



Mezclas bituminosas con polvo de neumático. Una solución técnica y ambiental.

SIGNUS

SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN DE NEUMÁTICOS USADOS



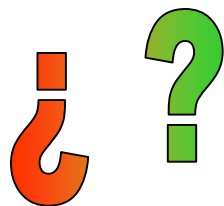
Las Palmas, 11 de diciembre de 2012



MODIFICACIÓN DE BETUNES CON CAUCHO POR VÍA HÚMEDA EJEMPLOS DE OBRAS EN ESPAÑA CON LA TECNOLOGÍA DE FABRICACIÓN IN SITU

Prof. Juan Gallego Medina
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID
juan.gallego@upm.es







FABRICACIÓN CON CAUCHO POR VÍA SECA O HÚMEDA:



VÍA SECA

SE INCORPORA EL CAUCHO DIRECTAMENTE EN LA MEZCLA BITUMINOSA, **DURANTE EL AMASADO**



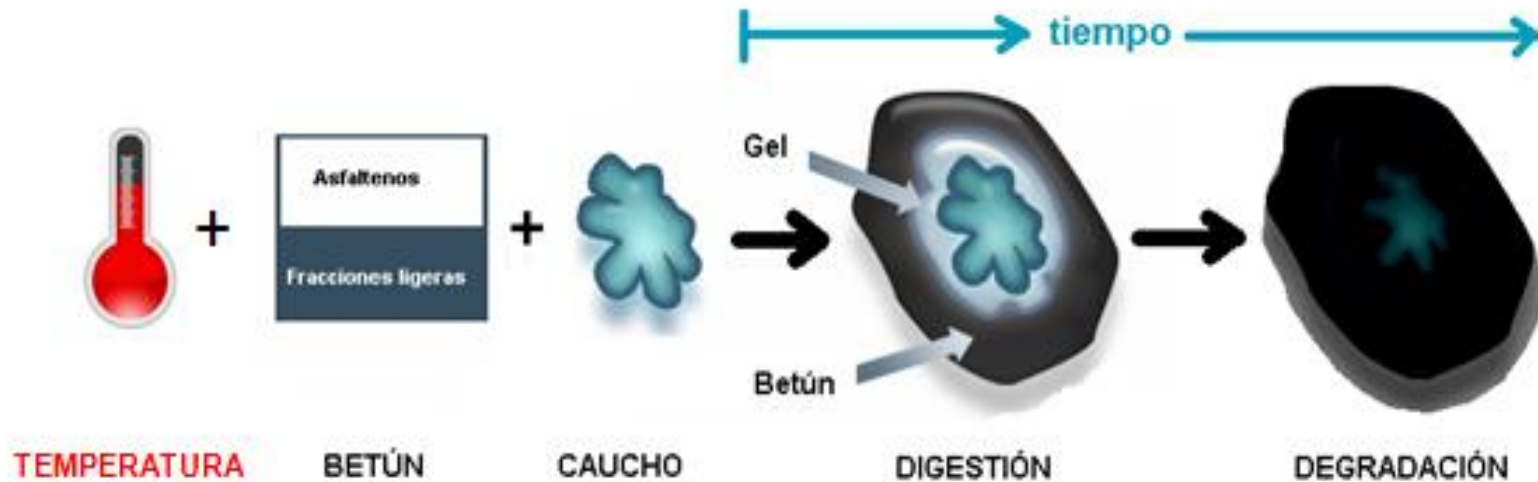
VÍA HÚMEDA

SE FABRICA UN **BETÚN-CAUCHO** QUE DESPUÉS SE UTILIZA EN LA FABRICACIÓN DE UNA MEZCLA BITUMINOSA

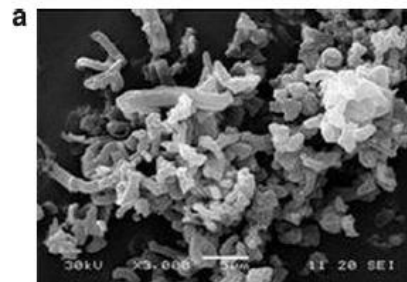




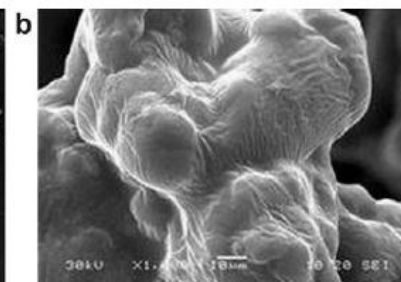
DIGESTIÓN DEL CAUCHO EN EL BETÚN ASFÁLTICO



Imágenes con el
microscopio
electrónico de
barrido



Antes de mezclarse
con betún



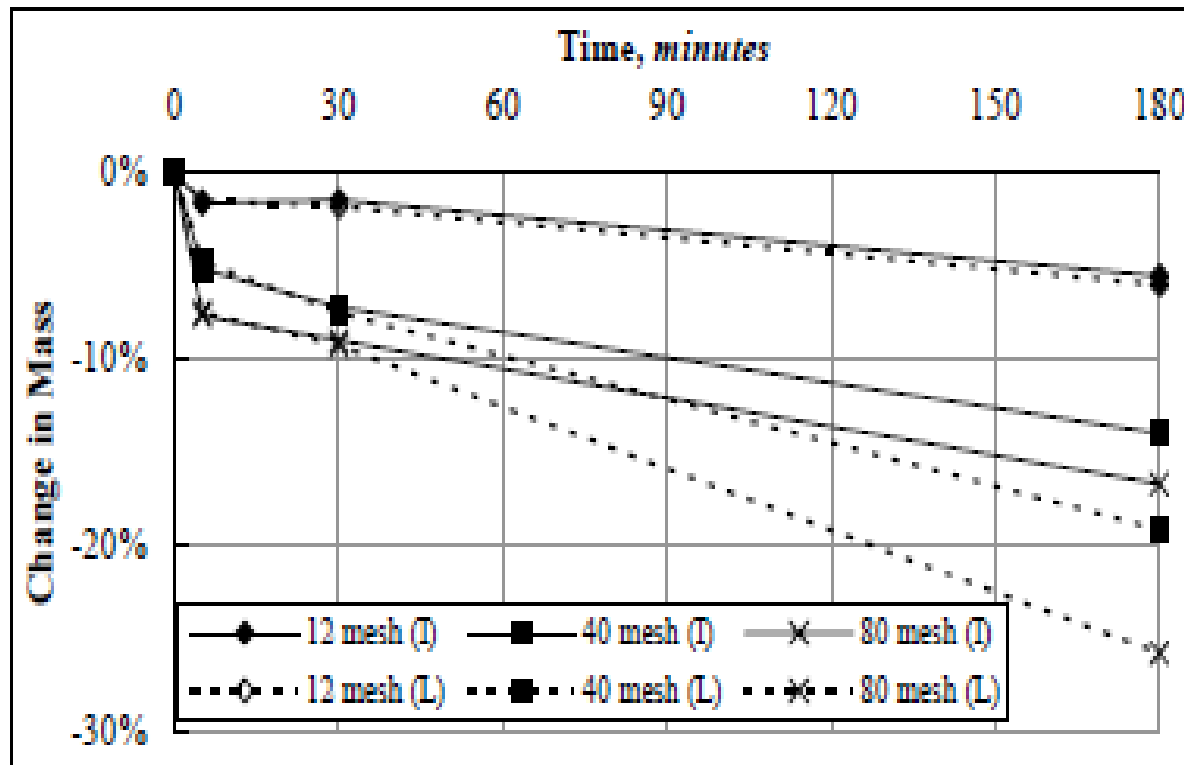
Cuando ha comenzado
la digestión

Xiang et al. (2009)



DIGESTIÓN BETÚN-CAUCHO

Pérdida de masa en función del tiempo de interacción.



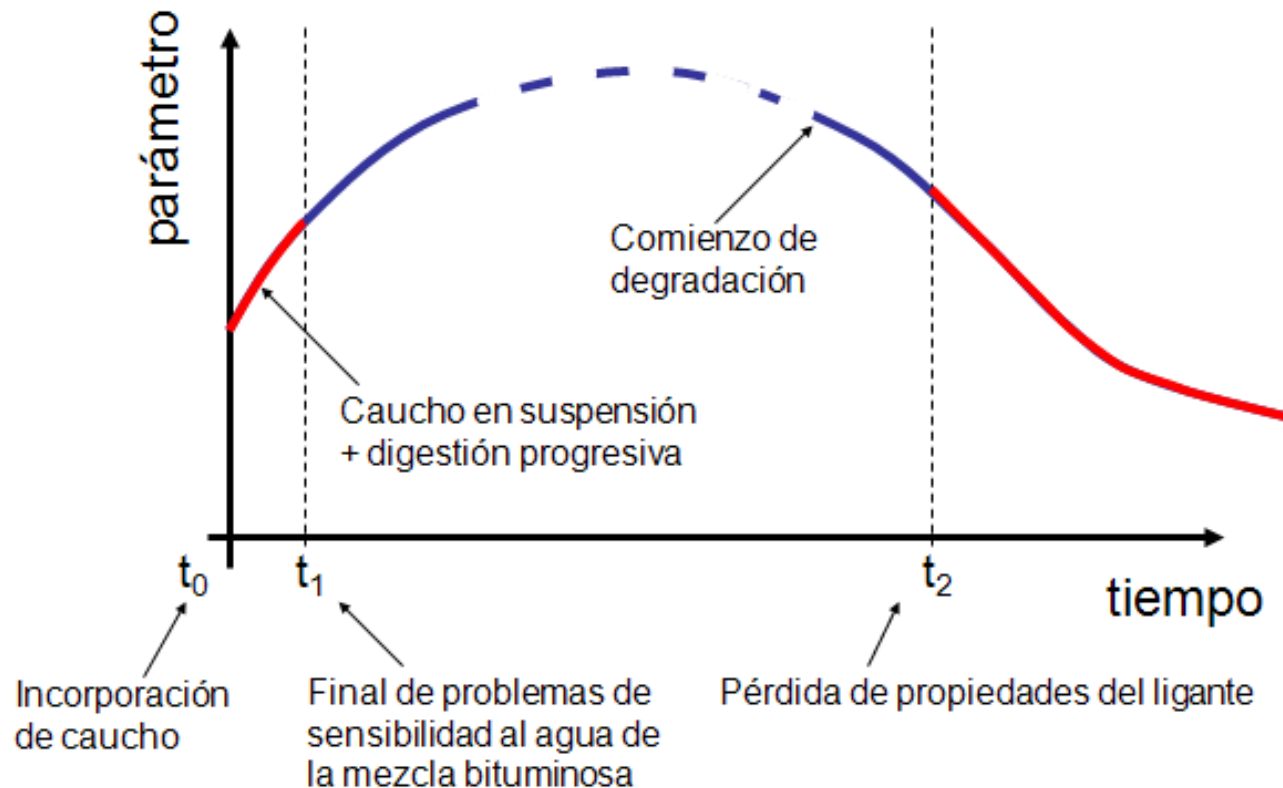
Xiao et al. (2006),

T, L, tipos de betún.

12 mesh = 1,7 mm; 40 mesh= 0,450 mm; 80 mesh= 0,180 mm



EFFECTOS DE LA DIGESTIÓN EN EL BETÚN-CAUCHO





EFFECTOS DE LA DIGESTIÓN SOBRE LA MEZCLA BITUMINOSA

CON LA DIGESTIÓN DEL CAUCHO EN EL BETÚN, LA MEZCLA BITUMINOSA:

- MEJORA SU COMPACTABILIDAD
- MEJORA SU RESISTENCIA AL AGUA
- MEJORA SU RESISTENCIA A FATIGA

CUANDO LA DIGESTIÓN HA SIDO INSUFICIENTE:

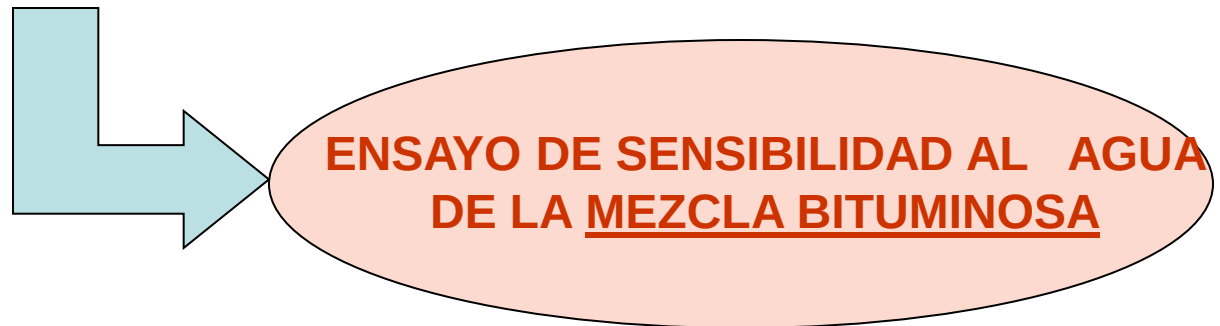
- MALA COMPACTABILIDAD
- BAJA RESISTENCIA AL AGUA
- DISGREGABILIDAD DE LA MEZCLA





¿CÓMO SE DETECTA LA FALTA DE DIGESTIÓN?

- ES DIFÍCIL DE DETECTAR EN EL LIGANTE
- LOS EFECTOS SE OBSERVAN SOBRE TODO EN LA MEZCLA BITUMINOSA:
 - COMPACTABILIDAD DEFICIENTE
 - POCA RESISTENCIA AL AGUA





¿CÓMO SE DETECTA EL EXCESO DE DIGESTIÓN?

- ES FÁCIL DE DETECTAR EN EL LIGANTE
 - SE DELATA POR LA PÉRDIDA DE PROPIEDADES CARACTERÍSTICAS DE LOS BETUNES MODIFICADOS:



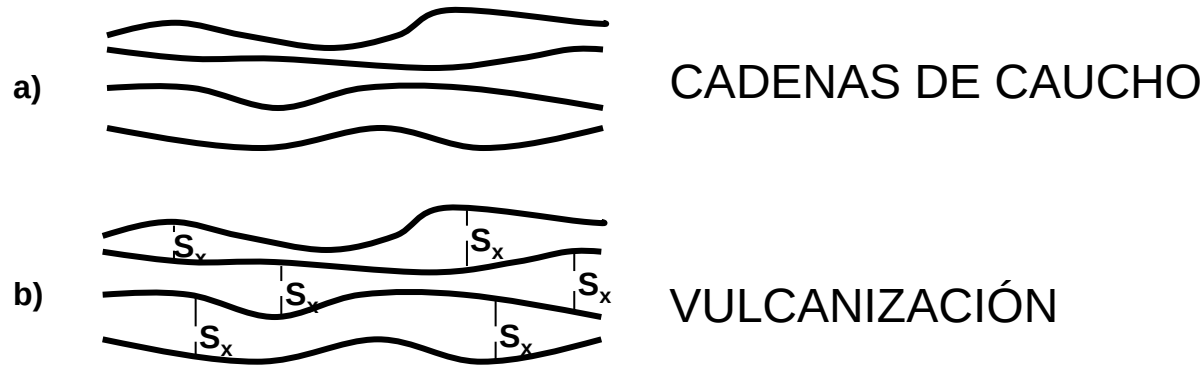


FACTORES QUE INFLUYEN EN LA DIGESTIÓN: ¿cómo mejorarla?

- BETÚN ASFÁLTICO ORIGINAL (+ aromáticos)
- INCORPORACIÓN DE ACEITES COMPATIBILIZANTES
- PORCENTAJE DE CAUCHO (- caucho)
- GRANULOMETRIA DEL CAUCHO (+ fino)
- SUPERFICIE ESPECÍFICA (+superficie)
- IMPUREZAS DEL CAUCHO (sin impurezas)
- MEZCLADOR EMPLEADO (+ energía)
- TIEMPO Y TEMPERATURA DE REACCIÓN (+tiempo, +temperatura)



OTRA CUESTIÓN BÁSICA: ESTABILIDAD AL ALMACENAMIENTO



- LA VULCANIZACIÓN CREA ENLACES MUY FUERTES ENTRE CADENAS DE POLÍMEROS, POR LO QUE LA INTEGRACIÓN EN EL BETÚN NO ES FÁCIL.
- AL MODIFICAR BETUNES CON CAUCHO DE NFU NO SE FORMAN REDES INTERNAS EN EL BETÚN-CAUCHO, SINO QUE LAS PARTÍCULAS DE CAUCHO QUEDAN EN SUSPENSIÓN
- **LA CONSECUENCIA ES QUE LAS PARTÍCULAS DE CAUCHO TIENDEN A SEDIMENTAR, Y LA ESTABILIDAD AL ALMACENAMIENTO ES DEFICIENTE**



LA ESTABILIDAD AL ALMACENAMIENTO

LA ESTABILIDAD AL ALMACENAMIENTO
SE PUEDE MEJORAR UTILIZANDO:

- CAUCHO MÁS FINO
- POLÍMEROS (FORMAR UNA RED)
- AZUFRE (REVULCANIZAR CONTACTOS)
- OTROS.



BETÚN PURO



BETÚN+CAUCHO+SBS



BETÚN-CAUCHO

Xiang et al. (2009)

Imágenes al microscopio de fluorescencia



PROBLEMAS PRINCIPALES CON LA ADICIÓN DE CAUCHO:



VÍA SECA: Adición de caucho junto con los áridos

VÍA HÚMEDA: Fabricación previa de (betún-caucho) + áridos

→ 1. FALTA DE DIGESTIÓN

2. ESTABILIDAD AL ALMACENAMIENTO

DE LOS BETUNES-CAUCHO





EVITANDO LA VÍA SECA SIN SUFICIENTE DIGESTIÓN

VÍA SECA CON SUFICIENTE TIEMPO DE DIGESTIÓN

DATOS DE PROYECTO:

- TIPO DE MEZCLA ASFÁLTICA
- TAMAÑO DEL CAUCHO DISPONIBLE
- TIEMPO DE DIGESTIÓN:
 - + Tolvas reguladoras planta
 - + Transporte a obra
 - + Espera de los camiones
 - + Extendedora

Resistencia al efecto del agua

DEFINICIÓN DE:

- Tamaño del caucho
- % de caucho
- Tiempo de digestión mínimo en obra





EVITANDO LA SEDIMENTACIÓN EN LA VÍA HÚMEDA “CONVENCIONAL”

VÍA HÚMEDA EN PLANTAS CONVENCIONALES DE MODIFICACIÓN



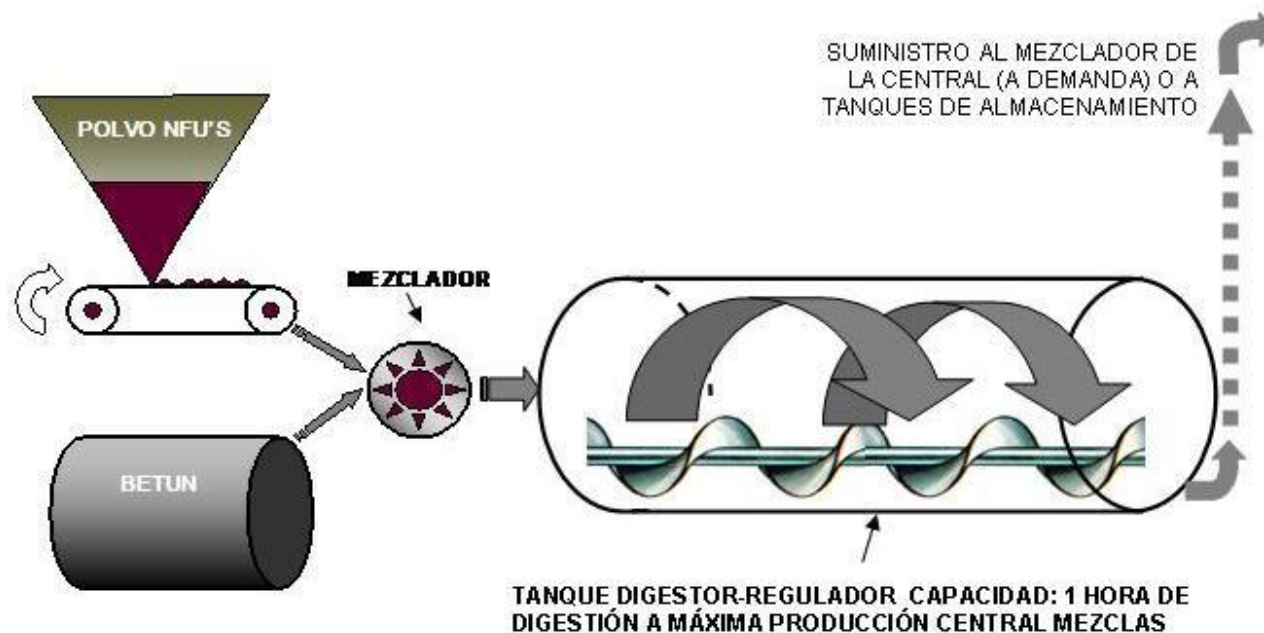
- SE MODIFICA PREVIAMENTE UN LIGANTE, CON PORCENTAJES ENTRE EL 5-15% S/Ligante modificado, tamaño del caucho $< 0,5\text{mm}$
- SE UTILIZA UNA PLANTA DE MODIFICACIÓN CON POLÍMEROS, CONVENCIONAL (**MOLINOS DE CIZALLA, ETC.**)
- SE SUELEN **AÑADIR POLÍMEROS VÍRGENES** PARA INTENTAR ESTABILIZAR EL PRODUCTO
- TAMBIÉN SE PUEDEN AÑADIR **DERIVADOS DEL AZUFRE** PARA MEJORAR LA ESTABILIDAD
- SE SUELEN AÑADIR **ACEITES COMPATIBILIZANTES**, PARA MEJORAR LA INTERACCIÓN LIGANTE-CAUCHO
- SI SE TIENEN DUDAS SOBRE LA ESTABILIDAD, UNA SOLUCIÓN ES EMPLEAR **TANQUES DE ALMACENAMIENTO EN OBRA CON REMOVEDOR**



EVITANDO LA SEDIMENTACIÓN EN LA VÍA HÚMEDA IN SITU

FABRICACIÓN IN SITU DE BETUNES CON CAUCHO

SISTEMA DE MEZCLADOR + TANQUE DIGESTOR:





FABRICACIÓN IN SITU DE BETUNES CON CAUCHO

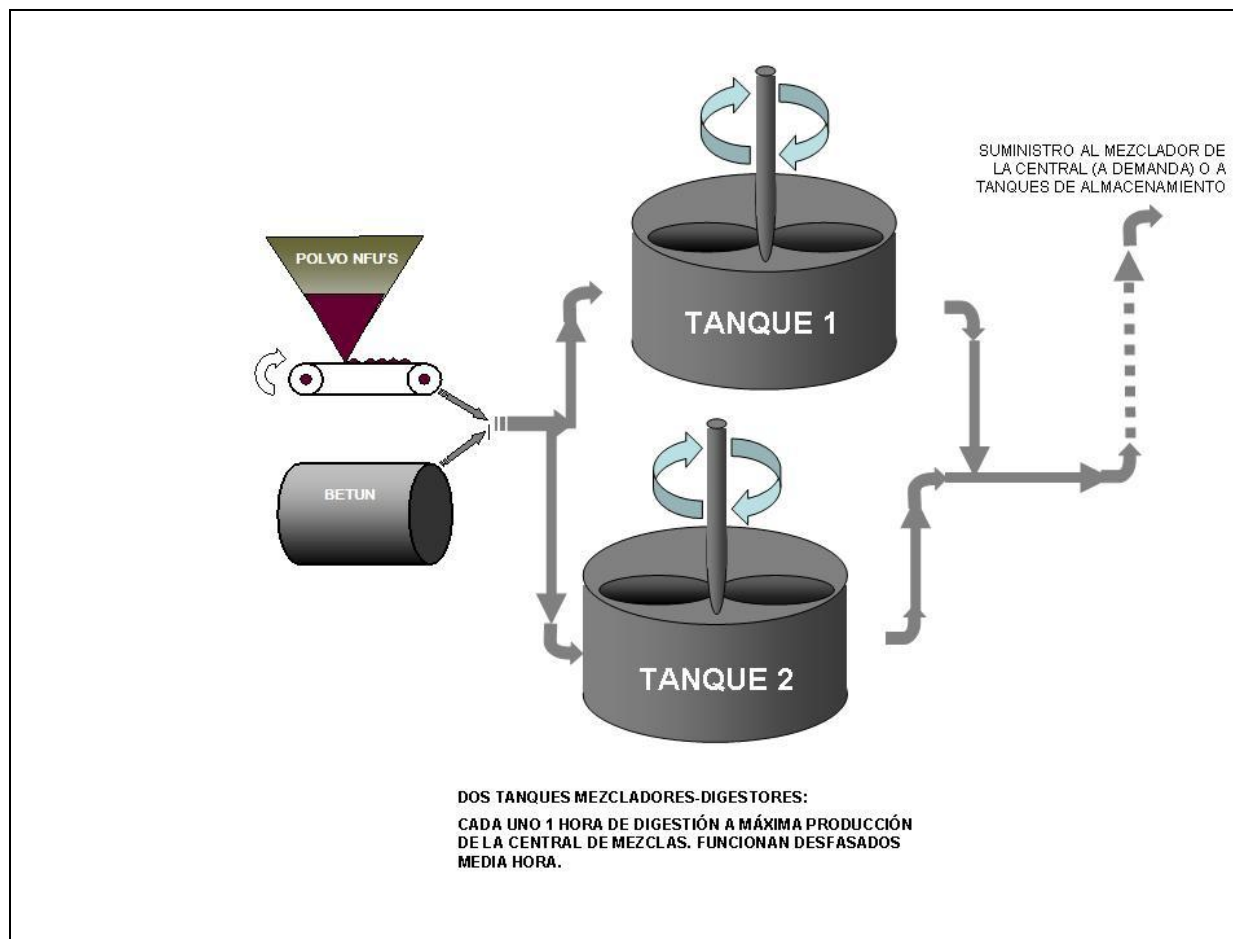
VÍA HÚMEDA EN PLANTAS DE FABRICACIÓN IN SITU





FRABRICACIÓN IN SITU DE BETUNES CON CAUCHO

SISTEMA DE TANQUES GEMELOS ALTERNATIVOS





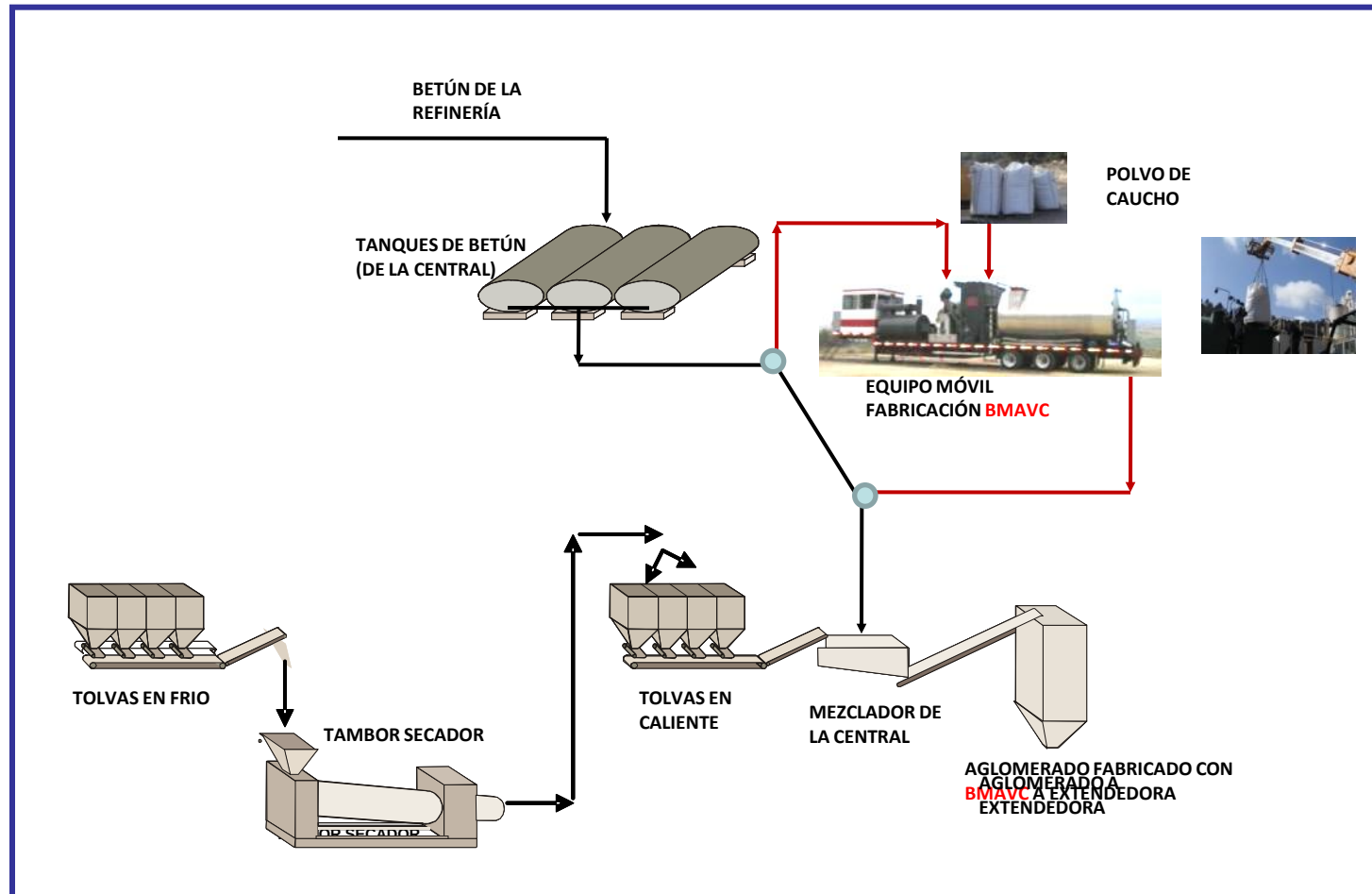
FABRICACIÓN IN SITU DE BETUNES CON CAUCHO

SISTEMA DE TANQUES GEMELOS ALTERNATIVOS





FABRICACIÓN IN SITU DE BETUNES CON CAUCHO





NORMATIVA ESPAÑOLA DE BETUNES CON CAUCHO



CLASIFICACIÓN ESPAÑOLA: BETUNES MEJORADOS CON CAUCHO

Característica		Norma de referencia	Unidad	BC35/50	BC50/70
Betún original					
Penetración, 25°C		UNE EN 1426	0,1mm	35-50	50-70
Punto de reblandecimiento anillo y bola		UNE EN 1427	°C	≥ 58	≥ 53
Punto de fragilidad Fraass		UNE EN 12593	°C	≤ -5	≤ -8
Fuerza ductilidad (5cm/min)	5°C	UNE EN 13589 UNE EN 13703	J/cm²	≥ 0,5	
Recuperación elástica a 25 °C		UNE EN 13398	%	≥ 10	
Estabilidad al almacenamiento(*)	Diferencia anillo y bola	UNE EN 13399	°C	≤ 10	
	Diferencia de penetración		0,1mm	≤ 8	≤ 10
Solubilidad		UNE EN 12592	%	≥ 92	
Punto de Inflamación v/a		UNE EN ISO 2592	°C	≥ 235	
Residuo del ensayo de película fina y rotatoria		UNE EN 12607-1			
Variación de masa		UNE EN 12607-1	%	≤ 1,0	
Penetración retenida		UNE EN 1426	%p.o.	≥ 65	≥ 60
Variación del Punto de Reblandecimiento		UNE EN 1427	°C	mín -4 máx +8	mín -5 máx +10

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

O.C. 21/2007



CLASIFICACIÓN ESPAÑOLA: BETUNES MODIFICADOS CON CAUCHO

TABLA 215.1 - ESPECIFICACIONES DE BETUNES ASFÁLTICOS MODIFICADOS CON POLÍMEROS

CARACTERÍSTICA	UNIDAD	NORMA NLT	BM-1		BM-2		BM-3a		BM-3b		BM-3c		BM-4		BM-5	
			mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.
BETUN ORIGINAL																
PENETRACIÓN (25°C; 100g; 5s)	0,1 mm	124	15	30	35	50	55	70	55	70	55	70	80	130	150	200
PUNTO DE REBLANDECIMIENTO ANILLO Y BOLA	°C	125	70	-	65	-	58	-	60	-	65	-	60	-	55	-
PUNTO DE FRAGILIDAD FRAASS	°C	182	-	-4	-	-8	-	-10	-	-12	-	-15	-	-15	-	-20
DUCTILIDAD (5cm/min)	a 5 °C	cm	126	-	-	2	-	4	-	25	-	30	-	40	-	50
	a 25 °C			10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
CONSISTENCIA (Flotador a 60°C)	s	183	3.000	-	2.000	-	700	-	1.200	-	2.000	-	1.200	-	1.200	-
ESTABILIDAD AL ALMACENAMIENTO(*)																
Diferencia Punto Reblandecimiento	°C	328	-	5	-	5	-	5	-	5	-	5	-	5	-	5
Diferencia Penetración (25 °C)	0,1 mm		-	5	-	8	-	10	-	10	-	10	-	10	-	10
RECUPERACIÓN ELÁSTICA	25 °C	%	329	-	-	10	-	15	-	40	-	70	-	-	-	-
	40 °C			15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
CONTENIDO EN AGUA (en volumen)	%	123	-	0,2	-	0,2	-	0,2	-	0,2	-	0,2	-	-	-	-
PUNTO DE INFLAMACIÓN	°C	127	235	-	235	-	235	-	235	-	235	-	235	-	235	-
DENSIDAD RELATIVA (25°C/25°C)		122	1,0	-	1,0	-	1,0	-	1,0	-	1,0	-	1,0	-	1,0	-
RESIDUO DESPUÉS DE PELÍCULA FINA																
VARIACIÓN DE MASA	%	185	-	0,8	-	0,8	-	1,0	-	1,0	-	1,0	-	1,4	-	1,5
PENETRACIÓN (25°C; 100g; 5s)	% p.o.	124	70	-	70	-	65	-	65	-	65	-	60	-	55	-
VARIACIÓN DEL PUNTO DE REBLANDEC. ANILLO Y BOLA	°C	125	-4	+8	-4	+8	-5	+10	-5	+10	-5	+10	-6	+10	-6	+10
DUCTILIDAD (5cm/min)	a 5 °C	cm	126	-	-	1	-	2	-	12	-	15	-	20	-	25
	a 25 °C			5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

BM-3b con neumático

de neumático

denominado

(*) No se exigirá esta prescripción cuando los elementos de transporte y almacenamiento estén provistos de un sistema de homogeneización adecuado, aprobado por el Director de las Obras.

BM-3b con caucho de neumáticos se denominará **BMC-3b**

Hasta diciembre 2011,
Art. 215 del PG-3



CLASIFICACIÓN ESPAÑOLA: BETUNES MODIFICADOS CON CAUCHO

Desde enero 2012. Art. 212 del PG-3.

TABLA 212.2 - REQUISITOS DE LOS BETUNES MODIFICADOS CON POLÍMEROS

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
Denominación anterior (*)			BM-1	BM-2	BM-3b	BM-3c		BM-4
Características	UNE EN	Unidad	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/cm ²	≥ 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 almacenamiento (**)	Diferencia de punto de reblandecimiento	13399	°C	≤ 5	≤ 5	≤ 5	≤ 5	≤ 5
	Diferencia de penetración	13399 1426	0,1mm	≤ 9	≤ 9	≤ 9	≤ 9	≤ 13
Punto de inflamación	ISO 2592	°C	≥ 235	≥ 235	≥ 235	≥ 235	≥ 235	≥ 220
Durabilidad – Resistencia al envejecimiento 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

PMB 45/80-65 C

(*) Esta denominación se incluye únicamente a título informativo con objeto de facilitar la adaptación a las nuevas nomenclaturas europeas.

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

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

TBR: Se informará del valor



CLASIFICACIÓN ESPAÑOLA: BETUNES MODIFICADOS DE ALTA VISCOSIDAD CON CAUCHO

Característica		Norma de referencia	Unidad	BMAVC-1	BMAVC-2	BMAVC-3
Betún original						
Penetración, 25°C		UNE EN 1426	0,1mm	15-30	35-50	55-70
Punto de Reblandecimiento		UNE EN 1427	°C	≥ 75	≥ 70	≥ 70
Punto de Fragilidad Fraass		UNE EN 12593	°C	≤ -4	≤ -8	≤ -15
Fuerza Ductilidad (5cm/min)	5°C	UNE EN 13589	J/cm²	--	≥ 2	≥ 3
	10 °C	UNE EN 13703		≥ 2	--	--
Consistencia (Flotador a 60°C)		NLT 183	s	≥ 3000		
Viscosidad dinámica	135 °C	UNE EN 13302	mPa.s		≤ 7500	≤ 5000
	170°C			≥ 2000	≥ 1200	≥ 800
Recuperación elástica		UNE EN 13398	%	≥ 10	≥ 20	≥ 30
Estabilidad al almacenamiento (*)	Diferencia de anillo y bola	UNE EN 13399	°C	≤ 5		
	Diferencia de penetración		0,1mm	≤ 20		
Punto de Inflamación v/a		UNE EN ISO 2592	°C	≥ 235		
Residuo del ensayo de película fina y rotatoria UNE EN 12607-1						
Variación de masa		UNE EN 12607-1	%	≤ 0,8	≤ 0,8	≤ 1,0
Penetración retenida		UNE EN 1426	%p.o.	≥ 60		
Variación del Punto de Reblandecimiento		UNE EN 1427	°C	mín -4 máx +10		mín -5 máx +12

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

O.C. 21/2007



TANQUES EXTERNOS DE ALMACENAMIENTO



- SON OBLIGATORIOS SEGÚN LA OC 21bis/2009
- HAN DE SER PREFERENTEMENTE:
 - VERTICALES
 - CON REMOVEDOR AXIAL
 - CON CALENTAMIENTO INDIRECTO
- SE ALMACENARÁ EL BETÚN CON CAUCHO ENTRE 8 HORAS (ASEGURAR LA DIGESTIÓN) Y 72 HORAS (PREVENIR LA SEDIMENTACIÓN Y LA DEGRADACIÓN)



BETUNES CON CAUCHO EN EL PG-3

TABLA 542.1 - TIPO DE LIGANTE HIDROCARBONADO A EMPLEAR

(Artículos 211 y 215 de este Pliego y OC 21/2007)

A) EN CAPA DE RODADURA Y SIGUIENTE

ZONA TÉRMICA ESTIVAL	CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO					
	T00	T0	T1	T2 y T31	T32 y arcenes	T4
CÁLIDA	B40/50 BC35/50 BM-2 BM-3c		B40/50 B60/70 BC35/50 BC50/70 BM-2 BM-3b BM-3c	B40/50 B60/70 BC35/50 BC50/70 BM-3b	B60/70 BC50/70	
MEDIA	B40/50 B60/70 BC35/50 BC50/70 BM-3b BM-3c		B60/70 BC50/70 BM-3b			B60/70 B80/100 BC50/70
TEMPLADA	B40/50 B60/70 BC35/50 BC50/70 BM-3b BM-3c		B60/70 B80/100 BC50/70 BM-3b		B60/70 B80/100 BC50/70	

- Se podrán emplear también betunes modificados con caucho que sean equivalentes a los betunes modificados de esta tabla, siempre que cumplan las especificaciones del artículo 215 de este Pliego. En ese caso, a la denominación del betún se añadirá una letra C mayúscula, para indicar que el agente modificador es caucho procedente de neumáticos fuera de uso.



BETUNES CON CAUCHO EN EL PG-3

B) EN CAPA DE BASE, BAJO OTRAS DOS

ZONA TÉRMICA ESTIVAL	CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO			
	T00	T0	T1	T2 y T3
CÁLIDA		B40/50 B60/70	B40/50 B60/70	B60/70 BC50/70
MEDIA		BC35/50 BC50/70 BM-2	BC35/50 BC50/70	B60/70 B80/100 BC50/70
TEMPLADA		B40/50 B60/70 B80/100 BC35/50 BC50/70		B80/100

- Se podrán emplear también betunes modificados con caucho que sean equivalentes a los betunes modificados de esta tabla, siempre que cumplan las especificaciones del artículo 215 de este Pliego. En ese caso, a la denominación del betún se añadirá una letra C mayúscula, para indicar que el agente modificador es caucho procedente de neumáticos fuera de uso.



BETUNES CON CAUCHO EN EL PG-3

TABLA 543.1 - TIPO DE LIGANTE HIDROCARBONADO A EMPLEAR
(Artículos 211 y 215 de este Pliego y OC 21/2007)

TIPO DE MEZCLA	CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO				
	T00 y T0	T1	T2(*) y T31	T32 y arcenes	T4
DISCONTINUA	BM-3c	BM-3c BM-3b	BM-3b B60/70 BC50/70	B60/70 B80/100 BC50/70	
DRENANTE	BM-3c	BM-3c BM-3a BM-3b	BM-3a BM-3b B60/70 BC50/70	B60/70 B80/100 BC50/70	

(*) Para tráfico T2 se emplearán betunes modificados en autovías o cuando la IMD sea superior a 5.000 vehículos por día y carril

- Se podrán emplear también betunes modificados con caucho que sean equivalentes a los betunes modificados de esta tabla, siempre que cumplan las especificaciones del artículo 215 de este Pliego. En ese caso, a la denominación del betún se le añadirá una letra C mayúscula, para indicar que el agente modificador es caucho procedente de neumáticos fuera de uso.



APLICACIONES MÁS IDÓNEAS DE ESTOS LIGANTES: O.C 21/2007

APLICACIONES en las que se consideran “técnicamente viables” **la vía húmeda:**

- **BETUNES MEJORADOS (BC)** = Donde se venían utilizando los betunes de penetración sin polímeros (serían betunes de penetración “plus”, con etiqueta ecológica).
- **BETUNES MODIFICADOS (BMC, PMB C)** = Donde se venían utilizando los betunes modificados con polímeros tradicionales
- **BETUNES DE ALTA VISCOSIDAD (BMAVC)** = Donde sea necesaria resistencia a la fisuración: Sobre bases tratadas con cemento, rehabilitaciones de pavimentos de hormigón...



EJEMPLOS DE OBRAS CON CAUCHO EN ESPAÑA

HASTA LA FECHA SE HAN EJECUTADO EN ESPAÑA MÁS DE 700 KM:

- AUTOPISTAS
- CARRETERAS CONVENCIONALES
- VIALES URBANOS

SE HAN EMPLEADO TODAS LAS TECNOLOGÍAS:

- VÍA SECA
- VÍA HÚMEDA:
 - BETUNES MEJORADOS CON CAUCHO
 - BETUNES MODIFICADOS CON CAUCHO
 - BETUNES DE ALTA VISCOSIDAD

HEMOS SUPERADO LA ETAPA EXPERIMENTAL !!!



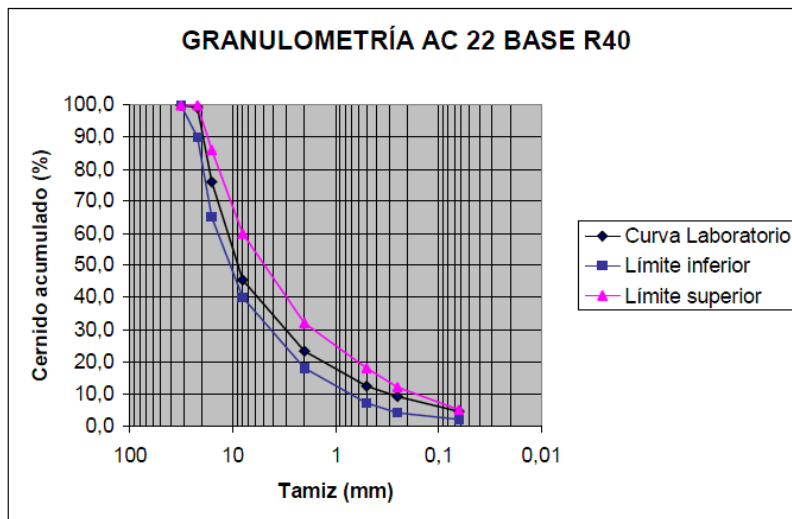
EJEMPLOS DE OBRAS CON BETUNES-CAUCHO **FABRICADOS IN SITU**



BETUNES MEJORADOS, AUTOPISTA AP-1



CAPA DE BASE CON BETÚN MEJORADO Y UN 40% DE ASFALTO RECICLADO.





BETUNES MEJORADOS. AUTOPISTAS AP-1



EN ESTA OBRA SE HA DEMOSTRADO LA GRAN VERSATILIDAD DE LOS BETUNES MEJORADOS CON CAUCHO, **COMBINADOS INCLUSO CON ASFALTO RECICLADO (RAP)** PROCEDENTE DE LA DEMOLICIÓN DE CARRETERAS



BETUN BMAVC-1. AUTOPISTA AP-7.



RECRECIMIENTO DE UN PAVIMENTO DE
LOSAS DE HORMIGÓN, CON 5 CM DE
MEZCLAS BITUMINOSAS CON BMAVC-1



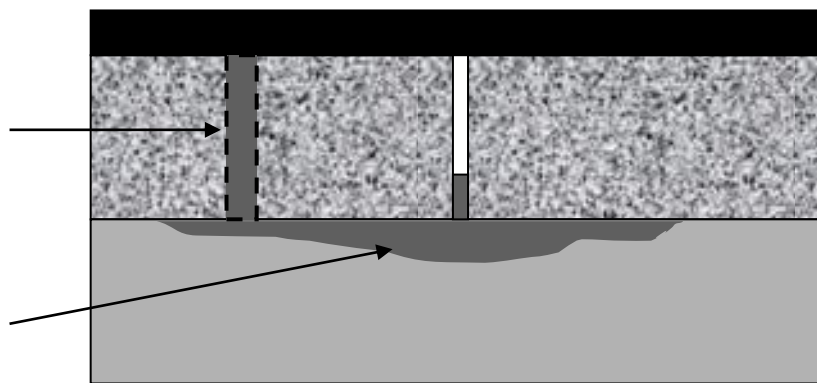


BETUNES MEJORADOS. AUTOPISTAS AP-1

SISTEMA MONOCAPA CON MEZCLA CON
BETÚN DE ALTO CONTENIDO DE CAUCHO

Taladro para inyección
de lechada de cemento

Recalce de losas
mediante inyección
de lechada de cemento



Mezcla alto contenido
de caucho para
rodadura
Riego de adherencia

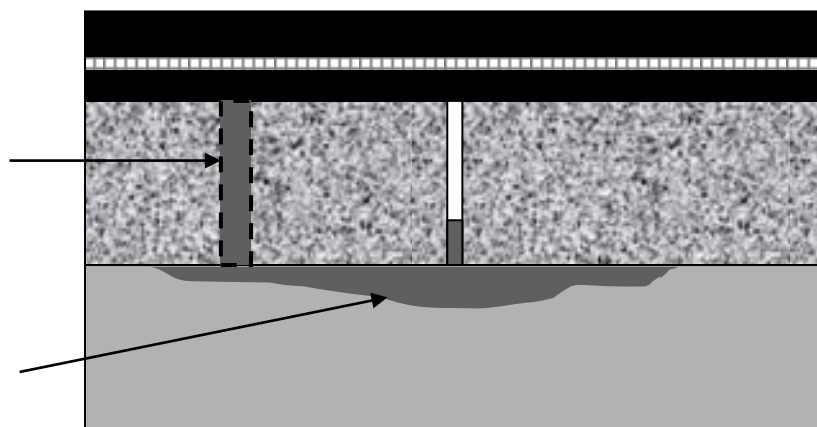
Losa de hormigón

Grava-cemento

SISTEMA TRICAPA CON ARENA BETÚN O
CON GEOTEXTILES

Taladro para inyección
de lechada de cemento

Recalce de losas
mediante inyección
de lechada de cemento



Mezcla bituminosa para
rodadura

Arena betún o geotextil

Capa de regularización

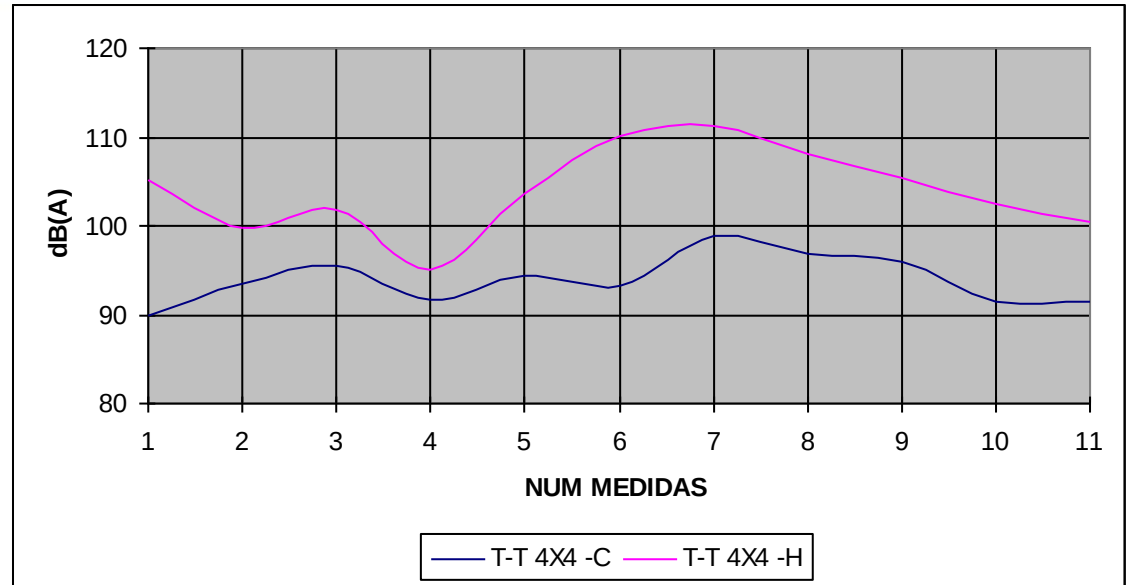
Riego de adherencia

Losa de hormigón

Grava-cemento



BETUNES MEJORADOS. AUTOPISTAS AP-1



VENTAJAS DE LAS MEZCLAS CON CAUCHO EN ESTA OBRA:

- AHORRO DE MATERIALES Y COSTES
- SIMPLIFICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO
- **INCREMENTO DE LA VIDA DEL REFUERZO**
- DISMINUCIÓN DRÁSTICA DEL RUIDO



PARA CONCLUIR:

LAS MEZCLAS CON CAUCHO:

- BIEN DISEÑADAS, OFRECEN UN MAGNÍFICO COMPORTAMIENTO
- SU CONTROL DE CALIDAD ES SIMILAR AL DE OTRAS MEZCLAS
- TODAS LAS TÉCNICAS DISPONIBLES DAN BUEN RESULTADO SI SE APLICAN LAS NORMAS DE BUENA PRÁCTICA
- ESPAÑA HA DESARROLLADO UNA DE LAS MEJORES NORMATIVAS SOBRE LA MATERIA EN LA UNIÓN EUROPEA
- EN FIRMES DE CARRETERAS +++CAUCHO ➡ +++ BENEFICIOS

...muchas gracias