

Título: “Nueva metodología para la valoración de la adherencia árido ligante”

Autores: Botasso, Balige, Mikelaite, Bisio, González y Rebollo.

1º Autor: Ing. Hugo Gerardo Botasso.

Director del LEMaC - Centro de Investigaciones Viales

Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional La Plata

Calle 60 y 124. La Plata (1900) – Pcia. Buenos Aires – Argentina

Email: gbotasso@frlp.utn.edu.ar

2º Autor: Lic. Marcela Balige.

Gte .Técnico

Asistencia Técnica y Desarrollo Especialidades y Asfaltos Latinoamérica

Repsol YPF Lubricantes y Especialidades.

Tucumán 744 6 piso. Capital Federal – Argentina

Te. 54 11 507 10483

Email: mbalige@repsolypf.com

3º Autor: Ruben Osmar González

LEMaC - Centro de Investigaciones Viales

Email: rgonza@frlp.utn.edu.ar

4º Autor: Ing. Leonardo Mikelaite

LEMaC - Centro de Investigaciones Viales

Email: lmikelai@frlp.utn.edu.ar

5º Autor: Ing. Alejandro Bisio

Asesor Técnico Asfaltos

Asistencia Técnica y Desarrollo Especialidades y Asfaltos Latinoamérica

Repsol YPF Lubricantes y Especialidades.

Email: abisiob@repsolypf.com

6º Autor: Oscar Raúl Rebollo

LEMaC - Centro de Investigaciones Viales

Email: orebollo@frlp.utn.edu.ar

Título: “Nueva metodología para la valoración de la adherencia árido ligante”

Autores: Botasso, Balige, Mikelaïtes, Bisio, González y Rebollo.

1º Autor: Ing. Hugo Gerardo Botasso.

Director del LEMaC - Centro de Investigaciones Viales

2º Autor: Lic. Marcela Balige.

Gerente de Servicio Técnico de Especialidades para Latinoamérica

3º Autor: Ruben Osmar González

LEMaC - Centro de Investigaciones Viales

4º Autor: Ing. Leonardo Mikelaïtes

LEMaC - Centro de Investigaciones Viales

5º Autor: Ing. Alejandro Bisio

Centro Técnico Derivados - Terminal La Plata Repsol-YPF

6º Autor: Oscar Raúl Rebollo

LEMaC - Centro de Investigaciones Viales

1.- RESUMEN

La falta de adherencia entre el árido y el ligante asfáltico, ha sido tema de numerosos análisis tendientes a solucionar o disminuir los deterioros originados en los pavimentos como consecuencia de este fenómeno. La misma genera la formación de desprendimientos, los que afectan negativamente a la estructura, ya sea, a nivel de superficie de rodadura o favoreciendo el ingreso de los agentes agresivos a las carpetas inferiores del paquete estructural.

Tendiente a mejorar este fenómeno se utilizan productos conocidos como “Aditivos mejoradores de adherencia”, éstos productos (tensoactivos), son agentes de superficie, que incorporados al asfalto mejoran la interacción de éste con los áridos.

En el presente trabajo se valorará la adherencia entre árido y ligante utilizando algunas metodologías ya conocidas juntamente con otras de mayor actualidad que ponen

de manifiesto la pérdida de cohesión de las mezclas asfálticas cuando éstas entran en contacto con el agua. Este estudio considerará los dos tipos de áridos más utilizados en la provincia de Buenos Aires los cuales son: granito feldespático (predomina color rojo) y granito cuarzo-feldespató (predomina color gris); esta primera etapa cubre solamente el segundo de ellos.

La mezcla asfáltica adoptada como de referencia para el presente trabajo es del tipo “denso” de uso corriente en nuestra región. Se hace hincapié, en cada uno de los materiales intervinientes; áridos, ligante y mejorador; de modo de conocerlos, tanto en forma individual como desde el punto de vista de la interacción entre los mismos.

2.- INTRODUCCIÓN

El tema de la adherencia entre el ligante y el árido es complejo, interviniendo en su estudio un número considerable de variables. La adhesividad se define como “la capacidad de un ligante para quedar fijo en el agregado, al que recubre sin peligro de desplazamiento, incluso en presencia de agua, tránsito y cambios bruscos de temperatura”.

El Ing. JACQUES BONITZER, Jefe de Ponts et Chaussées de Francia; planteaba que: “El descubrimiento, está ligado no solamente a los fenómenos vinculados con el equilibrio físico-químico de las fases presentes (agregado mineral, ligante, agua, polvos arcillosos presentes) si no también a los fenómenos relacionados con la cinética físico-química, donde desempeñan un fuerte papel las acciones mecánicas debidas al tránsito y la viscosidad del ligante. Cuando el ligante es muy viscoso, de tender a producirse el descubrimiento, será mucho más lento; desde este punto de vista se dará preferencia al uso de ligantes mas viscosos”.

A los fines de analizar la adherencia árido - ligante, existen innumerables métodos en la gran mayoría de ellos la evaluación se efectúa a partir de una valoración visual del desprendimiento también denominado “stripping”. Esta valoración se lleva a cabo luego de poner en contacto a la mezcla asfáltica (ó una determinada fracción de la misma) con agua bajo condiciones y tiempo determinadas conforme a cada uno de los métodos particulares.

Estas metodologías poseen algunos aspectos discutibles dentro de los cuales se destacan los relacionados a la representatividad de los mismos en el campo y la

subjetividad en la cual podemos caer a la hora de efectuar la valoración. Dentro de estos aspectos podemos mencionar que de producirse el “stripping” el mismo se verificará bajo las siguientes condiciones (las cuales no se representan con los métodos antes descritos):

- será en la capas de material compactado.
- en servicio, bajo la acción del tránsito y de agentes climáticos.
- con árido con “cierto grado de suciedad”, polvo adherido, interviniendo en una curva granulométrica (dentro de huso preestablecidos).
- con ligante en porcentajes óptimos, que garanticen determinadas condiciones de obra.
- con un grado de compacidad de la capa terminada.

Esto nos lleva a buscar una forma de valorar el fenómeno a través de otro tipo de ensayos o metodologías que, en principio, pongan en evidencia uno de los principales problemas a los cuales conduce una inadecuada adherencia entre árido y ligante, al menos desde el punto de vista estructural, que consiste en la pérdida de cohesión interna con la posterior disminución de la capacidad portante de las mismas, tal el caso del ensayo de módulo.

El otro gran inconveniente, vinculado con problemas superficiales, lo constituyen los desprendimientos originados por una mala afinidad entre el betún constituyente de la mezcla asfáltica y los áridos que conforman el esqueleto granular.

En adelante nos orientaremos al análisis de la pérdida de cohesión de las mezclas asfálticas originadas por el contacto de las mismas con agua como así también la sensibilidad de éste último fenómeno frente a la dosis de un aditivo mejorador de adherencia.

Por último también se evaluarán el ligante original y los dosificados con los distintos contenidos de mejorador de adherencia. Para ello haremos uso no solo de los ensayos convencionales sino que incluiremos además algunos parámetros relacionados con el comportamiento reológico de los betunes.

3.- MATERIALES

3.1.- Ligante asfáltico

Para la elección del ligante, se optó por uno de los de mayor consumo a nivel nacional, el cemento asfáltico CA-30. La caracterización del mismo conforme a la Normativa Argentina IRAM 6604 – Asfaltos para uso vial (Clasificación por viscosidad) se resume en la tabla 1, mientras que en la tabla 2 se puede observar una composición típica para este tipo de asfalto.

Ensayo	Método	Asfalto AC-30
Producto original		
Viscosidad 60 °C , 1 rpm, S29, (P)	IRAM 6836	2960
Punto de ablandamiento (°C)	IRAM 115	49
Indice de Penetración	IRAM 6604	-0.7
Viscosidad 135 °C , 10 rpm, S21, (P)	IRAM 6836	4,9
Oliensis	IRAM 6594	negativo
Sobre el residuo de RTFOT		IRAM 6839
Indice de durabilidad	5.3	2
Ductilidad a 25 °C, 5 cm / min., (cm)	IRAM 6579	> 100

Tabla 1

	Asfaltenos	Saturados	N - A	P - A
Base asfáltica	5,7	26,5	57,7	10,1

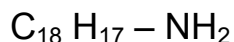
Tabla 2

3.2.- Aditivo mejorador de adherencia

Estos productos (tensoactivos), son agentes de superficie, que incorporados al ligante mejoran la adherencia orientando las moléculas más polares del ligante hacia el árido para neutralizar las cargas electrostáticas de la superficie mineral, reaccionan sobre los agregados minerales, de manera que modifican su superficie y las vuelven “más mojables” por los ligantes que por el agua. Los productos que confieren tal efecto son muy diversos al igual que lo será su modo de acción.

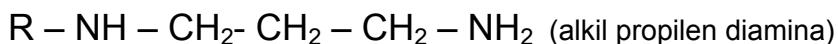
Los mejoradores más eficaces son, por regla general, mejoradores aminados, (excepto frente a los agregados calcáreos). Se presentan a continuación una enumeración de los mismos:

- **Monoaminas grasas:** tales como la estearilamina, obtenidas a partir de sebo y amoníaco.



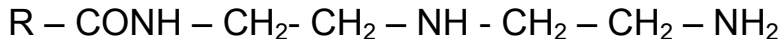
Es indispensable que la cadena hidrocarbonada de la amina grasa sea lo suficientemente larga, a fin de ser prácticamente insoluble en agua; las mono-aminas son bases débiles, bastante poco estable y de fácil destrucción por el calor. Reemplazándolas por productos de mayor complejidad se salvaría dicho problema.

- **Diaminas** del tipo



Pueden obtenerse a partir de grasas animales o vegetales, de amoníaco y de acrilonitrilo.

- **Amido-aminas**, del tipo



Estos productos se obtienen por condensación de la dictilentriamina (obtenida a partir del acetileno) con un ácido graso.

En esta ocasión se utilizó un mejorador de adherencia del tipo amínico cuyas características principales se resumen en la tabla N°3,.

	Viscosidad a 25°C (cP)	Punto de Fluidez (°C)	Densidad a 25 °C (g/cm3)	Pto. Inflamación (°C)
Aditivo	1800	<5	0,92	> 200

Tabla 3

Respecto de este tipo de componentes es muy importante considerar el contenido de materia activa que poseen dado que este parámetro esta estrechamente relacionado con la eficiencia del mejorador de adherencia. Contenidos de materia activa muy bajos pueden conducir a dosis de aditivo mejorador de adherencia relativamente altas lo cual, como veremos más adelante, podrían llegar a afectar la performance del ligante sobre todo en aspectos relacionados con altas temperaturas (deformaciones permanentes).

Un parámetro adecuado para determinar el contenido de materia activa es el constituido por el número de aminas totales. El aditivo empleado presentó un valor de 125 mg HCl / g.

3.3.- Áridos

El tipo de árido que se utilizó primera etapa del trabajo se trató de un agregado granítico gris cuarzo-feldespático del cual se detallan sus características generales en las tablas 4 y 5.

El motivo de la elección obedece al gran uso que en la provincia de Buenos Aires verifica este tipo de agregados. Los áridos provienen de una cantera ubicada en la localidad de Sierras Bayas, Olavarría.

Se complementa esta última información con un análisis petrográfico y composicional del árido en cuestión.

ARIDO GRUESO	
Parámetro	Valor
Peso específico (g/cm ³)	2.70
Absorción (%)	0,6
Desgaste Los Angeles (%)	20
Índice de lajas	25
Índice de agujas	11
Partículas con dos ó más caras de fractura	100

Tabla 4

ARIDO FINO	
Parámetro	Valor
Peso específico (g/cm ³)	2.66
Equivalente de arena (%)	65

Tabla 5

La información correspondiente a la tabla 6 se obtuvo mediante la utilización de Petrofotografía de polarización standard en cortes delgados.

Muestra	Cuarzo %	Fled. potásico %	Plagioclasa %	Otros %	Clasificación
Granito gris	47.4	40.5	8.1	4	Granito cuarzo-feldespático

Tabla 6

La presencia de agua posibilita la alteración en grado significativo en los feldespatos. Este efecto de meteorización química (denominado hidrólisis) comúnmente altera al feldespato potásico a argilominerales (denominado caolinita) en presencia de aguas (meteóricas de lluvia a bien subsuperficiales).



Figura 1

4.- PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS

4.1.- Asfaltos con mejorador de adherencia

Se utilizaron cuatro ligantes en el trabajo, cuyas diferencias radicaban en la dosis de mejorador de adherencia. Las dosis de mejorador utilizadas fueron de 0.1; 0.3 y 0.5 % respecto del peso del asfalto base; mientras que el cuarto ligante consistió en el uso del asfalto base sin la aditivación del mejorador de adherencia.

La aditivación se efectuó a una temperatura de 150 °C utilizando una agitación de 500 rpm durante un período de 15 minutos.

4.2.- Mezcla asfáltica

Como se mencionó anteriormente, se optó para el desarrollo del presente por una mezcla asfáltica tipo denso de uso corriente en nuestra zona.

El huso granulométrico de referencia se observa en la tabla 8, mientras que en la tabla 9 se detalla la granulometría resultante de la combinación de fracciones electa en esta oportunidad. El porcentaje de ligante óptimo, determinado mediante la metodología Marshall, fue de 5 % respecto del total de la muestra utilizando para la dosificación una energía de compactación de 50 golpes por cara.

Las propiedades principales se resumen a continuación:

	Estabilidad (Kg)	Fluencia (mm)	VAM (%)	RBV (%)
Mezcla asfáltica	1400	2,3	14	85

Tabla 7

Huso Granulométrico % pasa		
Tamiz	Mínimo	Máximo
1´	100	100
3/4 ´	100	100
1/2 ´	85	100
4	53	80
10	35	60
40	20	40
80	10	30
200	3	10

Tabla 8

Tamiz	% pasa
1´	100
¾ ´	99,2
½ ´	85,3
4	58,5
10	39,3
40	19,5
80	10,2
200	3,7

Tabla 9

5.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1.- Análisis de los asfaltos aditivados

Con el objeto de valorar la influencia de la incorporación de mejoradores de adherencia en las propiedades de los ligantes asfálticos se analizaron los diferentes betunes participantes del trabajo.

Se hizo uso con tal motivo de ensayos tradicionales como así también de ciertos parámetros relacionados con el comportamiento reológico de los asfaltos tales como el módulo de corte complejo G^* y el ángulo de fase δ para los aspectos vinculados con el rango de temperaturas elevadas, mientras que para el rango de bajas temperaturas se determinó el Stiffness de los ligantes.

Los valores de G^* y δ se obtuvieron mediante un reómetro de corte directo (DSR) utilizando una pastilla de asfalto de 25 mm de diámetro y 1 mm de espesor; en lo referente al stiffness, su determinación se efectuó a partir de un reómetro de flexión (BBR).

En la tabla 10 se observan los análisis convencionales efectuados sobre las muestras en estudio. De estos análisis se desprende que las modificaciones ocasionadas por la incorporación de este mejorador, al menos hasta las dosis utilizadas en esta oportunidad, no son significativas ya sea en las características de los ligantes en estado original como así también luego del ensayo de acondicionamiento en RTFO; la viscosidad verifica una disminución del 6,5 % aproximadamente al utilizar dosis de aditivo del orden del 0,5 %.

Ensayo	Método	Asfalto original	Asfalto + 0.1 %	Asfalto + 0.3 %	Asfalto + 0.5 %
Producto original					
Penetración 25°C , 100g , 5seg. , (0.1mm)	IRAM 6576	52	52	54	55
Punto de ablandamiento (°C)	IRAM 115	49	48	47	47
Viscosidad 60 °C , (poise)	IRAM	2960	2920	2920	2800

Ensayo de envejecimiento (RTFO)

Pérdida de masa (%)	IRAM	0.4	0.41	0.42	0.45
Viscosidad del residuo 60°C, (poise)	IRAM	6900	7040	7080	6980

Tabla 10

En los gráficos 2 y 3 se observa la evolución de la viscosidad a 60 °C y de la penetración a 25 °C con la dosis de mejorador de adherencia utilizada.

En los aspectos del comportamiento reológico de los ligantes asfálticos aditivados, los parámetros adoptados fueron el módulo de corte complejo G^* y el ángulo de fase δ de modo de monitorear no solo la rigidez de los asfaltos sino también su grado de comportamiento elástico. Los valores encontrados se resumen en los gráficos 4 y 5.

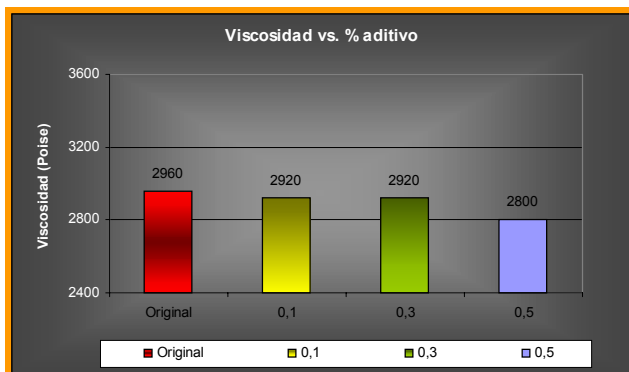


Gráfico 2

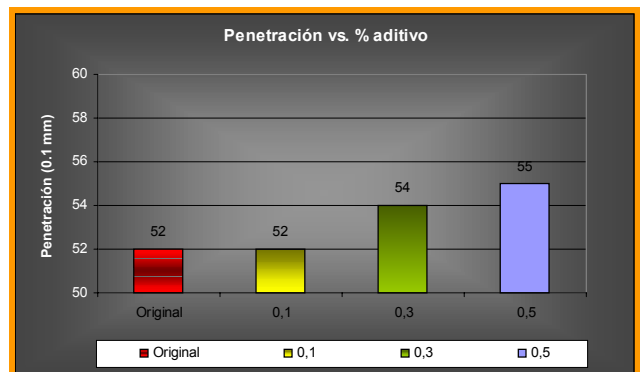


Gráfico 3

Se verificó una disminución de la rigidez del ligante asfáltico conforme se incrementaba la dosis del mejorador de adherencia (el módulo de corte complejo G^* a 58 °C verificó una baja del 14 % al pasar de 0 (cero) a 0,5 % el contenido de aditivo); aspecto éste alineado con la disminución verificada en su momento en la viscosidad rotacional. Restaría cuantificar cómo afecta esta disminución de la rigidez del ligante en las

características que éste último aporta a la mezcla asfáltica, dado que generalmente la dosificación de la mezcla asfáltica se efectúa con el ligante sin aditivo y luego la mezcla con la cual se elaborará el concreto asfáltico es concebida a partir de ligante aditivado.

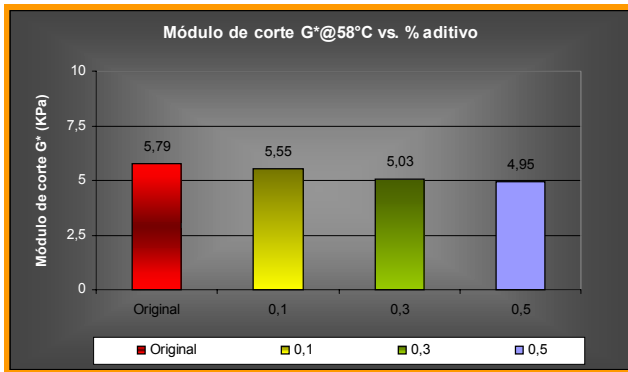


Gráfico 4

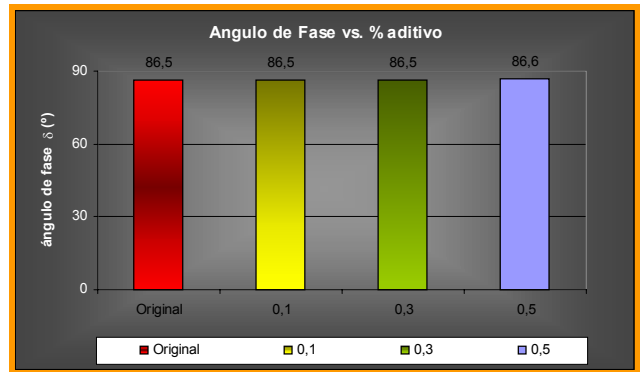


Gráfico 5

El ángulo de fase δ , como se observa en el gráfico 5, no sufre mayores modificaciones demostrando una menor sensibilidad de este parámetro frente al contenido de mejorador de adherencia.

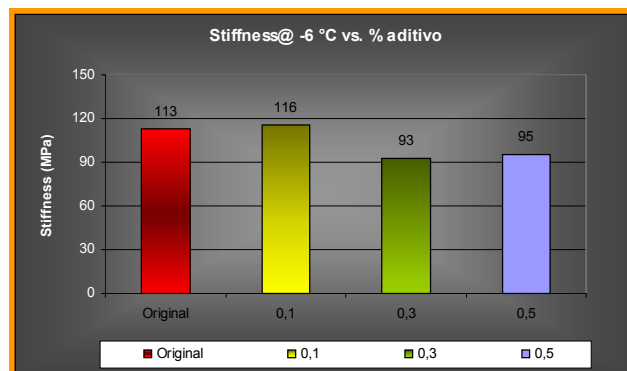


Gráfico 6

Se sometió a los ligantes en estudio a los ensayos de RTFO y PAV a modo de evaluar la influencia del aditivo y la dosis en la cual éste es utilizado en las características relacionadas con el rango de las bajas temperaturas, es decir la figuración térmica. Para tal motivo se determinaron los valores de Stiffness de los asfaltos a la temperatura de -6°C , los cuales se vuelcan en el gráfico 6.

Se observa una tendencia decreciente del Stiffness con el aumento del porcentaje de mejorador de adherencia; es decir que desde este punto de vista la presencia de este tipo de componentes mejorara el comportamiento de los ligantes originales sobre las bajas temperaturas.

5.2.- Análisis sobre mezclas asfálticas

En la siguiente etapa del trabajo se intentará evaluar mediante diferentes metodologías aspectos relacionados a la susceptibilidad de la mezcla asfáltica en estudio frente a la presencia de agua.

Básicamente se trató de poner de manifiesto uno de los mayores problemas que produce la presencia de agua en una mezcla asfáltica: la pérdida de cohesión con la consiguiente disminución de la capacidad portante de la misma. Con tal motivo se procedió a evaluar la resistencia de la mezcla compactada en su estado “seco” como así también luego de un determinado período de inmersión en agua, de modo de cuantificar desde este punto de vista los efectos, en los aspectos mecánicos, originados por el contacto del concreto asfáltico con agua.

Para determinar si la compatibilidad entre un árido y un asfalto determinado es buena ó mala, y si es mala que porcentaje de mejorador debemos utilizar podemos hacer uso de diferentes metodologías dentro de las cuales se destaca por su difusión la descrita bajo la formativa ASTM D-3625 (Effect of water on bituminous-coated aggregate-quick field test). Empleando esta última técnica, para el asfalto original, el recubrimiento resultó superior al 95 % verificando las exigencias estipuladas; razón por la cual, de acuerdo a esta metodología, el empleo de aditivos mejoradores de adherencia no serán necesarios.

5.2.1.- Módulo Dinámico

La metodología empleada para la determinación de los módulos dinámicos fue la constituida por el ensayo de tracción indirecta. En esta oportunidad se optó por una temperatura de referencia de 20 °C y una frecuencia de sollicitación de carga de 1 Hz.

El procedimiento empleado para la evaluación del efecto de la presencia de agua en las mezclas asfálticas, consistió en sumergir probetas del tipo Marshall durante un tiempo de 7 días evaluando en ese período la evolución del módulo dinámico de las mezclas con el tiempo de inmersión.

La temperatura del agua en la cual se efectuó la inmersión de las probetas fue de 25 °C.

En los gráficos 7 y 8 se resumen los valores encontrados a partir de la implementación de la metodología descrita oportunamente.

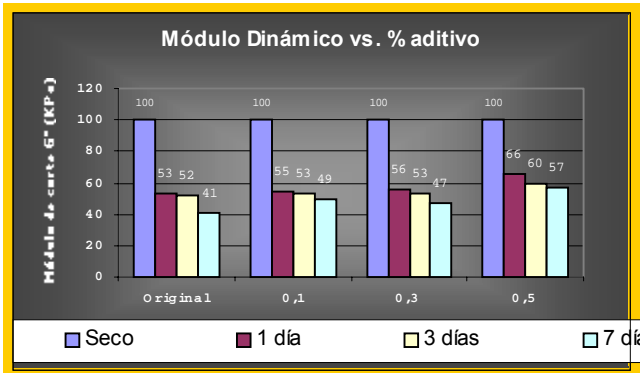


Gráfico 7

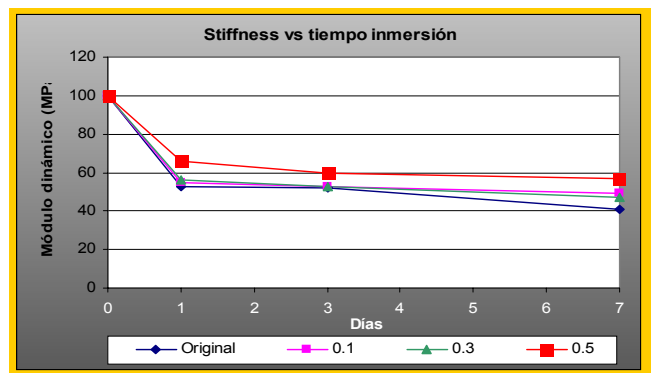


Gráfico 8

En los gráficos anteriores se observa la tendencia general del módulo dinámico a disminuir conforme transcurre el período de inmersión, fenómeno éste relacionado con la pérdida de cohesión interna de la mezcla a causa de la presencia de agua.

Si bien esta tendencia general se verifica para todas las mezclas en estudio, el gradiente con el cual se produce esta pérdida de rigidez de las mezclas disminuye a medida que la dosis de mejorador de adherencia se incrementa. En este caso particular los beneficios del mejorador comienzan a resultar notorios con porcentajes de aditivo mejorador de adherencia del orden del 0,5 % (sobre ligante).

5.2.2.- Ensayo de Inmersión – Compresión

La metodología empleada para la ejecución del ensayo de Inmersión Compresión fue la descrita en la Normativa Española NLT – 162/84, empleando una temperatura de 60 °C y un período de inmersión de 24 horas (procedimiento N° 2).



Gráfico 9

Los resultados encontrados utilizando esta metodología nos conducen a conclusiones similares a las obtenidas a partir de la evaluación del módulo dinámico: una

marcada tendencia creciente de la resistencia conservada conforme aumentamos la dosis de mejorador de adherencia; si bien esta diferencia se hace más notoria a partir de contenidos de aditivo superiores al 0,3 %.

5.2.3.- Ensayo de Tracción Indirecta

Para valorar la adherencia con el ensayo de Tracción Indirecta, se efectuó una metodología basada en el empleo de la prensa Lottman. Con el objeto de poder comparar los valores con el ensayo de Inmersión Compresión se acondicionaron las probetas de idéntica forma que la correspondiente a esta; es decir empleando una temperatura de 60 °C y un período de inmersión de 24 horas.

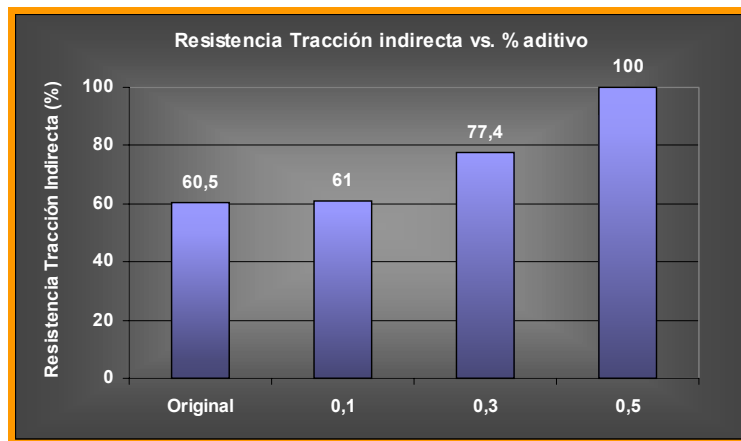


Gráfico 10

Nuevamente la presencia del mejorador de adherencia comienza a hacerse notoria para contenidos de aditivo de adherencia del orden del 0,3 %. Obviamente que éstos valores son aplicables solamente bajo las condiciones de borde del presente trabajo.

6.- CONSIDERACIÓN FINALES

El objetivo de este trabajo es analizar una posible metodología a emplear a la hora de valorar los efectos de una mala adherencia árido-ligante en las propiedades de las mezclas asfálticas, considerando las condiciones de borde de cada problema en particular tales como tipo de ligante, tipo de árido y naturaleza del aditivo mejorador de adherencia.

La incorporación de este tipo de agentes mejoradores de adherencia al ligante asfáltico original producen una disminución de la rigidez de los mismos a elevadas temperaturas, desmejorando el comportamiento de éstos frente a aspectos relacionados

con las deformaciones permanentes, mientras que simultáneamente se producen mejoras en lo concerniente al rango de bajas temperaturas atenuando la posibilidad de fisuras por contracción térmica. La proporción de éstas modificaciones dependerá fundamentalmente del tipo de aditivo como así también de la dosis empleada.

Un factor relacionado con este último punto es la materia activa presente en el mejorador de adherencia, que es un aspecto directamente relacionado con la eficiencia del producto. Una menor proporción de materia activa obligará, para lograr un efecto determinado, utilizar dosis de mejorador de adherencia elevadas lo cual derivará en transformaciones mayores en las propiedades del ligante orinal.

De los análisis efectuados vemos que la pérdida de cohesión se pone de manifiesto en los ensayos que involucran parámetros mecánicos de los concretos asfálticos, si bien la sensibilidad de cada uno de ellos se presenta diferente y en un futuro restará cuantificar la representatividad de los mismos.

La utilización de ciertas metodologías basadas en apreciaciones visuales efectuadas sobre mezclas sin compactar no pone de manifiesto el efecto de la pérdida de cohesión que el agua origina en los concretos asfálticos lo cual obligaría al empleo de metodologías como las descritas anteriormente en dirección a complementar los resultados encontrados.

7. Bibliografía consultada

- **Susceptibilidad a la humedad de mezclas asfálticas empleando resistencia a tracción indirecta.** Carlos Wahr Daniel y Rodrigo Díaz Flores. Universidad Técnica "Federico Santa María" Chile.
- **Aditivos Promotores de adhesión.** Boletín Técnico. Akzo Nobel.
- **The Use of adhesión agents and their effect.** A R Woodside and P D MacCool. 4 th Eurobitume Congress, Madrid 1989.
- **A laboratory test system for prediction of asphalt concrete moisture damage.** R P Lottman, R P Chen, K S Kumar and L W Wolf. TRB Research record.