

# EJECUCION DE PAVIMENTO CON MEZCLA ASFALTICA DENSA CON UTILIZACION DE CAUCHO RECICLADO

Gerardo Botasso, Oscar Rebollo, Adrián Cuattrocchio, Cecilia Soengas  
LEMaC Centro de Investigaciones Viales  
Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional La Plata  
[lemac@frlp.utn.edu.ar](mailto:lemac@frlp.utn.edu.ar) [www.frlp.utn.edu.ar/lemac](http://www.frlp.utn.edu.ar/lemac)

## 1 - INTRODUCCIÓN

Según la norma IRAM 6575 un asfalto es un material aglomerante de color marrón oscuro o negro, cuyos constituyentes predominantes son en un 99 % betunes, que se encuentran en la naturaleza o se obtienen procesando el petróleo.

Los cementos asfálticos provenientes del petróleo están formados por los compuestos de alto peso molecular. Estos compuestos son de estructura muy compleja, siendo hidrocarburos y hetero compuestos formados por carbono e hidrógeno acompañados de pequeñas fracciones de nitrógeno, azufre y oxígeno y frecuentemente de Ni, V, Fe, Mg, Cr, Ti, Co, etc.

Entre tanto el caucho es una sustancia natural o sintética que se caracteriza por su elasticidad, repelencia al agua y resistencia eléctrica. El caucho natural se obtiene de un líquido lechoso de color blanco llamado látex, que se encuentra en numerosas plantas.

El caucho sintético se prepara a partir de hidrocarburos insaturados.

En estado natural, el caucho aparece en forma de suspensión coloidal en el látex de plantas productoras de caucho. Una de estas plantas es el árbol de la especie *Hevea Brasiliensis*, de la familia de las Euforbiáceas, originario del Amazonas. Otra planta productora de caucho es el árbol del hule, *Castilloa elástica*, originario de México, muy utilizado desde la época prehispánica para la fabricación de pelotas, instrumento primordial del juego de pelota, deporte religioso y simbólico que practicaban los antiguos mayas.

El caucho sintético a toda sustancia elaborada artificialmente que se parezca al caucho natural. Se obtiene por reacciones químicas, conocidas como condensación o polimerización, a partir de determinados hidrocarburos insaturados. Los compuestos básicos del caucho sintético llamados monómeros, tienen una masa molecular relativamente baja y forman moléculas gigantes denominadas polímeros. Después de su fabricación, el caucho sintético también se vulcaniza (Seymour, R. B. et al, 1995).

El origen de la tecnología del caucho sintético se puede situar en 1860, cuando el químico británico Charles Hanson Greville Williams descubrió que el caucho natural era un polímero del monómero isopreno, cuya fórmula química es  $\text{CH}_2\text{-C}(\text{CH}_3)\text{CH-CH}_2$ . Durante los setenta años siguientes se trabajó en el laboratorio para sintetizar caucho utilizando isopreno como monómero.

Los principales tipos de caucho sintético son: neopreno, buna, caucho de butilo y otros cauchos especiales.

El caucho SBR, estireno butadieno más conocido como caucho SBR es un copolímero (polímero formado por la polimerización de una mezcla de dos o más monómeros) del estireno y el 1,3-butadieno. Este es el caucho sintético mas utilizado a nivel mundial.

## 2. LA COMPOSICIÓN DEL CAUCHO DE NEUMÁTICO RECUPERADO

El caucho utilizado en esta experiencia fue provisto por la empresa Molicaucho S.A. ubicada, en la calle Villaguay 1174 de la localidad de La Tablada, Provincia de Buenos Aires.

La empresa trabaja en un 80% con caucho recolectado de todo el país de las principales empresas dedicadas al recauchutaje de neumáticos.

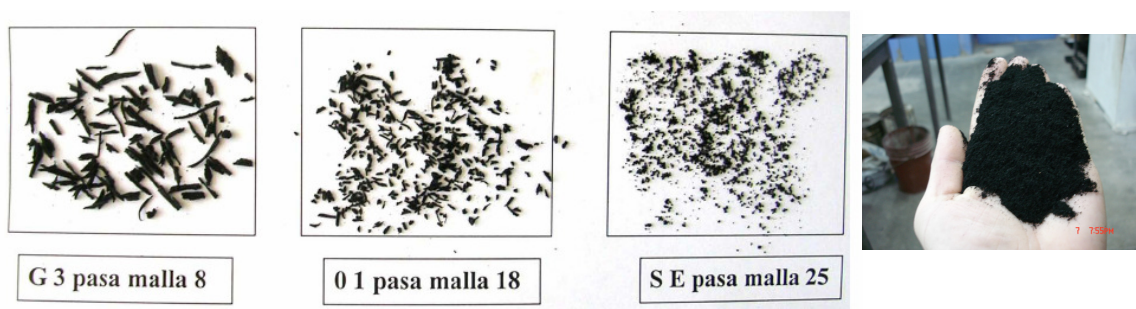


FOTO N° 1 - Tamaños de las moliendas de caucho.

Se selecciona el menor tamaño de molienda que pasa el 100% la malla 25 de ASTM (710 micrometros). Este tamaño es el menor que se ha podido lograr con al tecnología descrita. Menores tamaños implicaría sumar un sistema de molienda criogénico con nitrógeno no disponible en el país, a escala industrial.

### Composición del caucho

La cinética de degradación de materiales puede ser estudiada mediante la técnica de termogravimetría TGA. Mide la pérdida de peso de una muestra en función del tiempo y la temperatura.

La degradación del caucho presenta dos etapas de reacción en condiciones isotérmicas.

Los componentes principales encontrados y diferenciados por esta técnica son:

NR: caucho natural

SR: Caucho sintético

BR: Caucho poli-butadieno

PLZ: Aditivos y plastificantes

El contenido de **humedad** al recibir la muestra fue de **2 % peso**.

El polvo de neumático fue secado en un horno convencional de laboratorio a 105°C por 24 horas. La muestra pulverizada y clasificada se mantuvo en desecador a temperatura ambiente para evitar la contaminación de la muestra.

### **Termogravimetría: Modo cuasi-isotérmico**

Los datos experimentales muestran 7 picos principales:

Los 2 primeros muestran una pérdida del 12 % peso y pueden ser asignados a la volatilización de plastificante.

El tercer y cuarto picos corresponden al NR y BR, respectivamente con un 10 % peso de cada uno.

El quinto es asignado a la descomposición de la mezcla NR con SBR (11 % peso).

El sexto y séptimo con una contribución del 22 % peso representan al BR.

El residuo final de la muestra es del 37 % peso, el cual corresponde a carbón fijo y un 5 % en peso de cenizas.



(A) (B)  
**FOTO N° 2 (A) Vista de depósito de neumáticos en New York (1992)**  
**(B) Vista en Municipio en el gran Buenos Aires (2006)**

La forma de recuperar neumáticos en Argentina, es el proceso de trituración a temperatura ambiente, tanto en plantas fijas como móviles. Hay dos sistemas básicos para usar el caucho del desecho en procesos de fabricación de mezclas asfálticas en caliente.

Los sistemas de incorporación son:

- a. Proceso por vía seca.
- b. Proceso por vía húmeda.

En estos procesos de molienda habrá diferentes grados de separación de las fracciones presentes tales como telas, mallas metálicas y el caucho propiamente dicho. Las granulometrías obtenidas serán también diferentes en función del tipo de molino utilizado y las características ambientales del proceso.

La incorporación del caucho triturado por vía seca se hace en las tolvas de agregados de las usinas asfálticas o en las cintas transportadoras de áridos. De esta forma el caucho triturado actúa en la mezcla de áridos y asfalto como un agregado mas, no modificando al asfalto prácticamente, ya que no están dadas las condiciones de temperatura y energía de mezclado necesarias para tal fin.

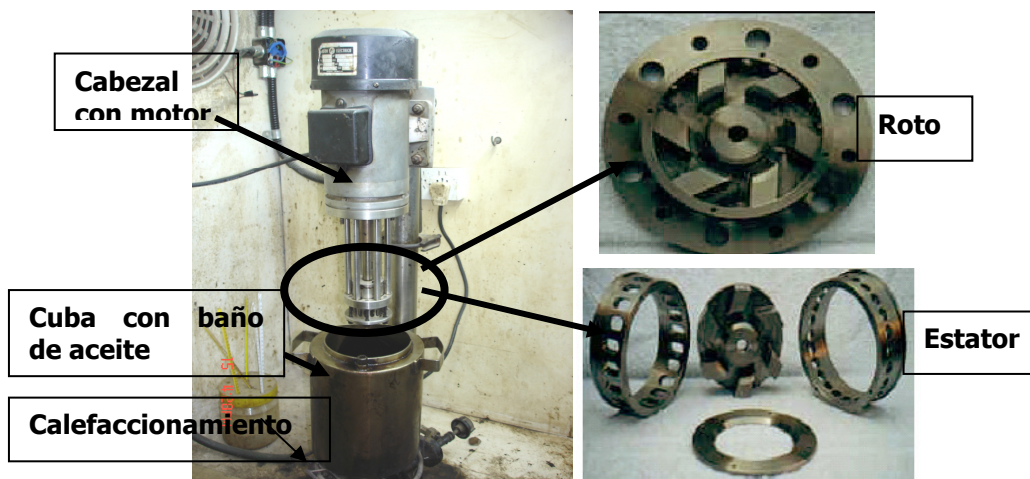
La mezcla asfáltica obtenida puede obtener mejoras en su comportamiento mecánico y en su durabilidad, pero los efectos obtenidos son inferiores a los alcanzados con la incorporación del caucho por vía húmeda.

### **3. MICRO DISPERSIÓN DE CAUCHO POR VÍA HÚMEDA**

La micro dispersión de caucho por vía húmeda es la tecnología utilizada en el presente trabajo.

La vía húmeda garantiza una adecuada interacción entre las fracciones de caucho y las fracciones malténicas y resinosas del asfalto, dándose el proceso de humectación e hinchamiento. Se busca de esta forma lograr que el caucho pueda interactuar con el asfalto y lograr la modificación del mismo.

El sistema de micro dispersión diseñado a escala de laboratorio se ha diseñado en acero inoxidable, según se muestra en la Foto N° 3.



**Foto N° 3 – Vista del dispersor en su conjunto, rotor y estator**

El porcentaje se ha determinado haciendo las siguientes consideraciones

a- la mayor cantidad que garantice estabilidad en la dispersión: Se ha observado microfotografía de la dispersión y ensayo de estabilidad al almacenamiento.

b- un porcentaje que permita un comportamiento similar a un AM3 según la clasificación de la norma IRAM 6596/00. Se destaca la palabra "similar" pues las expectativas no son siquiera cumplir exactamente con las mismas, sino utilizarlo como referencia de entorno. El sistema asfalto-caucho como se ha definido no pretende ser un sistema idéntico a un asfalto modificado y seguir los lineamientos de las clasificaciones nacionales e internacionales. Los parámetros centrales considerados son penetración, punto de ablandamiento, recuperaciones elásticas, ductilidad, envejecimiento. El porcentaje caucho es de 8 % en peso del ligante asfáltico.

Ensayo	Unidad	CA – 20	CA – 20 + 8% de caucho
Penetración	1/10 mm	79	44
Punto de ablandamiento	°C	47	56
Recuperación elástica Lineal	%	16	21
Recuperación elástica Torsional	%	8	33
Ductilidad a (25 °C, 5 °C resp.)	cm.	112	15
Viscosidad (60 °C) , 1 rpm, S29, (P)	dPa s	2100	-
Viscosidad (135 °C), 10 rpm, S21, (P)	dPa s	4,12	10,11
Viscosidad (150 °C), 10 rpm, S21, (P)	dPa s	2,07	5,06
Viscosidad (170 °C), 10 rpm, S21, (P)	dPa s	0,98	2,39
Viscosidad (190 °C), 10 rpm, S21, (P)	dPa s	0,532	1,20
Punto de Inflamación	°C	228	235
Índice de penetración		-0,9	-0,1
Mód. Corte G* (58° C, 88 °C resp.)	kPa	2,30	2,22
Ángulo de fase $\delta$	°	83	72
Corte Dinámico Factor G* / sen $\delta$	kPa	2,32	2,33
<b>RTOFT - Determinaciones sobre el residuo después de envejecido</b>			
Penetración	1/10 mm	70	35
Punto de ablandamiento	°C	50	60

**TABLA N° 2-**

**Caracterización del cemento asfáltico**

	Asfaltenos %	Saturados %	N – A %	P – A %	Ic
Asfalto CA 20	5,69	25,2	56,91	10,1	0,46
CA-20 luego RTFOT	6.1	25,3	55,0	9,1	0,49

**TABLA N° 3 – Composición del cemento asfáltico**

ESTABILIDAD AL ALMACENAMIENTO 3 días	ENSAYO	Límite ASTM D 36 IRAM 6576
Dif. de penetración (1/10 mm)	4	5
Dif. Punto de ablandamiento (°C)	8	10

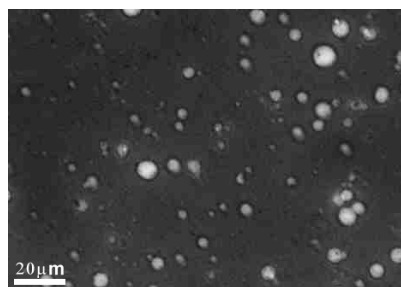
**TABLA N° 4 – Estabilidad al almacenamiento 3 días**

### Microscopía de fluorescencia óptica

Se utiliza un microscopio marca Nikon. Esta técnica permite la utilización de un amplio espectro de longitudes de onda del espectro visible y no visible. Es una técnica utilizada para visualizar y diferenciar mezclas de bitumen con ciertos polímeros.

En la Foto N° 4 se puede observar la microdispersión del caucho en las condiciones de mezclado especificadas. La muestra se tomó y analizó a las 72 horas (3 días) de elaborada la dispersión, a modo de ver cual sería el estado en un tiempo que se estimó como razonable desde que se produce el asfalto-caucho hasta que se utilizará en la obra.

Mayores tiempos de exposición presentaron dispersiones menos estables.



**FOTO N° 4- Muestra las partículas de caucho semi-humectadas**

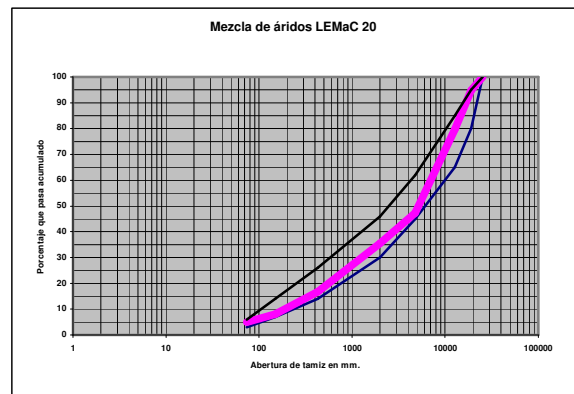
Se considera a la dispersión estable a esa edad de la dispersión y se puede observar un cierto grado de humectación de las partículas.

### 3 – DISEÑO DE LA MEZCLA ASFALTICA

La dosificación de agregados se realizó limitando el contenido de árido natural en un 7 %, y los valores obtenidos fueron los siguientes. El contenido de asfalto-caucho en la mezcla fue de 4,9 % en peso.

Tamiz	Abert. Mm	MÍNIMO %	MEZCLA %	MÁXIMO %
1	25400	100	<b>100,0</b>	100
¾	19100	80	<b>94,7</b>	95
½	12700	65	<b>79,7</b>	85
4	4760	45	<b>47,4</b>	62
10	2000	30	<b>35,5</b>	46
40	430	14	<b>16,8</b>	26
100	150	7	<b>8,1</b>	14
200	74	3	<b>5,0</b>	6

**TABLA Nº 5 – Mezcla de agregados**



**Gráfico Nº 2 - Curva granulométrica**

En el diseño Marshall se han obtenido los siguientes valores

Densidad Marshall	Densidad Rice	Vacios	Vacios Agregados Mineral	Relación Betún Vacíos	Numero golpes por cara
gr/cm <sup>3</sup>	Gr/cm <sup>3</sup>	%	%	%	
<b>2,410</b>	<b>2.510</b>	<b>3.98</b>	<b>15.79</b>	<b>74.6</b>	<b>75</b>

**TABLA Nº 6 - Relaciones volumétricas Marshall**

Estabilidad 1 hora	Fluencia	Relación Estabilidad Fluencia	Estabilidad remanente 24 horas
KN	mm	KN/mm	%
<b>10.08</b>	<b>3.00</b>	<b>3.36</b>	<b>98</b>

**TABLA Nº 7 - Valores mecánicos Marshall**

### Test de Lottman modificado para verificación de la adherencia

El Test de Lottman modificado ha sido propuesto para la valoración de la adherencia de la mezcla en su real situación, con las condiciones que fija el procedimiento de ensayo.

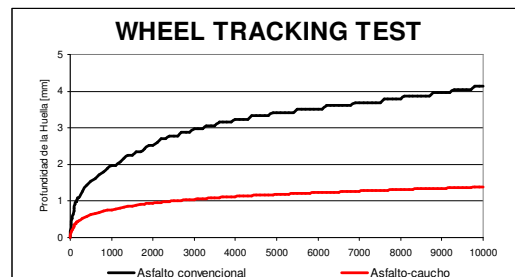
Tensión de rotura Prob. sin acond.	Tensión de rotura Prob. acond.	Resistencia Conservada TSR
Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	%
<b>13,1</b>	<b>13,0</b>	<b>99,2</b>

**TABLA Nº 8 –Valores de tracción indirecta por medio del Test de Lottman modificado a 25°C**

### Ensayo de Wheel Tracking Test

A efectos de valorar el comportamiento frente a las deformaciones plásticas permanentes se ha realizado el ensayo dinámico de Wheel Tracking Test, con la misma mezcla de agregados con el asfalto base y el asfalto adicionado con caucho.

	<i>Asfalto-caucho</i>	<i>Asfalto convencional</i>
WTS (mm*10 <sup>3</sup> )	<b>0,038</b>	<b>0,144</b>
RD (mm)	<b>1,35</b>	<b>4,14</b>
PRD (mm*mm <sup>-1</sup> )	<b>0,027</b>	<b>0,082</b>



**TABLA N° 9 - Parámetros WTT**

A partir del ensayo de Wheel Tracking podemos confirmar una mejora en la resistencia a deformaciones permanentes de la mezcla asfáltica correspondiente al asfalto-caucho.

Este aspecto se sustenta esencialmente en dos pilares: la mayor rigidez que el ligante le aporta y la mayor respuesta elástica, condiciones éstas de suma importancia si de deformaciones permanentes se trata.

En este tipo de evaluaciones no es de suma importancia el valor absoluto que se logra alcanzar, dado que a partir de éste es imposible poder realizar una extrapolación a escala "in-situ"; de todos modos, la información que se obtiene a nivel relativo si nos permite inferir una clara mejora del asfalto-caucho respecto del convencional en los aspectos relacionados con la rigidez y la elasticidad del concreto asfáltico.

**GRÁFICO N° 3 Def. – N° de pasadas**

#### **4 - LA APLICACIÓN EN OBRA**

Luego de diseñada la mezcla la empresa Repsol-YPF microdispersa el caucho en el asfalto en su planta de ensenada, y es trasladado ha la planta asfáltica. Respetando los valores obtenidos en la estabilidad al almacenamiento, se dispuso de un tiempo de 2 días entre la modificación y la colocación en obra.

Se tuvo especial cuidado en el control de temperaturas de mezclado y colocación.

La calle a pavimentar es la Calle 19 entre 508 y 511 de la ciudad de La Plata.

Las siguientes fotografías muestras parte del proceso de fabricación y colocación.



**Foto N° 5 – Fabricación y colocación de la mezcla densa en caliente con asfalto caucho**

## **5- LOS CONTROLES DE OBRA**

Para el proceso de fabricación y construcción se diseñaron especificaciones técnicas particulares especiales para la experiencia piloto. En ellas se fijaron los controles de obra.

Se puede decir que los valores obtenidos en obra en cuanto a:

- Valores Marshall mecánicos y volumétricos
- Test de Lottman modificado
- Wheel Tracking Test
- Granulometrías
- Contenidos de ligante

Cumplieron con los límites de las especificaciones fijados, siendo ampliamente satisfactorio.

Se suma en base a la experiencia desarrollada por Martinez A. et al 2002 en exigir a los testigos extraídos aparte de los valores de espesor y densidad un factor de calidad que se define como sigue:

### **Control sobre testigos extraídos**

El último control que se realizó en la obra fue la extracción de testigos con el fin de controlar el espesor del pavimento, y el índice de compactación, en la Tabla N° 14 se muestran los valores obtenidos los cuales cumplen con los requisitos especificados.



Zona	Espesor Medio Em	Espesor Proyecto Ep	(Em/Ep)*100
Nº	cm.	cm.	%
1	6.02	5.00	<b>120.4</b>
2	6.51		<b>130.2</b>
3	5.32		<b>106.4</b>
4	5.04		<b>100.8</b>

**TABLA Nº 10 - Espesor sobre los testigos**

Zona	Densidad media Dm	Densidad Marshall cComparativa de la zona Dmc	% de compactación (Dm/Dmc)*100
Nº	gr*cm <sup>-3</sup>	gr*cm <sup>-3</sup>	%
1	2,362	2,405	<b>98,21</b>
2	2,358		<b>98,05</b>
3	2,363		<b>98,21</b>
4	2,370		<b>98,54</b>

**TABLA Nº 11 - % compactación.**

Zona	Densidad media Dm	Densidad Rice comparativa de la zona Dr	Vacíos rice iniciales (1-(Dm/Dr))*100
Nº	gr*cm <sup>3</sup>	Gr*cm <sup>-3</sup>	%
1	2,362		<b>5,71</b>
2	2,358		<b>5,87</b>
3	2,363	<b>2,505</b>	<b>5,67</b>
4	2,370		<b>5,39</b>

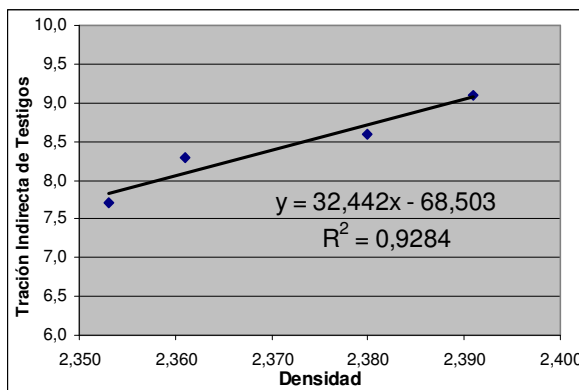
**TABLA Nº 12 - Vacíos rice iniciales**

Densidad Marshall de los Testigos g*cm <sup>-3</sup>	Tracción Indirecta de los Testigos Kg*cm <sup>-2</sup>
2,353	<b>7,7</b>
2,361	<b>8,3</b>
2,380	<b>8,6</b>
2,391	<b>9,1</b>

**TABLA Nº 13– Resist. a tracción indirecta**

El Gráfico Nº 4 muestra la correlación entre la resistencia a tracción indirecta de los testigos seleccionados (1 por cada zona) y la densidad de compactación de cada uno, siendo  $b = 32,442$

Para este trabajo se tomó el 95% de la compactación, es decir  $\% C = 95$ .



**GRÁFICO Nº 4 – Correlación Rt – Dt**

Promedio de los testigos (Rt)	Promedio de las probetas (Rp)	Factor de Calidad FC=[ Rp -(100-%C)xb]-Rt
gr*cm <sup>-2</sup>	gr*cm <sup>-2</sup>	gr*cm <sup>-2</sup>
8,4	<b>13,8</b>	<b>3.8</b>

**Tabla Nº 14– Factor de calidad**

La Tabla Nº 14 indica el factor de calidad de esta obra; el valor aconsejable debe estar comprendido entre 3 y 4 gr\*cm<sup>-2</sup>, por lo que el factor de calidad es aceptable.

## 6- CONCLUSIONES

Se ha podido concretar la producción de asfalto-caucho a escala industrial, por vía húmeda.

La ciudad de La Plata cuenta con su primer tramo de pavimento ecológico



**FOTO N° 6 Cartel del pavimento ecológico**

- Existe en Argentina disponibilidad de caucho procedente de recuperaciones de neumáticos suficientes como para abastecer a la industria vial del país. Se ha descrito en particular la sencillez de contar con caucho proveniente del pulido que se le realiza a los neumáticos que van a ser recapados.

Se hace especial hincapié en cómo se debe caracterizar en forma completa un ligante asfáltico y un modificador como lo es el caucho reciclado de neumáticos fuera de uso. En tal sentido se puede decir que resultan relevantes realizar las siguientes consideraciones:

Análisis químico de las fracciones que componen el ligante. Viscosidad a diferentes temperaturas.

Comportamiento reológico del ligante.

Caracterización del caucho reciclado.

La cantidad de caucho a incorporar se ha definido en 8 %, ha surgido de la "tensión" entre la estabilidad de la dispersión y el máximo grado de modificación para garantizar la mejor performance desde el punto de vista reológico.

Se plantea una forma de caracterizar el ligante antes de ser modificado. Ahora se plantea en el paso siguiente los parámetros principales que permitan valorar:

- **La estabilidad de la dispersión.** El ensayo de estabilidad al almacenamiento ha demostrado que estimando como máximo una adición del 8 %, no se cumple con los valores exigidos para 5 días de exposición del ligante a 163 °C. Es por ello que con esa máxima adición se ha podido asegurar un tiempo máximo de tres días de estabilidad en condiciones de dispersión de laboratorio. Se esperaba que las condiciones de dispersión en refinería fueran óptimas.
- **La recuperación elástica por torsión.** Este parámetro significativo a la hora de valorar la eficiencia del proceso de modificación. Los valores logrados del orden del 30 % fueron un gran aliciente, máxime si se considera que se partió de valores del orden del 10 %. Al hacer esta experiencia, se comenzó a vislumbrar que se estaba dando una nueva gama de modificación, que no iba

a encuadrar en las clasificaciones realizadas por la norma IRAM como AM-i sino que era muy posible comenzar a ver un nuevo sistema denominado asfalto-caucho.

- **Microscopía de fluorescencia óptica.** El parámetro que se comportó como un verdadero aliciente fue la observación de las microfotografías obtenidas en el microscopio de fluorescencia óptica, las cuales arrojaron imágenes de un cierto grado de humectación del caucho reciclado. No se esperaba en base a la bibliografía que esto ocurriera, marcado especialmente por el proceso de vulcanizado de los gránulos de caucho. Esto evidencia que el ligante disponía de fracciones resinosas suficientes y que el sistema de microdispersión del laboratorio diseñado es eficiente.
- Se opta por una **mezcla densa** con husos granulométricos diseñados específicamente en esta Tesis en base a información del PG3 español. El criterio central es la resistencia de la misma a las deformaciones plásticas permanentes.
- En la valoración de la integridad de la mezcla, y **la afinidad árido-ligante** se propone conocer en detalle al ligante y al árido. El ligante fue caracterizado; en cuanto a los áridos se plantea la utilización de un análisis petrográfico que permita observar los minerales componentes y el grado de acidez de los mismos. Estas variables tienen plena incidencia sobre la adherencia del mastic asfáltico, conformado por ligantes, finos y fillers, al agregado.
- Se introduce como recomendación de este proceso de diseño, la utilización del **Test de Lottman modificado**, como lo es la utilización de la curva real de la mezcla utilizada. Se recomienda como factor de control de la adherencia el uso de esta metodología a partir del valor de resistencia conservada una vez sometidas a las condiciones térmicas que propone el método.
- La resistencia a las deformaciones plásticas permanentes, **ahuellamiento**, es la variable central utilizando un instrumental adquirido recientemente en el LEMaC. Se señalan las principales variables que inciden sobre este parámetro. Se plantea un sistema de compactación y se realizan determinaciones sobre la mezcla con el asfalto sin la adición y con el asfalto-caucho.

Se propone las siguientes especificaciones a fin de poder utilizar el sistema asfalto caucho en obra:

ENSAYOS	UNIDAD	ASFALTO-CAUCHO		NORMA
		MÍN.	MÁX	IRAM
ENSAYO SOBRE EL ASFALTO ORIGINAL				
Penetración(25°C,100g,5s)	dmm.	<b>40</b>	<b>60</b>	6576
Ductilidad (5°C,5cm/min)	cm.	<b>10</b>	--	6579
Punto de ablandamiento	°C	<b>58</b>	--	6841
Recup. Elástica por torsión 25 °C	%	<b>20</b>	--	6830
Punto de Inflamación V.A.	°C	<b>235</b>	--	6555
Viscosidad Rotacional a 170°C	cP	<b>200</b>	--	6837
Ensayo de estabilidad al almacenamiento Modificado 3 días en vez de 5 días				
Diferencia de penetración	Dmm.	--	<b>10</b>	6576
Diferencia punto ablandamiento	°C	--	<b>8</b>	6841
Ensayo película delgada RTFOT				
Pérdida por calentamiento	%p	--	<b>1</b>	
Penetración retenida a 25°C	%p.o.	<b>65</b>	--	6576

### Agradecimientos

A la empresa Repsol YPF por la modificación del ligante y la colaboración en el proceso de caracterización.

A la Municipalidad de La Plata, por haber permitido la realización de esta experiencia.

A la empresa Molicaucho S.A. por al disposición del caucho de neumáticos.

### 7- BIBLIOGRAFIA

AGNUS J., IOSCO O. (1999). Durabilidad de Mezclas Asfáltica Preparadas con Ligante Modificados con Polímeros. Comisión de Investigaciones Científicas. LEMIT.

ANGELONE S., MARTINEZ F. (2006). Deformación de mezclas asfálticas permanentes. IMAE Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura. Universidad Nacional de Rosario.

HERVÁS RAMÍREZ LORENZO (2006) Los residuos urbanos y asimilables. Capitulo IX: Los neumáticos fuera de uso. Junta de andalucia. Comunidad Europea. Fondo Europeo de cohesión.

MARTINEZ A., PEREZ GIMENEZ F., BIANCHETTO H., DAGUERRE L.,NOSETTI, A. (2005). Caracterización Mecánica de testigos de concreto asfáltico mediante le ensayo de tracción indirecta. Experiencias en España y Argentina.