

IAG138-01-2013
ASFALTOS ESPECIALES EN URUGUAY
ASFALTOS ESPECIAIS NO URUGUAI

Quím. Santiago Kröger
BITAFAL ASFALTOS ESPECIALES
Colonia Nicolich, Uruguay
santiago@bitafal.com.uy

Quím. Paula Morales
CITEVI
Colonia Nicolich, Uruguay
paula@citevi.com.uy

Resumen

En Uruguay las opciones para el diseño de nuevas mezclas asfálticas, hasta hace sólo un quinquenio, se veían restringidas al cemento asfáltico AC20 elaborado por la refinera estatal. Luego se incorporó el cemento asfáltico modificado tipo AM3 según la norma argentina IRAM 6596 y se extendió en diversas obras de mantenimiento.

Pero aún así las opciones no eran suficientes para un mercado tan ávido de nuevas tecnologías. El Centro de Investigaciones en Tecnologías Viales (CITEVI) ha desarrollado 4 nuevos cementos asfálticos para cubrir con la demanda. De esta forma la vialidad nacional puede disponer de varias opciones según la obra a realizar, optimizando los resultados según el presupuesto. En el plano técnico, el objetivo específico fue diseñar y desarrollar asfaltos que mejorasen las propiedades del tradicional AC20, utilizando la experiencia internacional pero adaptándola a Uruguay. Aquí el CITEVI cumple un rol fundamental al realizar el desarrollo y toda la caracterización de los asfaltos en cuestión. Una vez definidos los 4 asfaltos, el objetivo fue evaluar la performance de los mismos en una mezcla asfáltica en términos relativos al AC20. Los ensayos de resistencia a la deformación permanente se realizaron en conjunto con el laboratorio central de la Dirección Nacional de Vialidad usando el equipo de WTT (ensayo de ahuellamiento). Utilizando una misma curva granulométrica y alcanzando densidades similares en las probetas elaboradas, se evaluó la respuesta de los nuevos asfaltos a las deformaciones permanentes.

Los asfaltos desarrollados pueden clasificarse en: asfaltos modificados químicamente (AC30, 35/50, Warm Mix) y modificados con polímeros (AMC50 y AM3).

Resumo

No Uruguai, as opções para a concepção de uma nova mistura de asfalto até há apenas cinco anos, eles estavam restritos ao cimento asfáltico AC20 produzido pela refinaria estatal. Logo surgiu cimento asfáltico modificado de acordo com o tipo AM3 da norma IRAM 6596 e foi usado em várias obras de manutenção.

Mas ainda não foram suficientes opções para um mercado tão ávido por novas tecnologias. O Centro de Pesquisa em Tecnologias Viais (CITEVI) desenvolveu quatro novos cimentos asfálticos para atender a demanda. Assim, as estradas nacionais podem ter várias opções,

dependendo do trabalho a ser feito, otimizando os resultados de acordo com o orçamento. Em termos técnicos, o objetivo específico foi o de projetar e desenvolver asfaltos que melhoraram as propriedades do AC20 tradicional, usando a experiência internacional, mas adaptados ao nosso país. CITEVI aqui desempenha um papel fundamental para fazer todo o desenvolvimento e caracterização dos asfaltos em questão. Tendo definido os quatro asfaltos, o objetivo foi avaliar o desempenho do mesmo em uma mistura de asfalto, em termos relativos ao AC20. Ensaio de resistência à deformação permanente foram conduzidas em conjunto com o laboratório central do Ministério de Transporte usando a equipe WTT (Wheel Tracking Test). Usando a mesma curva granulométrica e atingindo densidades semelhantes nas amostras preparadas foi avaliada a resposta dos novos asfaltos à deformação permanente.

Asfaltos desenvolvidos podem ser classificados em asfaltos modificados por químicos (AC30, 35/50, Warm Mix) e por polímero (AMC50 e AM3).

INTRODUCCION

Transporte cargas en Uruguay

El aumento exponencial de las cargas en la última década ha sido un factor determinante en Uruguay para la incorporación de nuevas tecnologías de mantenimiento vial. Sólo en 10 años el área sembrada en Uruguay aumentó un 350% lo que implica que las cargas totales debido a ello se hayan multiplicado por 3. Esto sin mencionar el movimiento de cargas forestales con la instalación de dos nuevas megapapeleras en el litoral del país que derivaron en un incremento del 110% de las cargas madereras que circulan por los caminos.

El deterioro de los corredores más importantes demostró que las mezclas densas, que usan el cemento asfáltico convencional AC20, no pueden ser la solución unánime para todos los mantenimientos realizados.

Fallas encontradas y soluciones propuestas

De las fallas habituales de los pavimentos, las deformaciones permanentes (ahuellamientos o roderas) son las que más han afectado la vida útil de servicio del pavimento, causando pérdidas importantes en la calidad de servicio y de seguridad de las carreteras.

Los ahuellamientos pueden tener diversas causas de las cuales se pueden mencionar algunas, como la consolidación de las capas inferiores o el desplazamiento de la mezcla asfáltica de la capa superior. Todas estas fallas pueden atribuirse a problemas de dosificación, problemas de calidad en los materiales o problemas constructivos.

En Uruguay, la gran mayoría de las fallas presentes se deben al desplazamiento de la mezcla asfáltica de las capas superiores por lo que se puede afirmar que la mezcla densa utilizada tiene falta de estabilidad y baja cohesión dentro del mástico asfáltico. Y ésta falta de estabilidad de la mezcla depende básicamente de la granulometría de la mezcla y características mecánicas del material pétreo, del tipo y contenido del cemento asfáltico utilizado, del clima local y los tráfico esperados y por supuesto de la calidad empleada durante el proceso constructivo.

Luego de un análisis de las causas se puede concluir que las que más están influyendo en los ahuellamientos son las granulometrías densas utilizadas con alto contenido de arena y el cemento asfáltico convencional tipo AC20.

Para ello se tomaron medidas correctivas por parte de la administración y se proyectaron diferentes soluciones técnicas para contrarrestar estos inconvenientes. Para mencionar algunas de estas opciones se pueden mencionar las mezclas semidensas utilizando asfalto modificado tipo AM3 según la normativa argentina IRAM 6596, y las mezclas discontinuas en capa fina también con asfalto modificado tipo AM3, pero tampoco se pueden obviar otras soluciones empleadas como el Whitetopping con refuerzo de fibras.

Queda aún pendiente hacer el seguimiento de las diversas acciones emprendidas para solucionar los problemas acaecidos debido al aumento de cargas pero creemos firmemente que van a ser exitosas.

En la normativa nacional no existe especificación sobre asfaltos modificados por lo que nos circunscribimos a lo realizado en los países vecinos.

Objetivo del trabajo

De todas formas, siendo proveedores del cemento asfáltico modificado tipo AM3, creemos que deben existir otras opciones para realizar obras de mediano porte o donde el presupuesto es bajo. De esta manera se reduce la brecha tanto en calidad como en costo entre el cemento asfáltico convencional AC20 y el modificado AM3.

Desde el CITEVI se plantearon los lineamientos para lograr cuatro nuevos asfaltos que mejorasen las propiedades del tradicional AC20 en cuanto a la resistencia a las deformaciones plásticas, utilizando la experiencia internacional pero adaptándola a Uruguay.

En un esquema de trabajo que incluía tres tipos de técnicas (mezcla de asfaltos, aditivos químicos y uso de polímeros) para mejorar el asfalto AC20 se desarrollaron 160 muestras de las cuales se analizaron propiedades básicas para luego seleccionar cuatro muestras a las cuales se les realizó un estudio pormenorizado incluyendo un estudio comparativo de resistencia a la deformación permanente utilizando una misma curva granulométrica y alcanzando similares densidades.

DESARROLLO DEL TRABAJO

Diseño experimental

El diseño experimental incluyó tres etapas básicas, la obtención y análisis de muestras, la selección de muestras y análisis detallado y por último el estudio comparativo entre las mezclas asfálticas elaboradas con los asfaltos seleccionados, el AC20 y el AM3.

Obtención y análisis de muestras

Se definieron tres tipos de técnicas para la obtención de las muestras:

1 Mezclas de asfaltos:

Combinaciones de asfaltos de diferentes penetraciones del mercado nacional (AC20 o 150-200) o regional (50-70), con asfalto aditivado con TLA o con asfalto modificado con diferentes proporciones de SBS. De esta técnica se obtuvieron 103 muestras. Los ensayos realizados a todas estas muestras fueron punto de ablandamiento (Anillo y Bola) y penetración (100g, 25°C, 5s).

2 Uso de aditivos químicos:

En esta técnica se combinaron asfaltos convencionales (AC20 o 50/70) con diferentes modificadores de asfalto como TLA (Trinidad Lake Asphalt), ácido fosfórico, ácido polifosfórico y ceras de Fischer Tropsch. De esta técnica se obtuvieron 29 muestras a las cuales se les realizaron ensayos de punto de ablandamiento, penetración (100g, 25°C, 5s), viscosidad Brookfield (a 60, 135, 150 y 177°C), ductibilidad y todas las anteriores luego de RTFOT (Rolling Thin Film Oven Test).

3 Incorporación de polímeros:

Más allá del cemento asfáltico AM3 se investigó que resultados se obtienen al agregar a los asfaltos convencionales (AC20 o 50/70) diferentes cantidades de SBS o agregar distintos tipos de polímeros como polvo de neumático por vía húmeda, PET (Polietilentereftalato) y GMA (terpolímero de etileno, metilacrilato y glicidilmetacrilato). Varios de estos productos es consabido en la literatura que mejoran sus propiedades con el agregado de ácido polifosfórico por lo que también se realizaron muestras con el agregado de este aditivo. De esta técnica se obtuvieron 28 muestras a las cuales se les realizaron ensayos de punto de ablandamiento, penetración (100g, 25°C, 5s), viscosidad Brookfield (a 60, 90, 135, 150, 170 y 190°C), recuperación torsional elástica, ductibilidad, recuperación elástica lineal y todas las anteriores luego de RTFOT.

La clasificación del estudio en estas tres técnicas se debió a las diferentes posibilidades de escalado en planta de los productos fabricados.

Selección de muestras y análisis detallado

Para la selección de las muestras se realizó un estudio comparativo entre los resultados obtenidos en las 160 muestras con asfaltos ya especificados en el mundo, de los cuales ya existe un conocimiento detallado de su desempeño en las mezclas asfálticas y donde es posible comparar con resultados previos de otras investigaciones.

En simultaneo se realizó un estudio simple de costos para eliminar las muestras que estuvieran por encima del precio del asfalto modificado AM3, por ejemplo los otros polímeros ensayados como el PET y el GMA se descartaron en esta etapa. De la misma forma sucedió con algunas combinaciones de asfaltos con TLA o asfaltos modificados.

De esa forma se seleccionaron 4 asfaltos ya especificados en diversas partes del mundo, como el AC30, el 35/50, el Warm Mix y el modificado con caucho de neumáticos denominado AMC50. Los asfaltos seleccionados fueron optimizados durante la obtención de muestras para lograr proporciones adecuadas de cada componente.

Luego de la selección de los asfaltos se realizaron muestras de 20 Kg de cada uno en planta piloto y se analizaron de forma exhaustiva.

Estudio comparativo de resistencia a la deformación permanente entre las mezclas asfálticas

En la última etapa de la investigación se realizaron ensayos de ahuellamiento (WTT) según la norma NLT-173 en el laboratorio de la Dirección Nacional de Vialidad.

Utilizando una misma curva granulométrica y alcanzando iguales densidades en las probetas elaboradas, se evaluó la respuesta de los nuevos asfaltos, del AC20 y del AM3 a las deformaciones permanentes. La dosificación óptima fue determinada mediante el método Marshall utilizando el AC20 como asfalto patrón.

Los resultados fueron evaluados de forma comparativa para determinar la influencia de cada cemento asfáltico ensayado en la resistencia a la deformación permanente de la mezcla seleccionada.

Resultados

Selección de muestras y análisis detallado

De las 160 muestras analizadas, se seleccionaron los siguientes tres asfaltos que ya han sido especificados en la normativa de diversos países: un asfalto clasificado por viscosidad tipo AC30 (ASTM D3381, tabla 2), un asfalto clasificado por penetración tipo 35/50 (UNE EN 12591) y un modificado con polvo de neumático llamado AMC50 (Resolución ANP n° 39, Brasil). Por último se aditivó el asfalto AC20 con compuestos orgánicos para disminuir la temperatura de mezclado y compactación que se denominó simplemente Warm Mix, para esta muestra no se definió una especificación.

Las especificaciones utilizadas según las normas antes mencionadas para hacer la selección de las muestras se encuentran en la Tabla 1.

Tabla 1: Especificaciones utilizadas para la selección de las muestras

Propiedad	Unidad	AC30	35/50	AMC50
Penetración a 25°C	0,1 mm	≥ 50	35 - 50	30-70
Punto de ablandamiento A&B	°C	-	≥ 50	≥ 50
Viscosidad absoluta a 60°C	Poise	2400-3600	-	-
Recuperación Torsional Elástica	%	-	-	≥ 50
Pérdida de masa RTFOT	% m/m	≤ 1,0	≤ 1,0	≤ 1,0
Incremento punto de ablandamiento después RTFOT	°C	-	≤ 11,0	≤ 10,0
Penetración retenida a 25°C después de RTFOT	%	-	≥ 53	≥ 55
Viscosidad absoluta a 60°C después de RTFOT	Poise	≤ 12000	-	-

Una vez definida las muestras que mejor encajaban dentro de estas especificaciones se procedió a la fabricación de 20 Kg de cada asfalto en planta piloto.

Los asfaltos obtenidos de esta forma junto con el AC20 y el AM3 se ensayaron mediante ensayos tradicionales tanto antes como después de RTFOT. Para el Warm Mix no se realiza ensayo de

envejecimiento por RTFOT ya que la bibliografía menciona temperaturas de mezclado de 120°C bastante inferior de los 163°C que utiliza la norma (Jones, D., Tsai, B.W., Signore J., 2010). Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2: Resultados obtenidos de los asfaltos seleccionados

Propiedad		Unid.	AC 20	Warm Mix	AC 30	35/50	AMC50	AM3
Penetración		dmm	83	59	63	37	46	60
Anillo & Bola		°C	46,5	55,6	49,7	51,9	59	69
Indice Penetración		-	-0,87	0,53	-0,72	-1,38	0,63	3,18
Visc. Brookfield	60°C	P	1960	2770	3300	5490	37600	15600
	135°C		324	300	424	616	1827	1113
	150°C		164	152	216	292	980	552
	170°C		88	76	100	144	456	252
	177°C		64	56	80	112	344	204
	190°C		48	40	56	76	184	144
Recuperación Torsional		%					60	70
Recuperación Elástica		%					76	93
Ductilidad		cm					37	116
RTFOT	Pérdida de masa	% (m/m)	-0,22		-0,03	-0,63	-0,15	-0,30
	Penetración	dmm	43		40	20	38	31
	Pen. retenida	%	52%		63%	54%	83%	52%
	A&B	°C	53,3		53,6	59,1	67,4	66
	Diferencia A&B	°C	6,8		3,9	7,2	8,4	-3
	60°C	P	7730		11200	15800	78900	60500
	Indice durabilidad	-	3,9		3,4	2,9	2,1	3,9
	135°C	P	532		580	996	4667	1667
	150°C		252		292	448	1807	700
	170°C		120		140	208	744	320
	177°C		96		96	152	584	228
	190°C		64		64	100	340	148
	Recuperación Torsional	%					47	51
	Diferencia R.T.	%					-13	-19
	Recuperación Elástica	%					81	84
	Diferencia R.E.	%					5	-9

Estudio comparativo de resistencia a la deformación permanente entre las mezclas asfálticas

Para determinar cual de los asfaltos tenía un desempeño mejor frente a las deformaciones plásticas respecto al AC20 se realizó el ensayo de ahuellamiento utilizando la norma NLT-173. Los parámetros del ensayo se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3: Parámetros del ensayo de ahuellamiento

Parámetro	Unidad	Medida
Dimensión probeta	mm	300x300x50
Cantidad probetas	-	3
Densidad mínima	g/cm ³	97% Marshall
Temperatura	°C	60±1
Presión de contacto	KN/m ²	750±20
Frecuencia	ciclo/min	21,0±0,5
Duración del ensayo	minutos	120

Se obtuvo una cantidad de árido suficiente para realizar todos los ensayos previstos optando por curva granulométrica cerrada. Las mezclas se dosificaron mediante el método Marshall resultando un 5,2% de asfalto, una densidad Marshall de 2,34 y un 4% vacíos. Las temperaturas de moldeo para cada asfalto se determinaron utilizando las curvas de viscosidad-temperatura y la bibliografía relacionada.

Luego se moldearon las 3 probetas por cada asfalto utilizando siempre la misma curva granulométrica en todos los casos y se ensayaron obteniendo los parámetros que se muestran en la Tabla 4 para el promedio de las probetas elaboradas. Se determinaron las velocidades de deformación en tres intervalos de tiempo y la deformación máxima obtenida para cada mezcla ensayada.

Tabla 4: Resultados promedio obtenidos de las probetas elaboradas

Propiedad	Unid.	AC 20	Warm Mix	AC 30	35/50	AMC50	AM3
Densidad	g/cm ³	2,27	2,27	2,27	2,28	2,28	2,27
Temp. mezcla	°C	150	120	150	150	150	190
Velocidad de deformación (10 ⁻³ mm/min).	V 30/45	39	30	28	8	7	5
	V 75/90	68	35	36	7	6	4
	V 105/120	61	32	36	8	6	5
Deformación máx.	mm	6,45	4,05	3,98	1,37	1,16	0,89
Mejora respecto AC20	%	-	37%	38%	79%	82%	86%

Las curvas de deformación para cada asfalto vs tiempo de ensayo se muestran en la Figura 1.

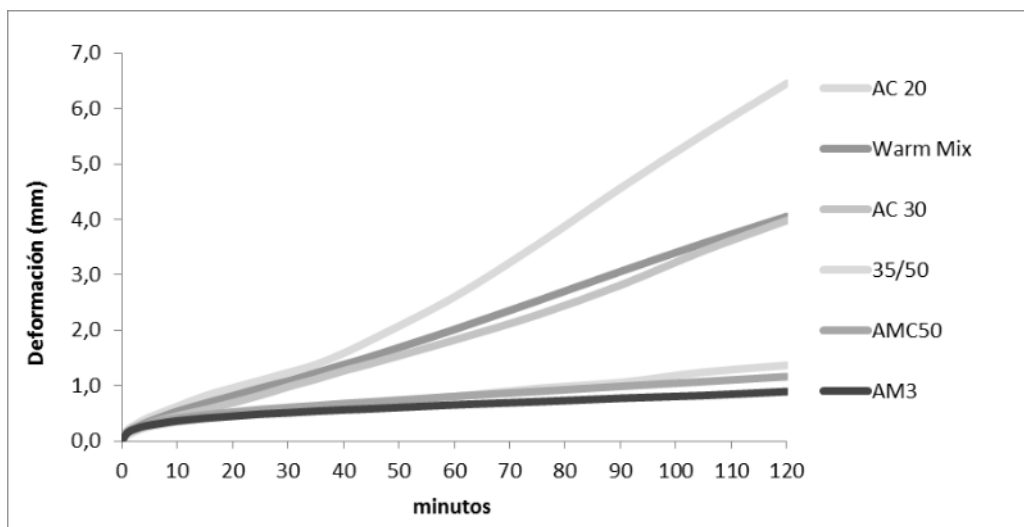


Figura 1: Curvas de deformación vs tiempo

Se puede ver claramente la influencia del asfalto utilizado en la resistencia a las deformaciones permanentes de la mezcla elegida.

En primer lugar hay que destacar los desempeños comparables entre el AMC50 y el AM3. Este resultado alentó a seguir buscando ventajas del AMC50, además de tener un costo cerca de un 20% menor que un AM3, presenta una resistencia al envejecimiento superior que los otros asfaltos analizados con el RTFOT como muestra la Figura 2.

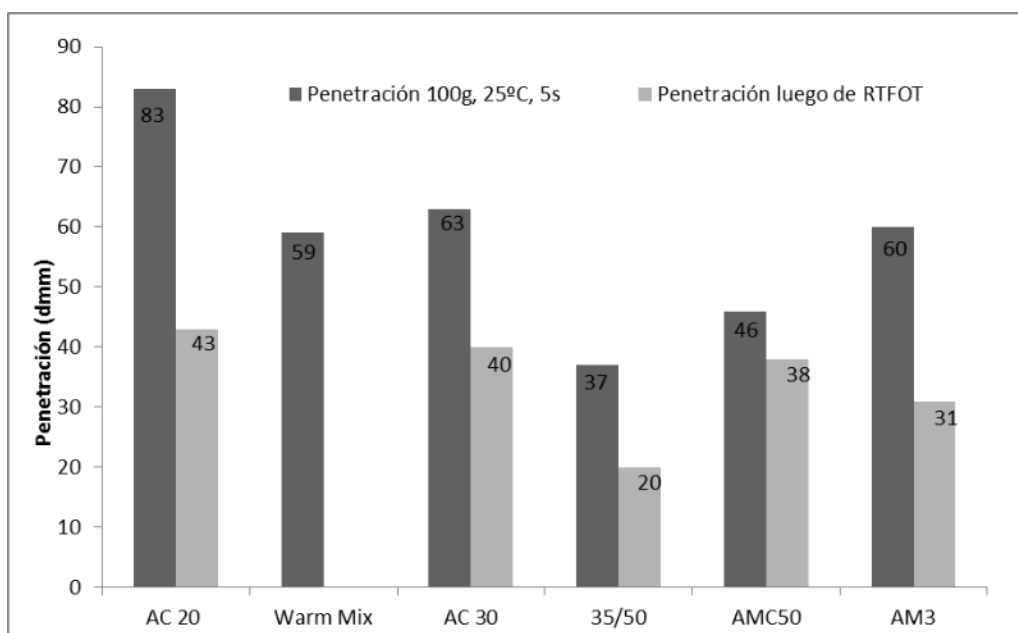


Figura 2: Penetración conservada luego de RTFOT

Esto puede deberse a la presencia de antioxidantes en el polvo de neumático como el óxido de zinc o negro de humo (Martins, H. A. F., 2004).

El desempeño del asfalto 35/50 fue otro que mereció un análisis pormenorizado ya que el resultado que se obtuvo prácticamente se acerca a un modificado caucho AMC50 o un AM3. En este caso el costo del producto quedaba muy cerca del AMC50 pero sin tener las propiedades elásticas de éste y con una resistencia al envejecimiento menor como se ve en la Figura 3.

El asfalto Warm Mix, solamente por el aditivo orgánico, mejora al AC20 en la resistencia a la deformación permanente un 37% sin mencionar las ventajas técnicas y ambientales de hacer el mezclado y la compactación a 30°C menos según lo que se menciona en la literatura (Jones, D., Tsai, B.W., Signore J., 2010).

Por último el AC30 mostró un comportamiento similar al del Warm Mix pero a un costo muy inferior (casi a igual costo que el AC20). No son comparables en su comportamiento durante la aplicación pero si en su vida en servicio. Por lo tanto este asfalto fue enviado al LEMIT a realizar una caracterización por el método Superpave resultando en un PG64-16 mientras que el AC20 de partida es un PG58-22.

Según lo buscado en la literatura, para nuestras latitudes los asfaltos recomendados por Superpave son los PG64-10 (Asphalt Institute, 1997), esto sería otro indicativo que el AC20 tradicional no cumple con las exigencias para las temperaturas elevadas de Uruguay, mostrando por lo tanto bajo desempeño frente a las deformaciones permanentes.

CONCLUSIONES

Se desarrollaron 4 nuevos asfaltos que cubrieran la brecha existente tanto en desempeño frente a las deformaciones permanentes como en costo entre el cemento asfáltico convencional AC20 y el modificado AM3. Los mismos son factibles de su producción en el mercado nacional y con un costo máximo hasta un 20% por debajo que el AM3.

Dentro de los asfaltos seleccionados se destacan tanto por su bajo costo y por su superior desempeño el AC30 y el AMC50.

Las ventajas del AC30 son que tiene un comportamiento mejorado frente a las deformaciones plásticas que el AC20, no requiere de ningún cambio en el proceso constructivo actual, usando las mismas temperaturas tanto de mezclado como de compactación y al mismo costo que el AC20. Además siendo que en Uruguay se requiere un asfalto PG64-10 según el método Superpave, solamente el AC30 cumple con este requerimiento al ser un PG64-16.

El AMC50 se muestra como una solución técnica de comportamiento muy similar al AM3 a un costo reducido y con las ventajas medioambientales que conlleva la utilización de un desecho como lo es el polvo de neumático.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a los colaboradores de este trabajo:

Al Sr. Walter Arreche y la Ing. Patricia Enrich de la Dirección Nacional de Vialidad por la realización de los ensayos de ahuellamiento.

A la empresa CVC por el suministro de los áridos y la realización del ensayo Marshall.

Al LEMIT de La Plata por la determinación de las características de los asfaltos según el método Superpave.

REFERENCIAS

Asphalt Institute, Performance Graded Asphalt Binder Specification and Testing. Superpave Series N°1 (SP-1). EEUU, 1997.

Jones, D., Tsai, B.W., Signore J. (2010). Warm Mix Asphalt Study. Contract Report: UCPRC-CR-2010-01. University of California Pavement Research Center, UC Davis, Berkeley.

Martins, H. A. F. (2004). A utilização da borracha de pneus na pavimentação asfáltica. Universidade Anhemi Morumbi. São Paulo.