

IAG189-06-2013
EVALUACIÓN DE LOS TRAMOS DE PRUEBA REALIZADOS CON
MEZCLAS ASFÁLTICAS TIBIAS
AVALIAÇÃO DAS SEÇÕES EXPERIMENTAIS FEITOS COM MISTURA
MORNA

Ing^a Rosana G. Marcozzi
LEMIT-CIC
La Plata, Argentina
tecnologiavial@lemit.gov.ar

Dr. Ing. Francisco Morea
CONICET-LEMIT
La Plata, Argentina
franciscomorea@conicet.gov.ar

Ing. Mario R. Jair
Latin America Bitumen Technical Manager – SHELL CAPSA
Buenos Aires, Argentina
mario.jair@shell.com

Resumen

En los últimos años se han desarrollado una serie de ligantes asfálticos especialmente diseñados para mejorar la trabajabilidad y compactabilidad de las mezclas y reducir así las temperaturas necesarias para los procesos de preparación y colocación. Estos ligantes forman parte de tecnologías de última generación para la producción de Mezclas Tibias o WMA (Warm Mix Asphalt).

En este trabajo se presenta el seguimiento de una serie de tramos de mezclas tibias de carácter experimental en la provincia de Buenos Aires, Argentina llevados a cabo durante el invierno de 2010 y en 2012.

En estos tramos se trabajó con una capa de base del tipo CAC S19 y una capa de rodamiento tipo Microaglomerado discontinuo en caliente MAC F10. Las temperaturas de compactación de las mezclas estuvieron en el orden de 120 °C.

Los resultados de los estudios previos en laboratorio mostraban que era posible disminuir considerablemente la temperatura de compactación de las mezclas aquí estudiadas, entre 20 y 30 °C, sin que se vieran afectadas, en principio, las propiedades volumétricas y mecánicas de los mezclas, lo que fue verificado durante la construcción de los tramos.

Se estudiaron además la resistencia al ahuellamiento de testigos extraídos y el comportamiento reológico del ligante recuperado de ellos, lo que nos ha permitido obtener una base de datos de evolución de mezclas y ligantes asfálticos tibios durante los años en servicio.

Resumo

Nos últimos anos tem havido uma série de ligantes especialmente concebidos para melhorar a trabalhabilidade e compactação das misturas asfálticas e reduzir as temperaturas necessárias para a preparação e processos de colocação. Estes ligantes são parte de tecnologias de ponta para a produção de misturas mornas ou WMA (Warm Mix Asphalt).

Neste trabalho, seguindo uma série de seções de misturas mornas pilotados na província de Buenos Aires, Argentina, realizada durante o inverno de 2010 e 2012.

Nessas seções nós trabalhamos com uma camada de base tipo CAC S19 e uma camada de rodamento tipo microaglomerado MAC F10. As temperaturas de compactação das misturas eram da ordem de 120 ° C.

Os resultados de estudos prévios em laboratório mostraram que era possível diminuir consideravelmente a temperatura de compactação das misturas estudadas, entre 20 e 30 °C, mas não foi afectada, em princípio, as propriedades volumétricas e mecânicas das misturas, ela verificou-se durante a construção das secções.

Também estudaram a resistência à deformação permanente de cores extraídos eo comportamento reológico do ligante recuperado a partir deles, o que nos permitiu obter um banco de dados de a evolução do misturas e ligantes mornos durante estes anos de serviço.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años se han desarrollado una serie de ligantes asfálticos que permiten reducir las temperaturas de preparación y colocación de las mezclas fabricadas con los mismos. Ello ha dado origen a las llamadas mezclas tibias o WMA (Warm Mix Asphalt)

Es bien conocido que la reducción de las temperaturas de fabricación de las mezclas asfálticas en caliente presenta ventajas ambientales importantes sobre las emisiones, exposiciones laborales y consumo de energía. Si bien esto se conoce desde hace mucho tiempo, el mayor desafío es conseguir una calidad adecuada de las mismas a temperaturas de operación inferiores a las tradicionales ó a temperatura ambiente.

En el trabajo realizado por Lecombe et al, del Grupo de la compañía Shell Bitumen, se informan medidas de emisiones en Florencia, Italia, y demuestran que la disminución en la temperatura ofrece grandes reducciones en la emisión de gases de invernadero y una reducción considerable en la emisión de humos, junto con una reducción de energía del orden del 30 %.

En otro trabajo, Branot y De Groot informan que en el intervalo de temperaturas relevante para aplicaciones en pavimentación entre 140 y 190 °C, la emisión de humos aumenta en un factor de 2 por cada 12 °C de aumento de la temperatura.

Además de reducir consumo de energía y emisiones en la planta asfáltica hay ventajas operativas como la de poder transportar las mezclas a mayores distancias y mantener su trabajabilidad durante la colocación garantizando la compactabilidad con iguales o menores esfuerzos que las mezclas convencionales y pudiendo incorporar mayor cantidad de RAP a temperaturas más bajas.

En razón de que la utilización de las WMA se encuentra en estudio en casi todos los países, es necesario llevar a cabo pruebas de campo con el fin de establecer los protocolos para su uso, tales como:

- Qué tipo de ligante tibio es el más adecuado

- Qué impacto tiene el ligante tibio sobre las propiedades de las mezclas

- Cómo mejoran la trabajabilidad de las mezclas

- Cuál es la razón costo-efectividad de estos ligantes

- Cuál es la durabilidad de estas mezclas.

En el LEMIT se vienen desarrollando estudios de laboratorio sobre este tipo de mezclas tratando de poner en evidencia el comportamiento de asfaltos tibios y su grado de efectividad.

De acuerdo a esta información técnica, además de disminuir las temperaturas de preparación y compactación de las mezclas asfálticas, estos asfaltos permiten mantener o mejoran notablemente la resistencia a los daños por humedad de las mezclas realizadas a temperaturas reducidas. La información indica que se pueden lograr disminuciones de temperatura del orden de 20-40 °C, respecto a las mezclas convencionales.

Los ensayos de trabajabilidad y compactación a temperaturas más bajas que las normalmente empleadas (30-40 °C menos) han mostrado que estos aditivos pueden funcionar correctamente a escala real (Agnusdei et al, 2011; Marcozzi, 2004; Marcozzi y Morea, 2011).

Según autoridades de la NAPA de los EE.UU. (National Asphalt Paving Association), dentro de los próximos años las mezclas asfálticas preparadas en caliente se deberán hacer a temperaturas mas bajas que las que hoy se están utilizando. Con esto se logrará atenuar el impacto ecológico que producen las actuales técnicas de preparación de mezclas asfálticas.

El objetivo de este trabajo es el seguimiento de tres pruebas experimentales con asfalto tibio tipo AM 3, modificado con polímeros.

Para este fin se ha convenido con empresas locales para llevar a cabo dichas pruebas y su seguimiento a fin de evaluar las potenciales ventajas de estos materiales en cuanto a:

- Disminución de las temperaturas de compactación
- Propiedades mecánicas y de durabilidad

Sobre estos asfaltos tibios que mejoran la trabajabilidad y compactabilidad de las mezclas, no hay una metodología para definir las temperaturas óptimas de trabajo mediante ensayos de laboratorio. La recomendación es bajar las temperaturas entre 30 °C y 40 °C.

MATERIALES Y PROGRAMA DE ENSAYOS

Los tramos de prueba en actual evaluación son los siguientes:

- Tramo de prueba I: Esta prueba experimental se llevó a cabo en la calzada principal del Acceso Oeste a la ciudad de Buenos Aires a la altura del Camino del Buen Ayre (km 31), durante los días 2 y 3 de Junio de 2010.
Se trabajó con una capa de base del tipo CAC-S19 y una capa de rodamiento tipo Micro F 10. La planta asfáltica utilizada fue por pesada, marca Wibau con un rendimiento de 120 Tn.
La temperatura de preparación de las mezclas fue de 170°C y las de compactación fueron de alrededor de 120 °C.
Debido a que es una vía de alta velocidad y alto tránsito las ventanas de trabajo son nocturnas. El tramo se realizó entre las 0:00 y las 4:00 a.m., con una temperatura ambiente inferior a 9 °C.
De las capas realizadas se extrajeron muestras para el análisis de propiedades volumétricas y recuperación de ligantes además de los ensayos de Wheel tracking.
- Tramo de prueba II: Esta prueba fue realizada en la Ruta Nacional N° 5 a la altura de Luján, durante los días 22 y 23 de Julio de 2010. Las mezclas fueron preparadas y colocadas de forma similar al tramo anterior.
- Tramo de prueba III: Esta prueba fue realizada en la calzada principal del Acceso Oeste a la ciudad de Buenos Aires durante los días 14 y 15 de Marzo de 2012. Las mezclas fueron preparadas y colocadas de forma similar a los tramos anteriores.

Materiales

Ligantes asfálticos

En la construcción de los tramos se utilizaron asfaltos modificados con polímeros del tipo AM3 especialmente diseñados para mezclas tibias. Su denominación comercial ha sido AM3-LT. Sus propiedades no se apartan de los valores habitualmente encontrados en asfaltos del tipo AM3, como puede verse en la Tabla 1, en la cual se han incluido valores de una muestra de asfalto que corresponde al utilizado por la empresa en el resto de la obra.

Tabla 1: Propiedades de los ligantes tibios utilizados en los tramos experimentales

Propiedades	Unidades	AM3	AM3-S Tramos I y II	AM3-S Tramo III
Ensayo sobre el asfalto original				
Penetración (100 g, 5 s, 25 °C)	0.1 mm	60	58	65
Punto de Ablandamiento	°C	86.0	97.5	89.5
Ductilidad a 25 °C	cm	+150	94	132
Recuperación elástica torsional, 25 °C	%	81	82	86
Densidad a 25°C/25°C	---	1.010	1.004	1.015
Viscosidad rotacional a 135 °C	mPa.s	3300	3950	4400
Viscosidad rotacional a 150 °C	mPa.s	1210	1230	1520
Viscosidad rotacional a 170 °C	mPa.s	380	325	410
Viscosidad rotacional a 190 °C	mPa.s	180	155	175
Ensayo de calentamiento en RTFO				
Variación de masa	%	+0.08	-0.02	
Penetración (100 g, 5 s, 25 °C)	0.1 mm	51	47	
Punto de ablandamiento	°C	77.5	78.0	
Ductilidad a 25 °C	cm		88	
Recuperación elástica torsional, 25 °C	%		62	
Viscosidad rotacional a 135 °C	mPa.s		2600	
Viscosidad rotacional a 150 °C	mPa.s		960	
Viscosidad rotacional a 170 °C	mPa.s		315	
Viscosidad rotacional a 190 °C	mPa.s		145	

En la Tabla 2 se muestran las temperaturas de compactación según diferentes criterios de equiviscosidad (Khatrı et al, 2001; Fernández et al, 2003; Agnusdei et al, 2004, 2009):

Tabla 2: Temperaturas óptimas de compactación

Propiedades	Unidad	AM3	AM3-S Tramos I y II	AM3-S Tramo III
Correspondiente a 280 mPa.s	°C	180	178	181

Correspondiente a 1100 mPa.s	°C	153	151	155
Correspondiente a 1400 mPa.s	°C	149	147	152

Tal como se aprecia en la Figura 1 estos asfaltos no difieren en su reología, presentando valores de viscosidades muy similares.

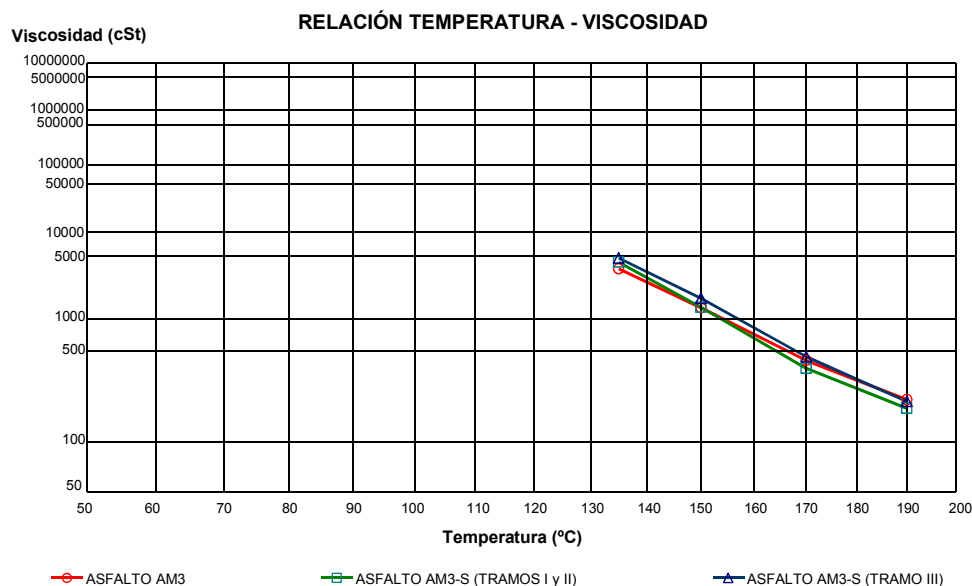


Figura 1: Carta de viscosidad

Mezclas asfálticas

Las mezclas utilizadas en los tramos fueron del tipo convencional semidensa de tamaño máximo 19 mm (CAC S19) para la base y un microaglomerado discontinuo (F10) para la capa de rodamiento de bajo espesor.

Se acordó en principio elaborar las mezclas en planta a 170 °C ya que la distancia de transporte y las bajas temperaturas reinantes permitirían compactar la mezcla en obra a temperaturas en promedio no superiores a 120 °C.

Los resultados de referencia de las mezclas de obra se presentan en la Tabla 3.

Tabla 3: Propiedades volumétricas en laboratorio

Propiedades	Unidades	AM3		AM3-S	
		F10	CAC	F10	CAC
T° de compactación	°C	160		120	
Densidad bruta	g/cm ³	2.340	2.416	2.316	2.355
Densidad Máxima	g/cm ³	2.496	2.516	2.492	2.507
Vacíos	%	6.3	4.0	7.0	6.1
Ensayo de rueda cargada a 60 °C (BS 598)					

Profundidad de huella	Mm	1.12	1.00	1.54	1.04
Estabilidad dinámica	pasadas/mm	26066	27022	15219	26182

Tal como puede ser apreciado, la disminución de las temperaturas de compactación no afectan significativamente las estabilidades dinámicas de las mezclas con asfalto tibio compactadas a 40 °C menos que la mezcla convencional.

Otro atributo que han presentado estos asfaltos tibios es el de mejorar notablemente la resistencia al agua de las mezclas (Marcozzi y Morea, 2011), lo que ha sido fehacientemente demostrado por los excelentes resultados en la prueba de Hamburgo (AASHTO T324) realizada durante el estudio de las mezclas en laboratorio (Jair y Torchioi, 2011).

SEGUIMIENTO DE LOS TRAMOS EXPERIMENTALES

Sobre los testigos extraídos de 10 y 20 cm de diámetro se realizaron ensayos de determinación de densidades y vacíos.

Los testigos de 20 cm de diámetro fueron ensayados bajo el paso de una rueda cargada, según el procedimiento descrito por BS598, es decir, 520 N de carga de la rueda, una frecuencia de paso de la rueda de 42 pasadas/min y temperatura de 60 °C, salvo que el tiempo de ensayo se extendió a 2 horas. Los testigos fueron nivelados y fijados al molde mediante el uso de yeso tipo París. A partir de los resultados se calcularon las velocidades de deformación y la estabilidad dinámica.

Luego de los ensayos correspondientes se han determinado contenidos de asfalto y granulometría de los áridos recuperados. Sobre el ligante recuperado por destilación se realizaron ensayos de rutina.

A continuación se presentan los valores medios de los ensayos realizados sobre los testigos extraídos desde la construcción hasta la actualidad.

Tabla 4: Propiedades evaluadas sobre testigos del Tramo I

	Unidad	Asfalto tibio Orig.	Asfalto tibio tras RTFOT	TRAMO I			
				F-10		CAC S19	
				Edad [años]		Edad [años]	
				0	1	0	1
Propiedades de los ligantes							
Pen (100 g, 5 s, 25 °C)	0.1 mm	58	47	59	42	57	53
P. A.	°C	97.5	78.0	87.7	77.1	87.6	78.6
Ductilidad	cm	94	88	102	60	95	72
R. E. T.	%	82	62		63		67
Viscosidad a 135 °C	mPa.s	3950	2600	3288	4350	2480	5160
Viscosidad a 170 °C	mPa.s	325	315	355	373	320	380
Propiedades volumétricas							
Densidad máxima	g/cm³			2.491	2.491	2.510	2.510
Densidad promedio	g/cm³			2.288	2.325	2.346	2.368
Vacíos	%			8.1	6.7	6.5	5.7
Ensayo de rueda cargada a 60 °C (BS 598)							
Profundidad de huella	mm			3.01	1.24	1.70	1.81

Veloc. de Deformación	mm/min			0.005	0.003	0.004	0.005
Estabilidad Dinámica	pasadas/mm			10157	14648	13040	9295

Como puede observarse en la Tabla 4, las propiedades de los ligantes son muy similares a las obtenidas en el ensayo de RTFO. Las densidades de las capas delgadas en el momento de la construcción ($t = 0$) son menores a las densidades de referencia (Tabla 3). Luego del primer año de tránsito se encuentran en el orden de las densidades de referencia, con muy buenos valores de estabilidad dinámica.

Algo similar ocurre con las mezclas de base.

Tabla 5: Propiedades evaluadas sobre testigos del Tramo II

	Unidad	Asfalto tibio Orig.	Asfalto tibio tras RTFOT	TRAMO II					
				F-10			CAC S19		
				Edad [años]			Edad [años]		
				0	1	2	0	1	2
Propiedades de los ligantes									
Pen	0.1 mm	58	47	61	39	26	55	43	32
P.A.	°C	97.5	78.0	90.0	69.5	67.1	88.7	71.9	67.6
Ductilidad	cm	94	88	110	----	----	105	----	----
R.E.T.	%	82	62	----	50	35	----	61	39
Visc. 135 °C	mPa.s	3950	2600	3593	2335	3763	3570	2487	3375
Visc. 170 °C	mPa.s	325	315	353	----	370	363	----	330
Propiedades volumétricas									
Densidad máxima	g/cm ³			2.488	2.491	2.491	2.508	2.509	2.509
Densidad promedio	g/cm ³			2.307	2.329	2.312	2.334	2.337	2.350
Vacíos	%			7.3	6.5	7.2	6.9	6.8	6.3
Ensayo de rueda cargada a 60 °C (BS 598)									
Profundidad de huella	mm			2.87	3.45	0.68	1.53	1.48	1.08
Velocidad de Deformación	mm/min			0.004	0.005	0.001	0.003	0.003	0.002
Estabilidad Ddinámica	pasadas/mm			13222	11727	31504	14220	14313	23680

Analizando los resultados del segundo tramo construido (Tabla 5) se observa que progresivamente el asfalto va cambiando sus propiedades. Las densidades no presentan cambios significativos en los dos años de servicio en calzada principal. La resistencia al ahuellamiento se ha incrementado.

La misma tendencia se observa en las mezclas de base.

Los datos resultantes de la construcción del tercer tramo de mezclas tibias se presentan en la Tabla 6. Este tramo fue construido a fines del verano, si bien el día era prácticamente otoñal, la temperatura ambiente no fue menor a los 18 °C.

Como puede observarse el contenido de vacíos es del orden de 8 % para la capa de rodamiento. Si bien es elevado, están en el orden de las densidades obtenidas en los tramos realizados en invierno.

Debe tenerse en cuenta que las mezclas de bajo espesor son especialmente susceptibles al descenso de las temperaturas de trabajo y en algunos casos la compactación se llevó a cabo a una temperatura considerablemente baja. Aún así los valores de estabilidad dinámica son elevados

La mezcla de base alcanzó densidades similares a las de proyecto de mezcla en caliente, con excelentes resultados en el ensayo de ahuellamiento.

Tabla 6: Propiedades evaluadas sobre testigos del Tramo III

	Unidad	Asfalto tibio Orig.	Asfalto tibio tras RTFOT	TRAMO III	
				F-10	CAC S19
				Edad [años]	
				0	0
Propiedades de los ligantes					
Penetración	0.1 mm	65	52	54	49
Punto de Ablandamiento	°C	89.5	73.4	84.5	75.4
Ductilidad	cm	132	93	104	89
Recuperación elástica torsional	%	86	58	72	72
Viscosidad a 135 °C	mPa.s	4505	5430	5545	4688
Viscosidad 170 °C	mPa.s	410	435	395	-----
Propiedades volumétricas					
Densidad máxima	g/cm ³			2.479	2.457
Densidad promedio	g/cm ³			2.283	2.357
Vacíos	%			7.9	4.1
Ensayo de rueda cargada a 60 °C (BS 598)					
Profundidad de huella	mm			3.24	1.33
Veloc. de Deformación	mm/min			0.004	0.003
Estabilidad Dinámica	pasadas/mm			10389	15140

COMENTARIOS FINALES

En el presente trabajo se ha procedido a estudiar la evolución de tramos experimentales realizados con asfaltos tibios recomendados para facilitar la preparación y compactación de mezclas asfálticas a temperaturas menores a las habitualmente empleadas.

Las mezclas fueron colocadas en calzadas principales de Autopistas de alto tránsito.

Las pruebas realizadas ponen de manifiesto que el uso de estos asfaltos tibios modificados con polímeros, comercialmente llamados AM3-LT, posibilitó que se realizaran normalmente las operaciones requeridas para compactar las mezclas convencionales y las mezclas de granulometría especial realizadas, con reducciones de aproximadamente 30-40 °C, sin afectar significativamente las propiedades volumétricas y de resistencia a las deformaciones permanentes.

Como hemos dicho previamente, la reducción de las temperaturas de colocación de las mezclas asfálticas se tradujo en una serie de ventajas tales como la reducción del consumo de energía y de emisiones en la planta asfáltica, el incremento de las distancias de transporte, el aumento de los tiempos de colocación de las mezclas, mejoras en la trabajabilidad y compactabilidad y condiciones laborales menos riesgosas.

Estos tramos demuestran que el comportamiento de las mezclas con los asfaltos tibios en estudio es al menos el mismo que el que presenta una mezcla realizada en caliente con asfaltos modificados del tipo AM3.

Si bien las experiencias obtenidas corresponden a períodos cortos de observación, estos tramos y otros previstos para el presente año continuarán siendo monitoreados para seguir la evolución de su comportamiento.

Estos datos proporcionarán parámetros asociados a la durabilidad de las mezclas asfálticas que utilizan estas tecnologías los que a su vez permitirán realizar un certero análisis del ciclo de vida de estos pavimentos.

AGRADECIMIENTOS

Los autores quieren agradecer la valiosa colaboración del Personal de apoyo, Profesional Claudio J. Veloso y Técnicos Jorge F. Coacci y Javier Batic.

REFERENCIAS

- Agnusdei J.O., Marcozzi R., Morea F., 2011: Ensayos de laboratorio para evaluar la compactabilidad de mezclas asfálticas colocadas a bajas temperaturas. XVI CILA, Vol. 2, pp. 1320-1330.
- Agnusdei, J.O., Marcozzi, R.G., Iosco O.A., JAIR, M.R., Morea, 2009. Incidencias de las temperaturas de preparación y compactación sobre las propiedades de las mezclas preparadas con asfaltos modificados. XV Congreso Ibero Americano del Asfalto.
- Agnusdei J.O., Jair, M.R., Iosco O.A., Fernández A.I., López, M., 2004. Optimización de las temperaturas de mezclado y compactación en laboratorio y en planta de mezclas bituminosas con la utilización de ligantes no convencionales. Memorias de las Cuartas Jornadas Internacionales del Asfalto. Cartagena de Indias, Colombia
- Branot, H.C.A, De Groot, P.C., 1999. American Industrial Higiene Association Journal, 60 (2), 182-190.
- Fernández A.I., Agnusdei J.O., Iosco O.A., 2003. Temperaturas óptimas de mezclado y compactación de mezclas con asfaltos no convencionales. Memorias del XII° CILA, Quito, Ecuador.

- Gil Redondo, S., González Leon, J., Sónchez Alonso, E., 2010. Jornada Nacional de Asefma.
- González, J.A., Grampé, L., Barreto, G., 2009. Jornada Nacional de Asefma.
- Gudimettla, J.M., Cooley Jr, A., Ray Brown, E., 2003. Workability of hot mix Asphalt. NCAT Report 03-03.
- Jair, M.R., _Torchioi, R. (2011). Experiencias en la colocación de mezclas tibias en la Autopista del Oeste. XVI CILA, Vol. 3, pp. 2188-2199.
- Khatri, Bahia and Hanson, 2001. Mixing and Compaction Temperatures for Modified Binders using the Superpave Gyratory Compactor. The Journal of the Association of Asphalt Paving Technologists, Vol. 70, pp. 368 -401.
- Lecombe M., Deygout F. Menetti A. Emisiones y exposición laboral a temperaturas inferiores de producción y extensión de mezclas asfálticas. Shell Bitumen
- Marcozzi R.G., Morea, F. (2011). Comportamiento mecánico de mezclas asfálticas tibias. XVI CILA, Vol. 2, pp. 1362-1373.
- Marcozzi, R.G., 2004. Utilización del Compactador Giratorio Superpave para evaluar la compactabilidad de las mezclas asfálticas. Memorias de la XXXIII° Reunión del Asfalto, Mendoza, Argentina.
- Marvillet, J. Bougalt, P., 1979. Workability of bituminous mixes. Developments of workability Meter. Proceeding of A:A:P:T, , Vol. 48.
- NORMAS EN 12697, 2007. Métodos de ensayos para mezclas bituminosas en caliente. Normas EN del Comité de Normalización Europeo CEN, AENOR Ediciones, Madrid.