

Estudio del comportamiento de tres betunes asfálticos para impermeabilización

M. D. HERNÁNDEZ (*)

M. N. GONZÁLEZ (**)

C. OROZCO (**)

A. PÉREZ (**)

F. CASTILLO (***)

RESUMEN El uso de los betunes asfálticos en el campo de la impermeabilización está muy extendido, y aunque normalmente su empleo presenta muchas ventajas tienen el inconveniente de poseer una elevada susceptibilidad térmica.

En este trabajo se presenta el estudio del comportamiento tecnológico, reológico y químico de tres betunes con objeto de contemplar la posibilidad de utilizarlos en impermeabilización.

RESEARCH ON THE BEHAVIOUR OF THREE ASPHALTIC BITUMENS FOR WATERPROOFING

ABSTRACT Asphaltic bitumens are widely used for roofing and waterproofing; these materials have many advantages but also some handicaps such as their high thermic susceptibility.

In this paper we study the technological, rheological and chemical behaviour, in order to consider the possibility of using them for waterproofing.

Palabras clave: Comportamiento; Betunes asfálticos; Impermeabilización; Eva; Modificación; Plásticos; Polímeros.

1. INTRODUCCIÓN

Los betunes asfálticos son productos termoplásticos que se comportan a bajas temperaturas como sólidos frágiles y con cierta elasticidad, y a temperaturas más elevadas como fluidos moderadamente viscosos y con deformación no recuperable, es decir, en general los betunes asfálticos poseen una elevada susceptibilidad térmica pero presentan muy buenas propiedades aglomerantes.

El empleo de los betunes asfálticos en la impermeabilización en el campo de la Ingeniería Civil (techos, paredes, edificación, etc) está muy extendido, en este tipo de aplicación están sometidos a tensiones que hacen que fluyan fácilmente con el tiempo y a choques térmicos que hacen que se comporten de forma poco adecuada.

El principal inconveniente de los betunes asfálticos, en general, es su elevada susceptibilidad térmica definida por el intervalo entre el punto de fragilidad Fraas y el punto de reblandecimiento. Parece lógico pensar que cuanto mayor sea este intervalo o zona teórica de seguridad definida por

los puntos de fragilidad y de reblandecimiento mayor será el intervalo o zona real de seguridad.

Una de las formas de conseguir aumentar este intervalo, es decir disminuir la susceptibilidad térmica de los betunes, es mediante la adición de materiales poliméricos. Lógicamente, las propiedades que se desean mejorar con el empleo de mezclas betún-polímero dependen de la aplicación final, pero en cualquier caso siempre lo que se pretende es mejorar características, tales como:

- Mayor intervalo de plasticidad, mayor resistencia a fluir y a deformarse a altas temperaturas y mayor resistencia a la fragilidad a bajas temperaturas.
- Mayor adhesividad y resistencia a la acción del agua.
- Mayor resistencia al envejecimiento, que se traducirá en mayor durabilidad.
- Mayor ductilidad a bajas temperaturas.
- Mayor elasticidad o rapidez en la recuperación elástica, con objeto de que recuperen su forma inicial después de estar sometidos a un esfuerzo.

No obstante, antes de decidir el tipo de materiales más adecuado a adicionar a los betunes, es necesario hacer previamente un estudio del comportamiento tecnológico, reológico y químico de los mismos.

Por tanto, el objetivo de este trabajo es estudiar el comportamiento de tres betunes asfálticos de diferentes proce-

[*] Lda. en Ciencias Químicas.

[**] Dr. en Ciencias Químicas. Universidad de Burgos.

[***] Doctora en Ciencias Químicas.

dencias, con objeto de estudiar posteriormente la posibilidad de mejorar sus características con la adición de materiales poliméricos, para que puedan ser empleados en el campo de la impermeabilización.

2. PARTE EXPERIMENTAL

2.1. MATERIALES

Se han utilizado tres betunes asfálticos de diferentes orígenes denominados: R (60/70), C (80/100) y CC (150/200).

2.2. CARACTERIZACIÓN TECNOLÓGICA

En los tres betunes se ha llevado a cabo la determinación de las siguientes características:

- punto de reblandecimiento
- penetración
- índice de penetración
- densidad relativa
- ductilidad
- pérdida por calentamiento
- fluencia
- punto de rotura Fraass
- plegabilidad a bajas temperaturas

2.3. CARACTERIZACIÓN REOLÓGICA

El comportamiento reológico de los tres betunes de partida se ha obtenido por medio de los diagramas tensión-velocidad de deformación, viscosidad-temperatura y viscosidad-velocidad de deformación.

Para la obtención de los diagramas reológicos se ha utilizado un reómetro capilar INSTRON, modelo 3211, que permite el control de la temperatura y de la velocidad de deformación, así como la medida de cargas. Se ha trabajado a velocidades de deformación de 0,12; 0,4; 1,2; 4; 12 y 40 cm/min y a temperaturas comprendidas entre 40 y 80° C, con intervalos de 5° C.

2.4. FRACCIONAMIENTO

La separación de los diferentes componentes químicos de los tres betunes objeto de estudio se ha llevado a cabo empleando dos métodos cromatográficos, el método de Corbett y el de cromatografía en capa fina.

El primero es el **método de cromatografía de adsorción** propuesta por Corbett (ASTM D 4124), por el que se obtienen: asfaltenos, saturados, naftenos aromáticos y aromáticos polares.

Consiste fundamentalmente en la separación de los dos componentes fundamentales del betún: asfaltenos y maltenos (medio de dispersión de los asfaltenos). Los maltenos a su vez se dividen en tres fracciones: saturada, nafteno-aromática y aromática-polar, por medio de cromatografía de adsorción.

Se toma una muestra de betún asfáltico (aprox. 12 g) y se añade n-heptano, en una proporción de 100 cc de disolvente por gramo de muestra. El contenido del matraz se agita a una velocidad moderada hasta que no haya evidencia visual de falta de dispersión del betún, adherido a las paredes del matraz. Se eleva la temperatura del disolvente y se mantiene próxima a su punto de ebullición. En estas condiciones, se mantiene la agitación de 1 h a 1 h y 30 min. Una vez disuelto el betún completamente, se tapa el matraz y se deja reposar durante 24 h, a temperatura ambiente y en la oscuridad; de esta forma el precipitado asfáltico se deposita en la

parte inferior del matraz.

Para separar el precipitado de asfaltenos de la fase malténica, se utiliza un filtro Büchner con aplicación de succión controlada.

Una vez separado el residuo asfáltico, se introduce en una cápsula de evaporación y se seca en una estufa a 104° C, hasta obtener peso constante.

La disolución, conteniendo los maltenos y n-heptano, se concentra, utilizando un rotavapor convencional, hasta obtener aproximadamente 50 cc, teniendo en cuenta que esta disolución concentrada de maltenos deberá tener la suficiente fluidez como para permitir su transferencia a la columna cromatográfica.

En la columna se introducen 450 g de alúmina, previamente calcinada a 413° C, y se premeja añadiendo 50 cc de n-heptano, e inmediatamente se transfieren los maltenos.

El proceso de separación de fracciones es algo complejo. El punto de separación entre la fracción de saturados y nafteno-aromáticos se puede detectar visualizando el cambio de color, ya que la fracción nafteno-aromática produce una disolución de color amarillo que puede ir hacia el rojo carmesí, mientras que las fracciones saturadas son esencialmente incoloras.

El punto de separación entre los nafteno-aromáticos y aromáticos-polares, está determinado por la aparición de una serie de anillos negros (polares), y el corte se realizará cuando estos anillos lleguen a la parte inferior de la columna.

El orden de adición de los disolventes y las fracciones obtenidas se indica en la tabla 1.

DISOLVENTE	Volumen (cc)	FRACCIÓN
N-HEPTANO	200	SATURADOS
TOLUENO	100	
TOLUENO	300	NAFTENO-AROMÁTICOS
METANOL/TOLUENO (50/50)	300	
TRICLOROETILENO	600	AROMÁTICO-POLARES

TABLA 1. Orden de adición de los disolventes y fracciones obtenidas. Método de Corbett.

En el segundo método empleado, por **cromatografía en capa fina**, se utilizó un equipo denominado IATROSCAN, que emplea un detector de ionización de llama como revelador, conectado a un integrador. La muestra de betún se disuelve en diclorometano a una concentración de 10 mg/ml, depositándose de 1 a 3 µl de la disolución en la microcolumna de capa fina. Estas microcolumnas consisten en una varilla maciza de cuarzo que está recubierta exteriormente con una capa de gel de sílice.

Las varillas con la muestra se introducen en los tanques correspondientes y se desarrolla la cromatografía siguiendo la secuencia:

- ciclohexano, 40 minutos.
- tolueno, hasta que el frente de disolvente avance el 70% de la columna.
- diclorometano-etanol (95/5), hasta un avance del 30% de la columna.

Después de pasar por cada disolvente las varillas se dejan secar en una cámara de humedad controlada. Se lleva a

cabo el revelado por el detector de ionización de llama conectado a un integrador.

2.5. CARACTERIZACIÓN QUÍMICA

2.5.1. Análisis elemental

El análisis elemental de las fracciones de los tres betunes asfálticos se llevó a cabo con un microdeterminador FISON, modelo 1108. Se determinan los porcentajes de C, H, N y S en las muestras, calculando el porcentaje de O por diferencia.

2.5.2. Pesos moleculares promedio en número

La determinación de los pesos moleculares de cada una de las fracciones de los betunes se ha llevado a cabo por cromatografía de alta resolución sobre geles permeables (GPC-HP), mediante un cromatógrafo de líquidos Hewlett-Packard, modelo HP 1090.

Se emplearon tres columnas de gel de poliestireno de tamaño de poro de 500, 1000 y 10000 Å. La fase móvil empleada fue tetrahidrofurano y las muestras se disolvieron en este mismo disolvente. La curva de calibración se llevó a cabo utilizando patrones de poliestireno. Las condiciones de trabajo fueron: temperatura 40° C, velocidad de flujo 1ml/min, volumen de inyección de la muestra 25 µl y detector de índice de refracción.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. CARACTERIZACIÓN TECNOLÓGICA

Del análisis de los datos obtenidos en la caracterización tecnológica de los betunes (tabla 2), podría decirse que al pasar del betún CC al R, se produce un aumento del punto de reblandecimiento, una disminución de la penetración, una disminución del índice de penetración, un aumento del punto

de fragilidad Fraass y un aumento de la ductilidad. Asimismo, los tres betunes objeto de estudio son de tipo sol como indica el valor de su índice de penetración.

Por otra parte los valores de los puntos de reblandecimiento obtenidos en los ensayos (50, 48 y 41 para los betunes R, C y CC respectivamente), indican que los tres betunes asfálticos fluirán a las temperaturas normales de servicio. La fluencia determinada en ellos a 60° C es total y la plegabilidad no es adecuada.

La susceptibilidad térmica del betún debe ser mínima, de modo que su comportamiento no sea el de un sólido frágil, o el de un fluido viscoso.

El intervalo teórico de temperaturas, o zona de seguridad del betún, donde queda alejado de estos dos tipos de conductas, iniciando un comportamiento pseudoplástico, viene determinado por el punto de reblandecimiento y el punto de fragilidad Fraass. En los tres betunes objeto de estudio, estos intervalos son 54, 56 y 51, respectivamente.

Estos resultados indican que las zonas de seguridad de estos betunes son muy pequeñas, y no podrían ser empleados por sí solos en el campo de la impermeabilización, por lo que resulta evidente la necesidad de modificarlos, de modo que aumenten los puntos de reblandecimiento e índices de penetración, disminuya la fragilidad a bajas temperaturas y se mejore su susceptibilidad térmica, ampliando su zona teórica de seguridad.

3.2. CARACTERIZACIÓN REOLÓGICA

Representando gráficamente la tensión cortante aplicada (σ) frente a la velocidad de deformación o gradiente de velocidad (D) se puede tener conocimiento del comportamiento reológico de un betún a distintas temperaturas; cuando el gradiente de velocidad no es directamente proporcional a la tensión aplicada se trata de un fluido pseudoplástico; mien-

CARACTERÍSTICA	R	C	CC
Punto de reblandecimiento, ° C (ASTM D 36-76T)	50	48	41
Penetración (25° C, 100 g, 5 s) décimas mm (ASTM D 5)	51	81	166
Índice de penetración, (NIT 181)	-1,1	-0,5	-0,4
Punto de fragilidad Fraass, ° C (NIT 182)	-4	-8	-10
Densidad relativa, (25° C) (NIT 122)	1,02	1,03	1,02
Ductilidad mm, (25° C) (NIT 126)	>1500	1375	880
Pérdida por calentamiento, % (163° C, 5 h) (NIT 128)	0,00	0,00	0,01
Fluencia, (60° C, 5 h) (ASTM D 1191)	Total	Total	Total
Plegabilidad a bajas temperaturas	0° C Bien -5° C Rompe	0° C Bien -5° C Rompe	0° C Bien -5° C Rompe

TABLA 2. Caracterización tecnológica de los tres betunes originales R(60/70), C(80/100) y CC(150/200).

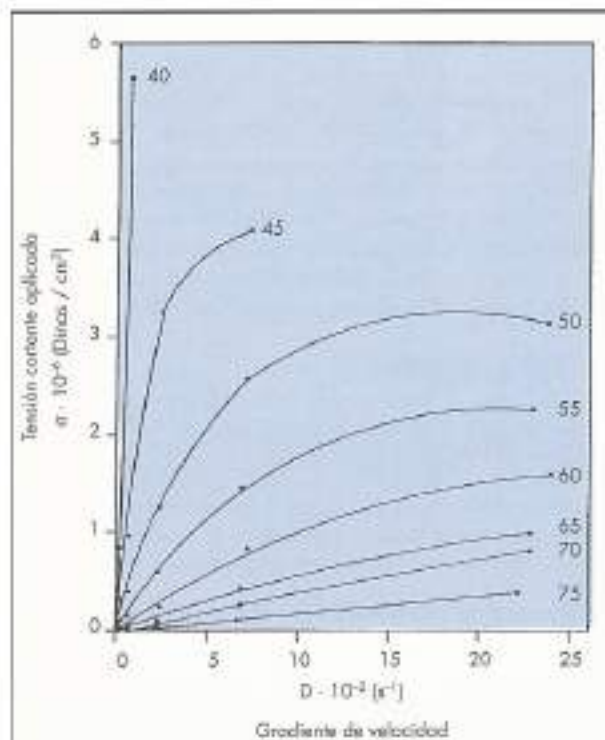


FIGURA 1. Diagrama reológico del betún R (60/70).

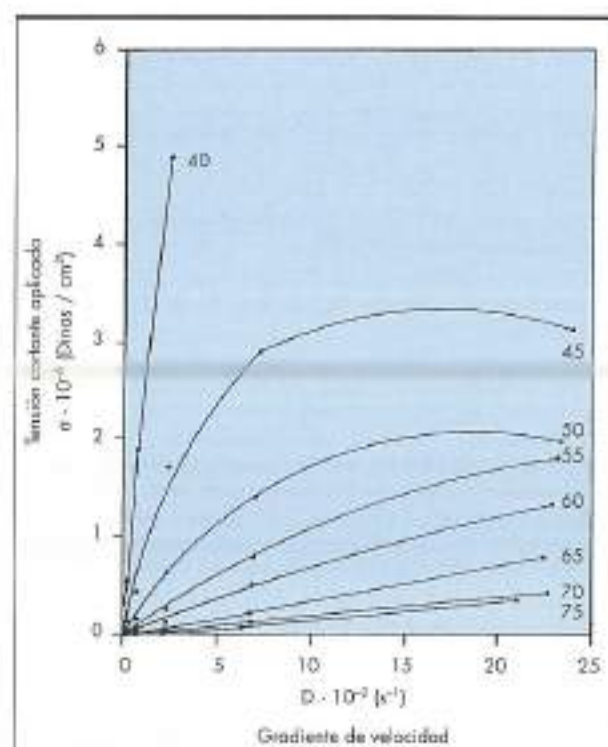


FIGURA 2. Diagrama reológico del betún C (80/100).

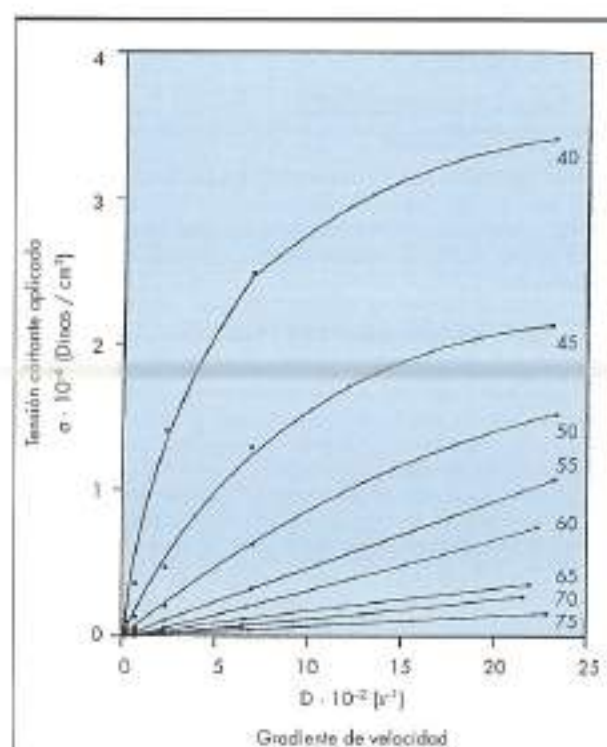


FIGURA 3. Diagrama reológico del betún CC (150/200).

tras que cuando estos dos parámetros guardan una relación lineal se habla de comportamiento newtoniano.

En las figuras 1-3 se presentan los diagramas reológicos de los betunes R, C y CC, respectivamente.

Como resultado de este estudio reológico se puede decir que:

- El betún R a temperaturas inferiores a 70° C se comporta como un fluido pseudoplástico y a partir de esta temperatura presenta comportamiento newtoniano.
- El betún C a temperaturas inferiores a 65° C se comporta como un fluido pseudoplástico y a partir de esta temperatura presenta comportamiento newtoniano.
- El betún CC a temperaturas inferiores a 55° C se comporta como un fluido pseudoplástico y a partir de esta temperatura presenta comportamiento newtoniano.

3.3. FRACCIONAMIENTO

Los resultados de las fracciones obtenidas en los tres betunes asfálticos mediante el procedimiento de Corbett se presentan en la tabla 3.

Se han cuantificado también en la tabla 4 estas mismas fracciones (asfaltenos, saturados, nafteno-aromáticos y aromático-polares) en los tres betunes, mediante la técnica basada en cromatografía en capa fina (método de IATROSCAN).

Como era previsible según lo afirmado en los antecedentes bibliográficos, los porcentajes de cada una de las fracciones obtenidos en uno y otro caso no son iguales. Las diferencias son debidas principalmente a que los adsorbentes y los disolventes de elución son distintos, lo que implica que la separación de los componentes por ambos métodos no coincide.

% FRACCIONES	BETÚN R	BETÚN C	BETÚN CC
Saturados	15	16	18
Nafteno-aromáticos	47	53	56
Aromático-polares	23	19	18
Asfaltenos	15	12	8

TABLA 3. Fraccionamiento de los betunes R, C y CC. Método de Corbett.

El método de Iatroscan conduce a unos resultados más bajos para la fracción de saturados, la de nafteno-aromáticos no experimenta una variación importante y para las de aromático-polares y asfaltenos, especialmente esta última, los resultados son más elevados.

No obstante, con ambos métodos el porcentaje de saturados y de naftenos-aromáticos aumenta cuanto más blando es el betún (R<C<CC), mientras que el de polares y asfaltenos disminuye en el mismo sentido.

Con la determinación de los porcentajes obtenidos de cada una de las fracciones se puede establecer el índice de

% FRACCIONES	BETÚN R	BETÚN C	BETÚN CC
Saturados	5	7	11
Nafteno-aromáticos	45	48	51
Aromático-polares	29	27	26
Asfaltenos	21	18	12

TABLA 4. Fraccionamiento de los betunes R, C y CC. Método de Iatroscan.

inestabilidad coloidal I_c , que está definido por la siguiente fórmula:

$$I_c = \frac{\text{Asfaltenos} + \text{Saturados}}{\text{Nafteno} + \text{Aromáticos} + \text{Aromático} + \text{Polares}}$$

Este dato es de gran importancia para relacionar la composición química de un betún con sus posibles aplicaciones. Tiene carácter orientativo, y permite atribuir un coeficiente numérico a la fragilidad del equilibrio coloidal del betún.

Los valores de los índices de inestabilidad coloidal de cada uno de los betunes se presentan en la tabla 5. Se observa que dichos valores son bastante bajos en los tres betunes, y aunque no son iguales por ambos métodos, el I_c disminuye del betún R al CC, siendo por tanto el betún CC el de menor I_c .

	METODO	BETÚN R	BETÚN C	BETÚN CC
I_c	Corbett	0.43	0.39	0.35
	Introscon	0.35	0.33	0.30

TABLA 5. Índice de inestabilidad coloidal de los tres betunes R, C y CC. Método de Corbett y Método de Introscon.

Comparando estos resultados con los obtenidos en la caracterización tecnológica, se puede decir que al aumentar la penetración aumenta el porcentaje de saturados y de nafteno-aromáticos; disminuyendo el porcentaje de aromáticos-polares, el de asfaltenos y el índice de inestabilidad.

El betún CC(150/200) es el que presenta menor concentración de asfaltenos por los dos métodos utilizados, siendo el más blando y el más fácil de manejar.

3.4. CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DE LAS FRACCIONES

3.4.1. Análisis elemental

Los valores obtenidos en el análisis elemental (C, H, N, S, O) de cada una de las fracciones de los betunes estudiados se presentan en la tabla 6, 7 y 8. En todos los casos la fracción de asfaltenos es la que presenta mayor contenido en ni-

FRACCIONES BETÚN R	C %	H %	N %	S %	O %
SATURADOS	85.89	14.32	—	—	—
NAFTÉNICOS	83.01	10.75	—	4.73	1.51
AROMÁTICOS	80.30	8.83	1.04	6.27	3.56
ASFALTENOS	81.24	7.47	1.31	8.68	1.30

TABLA 6. Análisis elemental de las fracciones del betún R.

FRACCIONES BETÚN R	C %	H %	N %	S %	O %
SATURADOS	86.47	14.17	—	—	—
NAFTÉNICOS	84.41	10.78	—	4.30	0.31
AROMÁTICOS	80.97	8.99	0.93	6.50	2.61
ASFALTENOS	81.54	7.31	1.38	8.15	1.62

TABLA 7. Análisis elemental de las fracciones del betún C.

FRACCIONES BETÚN R	C %	H %	N %	S %	O %
SATURADOS	86.05	14.31	—	—	—
NAFTÉNICOS	83.32	10.66	—	4.92	1.10
AROMÁTICOS	79.15	8.59	0.85	7.20	4.21
ASFALTENOS	81.32	7.33	1.18	9.07	1.10

TABLA 8. Análisis elemental de las fracciones del betún CC.

trógeno y menor contenido en hidrógeno, como era de prever por ser la fracción de mayor complejidad.

3.4.2. Pesos moleculares promedio en número

Los pesos moleculares obtenidos para cada una de las fracciones de los betunes R, C y CC se presentan en la tabla 9.

PESO MOLECULAR	BETÚN R 60/70	BETÚN C 80/100	BETÚN CC 150/200
SATURADOS	695	834	761
NAFTENO-AROMÁTICOS	273	277	347
AROMÁTICOS-POLARES	737	1591	1674
ASFALTENOS	880	1291	1232

TABLA 9. Pesos moleculares promedio en número de las distintas fracciones de los betunes originales.

Los resultados obtenidos indican que las fracciones de aromáticos-polares y asfaltenos son las que presentan mayores pesos moleculares promedio en número en los tres betunes, lo que unido a su mayor porcentaje de heteroátomos y un mayor grado de insaturación, ofrece mayores posibilidades de complejidad en sus moléculas.

Las fracciones nafteno-aromáticas son las que tienen los pesos moleculares promedio más bajos, mientras que las de saturados son en todos los betunes intermedias.

Los pesos moleculares obtenidos por cromatografía en gel de alta resolución no concuerdan totalmente con los que se indican en la bibliografía, especialmente en el caso de los asfaltenos, pues son excesivamente bajos teniendo en cuenta que esta fracción es la que presenta una mayor complejidad en su composición química, y por tanto sería lógico pensar en unos pesos moleculares más elevados.

Por esta razón se hicieron diferentes pruebas en la preparación de las disoluciones en tetrahidrofurano (THF). Se prepararon en frío, en caliente e incluso empleando un baño de ultrasonido, no observándose diferencias apreciables en los resultados.

3.4.3. Fórmulas moleculares

En la tabla 10 se presentan las fórmulas moleculares de cada una de las fracciones de los tres betunes estudiados, obtenidas a partir de los pesos moleculares promedio en número y del análisis elemental.

Las fórmulas moleculares obtenidas ponen de manifiesto la semejanza entre los tres betunes estudiados.

En todos los casos las fracciones de saturados responden a la fórmula empírica $(CH_2)_n$, lo que indica muy poca presencia de sistemas cíclicos en ellas. De hecho, los componentes

TABLA 10. Fórmulas moleculares de las distintas fracciones de los betunes originales.

PESO MOLECULAR	BETÚN R 60/70	BETÚN C 80/100	BETÚN CC 150/200
SATURADOS	$C_{48,2}H_{99,1}$	$C_{50}H_{126}$	$C_{54,3}H_{108,70}$
NAFTENO-AROMÁTICOS	$C_{18,2}H_{28,13}O_{2,25}S_{0,4}$	$C_{19,3}H_{30}O_{0,024}S_{0,34}$	$C_{24,08}H_{31}O_{0,24}S_{0,34}$
AROMÁTICOS-POLARES	$C_{48,7}H_{53}O_{1,44}S_{1,44}N_{0,55}$	$C_{100,7}H_{143,5}O_{2,43}S_{2,19}N_{1,04}$	$C_{110,48}H_{143,9}O_{4,39}S_{2,77}N_{1,02}$
ASFALTENOS	$C_{81,9}H_{93,7}O_{0,71}S_{2,38}N_{0,55}$	$C_{87,5}H_{94}O_{1,27}S_{3,2}N_{1,27}$	$C_{85,48}H_{93,2}O_{2,83}S_{3,49}N_{1,04}$

fundamentales de estas moléculas promedio deberán ser cadenas parafínicas con mayor o menor grado de ramificación.

La importancia relativa del número de insaturaciones va aumentando en los tres betunes a medida que pasamos de las fracciones naftenos-aromáticas a las de aromáticos-polares y asfálticas, lo que irá probablemente unido a una mayor aromaticidad de las mismas.

La presencia de oxígeno es menos importante que la de azufre en las fracciones naftenos-aromáticas y asfálticas, mientras que en las de aromáticos-polares la contribución de ambos heteroátomos se hace semejante o incluso supera el contenido en átomos de oxígeno al de átomos de azufre.

Por último, y con respecto a la contribución de los átomos de nitrógeno a las fórmulas moleculares promedio, cabe señalar que es menor que la de los átomos de oxígeno en las fracciones aromáticos-polares, y sin embargo este aspecto se iguala e incluso se invierte en las asfálticas, lo que conducirá a una mayor presencia de funciones nitrogenadas en las mismas.

4. CONCLUSIONES

- Del estudio de la caracterización tecnológica realizada en los tres betunes asfálticos empleados en este trabajo se desprende que no pueden ser empleados, por sí solos, en la impermeabilización de la obra pública. Los tres presentan una elevada susceptibilidad térmica, resultando obvia la necesidad de modificarlos mediante la adición de polímeros o de otros materiales. El betún que presenta peor comportamiento es el betún asfáltico CC(150/200), le sigue el C(80/100) y el mejor es el R(60/70), desde el punto de vista de su empleo en impermeabilización. No obstante, el primero es el más blando y más fácil de manejar.
- Los resultados obtenidos en los índices de penetración, muestran que los tres betunes son de tipo "sol". Esto nos define su posible utilización en el campo de la impermeabilización de edificios, cuando se hayan conseguido mejorar sus propiedades mediante la adición de polímeros o de otros materiales.
- Las diferencias del comportamiento tecnológico entre los tres betunes objeto de estudio, parecen derivarse del distinto contenido de las fracciones que los componen, a partir de los dos métodos cromatográficos empleados en este trabajo, el método de Corbett y el método basado en la cromatografía de capa fina (latroscan).
- Los betunes R, C y CC presentan un comportamiento pseudoplástico a temperaturas inferiores a 70, 65 y 55° C, respectivamente, pero a partir de las mismas pasan a tener comportamiento newtoniano.

- La determinación del contenido de las fracciones que constituyen los betunes depende de las técnicas utilizadas para su fraccionamiento. Los resultados obtenidos empleando el método de Corbett no coinciden con los obtenidos por cromatografía en capa fina, si bien la secuencia se mantiene.
- Los porcentajes de saturados y de naftenos-aromáticos aumentan a medida que disminuye el punto de reblandecimiento y aumenta la penetración, mientras que los de los aromáticos-polares y asfaltenos disminuyen en el mismo sentido.
- Los resultados de los pesos moleculares promedio en número obtenidos en las fracciones que constituyen los betunes, a través del método puesto a punto de cromatografía de alta resolución sobre geles permeables, indican que las fracciones que presentan mayor peso molecular son las de asfaltenos y de aromáticos-polares.

6. AGRADECIMIENTOS

Se desea expresar nuestro agradecimiento a la Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología (CICYT) por la financiación concedida al Proyecto de Investigación, MAT90-0041-C02-01, del cual forma parte el presente trabajo.

7. BIBLIOGRAFÍA

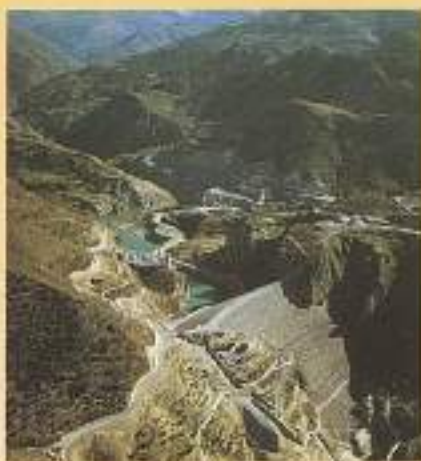
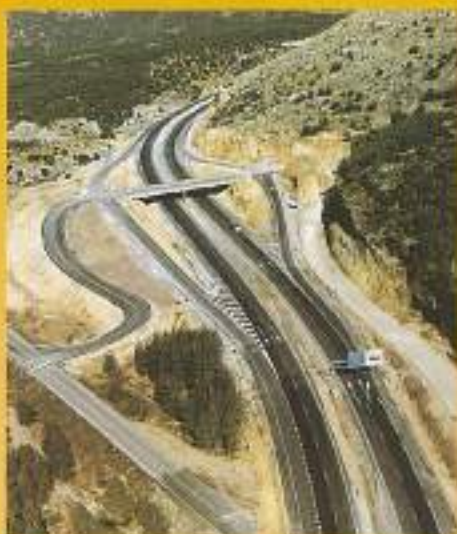
1. HERNÁNDEZ, M. D.; GONZÁLEZ, M. N.; CASTILLO, F.; PÉREZ, A. y OROZCO, C. Simposio Iberoamericano de Materiales Polímeros, Vigo, 1992, p. 469.
2. GONZÁLEZ, M. N.; HERNÁNDEZ, M. D.; PÉREZ, A.; OROZCO, C. y CASTILLO, F. Reunión Biental Real Sociedad Española de Química, Málaga, 1992, p. 564.
3. CORBETT, L. W., Anal. Chem., Vol. 36, n° 10, p. 1967 (1964).
4. HERNÁNDEZ, M. D., Tesina "Modificación de un betún asfáltico con copolímeros de etileno-acetato de vinilo" Univ. Complutense, Madrid (1992).
5. CASTILLO, F. "Obtención de nuevos materiales por adición de copolímeros de etileno-acetato de vinilo a betunes de destilación ordinaria". Informes I (mayo 1992) e Informe final (abril 1994), elaborado en el Laboratorio Central de Estructuras y Materiales del CEDEX en colaboración con la Escuela Universitaria Politécnica de la Universidad de Burgos.
6. MANZARBEITIA, J.A. "VIII Congreso Internacional de Impermeabilización, Madrid 1992, p. 129.
7. GONZÁLEZ, M. N.; Tesis Doctoral "Estudio de betunes asfálticos y modificación de sus propiedades por adición de copolímeros de etileno-acetato de vinilo", Univ. de Burgos (1995).

*Calidad
y Servicio*



corsán

EMPRESA CONSTRUCTORA, S.A.



1. Parque marítimo del Mediterráneo. Ceuta.
2. Autovía del puerto de La Mora.
3. Renovación de vía en el ferrocarril de Langreo.
4. Encauzamiento del Barranco del Carraixet.
5. Diputación General de La Rioja.
6. Presa de Canales.

EQNet

AENOR
ER
Empresa
Registrada
ER-310/1/84



Miles de kilómetros de carretera tienen algo en común.

Son muchos kilómetros en todo el mundo de experiencia en la aplicación de nuevas tecnologías, que han dado como resultado una amplia gama de productos ahora completada con los nuevos Betunes Modificados BP.

OLEXOBIT es la gama de Betunes Modificados que BP ha diseñado para las aplicaciones que requieren una mejora significativa de las propiedades del ligante en casos de una demanda de alta exigencia.

Son muchos kilómetros enfrentándonos a los problemas y encontrando las soluciones que nuestros clientes necesitan, por eso la colaboración profesional que siempre tendrá trabajando con BP es una garantía.

BP Bitumen, una colaboración profesional.

BP En Movimiento

