

REFORMULACIÓN DE LAS TEMPERATURAS ADMISIBLES DE SERVICIO DE LAS MEZCLAS BITUMINOSAS A PARTIR DE LA DETERMINACIÓN DEL “GRADO DE COMPORTAMIENTO FUNCIONAL”

AUTORES:

Dr. Ing. Hugo Daniel BIANCHETTO

Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Avellaneda



Ing. Alfredo Ignacio ASURMENDI

Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Avellaneda y

Universidad Nacional de La Plata – Facultad de Ingeniería – LaPIV



Ing. Cecilia SOENGAS

Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional La Plata

LEMaC





REFORMULACIÓN DE LAS TEMPERATURAS ADMISIBLES DE SERVICIO DE LAS MEZCLAS BITUMINOSAS A PARTIR DE LA DETERMINACIÓN DEL “GRADO DE COMPORTAMIENTO FUNCIONAL”

Con esta investigación se pretende:

- √ Desarrollar una metodología que permita determinar el verdadero nivel de prestación de los asfaltos en las mezclas bituminosas (“Grado de Comportamiento Funcional”)
- √ Optimizar las cualidades de las mezclas asfálticas a partir de los beneficios que brinda la adición racional de fílleres químicamente activos, especialmente cal hidráulica, incluso con la posibilidad de ampliar su rango de temperaturas admisibles de servicio



¿PARA QUÉ DETERMINAR UN “GRADO DE COMPORTAMIENTO FUNCIONAL” SI YA SE CUENTA CON EL PG DE SHRP?

- El PG puede no llegar a reproducir cabalmente el grado de desempeño potencial de un ligante debido a circunstancias intrínsecas y extrínsecas respecto del asfalto. La naturaleza, proporciones y características de los agregados pétreos y del relleno mineral condicionarán el comportamiento del asfalto en el aglomerado.
- En especial, la incorporación de fílleres activos produce una serie de mejoras en las propiedades de las mezclas.
- Se ha pensado en un procedimiento simple pero representativo para evaluar lo que aquí se da en llamar el **Grado de Comportamiento Funcional**, válido para un ligante asfáltico en una mezcla bituminosa determinada.

¿PARA QUÉ DETERMINAR UN “GRADO DE COMPORTAMIENTO FUNCIONAL” SI YA SE CUENTA CON EL PG DE SHRP?

- El GCF está concebido como una variante del PG; se trata de potenciar las posibilidades de empleo del asfalto en algunas mezclas tomando como base y referencia los postulados de SHRP.
- En síntesis, el GCF de un asfalto depende de sus cualidades y también de los demás componentes de la mezcla. Un mismo asfalto, empleado en diferentes mezclas, puede poseer distintos GCF.
- Así, una selección adecuada de materiales y una correcta dosificación permitirían mejorar las propiedades finales de la mezcla y, eventualmente, provocar un “incremento” de su grado de desempeño (“*upgrade*”) hacia las más altas y/o las más bajas temperaturas de prestación.

CARACTERIZACION PG DE UN ASFALTO

Caracterización PG

Punto de inflamaci

Viscosidad re

Ensayo de com

Factor de ahu

Temperatura

Residuo RTFO

Factor de ahu

Temneratura

Residuo PAV (100

Factor de fisura por fatiga "G".Sin(σ)

Temperatura

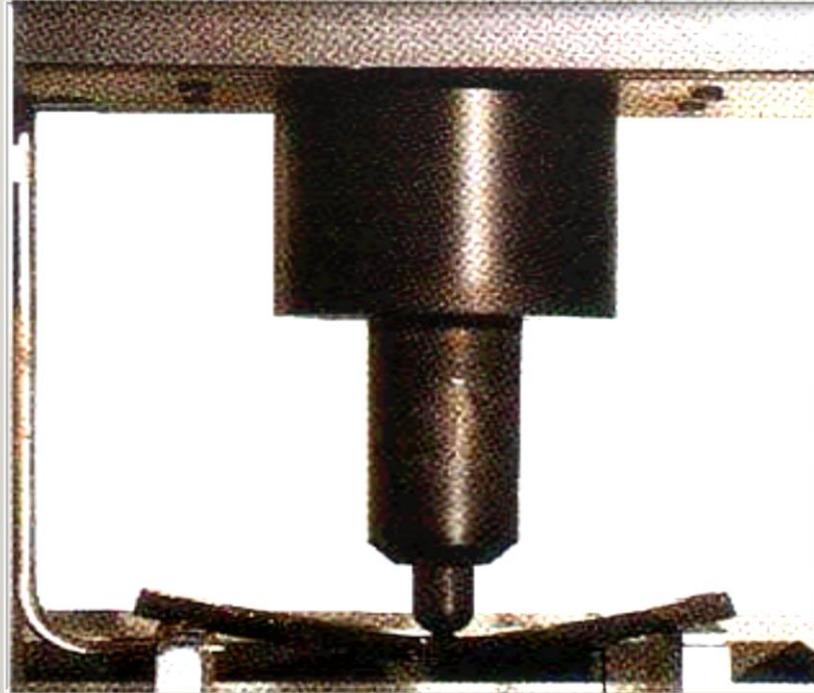
Reometro de flexion (BBR)

Mòdulo de rigidez

Valor - m

Temperatura

Grado de Performance



n 230

235



58

-5

(kPa) máx. 5000

3755

(°C)

22

AASTHO TP-1

(MPa) máx. 300

210

min 0.300

0.309

(°C)

-12

58 – 22

MEZCLAS ELABORADAS

Mezclas densas, con agregados de tamaño máximo 12 mm (áridos graníticos triturados 0-6 y 6-12 de buena calidad) y 5,4% de ligante

- ◉ **Con asfalto CA-10**
 - * **sin cal**
 - * **con cal ($C_v/C_s=1$)**

- ◉ **Con asfalto CA-30**
 - * **sin cal**
 - * **con cal ($C_v/C_s=1$)**

Al adicionar cal, se variaron moderadamente las proporciones entre agregados gruesos y finos, procurando no alterar en demasía las granulometrías, a fin de obtener una RBV aproximadamente similar

CÓMO SE ANALIZA LA MEJORA DEL “GRADO DE COMPORTAMIENTO FUNCIONAL” DE UN ASFALTO EN UNA MEZCLA

- Para analizar la temperatura máxima de performance (GCF superior), dado que la condición más desfavorable se da en las primeras etapas de servicio, se estudió directamente la falla más representativa (el ahuellamiento), moldeándose probetas para Wheel Tracking Test de mezclas con y sin cal envejecidas a corto plazo, las cuales se ensayaron a la temperatura máxima PG.

A la mezcla con filler se la ensayó además a temperaturas más elevadas para verificar si se registraba un “upgrade” gracias a la adición de cal.



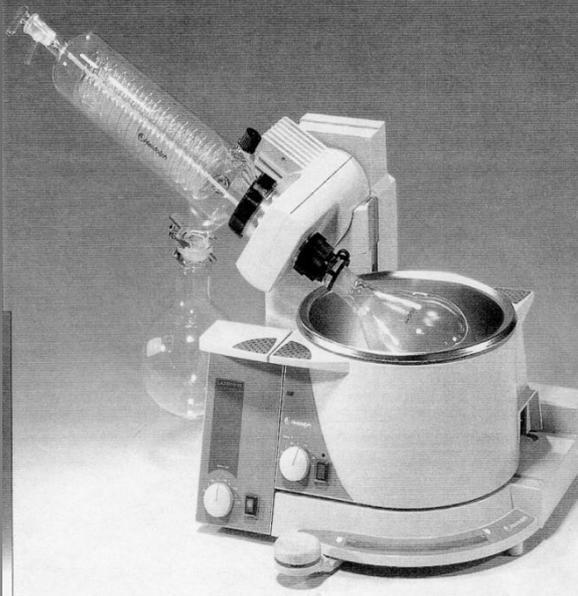
- Para la temperatura mínima (GCF inferior) del asfalto, en primer lugar se reprodujo en las mezclas sin fíller un envejecimiento del asfalto a largo plazo en laboratorio similar al provocado para su caracterización PG.
- Se mantuvo la mezcla en horno con ventilación forzada sin compactar 4 horas a 135 °C (envejecimiento a corto plazo) y después una cantidad variable de días a 85°C (largo plazo) hasta comprobar que el ligante recuperado por destilación controlada alcanza un nivel de envejecimiento similar al obtenido con



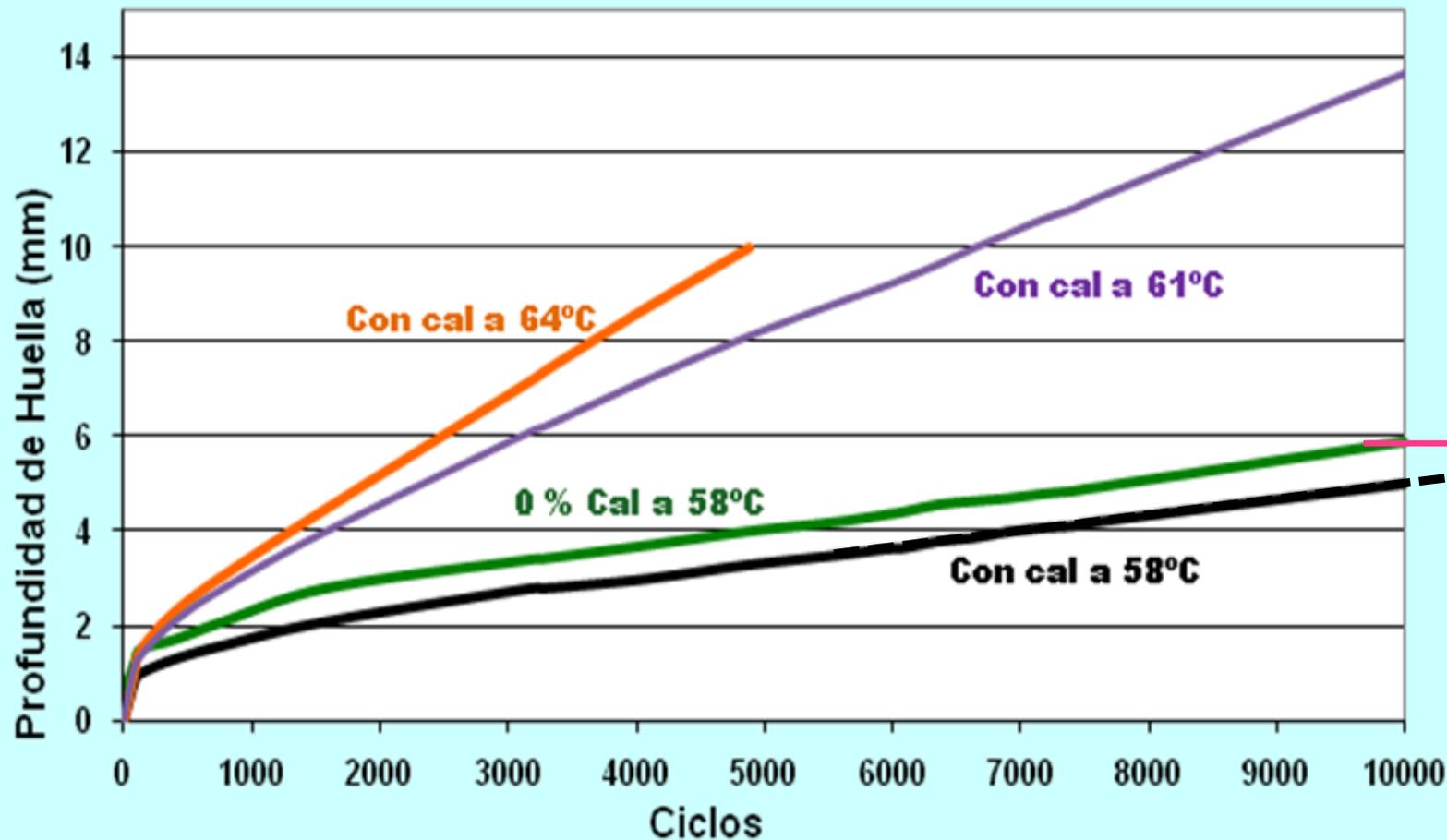
RTFOT + PAV (procedimiento del SHRP), lo cual se evalúa mediante el “barrido” de temperaturas previsto con el DSR y el análisis del parámetro $G^* \cdot \sin \delta$.

Mezclas elaboradas con asfalto CA-10

Determinación del GCF superior



Mezclas elaboradas con asfalto CA-10



	Sin cal, 58 °C	Con cal, 58 °C	Con cal, 61 °C	Con cal, 64 °C
Prof. huella a 10000 ciclos (mm)	5,9	5,1	13,7	--
Prof. huella a 120´(3200 ciclos) (mm)	3,4	2,7	6,1	7,2
Vel. def. D5000-D10000 (mm/ciclo)	$0,36 \times 10^{-3}$	$0,34 \times 10^{-3}$	$0,98 \times 10^{-3}$	--
Vel. def. 60´- 120´ (mm/min)	$1,0 \times 10^{-2}$	$1,0 \times 10^{-2}$	$3,5 \times 10^{-2}$	$4,5 \times 10^2$

La evaluación de los resultados determinó que el GCF máximo del asfalto en la mezcla estudiada fuese igual al PG del ligante (+ 58 °C).

GCF sup. = + 58 °C

De todos modos, de la curva del ensayo WTT de la mezcla con cal a 58 °C se tiene que, para alcanzarse la misma deformación permanente que en la mezcla sin cal, se necesitarían casi 3000 ciclos más.

Es decir, si bien no hay una mejora o “*upgrade*” del GCF superior, la adición de cal posibilita una importante **prolongación de la vida de servicio del pavimento** en términos del número de ejes equivalentes.

Mezclas elaboradas con asfalto CA-10

Determinación del GCF inferior

La mezcla se mantuvo en horno con ventilación forzada sin compactar :

- 1.- 4 horas a 135 °C (envejecimiento a corto plazo).
- 2.- Con 4 días a 85°C (envejecimiento a largo plazo), se comprueba que el ligante recuperado alcanza un envejecimiento similar al obtenido con RTFOT + PAV (SHRP), a partir de la determinación de $G^* \cdot \sin \delta$.

Asfalto original provisto por destilería			
Factor de fisuraci3n por fatiga “G*.sin(δ)”	(kPa)	màx. 5000	3755
Temperatura	(°C)		22
Factor de fisuraci3n por fatiga “G*.sin(δ)”	(kPa)	màx. 5000	> 5000
Temperatura	(°C)		19
Grado de Performance PG	58 – 22		
Asfalto extraído de la mezcla sin fíller, envejecida			
Factor de fisuraci3n por fatiga “G*.sin(δ)”	(kPa)	màx. 5000	4015
Temperatura	(°C)		22
PG = GCF	58 – 22		
Asfalto extraído de la mezcla con fíller, envejecida			
Factor de fisuraci3n por fatiga “G*.sin(δ)”	(kPa)	màx. 5000	3567
Temperatura	(°C)		22
Factor de fisuraci3n por fatiga “G*.sin(δ)”	(kPa)	màx. 5000	4948
Temperatura	(°C)		19
Grado de Comportamiento Funcional GCF	58 – 28 ⁽¹⁾		

⁽¹⁾ El comportamiento de la mezcla con cal en el WTT no determinó un aumento de graduaci3n, manteniéndose 58°C como temperatura superior del asfalto en la mezcla. En consecuencia, como la temperatura mínima a la cual se cumple que $G^*.sin(\delta) < 5000$ es 19°C, de la especificaci3n AASHTO MP1 surge que el GCF pasa a ser 58-28, mejorándose la graduaci3n respecto del PG

Mezclas elaboradas con asfalto CA-30

Asfalto original CA-30 provisto por destilería				
Punto de inflamaciòn	AASHTO T-48	(°C)	min. 230	>235
Viscosidad rotacional a 135°	ASTM D-4402	(Pa.s)	màx. 3,0	0,49
Ensayo de corte dinàmico (DSR)		AASHTO TP-5		
Factor de ahuellamiento “G*/Sin(δ)”		(kPa)	min 1,00	1,21
Temperatura		(°C)		70
Residuo RTFOT (AASHTO T-240)				
Pèrdida de masa		(%)	màx 1,00	0,27
Ensayo de corte dinàmico		AASHTO TP-5		
Factor de ahuellamiento “G*/Sin(δ)”		(kPa)	min 2,20	2,41
Temperatura		(°C)		70
Residuo PAV (100 °C)				
Ensayo de corte dinàmico (DSR)		AASHTO TP-5		
Factor fisuraciòn por fatiga “G*.Sin(δ)”		(kPa)	màx. 5000	4109
Temperatura		(°C)		31
Reometro de flexion (BBR)	AASHTO TP-1			
Mòdulo de rigidez		(MPa)	màx. 300	245
Valor - m			min 0,300	0,303
Temperatura		(°C)		-6
Grado de Performance (PG)				70 -16

Mezclas elaboradas con asfalto CA-30

Determinación del GCF superior

El ligante está caracterizado como PG 70-16.

No se ha efectuado la redeterminación del GCF superior debido a dos razones:

1.- Tendría que ejecutarse el ensayo WTT a 76°C (temperatura que podría dañar algunos mecanismos del equipo)

2.- La respuesta del ligante CA-10, en principio más susceptible a efectos de rigidización por el fíller, permite inferir que difícilmente se pueda lograr un *upgrade* en este asfalto CA-30

Se asume, entonces, que:

GCF superior = 70°C

Mezclas elaboradas con asfalto CA-30

Determinación del GCF inferior

La mezcla se mantuvo en horno con ventilación forzada sin compactar :

- 1.- 4 horas a 135 °C (envejecimiento a corto plazo).
- 2.- 5 días a 85°C (envejecimiento a largo plazo), comprobándose que el ligante recuperado alcanzó un envejecimiento similar al obtenido con RTFOT + PAV (SHRP), a partir de la determinación de G^* .sin δ .

Asfalto original provisto por destilería			
Factor de fisuraci3n por fatiga “G*.sin(δ)”	(kPa)	màx. 5000	4109
Temperatura	(°C)		31
Factor de fisuraci3n por fatiga “G*.sin(δ)”	(kPa)	màx. 5000	➤5000
Temperatura	(°C)		28
Grado de Performance PG	70 – 16		
Asfalto extraído de la mezcla sin fíller, envejecida			
Factor de fisuraci3n por fatiga “G*.sin(δ)”	(kPa)	màx. 5000	4720
Temperatura	(°C)		31
PG = GCF	70 – 16		
Asfalto extraído de la mezcla con fíller, envejecida			
Factor de fisuraci3n por fatiga “G*.sin(δ)”	(kPa)	màx. 5000	3980
Temperatura	(°C)		28
Factor de fisuraci3n por fatiga “G*.sin(δ)”	(kPa)	màx. 5000	5330
Temperatura	(°C)		25
Grado de Comportamiento Funcional GCF	70 – 22		
Grado de Comportamiento Funcional GCF	70 – 22		

CONCLUSIONES

- El “Grado de Comportamiento Funcional” (GCF) de un ligante en una mezcla bituminosa es una variante del PG basado en principios de funcionalidad, considerando la interacción del asfalto con los áridos y, en especial, con los fílleres químicamente activos.
- Se estudiaron dos ligantes convencionales, un CA-10 y un CA-30, caracterizados como “PG 58-22” y “PG 70-16” respectivamente. Se elaboraron mezclas con áridos graníticos y cal hidratada (relleno mineral de aportación), respetando el concepto de “concentración crítica” de los fílleres, para determinar sus correspondientes GCF.
- El objetivo es ponderar de forma cuali-cuantitativa las mejoras funcionales debido al empleo de racional de cal en las mezclas

CONCLUSIONES

- El “factor ahuellamiento” se evaluó con Wheel Tracking Test en las mezclas elaboradas con CA-10 y envejecidas a corto plazo.
- Para analizar el “factor de fisuración por fatiga” se sometió a las mezclas sin cal a un envejecimiento en laboratorio tal que el ligante adquiriese características análogas a las de su caracterización PG. Luego se expusieron las mezclas con cal a condiciones similares, extrayéndose el asfalto y determinándose los GCF inferiores respectivos siguiendo el procedimiento SHRP.
- Se mejoró en un nivel PG (-6°C) la caracterización a bajas temperaturas de ambos asfaltos. A temperaturas elevadas no se logró sobregraduación, pero sí una optimización del desempeño ante el ahuellamiento a igual temperatura

REFORMULACIÓN DE LAS TEMPERATURAS ADMISIBLES DE SERVICIO DE LAS MEZCLAS BITUMINOSAS A PARTIR DE LA DETERMINACIÓN DEL “GRADO DE COMPORTAMIENTO FUNCIONAL” (Bianchetto, Asurmendi, Soengas)

Muchas gracias!!!!

