

IAG121-01-2013
ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO AL AHUELLAMIENTO DE
DIFERENTES MEZCLAS EN LOS ENSAYOS DE RUEDA CARGADA
SEGÚN NORMAS BS 598-110 Y CEN 12697-22
A ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DE DIFERENTES MISTURAS
CARREGADAS TESTES DE RODA COMO NORMAS CEN BS 598-110 E
12697-22

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

Resumen

El ensayo de rueda cargada ha sido reconocido como una herramienta importante para definir el desempeño de las mezclas asfálticas respecto a su resistencia al ahuellamiento. En Argentina existe mucha experiencia con este ensayo siguiendo la norma BS 598 part 110 y actualmente también con la norma CEN 12697-22. No existe en Argentina normativa que especifique el ensayo de rueda cargada y los parámetros de evaluación para el ensayo, solo existe recomendaciones para su realización según alguna de las normas mencionadas con el propósito de obtener una base de datos. Anteriormente a nivel nacional e internacional se han comparado ambos métodos de ensayo los que servirán de referencia para este estudio que tiene por objetivo comparar el comportamiento al ahuellamiento en los ensayo de rueda cargada según las normativas mencionadas sobre las diferentes tipos de mezclas asfálticas. Se estudiaron diferentes condiciones como ser distintas temperaturas de ensayo y variando condiciones volumétricas de diseño de las mezclas. Se profundiza y discute aquí estudios realizados anteriormente en relación a parámetros obtenidos de ambos métodos (BS 598 y CEN 12697-22). De esta manera se brinda una herramienta para comparar resultados y de ser posible permitir definir a futuro una especificación y parámetros de análisis.

Resumo

O teste de roda carregado tem sido reconhecido como uma ferramenta importante para definir o desempenho das misturas de asfalto para a resistência à deformação permanente. Na Argentina há muita experiência com este ensaio de acordo com BS 598 parte 110 e agora também com o CEN 12697-22. Existe na Argentina, especificando as regras de teste roda carregada e os parâmetros de avaliação para o teste, não é apenas recomendações para a aplicação por qualquer um dos acima mencionados, a fim de se obter um banco de dados. Antes de o nível nacional e internacional, foram comparados os dois métodos de teste que servem como referência para o presente estudo teve como objetivo comparar o comportamento à deformação permanente no teste roda carregado como regulamentos mencionados em diferentes tipos de misturas asfálticas. Foram estudadas diferentes condições, tais como diferentes temperaturas e diferentes condições de mistura de ensaio de concepção volumétrica e é aprofundada estudos aqui discutidos acima, em relação aos parâmetros obtidos a partir dos dois métodos (BS 598 e CEN 12.697-22). Desta

forma, ofrece una herramienta para comparar los resultados e, eventualmente, permitir que futuras definan una especificación y análisis de parámetros.

INTRODUCCION

El ahuecamiento es una deformación permanente de la mezcla asfáltica en la huella de circulación de los vehículos. La acumulación de deformaciones trae aparejada una falta de seguridad y confort de los usuarios que transitan el pavimento y son uno de los tipos de falla que se presentan en los pavimentos asfálticos cuando son expuestos ya sea por separado o en forma combinada a altas temperaturas, tránsito pesado y bajas velocidades de carga.

Las deformaciones permanentes en las capas de mezcla asfáltica son ocasionadas por las cargas del tránsito. El tránsito da lugar a cargas cíclicas, en cada ciclo se realiza cierto trabajo para deformar la superficie del pavimento como una combinación de densificación y deformación por corte. La densificación implica una disminución de volumen del material mientras la deformación por corte involucra un flujo plástico del material con o sin cambios de volumen.

Uno de los ensayos para el estudio y caracterización de las deformaciones permanentes en laboratorio es el ensayo de rueda cargada, Wheel Tracking Test (WTT) en inglés, y es uno de los más difundidos a nivel mundial. La configuración del ensayo consta básicamente de una rueda, rígida o neumática en algunos casos, la cual aplica una carga sobre la mezcla asfáltica a la vez que circula sobre ésta. Existen diferentes equipos que tienen configuraciones similares pero con variaciones de uno a otro. Dentro de los más conocidos se encuentran los equipos británico (BS 596 parte 110 1996), el español (NLT 173), el francés y el Asphalt Pavement Analyzer (APA) en Estados Unidos. Actualmente los tres equipos europeos están contemplados dentro de la norma CEN 12697-22 (2006).

Se han realizados diversos estudios comparativos entre los equipos de WTT a nivel internacional como en Argentina. En Europa Nikolaides y Manthos (2009) estudiaron comparativamente las metodologías BS 598 y CEN 12697-22 para observar la sensibilidad de cada metodología variando diferentes aspectos que afectan el ahuecamiento. García Travé y colaboradores (2012) compararon los resultados de las normativas NLT 173 y CEN 12697-22. Perraton et al. (2011) estudiaron comparativamente los resultados de los equipos de WTT “large size device” y “small size device” de la norma CEN 12697-22 para tener una mejor caracterización del ahuecamiento bajo la nueva normativa en un interlaboratorio de la comunidad europea.

En Argentina Angelone et al. (2008) estudiaron comparativamente las metodologías de las normas BS 598-110 y CEN 12697-22 observando principalmente la influencia de la temperatura de ensayo, el nivel de carga y la frecuencia de carga sobre los parámetros de ensayo de cada uno. Allí concluyen que las variaciones de menor significancia planteadas en las dimensiones de los diferentes equipos no sería un obstáculo para comparar resultados obtenidos mediante los diferentes dispositivos.

Por su parte Daguerre y Cubillas (2008) estudiaron comparativamente los resultados de WTT de acuerdo a la metodología small size device de la norma CEN 12697-22 variando la frecuencia de aplicación y el nivel de carga. Ellos concluyen que la metodología posee buena sensibilidad y permite evidenciar diferentes capacidades estructurales de las mezclas al ahuecamiento.

En trabajos anteriores se ha volcado la vasta experiencia y resultados obtenidos en el laboratorio LEMIT con el equipo de Wheel tracking bajo norma BS 598-110 (Agnusdei et al 2005, 2006, Morea 2010).

Con base en esta experiencia con el WTT (BS 598-110) se han propuestos límites del parámetro de ensayo Velocidad de deformación (Vd) que sirven de guía en el diseño de las mezclas asfálticas en cuanto a la resistencia al ahuellamiento (Agnusdei et al 2007). Se ha encontrado que las mezclas que presentan una $Vd < 5,2 \mu\text{m}/\text{min}$ representan bajos niveles de ahuellamiento en caminos de Argentina.

Paralelamente se ha verificado este límite con estudios que toman en cuenta las propiedades reológicas de los ligantes como la Low Shear Viscosity (LSV) (Morea 2011). Allí se encontró que con valores de LSV del ligante en la mezcla a la temperatura de ensayo menor a 500 Pa.s se produjeron ahuellamientos excesivos en las mezclas estudiadas. Este límite de LSV se relacionó con un valor de Vd de aproximadamente $5 \mu\text{m}/\text{min}$ del ensayo de WTT (según BS 598-110). Más recientemente en Morea 2013, se estudiaron variaciones a la metodología BS 598-110 cambiando el nivel de carga y relacionando estos desempeños con la LSV obteniéndose que independientemente del nivel de carga involucrado el límite de Vd para el cual se producen ahuellamientos excesivos se mantiene en el mismo valor de $5 \mu\text{m}/\text{min}$.

Recientemente se ha dado a conocer el pliego de especificaciones técnicas para mezclas asfálticas de la Comisión Permanente del Asfalto (Pliego CPA 2005). En él se especifica la realización del ensayo de WTT como de carácter obligatorio, pudiendo hacer el mismo de acuerdo a la norma BS 598-110 ó CEN 12697-22. Sin embargo no existen parámetros de medición y menos aún límites para el mismo siendo el carácter de esta plantear la necesidad de su normalización a nivel nacional y recabar datos para ello.

Considerando la experiencia y los resultados obtenidos a partir de la metodología BS 598-110 y con la norma CEN 12697-22 y la necesidad de una futura especificación nacional en este trabajo se estudió el desempeño en WTT de diferentes tipos de mezclas de distintas características bajo ambas configuraciones de ensayo. Los ensayos se llevaron a diferentes temperaturas con el fin de ampliar los resultados a diferentes condiciones. Adicionalmente se produjeron variaciones en el porcentaje de vacíos de diseño de algunas de las mezclas a fin de estudiar si existe modificación y como en el desempeño. Se caracterizó el comportamiento observado en los diferentes casos de estudio y se relacionó los parámetros obtenidos del ensayo según la norma BS 598-110 y CEN 12697-22.

EXPERIMENTAL

Mezclas estudiadas

Para el estudio se utilizaron tres mezclas densas, un microaglomerado discontinuo y una stone mastic asphalt (SMA) diseñadas en el laboratorio. Para la elaboración de las mezclas se utilizaron diferentes proporciones de dos agregados gruesos (6-20 y 6-12 mm), dos arenas de trituración (0-6 y 0-3 mm), cal, filler y fibras de celulosa para la SMA. Adicionalmente se estudiaron nueve mezclas de diversos orígenes que se mezclaron y compactaron en laboratorio entre las que se encuentran seis mezclas de las denominadas tibias que responde a un mismo diseño granulométrico pero elaborado con distintos asfaltos tibios. En la Tabla 1 se vuelcan las principales características de las mezclas diseñadas en laboratorio (M1 a M5) y de las obtenidas de otro origen (M6 a M9).

Diferentes asfaltos comerciales de uso común en Argentina (dos asfaltos convencionales, CA-10 y CA-30, y dos modificados con polímero, un AM2 y dos AM3) fueron usados en las mezclas diseñadas en laboratorio.

La combinación de las distintas gradaciones y asfalto dio lugar a una variedad de mezclas que cubren un amplio rango de las utilizadas normalmente en el medio vial. Además las diferentes gradaciones permiten tener en cuenta características como distintos porcentajes óptimos de asfalto, densidades y porcentajes de vacíos diferentes permitiendo tener en cuenta la influencia de estas variables en el estudio.

Tabla 1. Principales características de las mezclas estudiadas

Mezcla	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9
Tipo	Densa Gruesa	Densa Gruesa	Densa Fina	Micro	SMA	Densa	Tibia	Densa	Densa
Asfalto	CA-10 CA-30	CA-10 CA-30	CA-10 CA-30	AM2 AM3	AM3	AM3	Tibio	CA-30	CA30
D _{Rice}	2,487	2,480	2,516	2,501	2,482	2,424	2,497	2,518	2,500
D _{diseño}	2,437	2,380	2,41	2,380	2,4	2,318	2,422	2,468	2,473
% V	2,0	4,1	4,2	4,9	3,3	4,3	3,0	2,0	1,1
% Asfalto	5,0	5,0	4,5	5,3	6,0	5,4	5,0	4,5	5,0

Programa de ensayos

Para cada mezcla se moldearon probetas (300x300x50 mm) para los ensayos de desempeño. Las mismas se compactaron por medio de un equipo compactador de rodillo (de acuerdo a la norma EN 12697-33) a densidad prefijada, las cuales fueron controladas previo a ser ensayadas.

Se moldearon varias probetas de las mezclas diseñadas en laboratorio (M1a M5) para evaluar el desempeño a diferentes temperaturas cubriendo un rango de temperaturas de 50 a 70 °C en donde el ahuellamiento se manifiesta. Dependiendo de la mezcla y el asfalto utilizado se evaluó el desempeño para 50, 60 y 70 °C, a 50 y 60 °C ó 60 y 70 °C.

Adicionalmente de las mezclas M2 con CA10, M2 con CA30 y M4 con AM3 se compactaron probetas con mayores y menores porcentajes de vacíos de los de diseño a fin de evaluar el comportamiento en estos casos. Los ensayos de desempeño se realizaron a 60 °C.

Las mezclas M6 a M7 (proveniente de distintos orígenes) se mezclaron y compactaron en el laboratorio para evaluación del desempeño a 60 °C.

Las diferentes variables (diferentes mezclas, temperaturas y variaciones volumétricas) dieron como resultado un total de 31 variantes cuyo desempeño fue evaluado en el WTT de acuerdo a las normas BS 598-110 y CEN 12697-22.

Métodos de ensayo

Wheel Tracking test (WTT)

El WTT se utilizó para caracterizar el desempeño frente a las deformaciones permanentes de las mezclas asfálticas en condiciones controladas de laboratorio. Él mismo cuenta con una cámara termostatzada que permite variar la temperatura y mantenerla estable durante la realización del ensayo. El equipo permite ser configurado de manera de realizar los ensayos de acuerdo con las

normativas BS 598-110 y CEN 12697-22. Ambas configuraciones de ensayo presentan características en común. La rueda de ensayo, de goma maciza de 207 mm de diámetro y 47 mm de ancho, se desplaza sobre una muestra de concreto asfáltica con movimiento alternativo dentro de un recorrido de 230 mm. En lo que respecta a la carga aplicada, tiempo de ensayo, frecuencia de aplicación de la carga y parámetros calculados los mismos se vuelcan a manera de resumen en la Tabla 2.

La temperatura del ensayo responde las temperaturas altas del pavimento. Anteriormente se especificaba esta temperatura en 60 °C. Actualmente en Europa la EN13108-20 contempla que cada país puede elegir entre diferentes temperaturas de ensayo dependiendo de las condiciones climáticas (de altas temperaturas) de la zona de ubicación del pavimento.

Durante el ensayo se miden las deformaciones permanentes producidas en la mezcla asfáltica en intervalos de 1 min por medio de adquisición electrónica a través de un LVDT. Cada dato de deformación permanente es resultado de un promedio de 25 mediciones realizadas en la huella de circulación en los 100 mm centrales de la probeta. La norma BS 598 especifica la toma de un único valor central, sin embargo a fines de obtener una medida más confiable de la deformación se optó por el promedio de 25 mediciones de la norma CEN 12697-22.

Tabla 2: Principales características de las metodologías de ensayo de WTT utilizadas

	BS 598-110	CEN 12697-22
Carga aplicada	520 N	700 N
Tiempo de ensayo	2 horas	6,5 horas
Frecuencia de carga	21 ciclos/min	26,5 ciclos/min
Parámetros calculados	<p>- Velocidad de deformación</p> $Vd \quad \frac{D_{120} - D_{105}}{15 \text{ min}} \left[\frac{\mu m}{\text{min}} \right]$ <p>D_{120} y D_{105}: deformaciones para 120 y 105 minutos.</p>	<p>- Wheel Tracking Slope</p> $WTS \quad \frac{D_{10000} - D_{5000}}{5} \left[\frac{mm}{10^3 \text{ ciclos}} \right]$ <p>D_{10000} y D_{5000}: deformaciones para 10000 y 5000 ciclos de carga.</p> <p>- Proportional Ruth Depth</p> $PRD \quad \frac{D_{10000}}{\text{Espesor}} [\%]$

A partir de las mediciones de deformaciones en la mezcla se gráfica la curva de deformaciones permanentes (ε_p) en función del número de pasadas en escala doble logarítmica. Los datos se ajustaron al modelo potencial que indica la Ecuación 1. Independientemente de la normativa de ensayo utilizada, los datos relativos a los primeros 10 minutos de ensayo no fueron tenidos en cuenta para el ajuste debido que el mismo se ve muy influenciado por las primeras deformaciones como se planteara en un trabajo anterior (Morea 2012). En esta primera parte se produce un acomodamiento del material con cambios de volumen que no responden a la resistencia al corte de la mezcla que es lo que se busca estudiar en este trabajo. Este acomodamiento inicial de la mezcla depende y mucho de las condiciones de ensayo (temperatura, frecuencia y carga aplicada).

$$\varepsilon_p = a.N^b \quad (1)$$

Donde ε_p son las deformaciones permanentes; N es el número de pasadas; a y b las constantes de ajuste al modelo.

Es importante destacar que tanto la Vd como la WTS definen la tasa de crecimiento de la profundidad de huella a lo largo del tiempo. Estos parámetros se relacionan con la resistencia al ahuellamiento en mezcla y debieran ser comparables entre sí.

En Europa se toma la PRD como parámetro de medición del ensayo en la CEN 12697-22. Sin embargo este parámetro se ve afectado por las deformaciones de la mezcla al inicio del ensayo y resulta un análisis análogo al descrito anteriormente en el ajuste de datos. Además la PRD es un solo valor al final del ensayo. Por el contrario tanto la Vd como la WTS se calculan en base a un periodo de tiempo que no involucren este periodo inicial y representan el comportamiento resistente al corte de la mezcla. En consecuencia son mejores parámetros de la caracterización de la resistencia al ahuellamiento.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El ensayo de Wheel Tracking Test (WTT) tiene por objetivo evaluar el comportamiento frente a las deformaciones permanentes a lo largo del tiempo independientemente de la metodología empleada (BS 598-110 o CEN 12697-22). Las diferentes configuraciones (carga, tiempo de ensayo y parámetros de cálculo) manifiestan un mismo comportamiento de maneras diferentes. Es por ello que resulta necesario un análisis comparativo de los resultados para unificar los criterios o poder cotejar los resultados a fines de generar una futura especificación Argentina de WTT y que además sirva de punto de comparación para investigaciones a nivel internacional.

Las distintas mezclas en estudio fueron ensayadas en el WTT bajo las dos normativas de ensayo. En la Figura 1 se muestran los resultados de deformaciones permanentes obtenidos en una de las mezclas estudiadas (M2) en un gráfico escala doble logarítmica para las dos normativas. Allí se observa que la respuesta al ahuellamiento de la mezcla es similar independientemente de la metodología de ensayo. Las pendientes de deformación son similares.

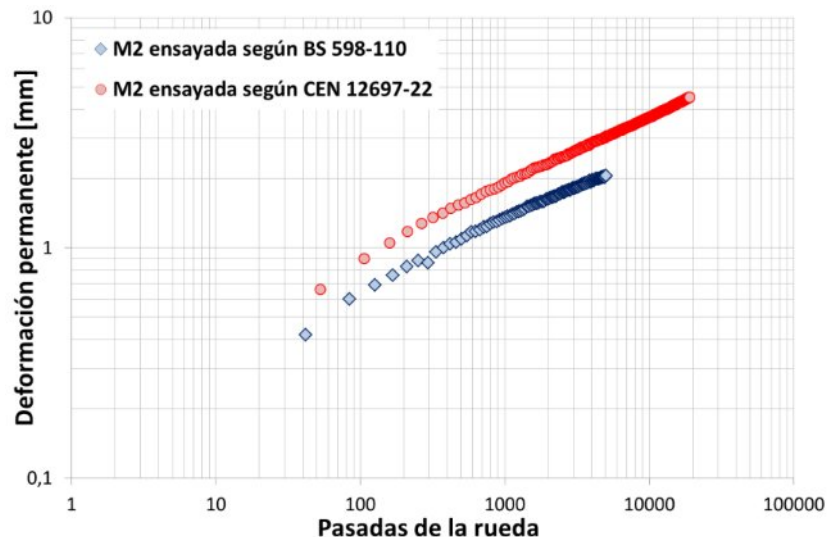


Figura 1. Deformaciones permanentes obtenidas en el ensayo de WTT para la mezcla M2 aplicando las normas BS 598 110 y CEN 12697 22

En las distintas mezclas estudiadas y diferentes variantes (temperatura y porcentaje de vacíos) se observó, al igual que para la mezcla M2 de la Figura 1, que las pendientes de deformación para ambas metodologías eran similares hacia la parte final del ensayo respectivo. Un análisis de los resultados obtenidos del parámetro b del modelo de ajuste utilizado para los datos obtenidos de las metodologías BS 598-110 y CEN 12697-22 se muestran en la Figura 2. El parámetro b representa la pendiente de deformación. Se observa allí como los valores de b para una misma mezcla ensayada en las mismas condiciones son similares independientemente del tipo de ensayo (BS 5989 110 o CEN 1269 22).

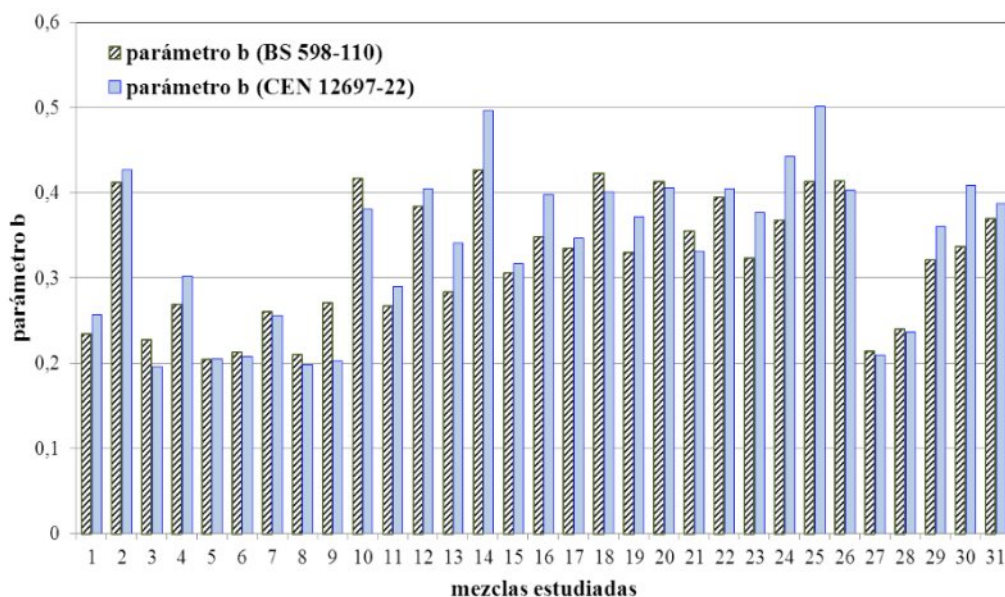


Figura 2. Comparación del parámetro b del ajuste de datos de ensayo en las diferentes mezclas

Es importante mencionar que efectuar el ajuste de los datos no implica mayores complicaciones y se obtiene una mejor interpretación del comportamiento de las mezclas minimizando los errores de adquisición de las deformaciones. Además, es necesario acotar el ajuste eliminando los datos de deformación de la primera parte que no hacen a la resistencia al corte de la mezcla como se viera en un trabajo anterior (Morea 2012 y afectan el ajuste del modelo dando la falsa impresión como en este trabajo que ambas metodologías brindan resultados diferentes en algunos casos.

La finalidad del WTT es definir la resistencia al ahuellamiento y el objetivo aquí planteado es comparar ambas metodologías de ensayo. La pendiente de deformación del modelo de ajuste, b , es el parámetro que representa esta resistencia y es completamente análoga por definición a los parámetros de Velocidad de deformación (V_d) y Wheel Tracking Slope (WTS) de las normas en estudio. En función de lo mostrado anteriormente se comprueba que el comportamiento de la mezcla es caracterizado de la misma forma indistintamente de las configuraciones de ensayo. Sin embargo los datos obtenidos bajo cada normativa son interpretados con distintos parámetros, la V_d y la WTS. Además se han determinado valores límites relacionados con estos parámetros como es el caso de la V_d . En consecuencia resulta necesario relacionar estos parámetros entre sí para permitir una interpretación del comportamiento de la mezcla. Considerando lo mencionado se ha calculado en los diferentes ensayos de Wheel tracking con la BS 598-110 y CEN 12697-22

los parámetros Vd o WTS cuando corresponda. En la Figura 3 se correlacionan dichos valores para las diferentes mezclas estudiadas. Se observa, como se esperaba, una buena relación entre estos parámetros que son análogos y caracterizan el mismo comportamiento.

En trabajos del LEMIT (Agnusdei et al 2007, Morea 2010 y 2012) se ha encontrado que una Vd de aproximadamente 5 $\mu\text{m}/\text{min}$ es un límite en el comportamiento al ahuellamiento en mezclas. A partir de la correlación de la Figura 3 una WTS de 0,13 $\text{mm}/10^3\text{ciclos}$ es equivalente a la Vd de 5 $\mu\text{m}/\text{min}$. Estos dos valores representan el mismo límite y las mismas características cada uno en su respectiva metodología de ensayo.

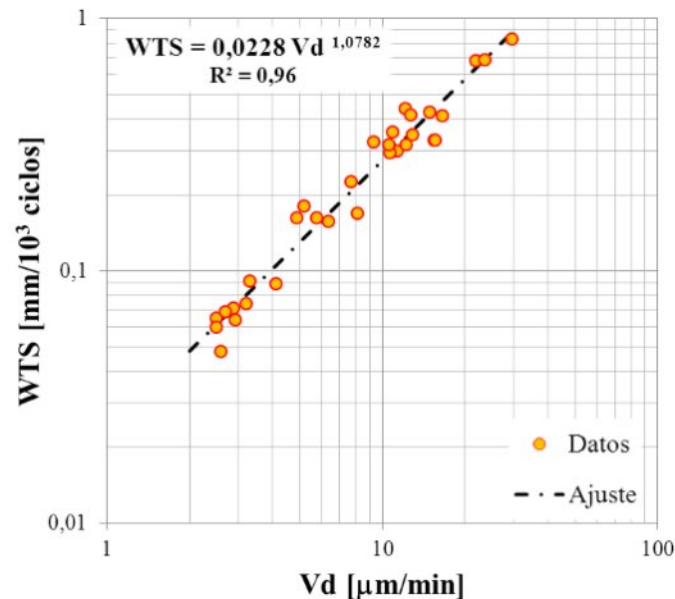


Figura 3. Relación entre la Vd (BS 598-110) y la WTS (CEN 12697-22)

La especificación europea referente al Wheel Tracking tiene como límite una WTS de 0,07 o 0,10 $\text{mm}/10^3\text{ciclos}$ dependiendo del tipo de tránsito y el clima. El límite de WTS encontrado aquí es menos riguroso. Algo similar se plantea en García Travé et al. (2012) donde el límite de WTS impuesto en las especificaciones actuales en Europa es más riguroso comparado al de la antigua normativa española NLT 173. Ellos encontraron que una WTS de 0,19 $\text{mm}/10^3\text{ciclos}$ es equivalente a los 12 $\mu\text{m}/\text{min}$ de Vd de la norma española.

Análisis de mezclas de laboratorio con variaciones en el porcentaje de vacíos.

Dentro del programa de ensayo se elaboraron para las mezclas diseñadas en laboratorio M2 con CA10, M2 con CA30 y M4 con AM3 probetas con mayores y menores porcentajes de vacíos de los de diseño. Las mismas fueron sometidas a ensayos de WTT a 60 °C de acuerdo a las normas BS 598 110 y CEN 12697 22 a fin de evaluar el comportamiento en estos casos. La mezcla M2 (con CA10 o CA30) tiene por diseño un 4,1% de vacíos. Se elaboraron probetas con el Roller compactador para obtener probetas con 2 y 4% de vacíos. En el caso de la M4, este microaglomerado tiene por diseño un 4,9% de vacíos. Se elaboraron probetas con 2 y 6,3% de vacíos.

En la Figura 4 se volcaron de manera comparativa los resultados de estas mezclas en el ensayo de WTT para la norma BS 598 110 (Figura 4a) y CEN 12697 22 (Figura 4b). Como era de esperarse a mayor porcentaje de vacíos mayores deformaciones permanentes debido al acomodamiento

inicial de la mezcla. Sin embargo, se observa en la Figura 4a que aparentemente no existen marcadas diferencias en las pendientes de deformación entre una misma mezcla con diferentes porcentajes de vacíos. Algo similar se observa en la Figura 4b para las mezclas M2-CA30 y M4-AM3 pero la M2-CA10 con 6% de vacíos presenta un comportamiento disímil al de menores porcentajes de la misma mezcla hacia el final del ensayo. Esto puede deberse al inicio de lo que se denomina tercer flujo de la mezcla. Por lo tanto podría ser que el ensayo de WTT según CEN 12697-22 sea más sensible a la hora de poder diferenciar este tipo de comportamientos debiendo profundizarse el estudio en este aspecto.

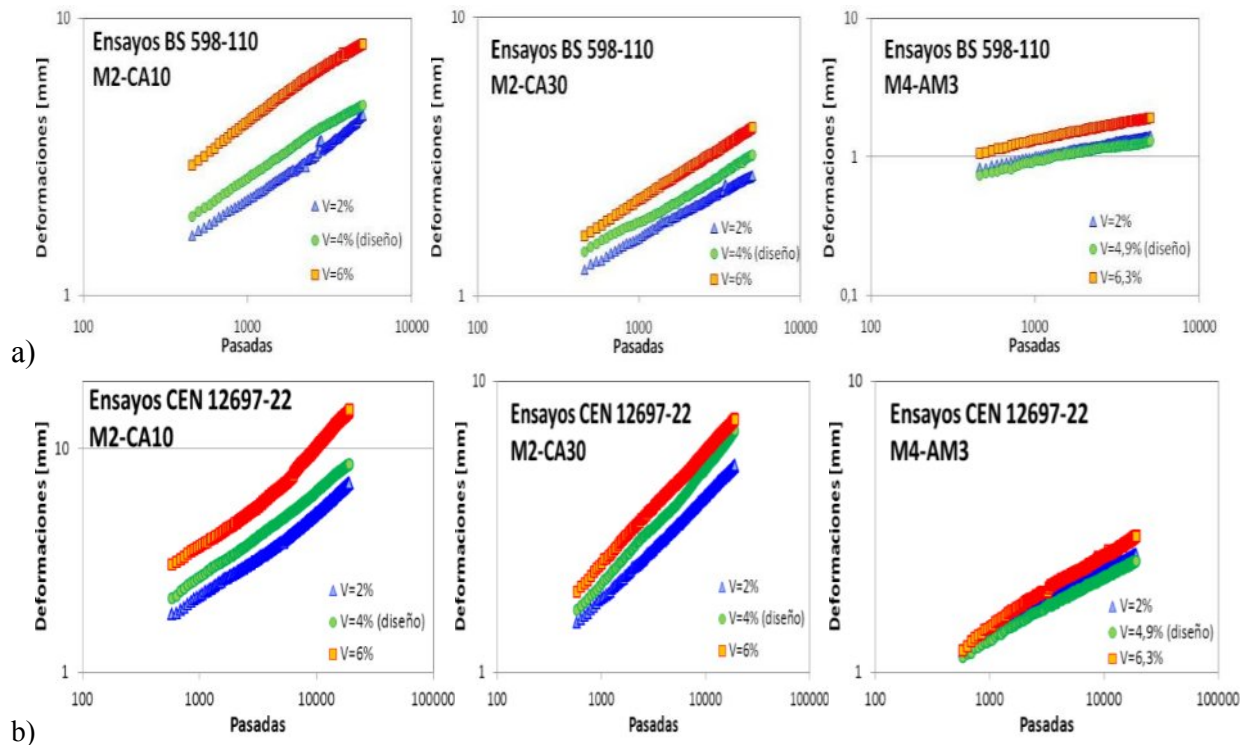


Figura 4. Ensayos de WTT en mezclas con diferentes % de Vacíos- a) BS 598-110; b) CEN 12697-22

CONCLUSIONES

En este trabajo se estudió comparativamente las metodologías de Wheel Tracking Test (WTT) según las normas BS 598-110 y CEN 12697-22. Con ese objetivo se evaluó el desempeño de varias mezclas en diferentes condiciones a través del WTT con estas dos metodologías. Las principales conclusiones se vuelcan a continuación.

Se encontró que el comportamiento resistente al ahueamiento de las mezclas estudiadas es caracterizado de manera similar por ambas metodologías (BS 598-110 y CE 12697-22) cuando se analiza la pendiente de deformación en el tiempo de los ensayos resultantes.

Una mejor caracterización de los resultados se obtiene realizando el ajuste de los datos medidos de deformaciones. En cuanto a los ensayos de WTT el modelo potencial ajusta eficientemente los datos.

El ajuste de los datos al modelo potencial se ve influenciado de manera importante por las primeras deformaciones que se asocian a un acomodamiento de la mezcla y no la resistencia al corte de la misma que es lo que se buscaba representar.

Se correlacionaron los resultados de los parámetros de ensayo Velocidad de deformación (Vd) de la norma BS 598-110 y Wheel Tracking Slope (WTS) de la norma CEN 12697-22. Esta correlación permite comparar los resultados de las diferentes metodologías y sirve de herramienta para futuros estudios que se refieran a la obtención de la norma nacional Argentina de WTT así como parámetro de comparación para investigaciones internacionales.

REFERENCIAS

- Agnusdei, J. Iosco, O. Jair, M. Morea F. (2007). Correlación entre medidas de Ahuellamineto in situ y ensayos de laboratorio 2ª parte. XIV Congreso Ibero Americano del Asfalto.
- Agnusdei, J. Iosco, O. Jair, M. Morea F. (2006). Correlación entre medidas de Ahuellamineto in situ y ensayos de laboratorio. XXXIV Reunión del Asfalto, Comisión Permanente del Asfalto.
- Agnusdei, J., Iosco, O., Jair, M. y Morea, F. (2005). Correlación entre Ensayos que Miden Deformaciones Permanentes. XIV Congreso Argentino de Vialidad y Tránsito ISBN N° 987-98988-1-8, Trabajo 031.
- Angelone S., Martínez F., Cauhape Casaux M., Andreoni R. (2008). Influencia de los factores de carga y de servicio en el ensayo de rueda cargada. XXXV Reunión del Asfalto. Comisión Permanente del Asfalto.
- Daguerre L., Cubillas J. (2008). Influencia de la carga y su tiempo de aplicación en concretos asfálticos, medido a través del ensayo de pista. XXXV Reunión del Asfalto. Comisión Permanente del Asfalto.
- García-Travé G., Martínez-Echevarría M. J., Rubio Gámez M (2012). Bituminous mix response to plastic deformations: comparison of the spanish nlt-173 and une-en 12697-22 wheel-tracking tests. Revista Dyna 174: 51-57. ISSN 0012-7353.
- Morea F. (2010) Predicción del desempeño de mezclas asfálticas frente a las deformaciones permanentes conociendo la Low Shear Viscosity del asfalto. XXXVI Reunión del Asfalto, Comisión Permanente del Asfalto.
- Morea F. (2011) Deformaciones permanentes en mezclas asfálticas. Efecto de la reología de los asfaltos, la temperatura y los niveles de carga. Tesis Doctoral Facultad de Ingeniería UNLP.
- Morea F. (2012) Análisis comparativo de ensayos de rueda cargada en mezclas asfálticas según las normas BS 598 part 110 y CEN 12697-22. XVI Congreso Argentino de Vialidad y Tránsito y XXXVII Reunión del asfalto.
- Morea F., Zerbino R., Agnusdei J. (2013). Improvements on asphalt mixtures rutting performance characterization by the use of Low Shear Viscosity. Revista Materials and Structure 46:267-276.
- Nikolaides A., Manthos E. (2009). The effect of volumetric properties of asphalt concrete mixture to wheel track rutting with respect to EN and BS rutting test method. Proc. 7th International RILEM symposium ATCBM09 on Advance testing and characterization of bituminous materials. Vol II: 1019-1028.

Perraton D., Di Benedetto H., Sauzéat C., De La Roche C., Bankowski W., Parlt M., Grefell J. (2011). Rutting of bituminous mixtures: wheel tracking test campaign analysis. *Revista Materials and Structure* 44:969-986.

Pliego especificaciones técnicas particulares para mezclas asfálticas de la Comisión Permanente del Asfalto. 2005.