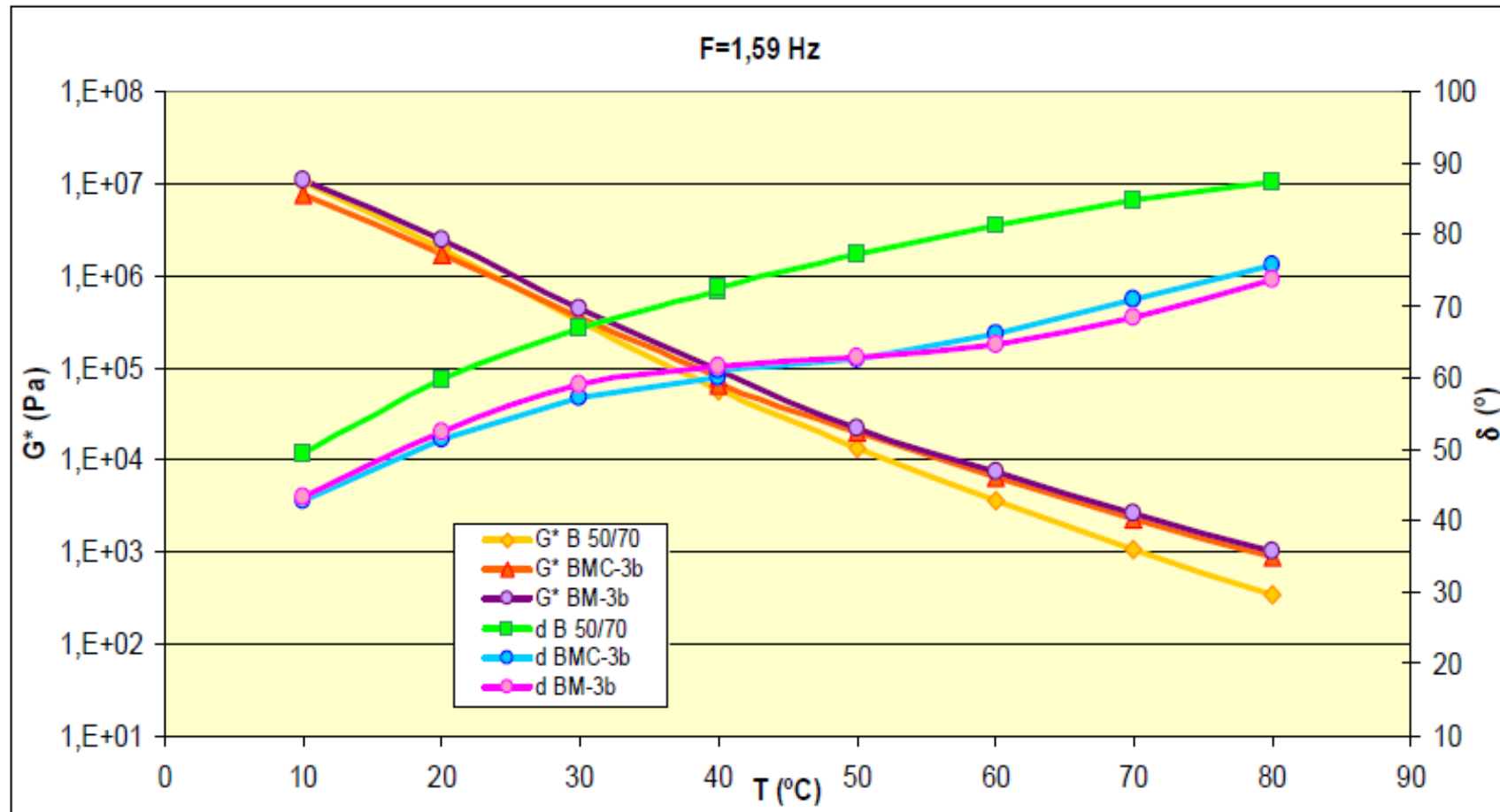
LA EXPERIENCIA DE PROAS

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



LA EXPERIENCIA DE PROAS

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



LA EXPERIENCIA DE PROAS

- ¿QUÉ APRENDIMOS?
 - La dispersión en betún es costosa → altas temperaturas y posiblemente aditivos que faciliten la incorporación al betún

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

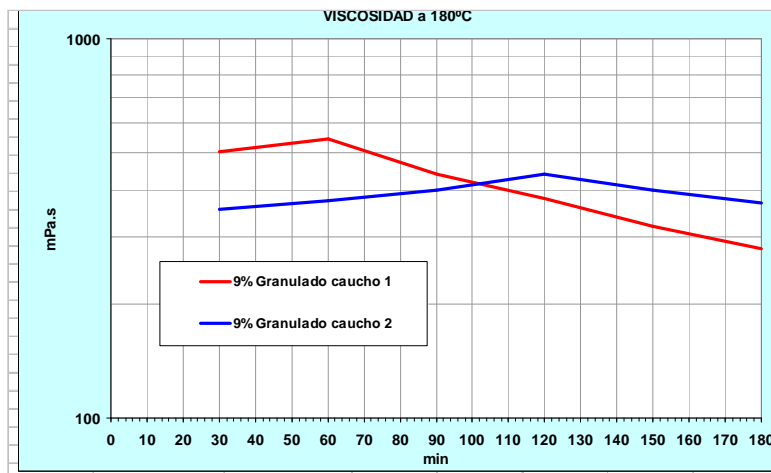
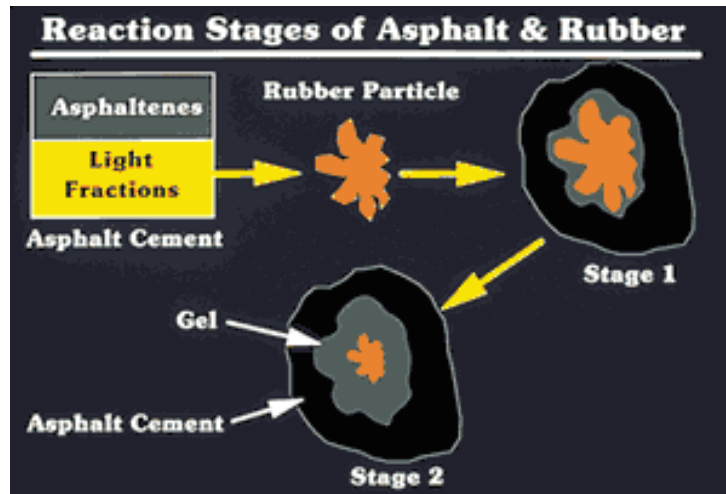
 - Las viscosidades alcanzadas son admisibles

LA EXPERIENCIA DE PROAS

- ¿QUÉ APRENDIMOS?
 - La caracterización reológica aporta mucha información sobre el comportamiento viscoelástico de estos betunes
 - Todos los betunes BC estudiados presentan **propiedades reológicas superiores** a las de los betunes convencionales de penetración similar
 - Al comparar con BMP, se alcanzan propiedades similares. ***Si bien no cumplen fuerza-ductilidad a 5º.*** Puede ser necesario añadir polímeros sintéticos
 - Es importante garantizar la homogeneidad del producto, mediante la selección de materias primas y/o disposición de medios adecuados (agitación)

FABRICACIÓN, TRANSPORTE Y USO

FABRICACIÓN

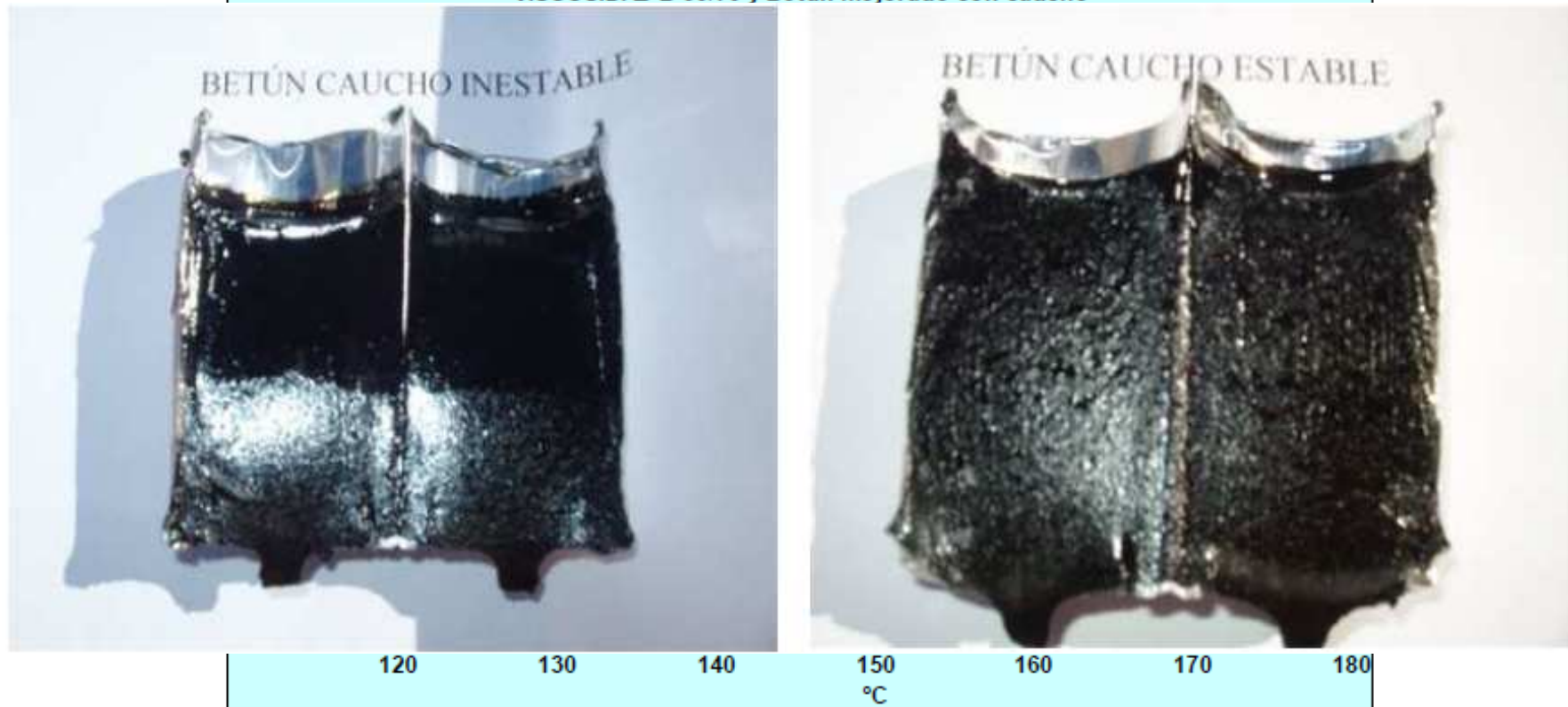


- El polvo de caucho se adiciona al betún a una Tª de 180-190°C
- Se requiere un molino de alta cizalla
- ...y un tiempo de reacción determinado en función de formulación y materias primas.
 - BC>45 min
 - BMC>60 min

FABRICACIÓN, TRANSPORTE Y USO

FABRICACIÓN

VISCOSIDAD B 60/70 y Betún mejorado con caucho



FABRICACIÓN, TRANSPORTE Y USO

ALMACENAMIENTO Y TRANSPORTE

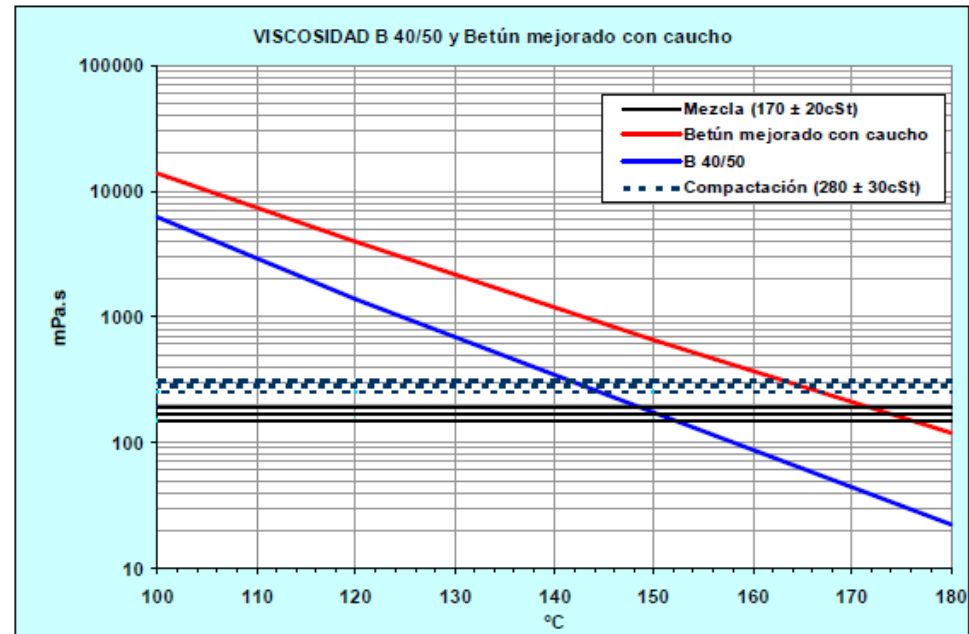
- Tanques calorífugos de eje vertical con sistema de calefacción de recubrimiento exterior
- Recirculación y agitación eficaz
- Toma de muestras superior e inferior
- Tiempo de almacenamiento < 72h
- Temperatura de almacenamiento > 160°

- Cisternas:
 - Calorífugas
 - Capaces de calentar
 - Toma de muestras

FABRICACIÓN, TRANSPORTE Y USO

FABRICACIÓN DE MEZCLA Y PUESTA EN OBRA

- Posibilidad de aumentar contenidos de betún
- Control de temperaturas recomendadas
- Transporte a obra, extendido y compactación convencional, a mayor T^a



EXPERIENCIAS EN OBRA

S-12 CON PMB 25/65-65 (BMC-2)

Junio 2006

Contenido de ligante 5%

75 golpes por cara



	B35/50	BMC-2	Especificaciones PG3 para T00 y T0
Estabilidad (KN)	15,7	15,4	> 15
Deformación (mm.)	2,6	2,4	2-3
Densidad s.s.s (g/cm ³)	2,372	2,368	-
Huecos mezcla (%)	5,2	5,6	4-6
Huecos áridos (%)	16,2	8,6	> 15

EXPERIENCIAS EN OBRA

S-12 CON PMB 25/65-65 (BMC-2)

ENSAYO DE INMERSIÓN-COMPRESIÓN

- Con 0,3% menos de ligante (4,7% s/a) para asegurar el comportamiento de la mezcla a la acción de agua.
- Las probetas se mantuvieron en inmersión durante 24 horas en agua a 60°C

	B35/50	BMC-2	Especificación PG3
Resistencia en seco (Kg/cm ²)	61	58	
Resistencia tras inmersión (Kg/cm ²)	53	50	
Resistencia conservada (%)	87	86	> 75%
Densidad s.s.s. (g/cm ³)	2,340	2,330	

EXPERIENCIAS EN OBRA

S-12 CON PMB 25/65-65 (BMC-2)

ENSAYO EN PISTA DE LABORATORIO

Para asegurar el comportamiento de la mezcla a la acción de las roderas, se realizó el ensayo con un 0,3% más de ligante (5,3% s/a).

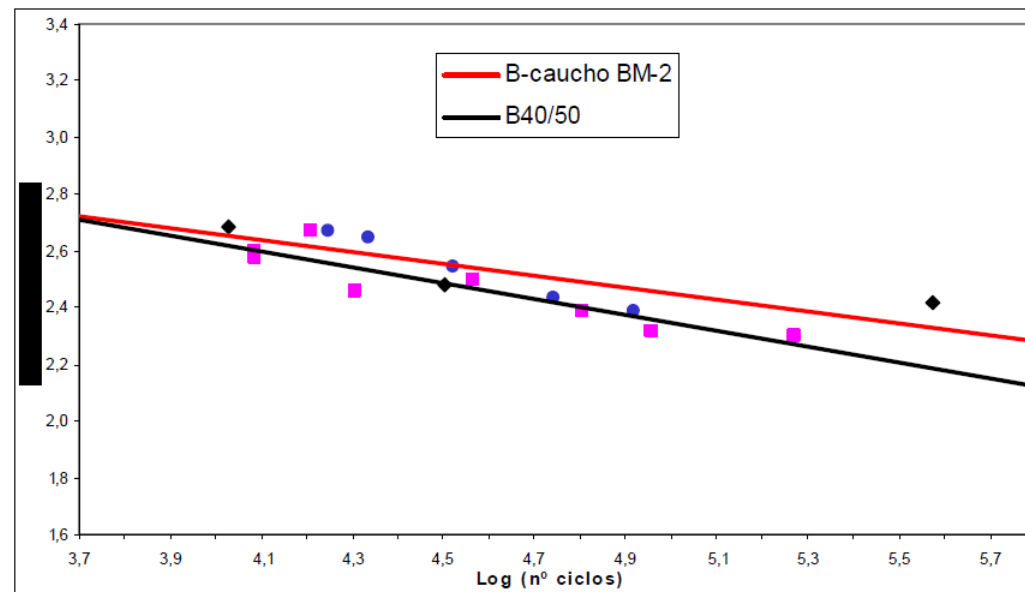
	B35/50	BMC-2	Especificación PG-3 para T00 y T0
$V_{105-120}$ (mm/min.)	$2,35 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-3}$	$< 15 \cdot 10^{-3}$
Deformación total (mm)	0,93	0,87	

EXPERIENCIAS EN OBRA

S-12 CON PMB 25/65-65 (BMC-2)

MÓDULO DINÁMICO Y FATIGA

	B35/50	BMC 35/50
<i>Módulo dinámico (MPa)</i>	8120	6730
Angulo de fase (°)	17,0	18,2



EXPERIENCIAS EN OBRA

BBTM 11A (F-10) CON PMB-C 40/80-60 (BMC-3b)

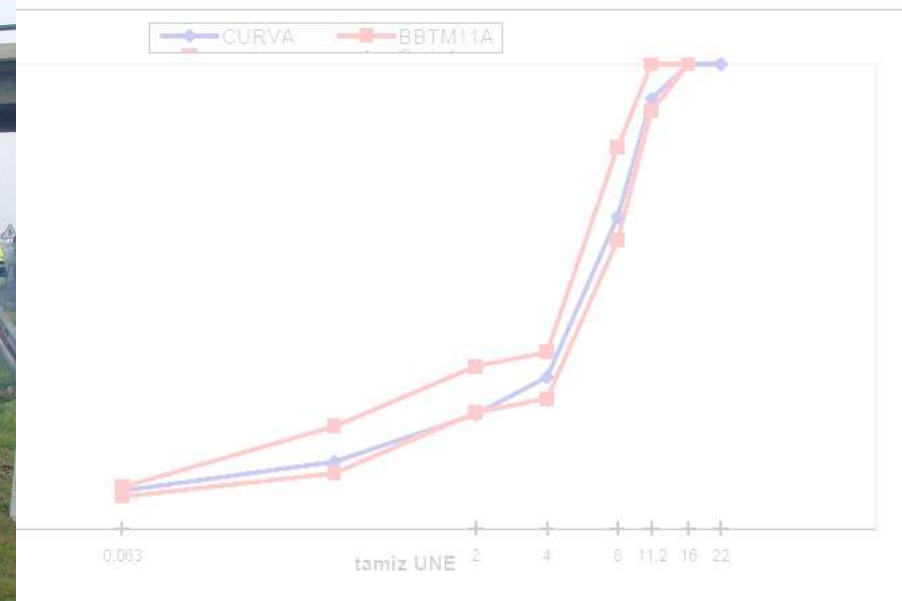
Julio 2009- Varias en Galicia

- Análisis granulométrico.
- Adhesividad Proas.
- Densidad relativa de áridos.
- Ensayo Marshall
- Ensayo de escurrimiento de mezclas abiertas.
- Ensayo de sensibilidad al agua (marcado CE mezclas).

TAMIZ UNE	CURVA
22	100

BBTM11A

100	100
90	100
62	82
28	38
25	35
12	22
7	9



EXPERIENCIAS EN OBRA

BBTM 11A (F-10) CON PMB-C 40/80-60 (BMC-3b)

Julio 2009- Varias en Galicia

Ensayo	Resultado
Contenido de ligante:	5,6% s/a
Adhesividad PROAS sobre 6/12	
60°:	100%
Ebullición:	>80%
Marshall	
Estabilidad:	11,2 KN
Densidad:	2,368 g/cm ³
Densidad máxima teórica:	2,474 g/cm ³
Huecos en mezcla:	4,3%
Sensibilidad al agua (15°C):	
R. tracción indirecta en seco:	1,352 Mpa
R. tracción indirecta tras inmersión:	1,20 Mpa
ITSR:	89%
Escurecimiento	
Contenido ligante ensayo:	6% s/a
Resultado a 190°C:	Escurecimiento nulo

Muestras de obra:

Ensayo	Resultado
Contenido de ligante:	5% s/a
Marshall	
Estabilidad:	10.05 KN
Densidad:	2,405 g/cm ³
Sensibilidad al agua (15°C):	
R. tracción indirecta en seco:	1,768 Mpa
R. tracción indirecta tras inmersión:	1,55 Mpa
ITSR:	88%

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 BMC presentan propiedades similares a los BMP
- El efecto de las materias primas es muy importante para definir el proceso
- Una vez conseguidas las propiedades necesarias, son clave el control de la estabilidad y temperaturas

Gracias

Las Palmas, 11 de Diciembre de 2012

