

**IAG345-01-2013**  
**MEZCLAS ASFÁLTICAS TIBIAS ELABORADAS CON DISTINTOS**  
**ADITIVOS. ENSAYOS EN LABORATORIO, CONTROL DE PLANTA Y**  
**PUESTA EN OBRA**  
**MISTURAS ASFÁLTICAS TÍBIAS ELABORADAS COM DIFERENTES**  
**ADITIVOS. ENSAIOS EM LABORATÓRIO, CONTROLE DE PLANTA E**  
**POSTA EM OBRA**

Marcela Balige  
YPF - Servicio Técnico Especialidades - Asfaltos  
Ciudad de Buenos Aires - Argentina  
marcela.balige@ypf.com

Alejandro Berardo  
YPF - Servicio Técnico Especialidades - Asfaltos  
Ciudad de Buenos Aires - Argentina  
alejandro.berardo@ypf.com

Leonardo Gulo  
YPF - Servicio Técnico Especialidades - Asfaltos  
Ciudad de Buenos Aires - Argentina  
leonardoo.gulo@ypf.com

Lisandro Daguerre  
Laboratorio de Pavimentos e Ingeniería Vial – LaPIV - Universidad Nacional de La Plata  
La Plata, Argentina  
lapiv@ing.unlp.edu.ar

Diego Larsen  
Laboratorio de Pavimentos e Ingeniería Vial – LaPIV - Universidad Nacional de La Plata  
La Plata, Argentina  
lapiv@ing.unlp.edu.ar

Leonardo Ferrín  
Laboratorio de Pavimentos e Ingeniería Vial – LaPIV - Universidad Nacional de La Plata  
La Plata, Argentina  
lapiv@ing.unlp.edu.ar

## **Resumen**

La investigación, análisis e implementación de nuevas tecnologías relacionadas al cuidado del medio ambiente, ahorro energético y mejoras operativas, representan objetivos prioritarios en todos los sectores de la construcción. Un caso representativo, son las mezclas asfálticas denominadas “tibias”, enfocadas principalmente a la disminución de las temperaturas de elaboración y colocación de las mezclas asfálticas.

Como beneficios más destacados de estas mezclas, se espera una significativa reducción en las emisiones de gases, una disminución del consumo energético, mejoras en las condiciones de trabajo, extensión del trabajo estacional y posibilidad de incrementar el uso de RAP. Para lograr este tipo de mezclas tibias, pueden ser utilizadas diferentes tecnologías mencionadas en este trabajo. Una de las actividades más relevantes de este proyecto, fue la ejecución de tramos de prueba que compararon con tramos elaborados en forma convencional.

El estudio alcanza evaluaciones en laboratorio, planta y obra de los materiales, procedimientos de elaboración, transporte, colocación, clima, bases de apoyo, ensayos de comportamiento, y medición de emisiones.

## **Resumo**

Pesquisa, análise e implementação de novas tecnologias relacionadas com a gestão ambiental, economia de energia e melhorias operacionais, representam prioridades em todos os setores da construção civil. Um caso representativo, misturas asfálticas são chamados de "quente", destinado principalmente para temperaturas de processamento mais baixas e colocação de misturas asfálticas.

Como benefícios mais importantes dessas misturas, esperamos uma redução significativa das emissões de gases de efeito estufa, redução do consumo de energia, melhores condições de trabalho, extensão do trabalho sazonal e a possibilidade de aumentar o uso de RAP. Para conseguir este tipo de misturas quentes, podem ser utilizados diferentes tecnologias mencionadas neste trabalho. Uma das atividades mais importantes deste projeto foi a implementação de seções de teste em comparação com seções convencionalmente processados.

O estudo chega a avaliações laboratoriais, de plantas e de trabalho dos materiais, métodos de produção, transporte, colocação, tempo, bases de apoio, testes de desempenho e medição de emissões.

## **INTRODUCCIÓN**

En el presente trabajo se utilizaron dos tecnologías diferentes para alcanzar las denominadas mezclas “tibias”. Ambas consistieron en la incorporación sobre el ligante base de un aditivo, pero de diferente naturaleza. En uno de los casos se utilizó un aditivo del tipo “ceras” y en el otro del tipo “tensoactivos”.

La incorporación de estos aditivos al ligante base, logra que la mezclas asfálticas puedan ser elaboradas, extendidas y compactadas a temperaturas sensiblemente inferiores, en el orden de 20°C – 40°C, por debajo a las utilizadas en la pavimentación con concretos asfálticos convencionales.

Los objetivos principales de la reducción en las temperaturas de manipulación de las mezclas asfálticas, se concentran en la disminución de emisiones a la atmósfera con la consecuente minimización de riesgos para la salud del personal expuesto, reducción de recursos

energéticos y ventajas constructivas como reducción de los períodos de veda y mayor flexibilidad a la hora de realizar el extendido y compactación de la mezcla.

Estas mezclas asfálticas “tibias”, demuestran un comportamiento al menos de igual performance que las mezclas convencionales. En algunos casos el desempeño es aún mejor. En Argentina, las primeras experiencias datan a partir del año 2005. El estudio que aquí describimos, comenzó en el año 2010 entre el Laboratorio de Pavimentos e Ingeniería Vial – LaPIV-, Facultad de Ingeniería Universidad La Plata conjuntamente con la Empresa YPF SA.

Se realizaron estudios tanto a nivel Laboratorio, como en Planta de elaboración de Mezclas Asfálticas y Obra siguiendo un protocolo determinado para la elaboración de los tramos experimentales involucrados.

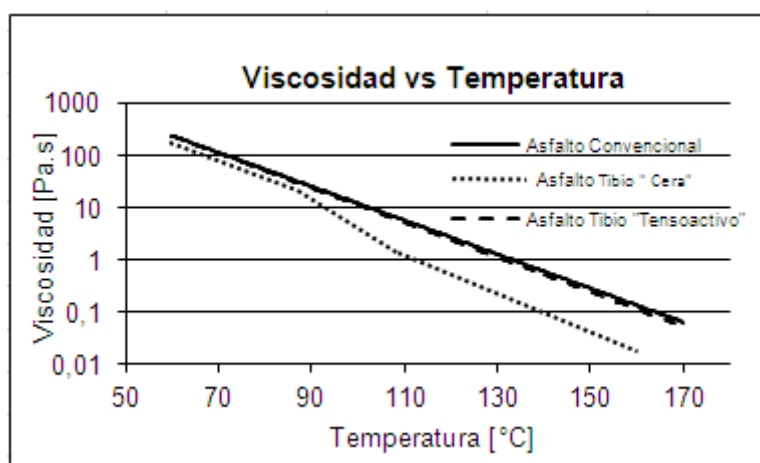
## DESARROLLO

### Estudios de Laboratorio

#### *Reología de ligantes asfálticos*

El estudio reológico realizado sobre los ligantes generados a partir de la aditivación en origen (planta productiva asfalto) evidencia comportamientos diferentes dependiendo del tipo de aditivo utilizado. A partir de la incorporación del aditivo tipo “cera”, se genera una variación de la viscosidad con la temperatura entre el ligante original y el aditivado.

En cuanto al cemento asfáltico generado a partir del aditivo tipo “tensoactivo”, el comportamiento reológico se asemeja al del ligante convencional. A continuación se indican ambos casos en la Figura 1:

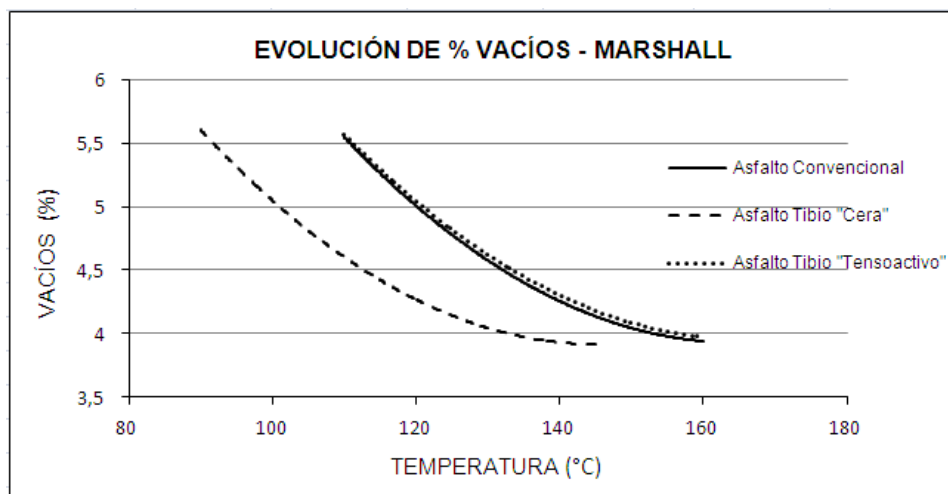


**Figura 1: Influencia de los aditivos sobre la viscosidad del asfalto original**

#### *Compactabilidad Mezclas Asfálticas*

En forma contigua se realizó una caracterización de los materiales (áridos y cemento asfáltico) y se verificaron las proporciones en las mezclas asfálticas. Una vez establecidas las formulaciones se realizó la evaluación de la evolución de la densidad mediante el moldeo de probetas a distintas temperaturas, siguiendo los lineamientos de la metodología Marshall y SUPERPAVE (compactador Giratorio).

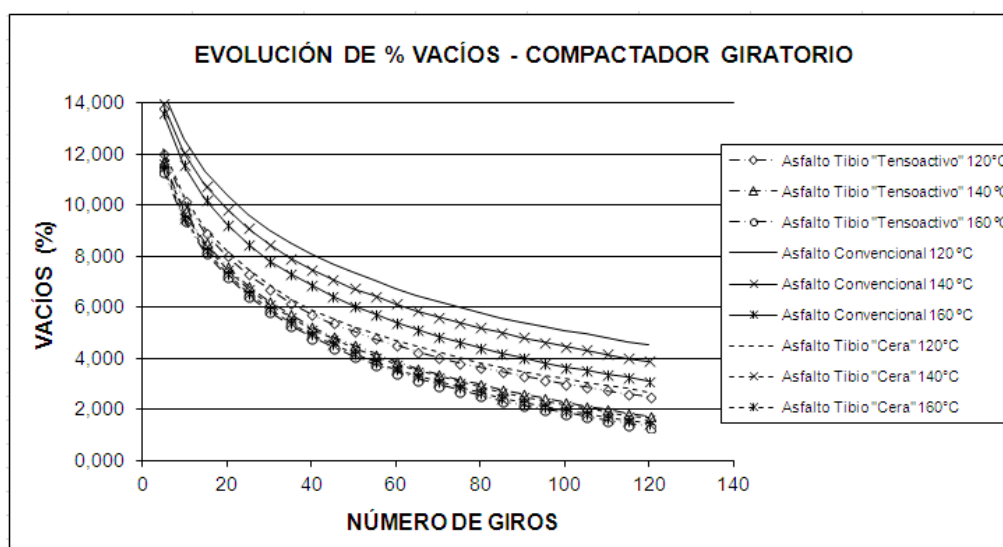
Utilizando la metodología Marshall, la evolución en la densidad de las probetas de mezcla asfáltica, se describe a continuación:



**Figura 2: Evolución de % de vacíos. Metodología Marshall**

En cuanto a la mezcla asfáltica elaborada a partir del ligante con aditivo tipo “cera”, se observa un alcance del mismo grado de densificación, con respecto a la mezcla con ligante convencional pero realizado a temperaturas al menos 20°C por debajo de las utilizadas en la mezcla con ligante convencional. Con respecto a la mezcla elaborada a partir del ligante con aditivo tipo “tensoactivo” no se observan diferencias en el grado de densificación logrado respecto a la mezcla con ligante convencional.

Utilizando la metodología SUPERPAVE, mediante el compactador giratorio, se realizó el moldeo de probetas a distintas temperaturas, por cada una de las mezclas asfálticas. A continuación en la Figura 3, se observa el grado de compactación de las mismas, elaboradas a partir de los distintos ligantes (Convencional, con aditivo tipo “cera” y con aditivo tipo “tensoactivo”).



**Figura 3: Evolución de % de vacíos. Metodología SUPERPAVE  
Compactador Giratorio**

Para esta metodología de compactación se denota claramente que para cada una de las temperaturas de compactación consideradas, las mezclas con asfalto aditivado (en ambos tipos) logran un mayor grado de compactación que la mezcla elaborada con asfalto sin aditivar. Sin ir más lejos las mezclas con asfalto aditivado logran para 120 °C una densidad mayor que la correspondiente al asfalto sin aditivar a 160 °C; este punto estaría indicando que se podría reducir la temperatura de compactación en más de 20 °C.

### Tramos Experimentales

Se realizaron tramos experimentales utilizando asfalto convencional y asfalto tibio, sobre un mismo esqueleto granular. De esta manera y bajo el mismo proceso constructivo, se llevaron adelante las comparaciones entre los tramos mencionados con anterioridad.

- ❖ Ubicación del tramo: Parque Patricios – Capital Federal
- ❖ Tipos de Mezclas Asfálticas:
  - ◆ CAC-D20 con ligante CA-30
  - ◆ CAC-D20 con ligante CA- 30 Tibio (“Cera”)
- ❖ Temperaturas de trabajo:

**Tabla 1: Temperaturas en las Mezclas en distintas etapas y ubicación de los tramos**

Mezcla	Temperatura [°C]	
	Elaboración	Extendido
CAC D20 c/ CA30	155-165	115-130
CAC D20 c/ CA30 Tibio	140-155	100-115

### Planta de elaboración de mezclas asfálticas

En esta etapa, se realizaron verificaciones sobre la elaboración de la mezcla asfáltica, mediante el relevamiento de parámetros críticos en Planta, como control visual, medición de

las emisiones de gases de combustión durante el proceso de elaboración, mediciones de temperatura, toma de muestras sobre cada camión y verificaciones de fórmula, entre otras.



**Figura 4: Planta de elaboración de mezclas asfálticas**

Durante la elaboración en Planta de las mezclas asfálticas con los distintos ligantes se efectuó la medición de emisiones de CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> y SO<sub>2</sub>. Los resultados han mostrado la reducción en el dióxido de carbono entre el 12 y 40% para el caso de la mezcla elaborada a menor temperatura, el SO<sub>2</sub> tuvo concentraciones por debajo de valores medibles, todos los resultados de emisiones fueron por debajo de los límites establecidos por el Decreto 3395/96.



**Figura 5: Emisión de gases y equipo de medición**



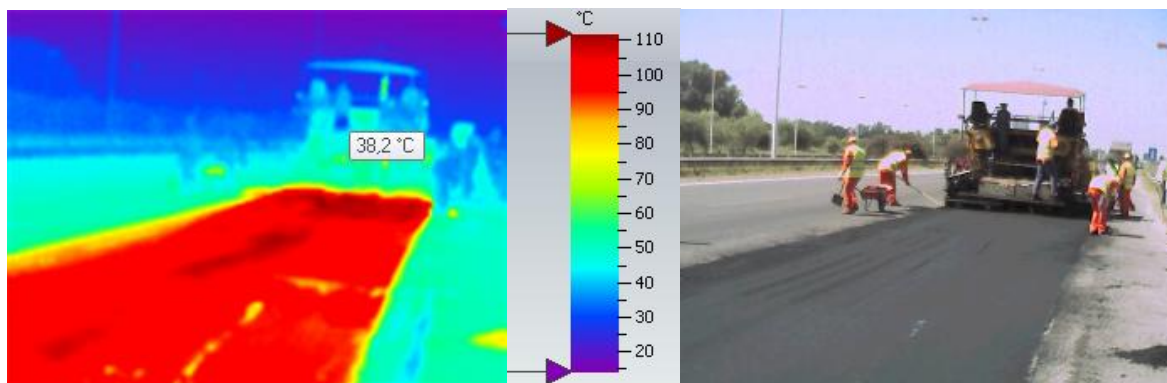
**Figura 6: Medición de temperaturas de elaboración y muestreo**

#### Relevamientos en el Frente de Obra

Se elaboró un *check list* que constata entre otros puntos el siguiente relevamiento:

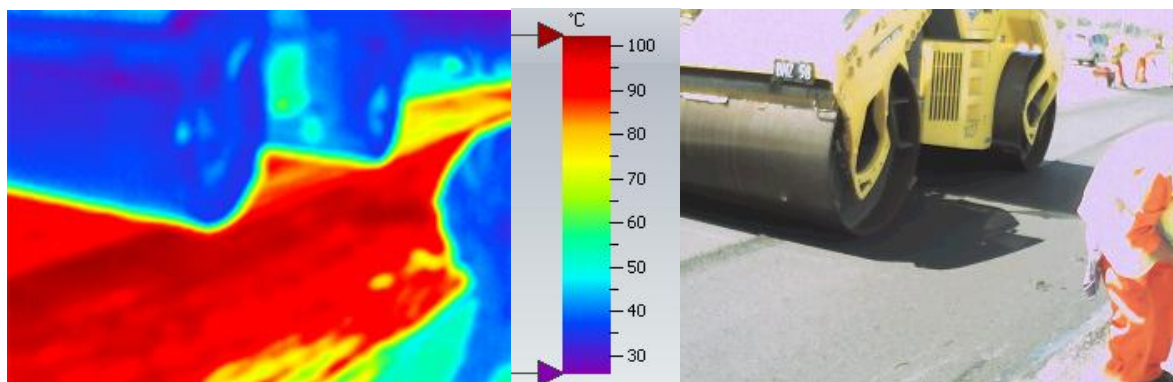
- ❖ la limpieza de la superficie a pavimentar,
- ❖ estado del riego de adherencia sobre la misma,
- ❖ desarrollo de tareas durante la extensión y compactación de la mezcla,
- ❖ medición de temperaturas en la tolva de la terminadora y detrás de ella,
- ❖ medición de la evolución de la densidad con nucleodensímetro,
- ❖ corroboración de los valores de densidad mediante la extracción de testigos

A continuación, en la figura 7 se muestran algunos de los ítems mencionados. Se utilizó para las mismas, una cámara termográfica, de manera de poder relevar la homogeneidad de la temperatura en el área de trabajo.



**Figura 7: Extendido y colocación de mezcla asfáltica**

Además en las áreas cercanas a la cola de la terminadora se efectuaron mediciones de VOC (Compuestos orgánicos volátiles). Las mediciones se llevaron adelante con un equipo portátil marca ION Science, según lo establecido en la Resolución General 295/03. El equipo posee un rango de detección desde 1 ppb a 10,000 ppm.



**Figura 8: Compactación de la mezcla asfáltica**





**Figura 9: Evaluación de la evolución de compactación con núcleo densímetro**

*Estudios complementarios en laboratorio sobre muestras extraídas de Obra*

Se realizó sobre las muestras extraídas, análisis característicos de las mismas, involucrando sus principales parámetros.

Se realizaron lavados controlados y estudios reológicos de ligantes, incluyendo ensayos de contenido asfáltico sobre las muestras extraídas de ambas mezclas asfálticas como verificación. Como complemento se analizaron las características tradicionales de los asfaltos involucrados en las experiencias, las cuales fueron complementadas con determinaciones de parámetros reológicos contemplados en la tecnología SHRP obtenidos a partir de un reómetro de corte dinámico.

Los parámetros determinados fueron el módulo de corte complejo ( $G^*$ ) y el ángulo de fase  $\delta$ , ambos a 60 °C y respetando las condiciones de frecuencia de solicitud y nivel de deformación de la metodología SUPERPAVE. El primero destinado a evaluar la rigidez de los asfaltos, mientras que el segundo de ellos nos permitirá determinar el grado de elasticidad de los materiales estudiados.

**Tabla 2: Características del asfalto virgen**

Ensayo	Método	CA-30	CA-30 Tibio
Penetración 25 °C, 100g, 5seg. , (0.1mm)	IRAM 6576	52	58
Punto de ablandamiento (°C )	IRAM 6841	54	58
Viscosidad 135 °C, sp 21, 20 rpm, (dPa*seg )	IRAM 6837	4,97	3,47
$G^*$ @60°C (KPa)	ASTM D-7175	5,86	5,20
Ángulo de fase $\delta$ @ 60°C (°)	ASTM D-7175	87,0	83,5

**Tabla 3: Características del asfalto envejecido**

Ensayo	Método	CA-30	CA-30 Tibio
$G^*$ @60°C (KPa)	ASTM D-7175	13,90	10,50
Ángulo de fase $\delta$ @ 60°C (°)	ASTM D-7175	84,6	82,2

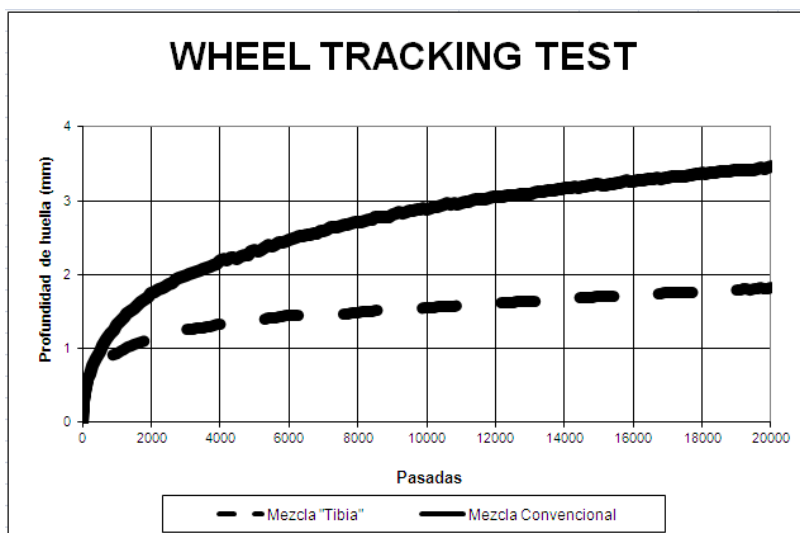
A continuación se evaluaron aspectos fundamentales de las mezclas asfálticas, como lo son sus parámetros mecánicos y volumétricos Marshall y complementando estos con la susceptibilidad frente a la presencia de agua. Se obtuvieron para estos análisis



comportamientos de similar desempeño, tanto para la mezcla convencional como para la mezcla “tibia”.

Continuando con los análisis mecánicos, se analizaron los aspectos relacionados a la rigidez de las mezclas asfálticas, mediante la evaluación del Stiffness. Dicha evaluación se obtuvo con un equipo del tipo NU-14, desarrollado por Cooper Research Technology Limited. El ensayo se llevó a cabo siguiendo los lineamientos descritos por la normativa EN 12697-26: Annex C “Indirect tesnsion test on cylindrical specimens”; utilizando como condiciones temperaturas de 10°C, 20 °C y 40°C y un rise-time de 124 ms. A partir de los resultados obtenidos se generaron curvas maestras para frecuencias de 1 Hz y 10 HZ.

La resistencia frente a deformaciones permanentes de las distintas mezclas fue evaluada a través del Ensayo de Rueda Cargada (Wheel Tracking Test) siguiendo los lineamientos descritos en la normativa 12697:22. Los resultados obtenidos se incorporan a continuación en la Figura 10.



**Figura 10: Curva de deformación vs N° pasadas**

Se verificó como adelantáramos anteriormente en los estudios previos de laboratorio, el grado de compactación de las mezclas asfálticas a distintas temperaturas. Utilizamos la metodología Marshall y decidimos incluir además la metodología SUPERPAVE mediante la utilización del compactador giratorio.

Cabe destacar que en la prueba en campo se evaluó sobre la mezcla extendida, mediante la utilización de núcleo densímetro (marca Troxler, modelo 1440) el aumento de la densificación con el número de pasadas de los equipos de compactación.

Acompañando los ensayos realizados hasta el momento, se complementaron mediante la extracción de testigos sobre los tramos experimentales. El análisis de los mismos indicó similares alcances en la densificación de la carpeta asfáltica, para las distintas mezclas aplicadas.

## CONCLUSIONES

El comportamiento reológico del ligante con aditivo tipo “cera” se diferencia del asfalto original de base, básicamente en el rango de altas temperaturas donde los menores valores de viscosidad permiten mejorar la trabajabilidad de la mezcla asfáltica. El ligante con aditivo tipo “tensoactivo” posee un comportamiento reológico que se asemeja al del asfalto original, pero se logra una mejor trabajabilidad en la mezcla debido a una disminución de la tensión superficial (cambio del ángulo de contacto) entre el ligante utilizado y los agregados.

En los tramos experimentales se logró una disminución de al menos 20°C durante la elaboración, extendido y compactación de la mezcla asfáltica “tibia” con respecto a la mezcla convencional.

Se obtuvieron comportamientos similares entre la mezcla “tibia” y convencional, tanto en sus parámetros mecánicos como volumétricos. En ambas mezclas se obtuvo un buen desempeño frente a deformaciones permanentes a elevadas temperaturas, mostrando una mejora en el comportamiento la mezcla “tibia”. La rigidez evaluada mediante la medición del Stiffness, se encuentra en el mismo orden de magnitud para ambas mezclas asfálticas.

Se verificó una disminución de las emisiones de gases mediante la medición de las mismas con cada una de las mezclas asfálticas utilizadas.

La evolución de la densificación en ambas mezclas asfálticas medidas a través del núcleo densímetro, mostró incrementos comparables entre ambas, lo cual verifica la disminución eficiente en las temperaturas de trabajo.

Se está programando la realización de nuevos tramos experimentales que involucran la utilización de ligante asfáltico con aditivo tipo “tensoactivo”. Se espera obtener un comportamiento satisfactorio dado los resultados obtenidos en laboratorio indicados en el presente trabajo.

## BIBLIOGRAFÍA

B D Prowell, NCAT Research Update Warm Mix Asphalt, October 2007.

Report N° FHWA-PL-08-007, WARM MIX Asphalt: European Practice, DOT Federal Highway Administration, Febrero 2008

NCHRP 9-47, Engineering Properties, Emissions, and Field Performance of Warm Mix Asphalt Technologies. Interim Report prepared for National Cooperative Highway Research Program, Transportation Research Board of The National Academies. October 2008.

E Harm, IDOT, A State's View of Warm Mix Asphalt Technology.

J Dángelo et al, Warm Mix Asphalt: European Practice, Federal Highway Administration, 2008.

D Newcomb, Warm Mix Asphalt: The Future of Flexible Pavements. 12th Annual Minnesota Conference, USA, February 2008.

Warm Mix Asphalt Guide Specification for Highway Construction- Division 400 –Asphalt Pavements and Surface Treatments. Warm Mix Asphalt Technical Group, USA, Nov 2008.

GC Hurley, BD Prowell, Evaluation of Potential Processes for Warm Mix Asphalt, AAPT 2009.

P. Bolzán, M Balige, D Giménez, Mezclas Asfálticas en Caliente Elaboradas y Compactadas A Menores Temperaturas, XXXVI Reunión del Asfalto, Buenos Aires, Argentina, 2010