

## **Asfaltos modificados fijación de residuos contaminantes**

**Autores: Botasso H.G. , Gonzalez R.O., Rosato M., Rebollo O. Rivera J.J.**

**Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional La Plata**

**Calle 60 y 124 La Plata (1900) Buenos Aires Argentina**

**Email: [lemac@frlp.utn.edu.ar](mailto:lemac@frlp.utn.edu.ar) Tel: 0054-221-4890413**

---

### **TEMARIO**

- 1. Consideraciones sobre asfaltos modificados.**
- 2. Consideraciones sobre microaglomerados discontinuos en caliente.**
- 3. El caso particular**

### **resumen**

El presente trabajo trata sobre la utilización de un asfalto modificado con caucho y asfaltita en un microaglomerado discontinuo en caliente comparando su acción en el mismo con la de un asfalto modificado con SBS.

### **1) CONSIDERACIONES GENERALES SOBRE ASFALTOS MODIFICADOS**

#### **1.a. Conceptos generales sobre asfaltos modificados**

Los agentes modificadores utilizados en los asfaltos, modifican el comportamiento reológico de los mismos. Se puede decir que un asfalto modificado es un ligante hidrocarbonado resultante de la interacción física y/o química de los polímeros con un betún asfáltico.

Un asfalto puede modificarse con rellenos minerales, cauchos, plásticos o hidrocarburos naturales.

Los asfaltos se caracterizan por variar su comportamiento según a la temperatura a la que se encuentren; es por ello que a distintas temperaturas el asfalto posee distintas consistencias, propiedad que se denomina susceptibilidad térmica, la cual debería ser lo mas baja posible de modo que a bajas temperaturas y tiempos cortos de aplicación de cargas sean lo suficientemente flexibles para evitar el fisuramiento y a tiempos prolongados de aplicación de cargas sean resistentes a las deformaciones.

La situación ideal es aquella de aquel asfalto que mantiene su consistencia en un amplio intervalo de temperatura.

La acción de los modificadores es colaborar en la tendencia a que el asfalto presente las menores variaciones de consistencia para los cambios de temperatura registrados.

Se diferencian distintas acciones según sea el tipo de modificador. Así por ejemplo la utilización de filler reduce las deformaciones plásticas o ahuellamiento, producidas por las altas temperaturas.

En el caso de los polímeros se logran dispersiones de los mismos en el asfalto, que de acuerdo al tipo de polímero y su compatibilidad con el asfalto base será el tipo de dispersión.

Los polímeros son sustancias orgánicas de alto peso molecular que logran hidratarse e hincharse dentro del asfalto. Así por ejemplo tenemos los cauchos, de comportamiento elastomérico. Algunos polímeros generan cadenas lineales, otros en block pero en general la macrodispersión lograda consta de un sistema de dos fases en donde:

El polímero se dispersa sin ejercer efecto alguno.

Absorben los aceites maltenos y se hinchan.

Se dispersan en forma molecular. El grado de dispersión depende de:

**la temperatura de trabajo**  
**del esfuerzo de corte ejercido( molino coloidal),**

**de la aromaticidad de los maltenos del asfalto base  
y de la cantidad de asfaltenos presentes.**

En general un agente modificador logra:

**Disminuir la susceptibilidad térmica**

**Aumentar la cohesión interna**

**Mejorar la elasticidad y flexibilidad a bajas temperaturas**

**Mejorar el comportamiento a fatiga**

**Aumentar la resistencia al envejecimiento**

Los asfaltos modificados quedan así constituidos por dos fases diferenciables:

1) Polímero

2) Betún

Cuando hay bajas concentraciones de polímeros existe una matriz continua de betún en la que se encuentra disperso el polímero, a altas concentraciones de betún se invierten las fases. Esta estructura da origen al cambio de comportamiento de los asfaltos modificados.

Los ensayos que se realizan a un asfalto modificado sirven para evaluar:

**Elasticidad**

**Propiedades mecánicas**

**Compatibilidad**

**Estabilidad del almacenamiento**

**Envejecimiento**

### **1.b.El uso de caucho recuperado de cubiertas**

El polvo de caucho de neumáticos no es 100% reciclable.

Cada año alrededor de 400 millones de neumáticos son desechados. Estos desechos de neumáticos han creado enormes pilas que se estima que tengan entre los 3 y los 6 billones de neumáticos. Se está intentando deshacerse de sus inventarios de desechos de neumáticos de diversas

formas, tales como quemarlos o reciclarlos en plásticos, caucho y otros productos. Una de las maneras mas discutibles para usar los desechos de neumáticos, es como modificador de aglutinante de asfalto en carreteras y autopistas. Para esta aplicación los neumáticos son pulverizados o triturados en polvos de caucho y añadidos directamente al asfalto caliente. La creencia común es que los polvos de caucho serían un aditivo útil para el asfalto, aumentando la elasticidad del asfalto y reduciendo sus problemas de rutina.

El ISTA de 1991 del Congreso de los Estados Unidos requirió a los departamentos de transporte del estado en América incorporar cantidades crecientes de polvos de caucho en el asfalto de las autopistas o hacer frente a las pérdidas de la financiación federal. Sin embargo, los polvos de caucho han sido difíciles de usar pues son altamente inestables en el asfalto. Hay también otros problemas, tales como la variabilidad de ambos, el caucho y el asfalto, haciendo la realización del pavimento poco fiable. Adicionalmente los polvos de caucho modificadores de asfalto no son 100% reciclables. El Congreso publicó una moratoria forzando a los estados a usar caucho reciclado en pavimentos de asfalto y esta moratoria fue extendida varias veces pero al final de 1995 el Congreso rescindió la moratoria.

### **1.c. Utilización de asfaltita mas caucho.**

La asfaltita es un asfalto natural de consistencia sólida. En nuestro país hay un yacimiento de este tipo. Es muy rica en asfaltenos y para profundizar sobre la acción de este modificador sobre asfaltos y mezclas asfálticas ver el trabajo del LEMaC presentado en la comisión permanente del asfalto de 1996.

La combinación de asfaltita y polvo de caucho en un solo producto, es comercializada por empresas nacionales e internacionales . El proceso

de fabricación de polvo de caucho incluye separar el neumático en sus componentes: caucho, acero y tejido. Después de la separación el caucho es molido mas finamente hasta un tamaño específico. Se toma el polvo de caucho y lo trata químicamente para mejorar sus características adherentes, y entonces lo combina con el grado de asfaltita.

#### **1.d. Los asfaltos modificados según la normativa europea**

La normativa europea sobre betunes con polímeros especifica la ejecución de una serie de ensayos a realizar al asfalto para poder cuantificar propiedades de este tales como :

a)Características funcionales:

- Ductilidad
- Recuperación elástica
- Envejecimiento
- Comportamiento en frío

b)Caracterización y comportamiento del producto:

- Penetración
- Punto de ablandamiento

No se intenta valorar la bondad del producto sino verificar su acción

c)Propiedades del manejo:

- Estabilidad de Almacenamiento
- Temperatura de la mezcla
- Punto de Inflamación
- Densidad
- Homogeneidad

Especificaciones de los betunes modificados según la orden circular  
322/97

Características	Ud.	Norma NLT	BM-1		BM-2		BM-3a		BM-3b		BM-3c		BM-4		BM-5	
			Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
Penetración (25 °C)	0.1 mm	124	15	30	35	50	55	70	55	70	55	70	80	130	150	200
Pto. de Ablandam.	°C	125	70		65		58		60		65		60		55	
Pto. Frag. Fraass	°C	182		-4		-8		-10		-12		-15		-15		-20
Ductilidad 5°C	cm	126			2		4		25		30		40		50	
Ductilidad 25°C	cm	126	10													
Flotador 60 °C	s	183	3000		2000		700		1200		2000		1200		1200	
Estabilidad de Almacenamiento		328														
Dif. Pto de abland.	°C	125		5		5		5		5		5		5		5
Dif. De Penetración	0.1 mm	124		5		8		10		10		10		12		20
Recuperación elástica torsional																
a 25 °C	%	329			10		15		40		70		60		60	
a 40 °C	%	329	15													
Cont. De agua (vol)	%	123		0.2		0.2		0.2		0.2		0.2		0.2		0.2
Pto. De inflamación	°C	127	235		235		235		235		235		220		200	
Densidad relativa		122	1		1		1		1		1		1		1	
Residuo despues de película fina																
Variación de masa	%	185		0.8		0.8		1		1		1		1.4		1.5
Penetración a 25 °C	% po.	124	70		70		65		65		65		60		55	
Variac. de pto. de abl.	°C	125	-4	8	-4	8	-5	10	-5	10	-5	10	-6	10	-6	10
Ductilidad a 5 °C	cm	126			1		2		12		15		20		25	
Ductilidad a 25 °C	cm	126	5													

**Lista de los ensayos sobre asfaltos con su respectiva numeración para las distintas normativas**

CARACTERÍSTICA		ASTM	IRAM	NLT	UNIDAD
Penetración, 25 ° C; 100 g; 5 s		D5	6576	124	0.1 mm
Penetración, 40 ° C; 100g; 5 s		D5	6576	124	0.1 mm
Punto de Ablandamiento				125	° C
Índice de Penetración (Pfeiffer)			G-1/2	181	-----
Punto de fragilidad Fraass			6831	182	° C
Punto de Inflamación (Cleveland vaso abierto)		D92	A6555		° C
Densidad Relativa a 25/25 °C		D70	6586	122	Gr./cm <sup>3</sup>
Densidad		D70	6586	122	Gr./cm <sup>3</sup>
Oliensis		AASHTO T 102	6594	135	-----
Ductilidad (5cm/min)	a 5 ° C			126	Cm
	a 25 ° C	D113	6579	126	Cm
Solubilidad en tricloroetano		D2042	6585		%
Flotador (60 ° C)		D139		183	S
Estabilidad al almacenamiento: Diferencia Punto de Ablandamiento				328 y 125	° C
Recuperación elástica	25 ° C		6832	329	%
	40 ° C			329	%
Residuo despues de película fina					
Variación de masa				185	%
Penetración,25°C;100g;5 s		D1754	6576	124	% p.o.
Variación del punto de Ablandamiento				125	°C
Ductilidad (5 cm/min)	a 5 ° C	D1754		126	cm
	a 25 ° C			126	Cm

## **2)CONSIDERACIONES SOBRE MICROAGLOMERADOS**

### **2.a. Definición de microaglomerado discontinuo en caliente**

Se llama microaglomerado a aquella mezcla asfáltica que posee un tamaño máximo nominal de la mezcla de agregados superior a 10 mm pero que no llega a constituirse en un concreto asfáltico, que se ejecuta en espesores reducidos y a la que no se le puede atribuir un aporte al paquete estructural del pavimento. Esta definición no es tajante ya que se conocen casos en Estados Unidos y España de mezclas denominadas microaglomerados con un tamaño máximo nominal de 6 mm. El tamaño máximo, a su vez, no debe ser superior a los  $\frac{2}{3}$  del espesor de carpeta buscado, esto se especifica sobre todo en microaglomerados discontinuos que son el tema de estudio del siguiente trabajo, las especificaciones que se realicen de aquí en mas son las indicadas para este tipo de mezcla en especial.

Por definición los microaglomerados son mezclas que se utilizan como tratamiento de mejorado de superficie en carpetas en mal estado pero que poseen sus cualidades estructurales intactas, ya que el microaglomerado no realiza un aporte estructural al paquete, como ya se ha dicho.

### **2.b. Aspectos importantes a tener en cuenta en este tipo de mezclas**

Se trata de un material utilizado en la renovación de las características superficiales de la calzada en aquellos casos en que la cota de la misma no pueda ser elevada ya que se puede incluir en capas de bajo espesor.

Es generalizado en este tipo de mezclas el uso de áridos provenientes en su totalidad de trituración, en caso contrario se suele recomendar que las partículas posean en un 100% de los casos como mínimo dos caras de fracturadas y en un 75% de los casos tres caras fracturadas.

Las mezclas abiertas en caliente se logran con mezclas discontinuas de áridos, por ser extendida con terminadora y compactadas levemente con rodillo plano, esta metodología de aplicación es la que impone la relación entre tamaño máximo del agregado y espesor de la capa, en contraposición con el mismo tipo de mezcla pero en frío, las que son extendidas como lechadas y en donde la alta macrotextura se logra haciendo coincidir el espesor con el tamaño máximo del agregado. La discontinuidad para un espesor de la capa cercano a los 3 centímetros se obtiene asegurando un porcentaje reducido de retenido entre los tamices N° 4 y N° 8, se recomienda que este valor sea máximo del 8%.

Lo que se busca al elevar la macrotextura es ofrecer una adherencia suficiente del tráfico al provocarse irregularidades superficiales de longitudes de onda de entre 5 y 50 mm. Esto se explica porque la resistencia al deslizamiento que ofrece una superficie de rodamiento es función de factores relativos al vehículo, neumático, agentes climáticos y, especialmente, a las características intrínsecas de macrotextura y microtextura de la carpeta de rodamiento. Por estas razones para ofrecer suficiente adherencia a cualquier velocidad se debe tener una macrotextura lo suficientemente gruesa provocada por la composición granulométrica y la utilización de tamaños máximos pequeños que permita la rápida evacuación del agua que se interponga entre el neumático y el pavimento. Para garantizar, por otra parte, una adecuada adherencia en superficie mojada ( y aun en superficies secas) es necesaria una microtextura áspera.

Por tratarse de mezclas abiertas donde la durabilidad esta en juego, porque se disminuye la cantidad de mortero de la mezcla y por consecuencia la cohesión, se debe utilizar asfaltos modificados con polimeros ya que estos aportan a las mezclas la adherencia necesaria para ser resistentes al trafico. Se debe recordar que los factores propios que pueden limitar la durabilidad de una mezcla son básicamente tres: el envejecimiento, la fatiga y la deformabilidad. Se admite de manera general que los dos primeros están íntimamente ligados al contenido de ligante de la mezcla. Se debe entonces diseñar la mezcla con el mayor contenido de ligante posible, siempre que no se desatienda la capacidad de resistencia a la deformación plástica. La capacidad de resistencia al envejecimiento en mezclas con asfaltos aditivados con polímeros queda garantizada con contenidos de este de 5,5 al 7 %.

Un alto porcentaje de filler ayuda a formar el mortero capaz de mantener la macrotextura de la mezcla a lo largo del tiempo.

La sonoridad es otra de las características que se analizan en este tipo de mezcla, se estudia desde dos perspectivas, por un lado la comodidad para el conductor y por el otro el impacto ambiental producido por el ruido de la rodadura de los vehículos. Los microaglomerados discontinuos permiten reducir el ruido de rodadura en el entorno de los 1,5 a 2 dB con pavimento seco y de 2 a 5 dB con pavimento mojado respecto de las mezclas convencionales.

**2.c.Valores límites para las determinaciones que se efectúen sobre los materiales a utilizarse en este tipo de mezclas**

**-ASFALTOS MODIFICADOS**

CARACTERISTICAS DEL ASFALTO MODIFICADO	UNIDAD	NLT	LIMITES
<b>Asfalto original</b>			
Penetración a 25 °C	0,1 mm	124	55/70
Punto de ablandamiento	°C	125	>65
Punto de fragilidad Fraass	°C	182	<-15
Ductilidad a 5 °C	cm	126	>30
Recuperación elástica torsional	%	329	>70
Contenido de agua	%	123	<0,2
Punto de inflamación v/a	°C	127	>235
Densidad relativa	g/cm3	122	>1,0
<b>Residuo despues de película delgada</b>			
Variación de masa	%	185	<1,0
Penetración a 25 °C	%po	124	>65
Variación de punto de ablandamiento	°C	125	-4/+10
Ductilidad 5 °C	cm	126	>15

Este asfalto clasificaría como un BM-3c en las normas españolas, estas especifican además para este asfalto que para el ensayo de Estabilidad de Almacenamiento (NLT 328) la diferencia máxima de punto de ablandamiento sea de 5 °C y que la diferencia de penetración máxima a 25 °C sea de 10.

Se puede utilizar las especificaciones italianas para carpetas de pequeño espesor, elevada rugosidad superficial y ejecutadas con asfaltos modificados, a las que ellos denominan MICROTAPETTO, estas son para aquellos modificados con un 4 a 6% de SBS:

CARACTERISTICA	UNIDAD	MINIMO	MAXIMO
Penetración a 25 °C	0,1 mm	45	60
Pto. De Abland.	°C	60	70
Indice de Penetración		2	4
Fragilidad Fraass	°C	-12	
Viscosidad DIN a 80 °C	Pas	100	250
Viscosidad DIN a 160 °C	Pas	0,1	0,2

## -AGREGADOS PETREOS

áridos gruesos

Dureza Los Angeles	<25
Indice de Lajas	<20
Part. Con dos o más caras de fractura	75 - 100
Coef. De pulido acelerado	>0.50

Aridos finos

equivalente arena superiores a 50%

Otros autores citan valores de:

Desgaste Los Angeles	<20
Índice de lajas	<25

### 2.d. Diseño de una mezcla de microaglomerado

La mezcla

Para el diseño de una mezcla de microaglomerado en caliente se utilizan ensayos de laboratorio y de obra.

En laboratorio los ensayos que nos completan la información necesaria de un microaglomerado son:

**Relaciones volumétricas**

**Ensayo Marshall**

**Ensayo inmersión compresión**

**Ensayo del cantabro**

Ensayo brasilero de resistencia a la tracción indirecta.

En obra los ensayos que mejor nos ayudan a evaluar la mezcla y la ejecución del microaglomerado son:

**Determinación de densidad**

**Determinación de vacíos**

**Determinación de permeabilidad**

**Determinación de microtextura**

**Determinación de macrotextura**

**Determinación de lisura y Rugosidad**

Como las mezclas en caliente de este tipo son muy sensibles a las variaciones del contenido de asfalto se debe establecer un punto de compromiso entre la durabilidad de la mezcla, que aumenta con el contenido de asfalto, y su estabilidad, que tras alcanzar un máximo descende con rapidez al aumentar dicho contenido. Lograr este objetivo es el compromiso del método Marshall.

El contenido óptimo de asfalto en una mezcla se determina, entonces, logrando balancear tres aspectos:

Adecuada estabilidad.

Peso unitario máximo.

Límites medios del porcentaje de vacío.

La mezcla generalmente seleccionada es aquella que produce la solución económica cumpliendo con los requerimientos establecidos. Las mezclas con valores exageradamente altos de estabilidad y valores bajos de fluencia tienden a dar pavimentos rígidos o frágiles.

El ensayo de Inmersión-Compresión sobre probetas cilíndricas nos permite medir la pérdida de cohesión que se produce en las mezclas asfálticas por la acción del agua. Con este se obtiene un índice numérico de la pérdida producida al comparar la resistencia a compresión simple

obtenidas entre probetas mantenidas al aire y probetas duplicadas sometidas al acción del agua.

El ensayo Cantabro permite evaluar indirectamente empleando la máquina de Los Angeles la cohesión, trabazón así como la resistencia a la disgregación de mezclas asfálticas abiertas con áridos de tamaño máximo inferior a 25 mm, ante los efectos abrasivos y de succión originados por el tránsito.

El ensayo a la resistencia a la Tracción Indirecta permite definir un parámetro capaz de caracterizar la mezcla asfáltica y optimizar, en función del contenido de asfalto, la cohesión de la mezcla y su resistencia al esfuerzo cortante.

La determinación de densidades y de porcentajes de vacíos sobre los testigos extraídos de la obra nos permiten evaluar la eficacia de la puesta en obra.

Las mediciones de permeabilidad, microtextura, macrotextura, lisura y rugosidad nos permiten evaluar la seguridad al tránsito que otorga la mezcla sobre todo ante condiciones atmosféricas desfavorables.

A continuación se dan algunos valores de referencia que se pueden exigir:

Porcentajes de vacíos	>4%
Resist. conservada (inmersión-compresión)	>80%
Estabilidad	>700 kg

Sobre probetas moldeadas a 50 golpes por cara, para tenores de asfalto de 5.2 a 5.8%.

Límites para la relación E/F de entre 1500 a 3000 kg/cm.

Se puede conferir carácter drenante al microaglomerado con porcentajes de vacíos e/10 y 14%.

## Resistencia a la Tracción Indirecta (RTI) y Coeficiente de Tracción Indirecta (CTI)

TEMPERATURA	10 °C	25 °C	40 °C
RTI (N/mm <sup>2</sup> )	1.1 - 1.6	0.45 - 0.75	0.25 - 0.40
CTI (N/mm <sup>2</sup> )	120 - 165	75 - 110	35 - 68

Algunos valores medios observados son los siguientes:

Densidad aparente (gr/cm <sup>3</sup> )	2,356
Máxima densidad Rice (gr/cm <sup>3</sup> )	2,458
Vacios (%)	4,2
VAM (%)	17,6
RBV (%)	76
Estabilidad (kg)	1021
Fluencia (mm)	4,6
Relación E/F (kg/cm)	2630

## 4. EL CASO PARTICULAR

### 3.a. Método de incorporación de caucho y asfaltita al cemento asfáltico base

El cemento asfáltico base se colocó en estufa hasta alcanzar el mismo una temperatura de 170 °C, se puso a mezclar el cemento asfáltico con una mezcladora intraestufa de eje vertical que posee en su extremo inferior unas paletas con un ángulo de inclinación tal que permite que el flujo de asfalto circule en forma de espiral vertical produciendo el ascenso y

descenso de las partículas a la vez que se produce el movimiento de rotación. Se aditivó espolvoreando el producto en los distintos porcentajes, de forma tal de que no se produzcan grumos en la incorporación. A bajas revoluciones de mezclado se lo mantuvo durante un período de 60 minutos, manteniendo constante la temperatura indicada. Luego se extrajo la muestra de la estufa dejando enfriar a temperatura ambiente. Se acota que para la extracción de las muestras, para los distintos ensayos y para la elaboración de la mezcla asfáltica, se llevó la misma a la temperatura de 170 °C y se la mezcló durante 10 minutos para homogeneizarla ante un posible asentamiento, la extracción de las muestras se realizó con cucharón del tercio medio del recipiente.

### 3.b. Determinaciones realizadas sobre asfaltos modificados en el LEMaC

Los resultados de las determinaciones realizadas sobre un asfalto base del comunmente conocido como Bitalco 70-100 y su posterior aditivación en nuestro laboratorio con el producto Asphaltiflex en

	BASE 70-100	BASE + X % DE ASFALTFLEX						
		2%	4%	6%	8%	10%	12%	14%
PENETRACION 25°C	70	63	55	49	47	45	39	30
PENETRACION 40°C	400	328	290	260	240	230	180	140
PTO. DE INFLAMACION	288	290	285	290	280	290	290	---
DUCTILIDAD	<b>VER MAS ADELANTE</b>							
REC. ELÁST. TORSIONAL %	7	6	9	14	15	22	18	23
OLIENSIS	N	N	N	N	N	N	N	N
PTO. DE ABLANDAMIENTO	46	48	49	50	51	52	55	57
INDICE DE PENETRACION(25°C)	-1,20	-1,20	-1,20	-1,20	-1,10	-0,90	-0,60	-0,70
INDICE DE PENETRACION(40°C)	-1,20	-1,20	-1,20	-1,20	-1,10	-0,90	-0,60	-0,70
DENSIDAD RELATIVA	1,0218	1,0113	1,0103	1,0066	1,0113	1,0168	1,0214	1,0425
DENSIDAD	1,0187	1,0082	1,0073	1,0036	1,0082	1,0138	1,0183	1,0393
IP SEGUN ABACOS SHELL	-1,1	-1,2	-1,1	-1,2	-0,7	-0,6	-0,5	-0,9

porcentajes de 2, 4, 6, 8, 10, 12 14 % son los siguientes:

A continuación se dan también los resultados de las determinaciones sobre el cemento asfáltico base Asfasol A y el producto de su aditivación con el 3% de SBS comercializado en el mercado argentino

		3% de SBS
PENETRACION	25°C	64
	40°C	232
PTO. DE INFLAMACION		292
DUCTILIDAD		36
PTO. DE ABLANDAMIENTO		61
REC. ELÁST. TORSIONAL %		54
DENSIDAD RELATIVA		1,0076
DENSIDAD		1,0046
INDICE DE PENET. 25 °C		1,9

### 3.c. Análisis del Índice de Penetración en función de las penetraciones a 25 y 40 °C y Punto de Ablandamiento.

En el análisis referido se detecta una diferencia en los valores que adopta el Índice de Penetración según los ábacos de Shell con respecto a los valores que dan las fórmulas con los valores de penetración obtenidos a 40 °C y una coincidencia en los valores de penetración obtenidos mediante los ensayos a 25 °C. Tomando como valores precisos las penetraciones a 25 °C y el punto de ablandamiento se observa una significativa diferencia entre los valores teóricos que tendría la penetración a 40 °C con los valores obtenidos en los ensayos de penetración a esa temperatura. Adoptando los valores teóricos de penetración a 40 °C e introduciéndolos en la fórmula se consiguen valores acordes a los valores del Índice de Penetración a 25 °C. Por lo tanto se colige que no son confiables los valores de penetración a 40 °C obtenidos mediante el ensayo.

### 3.d. Análisis del efecto de la incorporación de caucho a los asfaltos

El producto asfaltiflex que se utiliza como modificador en este trabajo es una mezcla de un 32% de Asfaltita y 68% de Caucho.

Con el propósito de poder observar la acción real que ejerce el Caucho al ser incorporado el asfalto se decide la ejecución de una serie de ensayos sobre asfaltos aditivados con 6 y 10 % de asfaltiflex y otros aditivados con 1,92 y 3,2 % de Asfaltita, que son los contenidos de este producto en las aditivaciones realizadas de Asfaltiflex en los porcentajes ya mencionados.

Se realizaron sobre estos asfaltos determinaciones de penetración a 25 Y 40 °C, punto de ablandamiento, recuperación elástica torsional y ductilidad a 15 °C.

Esta última determinación se encuentra especificada para 25 o 5 °C, pero en pruebas preliminares se descubrió que los resultados obtenidos a estas temperaturas se ubicaban en valores que los hacían casi impracticables. Por esta razón, y porque el objetivo principal de estas determinaciones era el de realizar una comparación entre asfaltos y no la aprobación o rechazo de estos, es que se optó por realizar las

<b>ASFALTO</b>	<b>PENETR. 25 °C</b>	<b>PENETR. 40 °C</b>	<b>PTO. DE ABL.</b>	<b>REC. ELAST. TORS.</b>	<b>DUCTILIDAD 15 °C</b>
<b>Asfaltita 1,92 %</b>	59	267	50	7	12
<b>Asfaltita 3,20 %</b>	52	265	51	6	16
<b>Asfaltiflex 6 %</b>	49	260	50	14	22
<b>Asfaltiflex 10 %</b>	45	290	52	22	25

determinaciones a 15 °C, temperatura a la cual el rango de los resultados permite observar perfectamente el comportamiento de los asfaltos analizados.

### **3.e. Acción sobre un microaglomerado en caliente.**

Con el propósito de poder estudiar el comportamiento de estos asfaltos se decide utilizarlos en la dosificación de un microaglomerado discontinuo en caliente.

Como se puede observar en las tablas productos de la normativa europea este tipo de mezclas asfálticas requieren de asfaltos modificados con polímeros con características de las encuadradas por la clasificación BM3.

Las especificaciones no hacen referencia a asfaltos modificados con mezcla de caucho y asfaltita. Vemos que estos no encuadran fácilmente en ninguna de las clasificaciones de la normativa europea sobre asfaltos modificados con polímeros. A los efectos de poder realizar el estudio del comportamiento de estos se decide elegir al asfalto modificado con un 6% de Asfaltiflex por ser el que mas se aproximaría a la categoría BM3 y el aditivado con el 10% para ver la influencia del cambio de concentración de este, en mezcla del tipo microaglomerado discontinuo.

Para poder analizar mejor la influencia de los asfaltos a través del método Marshall, del método de compresión-inmersión, por su comportamiento ante sollicitaciones dinámicas y otros, diseñaremos un microaglomerado discontinuo con vacíos entre un 4 y 5% ya que será el que mejor la evidencie.

Utilizaremos para la mezcla de agregados las curvas limites recomendadas por Torchioi. Los agregados a utilizar son graníticos provenientes de trituración. Se trata de una mezcla de los comercialmente conocidos como:

Piedra granítica 6:12

Arena de trituración 0:3

**DOSIFICACION PROPUESTA**

MATERIALES
------------

Cal
Arena de trituración
Piedra partida
Asfalto modificado

Denom.	%
--------	---

cal	5,0
0:3	24,2
6:12	65,8
Asf mod.	5,4
	100,4

**Mezcla de áridos**

%
---

5,26
25,47
69,26
100,00

**GRANULOMETRIA DE LOS ARIDOS**

Tamiz	cal	6:12	0:3
3/4	100,0	100,0	100,0
1/2	100,0	99,8	100,0
3/8	100,0	92,00	100,0
4	100,0	3,64	96,3
8	99,0	1,50	74,2
30	90,0	0,40	35,7
200	88,0	0,20	9,6

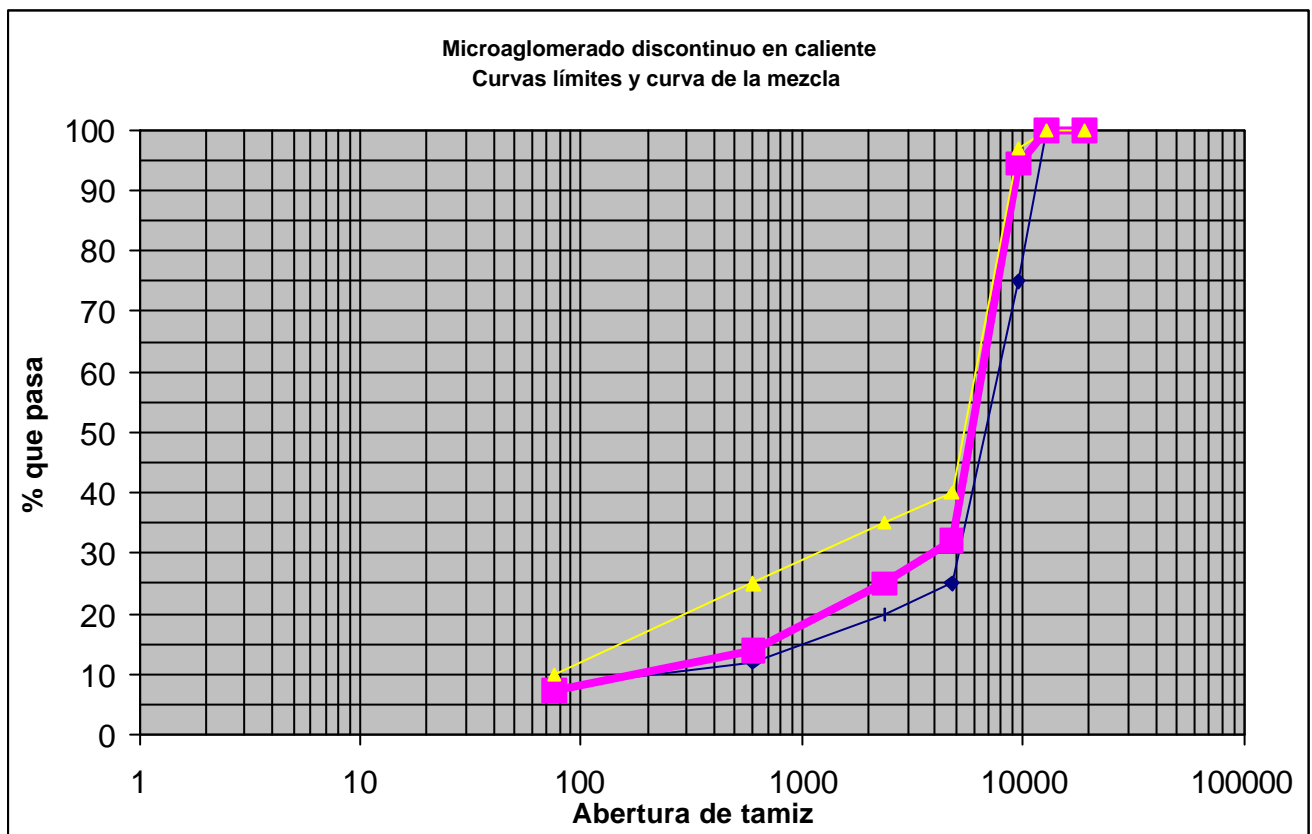
**MEZCLA DE ARIDOS**

Abertura	TAMIZ N°	C. Min	Trab. Inv.	C. Max
19100	3/4	100	<b>100,00</b>	100
12700	1/2	100	<b>99,86</b>	100
9500	3/8	75	<b>94,46</b>	97
4750	4	25	<b>32,32</b>	40
2360	8	20	<b>25,15</b>	35
600	30	12	<b>14,11</b>	25
75	200	8	<b>7,22</b>	10

% Retenido entre 4 y 8=

7,16 %

Fijaremos una incorporación de filler calcáreo del 5% e inicialmente un porcentaje de cemento asfáltico del 5,4%



Las probetas Marshall obtenidas de la mezcla deberán cumplir con:

- Estabilidad superior a 700 kg
- % Vacíos superiores a 4%

También se moldearán probetas para el ensayo de compresión-inmersión, se exigirá entonces:

- Resistencia conservada superior al 80%

Por ser mezclas abiertas también es realizable sobre esta el ensayo Cantabro.

Se efectuarán sobre la mezcla además ensayos de módulo dinámico, no para evaluar este específicamente sino para poder observar el comportamiento de la mezcla bajo acciones dinámicas.

La evaluación de la resistencia a tracción a través del ensayo brasilero de compresión diametral completa la serie de ensayos.

3.f. Resultados de las determinaciones efectuadas sobre la mezcla diseñada con la incorporación de los asfaltos en estudio

**ENSAYO MARSHALL**

**Valores medios**

TIPO DE ASFALTO	unidad	3 % de SBS	6 % asfaltiflex	10 % asfaltiflex
DENSIDAD SUMERGIDA	G/cm <sup>3</sup>	2.396	2.333	2.320
DENSIDAD RICE	G/cm <sup>3</sup>	2.438	2.436	2.432
VACIOS RICE	%	3.84	4.23	4.60
ESTABILIDAD	Kg.	1019	915	855
FLUENCIA	Mm,	4.0	2.9	4.50

**ENSAYO DEL CANTABRO**

**PERDIDA (%)**

TIPO DE ASFALTO	unidad	3 % de SBS	6 % asfaltiflex	10 % asfaltiflex
Perdida	%	4.16	6.06	6.70

**ENSAYO INMERSION COMPRESION**

**(Resistencia Conservada)**

TIPO DE ASFALTO	unidad	3 % de SBS	6 % asfaltiflex	10 % asfaltiflex
RESISTENCIA CONSERVADA	%	95.1	85.5	79.5
DENSIDAD GEOMETRICA	G/cm <sup>3</sup>	2.327	2.316	2.295
VACIOS	%	4.55	4.93	5.63

### ENSAYO DE TRACCION INDIRECTA

TIPO DE ASFALTO	unidad	3 % de SBS	6 % asfaltiflex	10 % asfaltiflex
TENSION	Kg/cm2	9.10	9.45	10.62

TIPO DE ASFALTO	Módulo dinámico (25 °c)			
	2,5 hz.	2,0 hz.	1,5 hz.	0,5 hz.

3 % SBS	29891	27891	25677	17332
10% ASFALTIFLEX	33008	29997	28411	20365
6%ASFALTIFLEX	34534	31703	27396	18816

TIPO DE ASFALTO	Módulo dinámico (40 °c)			
	2,5 hz.	2,0 hz.	1,5 hz.	0,5 hz.

3 % DE SBS	12899	10815	10358	8933
10% ASFALTIFLEX	15865	14626	13800	11987
6%ASFALTIFLEX	18685	17630	15057	12860

### 3.g. Conclusiones

**Conclusiones respecto a la adición de 6 y 10 % de Asfaltiflex (10 % en comparación con el 6 %)**

- Pequeña disminución de la estabilidad con leve aumento de la fluencia, siempre dentro de los límites establecidos.
- Se registra una resistencia conservada
- Leve disminución del módulo dinámico
- Porcentajes de vacíos se mantienen en valores aceptables sin mucha variación
- La Pérdida en Cantabro aumenta levemente.
- Pequeños aumentos de la RT, para ambos casos valores muy altos

“No conviene bajo ningún punto de vista utilizar 10% de asfaltiflex ya que con el 6% se obtienen mejores resultados.

**Recordar que 6% de asfaltiflex era con lo que más se acercaba al BM3 con SBS, que es el recomendado en micro”**

**Comparación entre asfaltos del tipo BM 3 logrados con SBS Vs. Asfaltiflex**

- Estabilidades y fluencias muy similares
- Cantabro muy similar, valores del 6%
- RT idénticos y muy elevados
- Resistencia conservada muy similar
- Módulo dinámico superior en asfaltiflex

“Se registran valores idénticos en la mayoría de los ensayos, son altamente aceptables. Mayores módulos dinámicos con asfaltiflex”

“Es posible lograr con asfaltiflex un cemento asfáltico de características similares al BM3, que se produce con polímeros como por ejemplo el SBS y que son los recomendados para microaglomerados, que posean un comportamiento físico muy parecido, e incluso en algún caso superior, al de estos últimos”

#### \*BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

-“Primeras experiencias en Argentina de Microaglomerados en caliente con granulometría discontinua, ejecutado con asfalto modificado con polímeros SBS en pavimento urbano”, Reunión de la comisión permanente del asfalto 1996, Tomo II, pagina 773.

-“Lechadas y microaglomerados asfálticos”, Alberto Barderi Echeverría, Composan Distribución S.A.

-Aplicación de técnicas con asfaltos modificados en Argentina”, Ing. Torchioi, Ing. Rodriguez y Berryri, XII Congreso Argentino de Vialidad y Transito, Tomo III, Pagina 265.

-Ejecución de microconcretos en caliente de elevada macrotextura”, Quevedo, Reunión de la Comisión Permanente del Asfalto 1996, Tomo II, Pagina 579.

-“Calidad y comportamiento de capas delgadas con alta macrotextura”, Hugo Poncino, Reunión de la Comisión Permanente del Asfalto 1996, Tomo II, Pagina 619.