



PRE-XVII CONGRESO ARGENTINO  
**de Vialidad y Tránsito**  
8º EXPOVIAL ARGENTINA



**3 AL 6 DE NOVIEMBRE 2014**

**HOTEL PANAMERICANO - Buenos Aires, Argentina**

# *Métodos de Ensayo para predecir el Ahuellamiento a escala de laboratorio*



*Lisandro Daguerre*

*UIDIC - La.P.I.V.  
Fac. Ing. Univ. Nac. La Plata*

X CONGRESO INTERNACIONAL ITS  
X SIMPOSIO DEL ASFALTO



X Congreso  
Internacional ITS



X SIMPOSIO  
DEL ASFALTO



II SEMINARIO INTERNACIONAL DE PAVIMENTOS DE HORMIGÓN

[www.congresodevialidad.org.ar](http://www.congresodevialidad.org.ar)

## Contenido de la presentación

a.- Equipos de Investigación

b.- Equipos tipo respuesta (Rueda Cargada):

b1.- Equipos Internacionales

b2.- Equipos en la Argentina

*Métodos de Ensayo para predecir el  
Ahuellamiento a escala de laboratorio*

Varias escalas de análisis  
del...

MICRO



MACRO



ESCALA  
NATURAL



# Mecanismos Responsables

- **INCREMENTO DEL TRANSITO PESADO**
- **MAYORES PRESIONES DE CONTACTO, CUBIERTAS RADIALES**
- **MAYORES CARGAS POR EJE**
- **DISEÑO DE MEZCLA INADECUADO (gradación, materiales, ligante)**

# METODOS DE ENSAYO

## *Investigación*

- Uniaxial y Triaxial Creep, con carga inconfiada en probetas cilíndricas, carga axial repetida o cíclica.



- TRIAXIAL con carga Repetida o dinámica (módulo Dinámico )-
- Ensayo con carga DIAMETRAL en creep o carga repetida

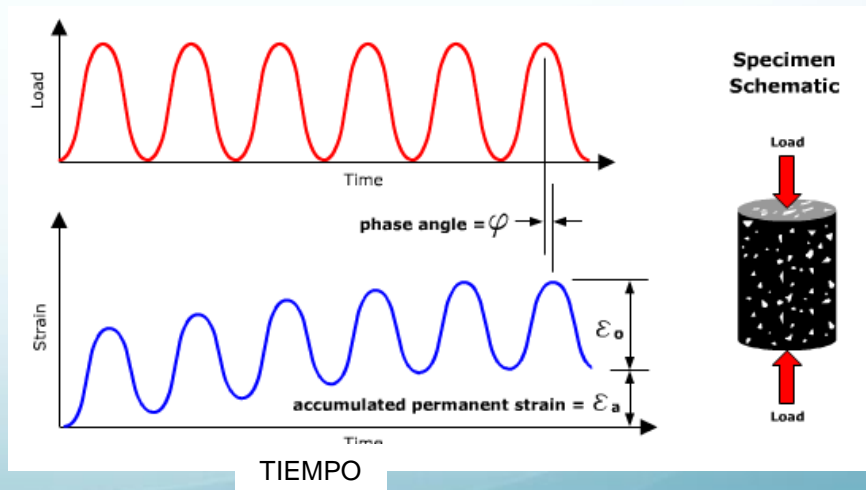
# Módulo Dinámico



El Proyecto NCHRP 9-19 / 465 estableció ensayos de comportamiento mecánico para caracterizar la mezcla fundamentalmente el **MÓDULO DINÁMICO**

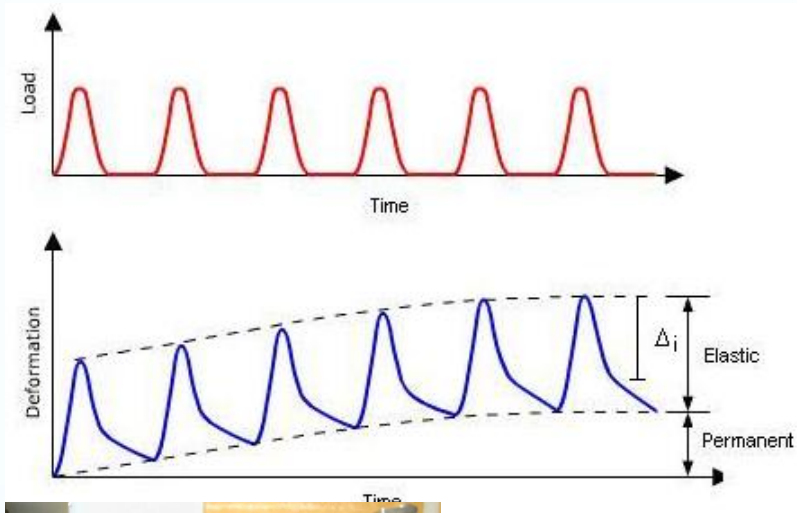
- Evalúa:
  - Fatiga (TICD)
  - Deformación Permanente

DEFORMACIÓN



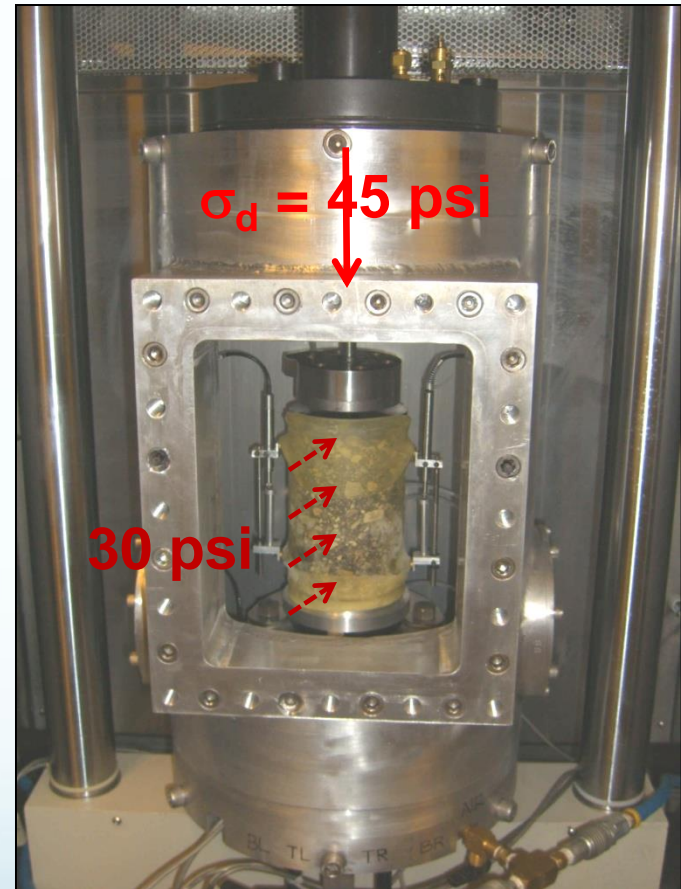
# Resistencia a la deformación Permanente

- Repeated Load triaxial test (RLT)



Antes

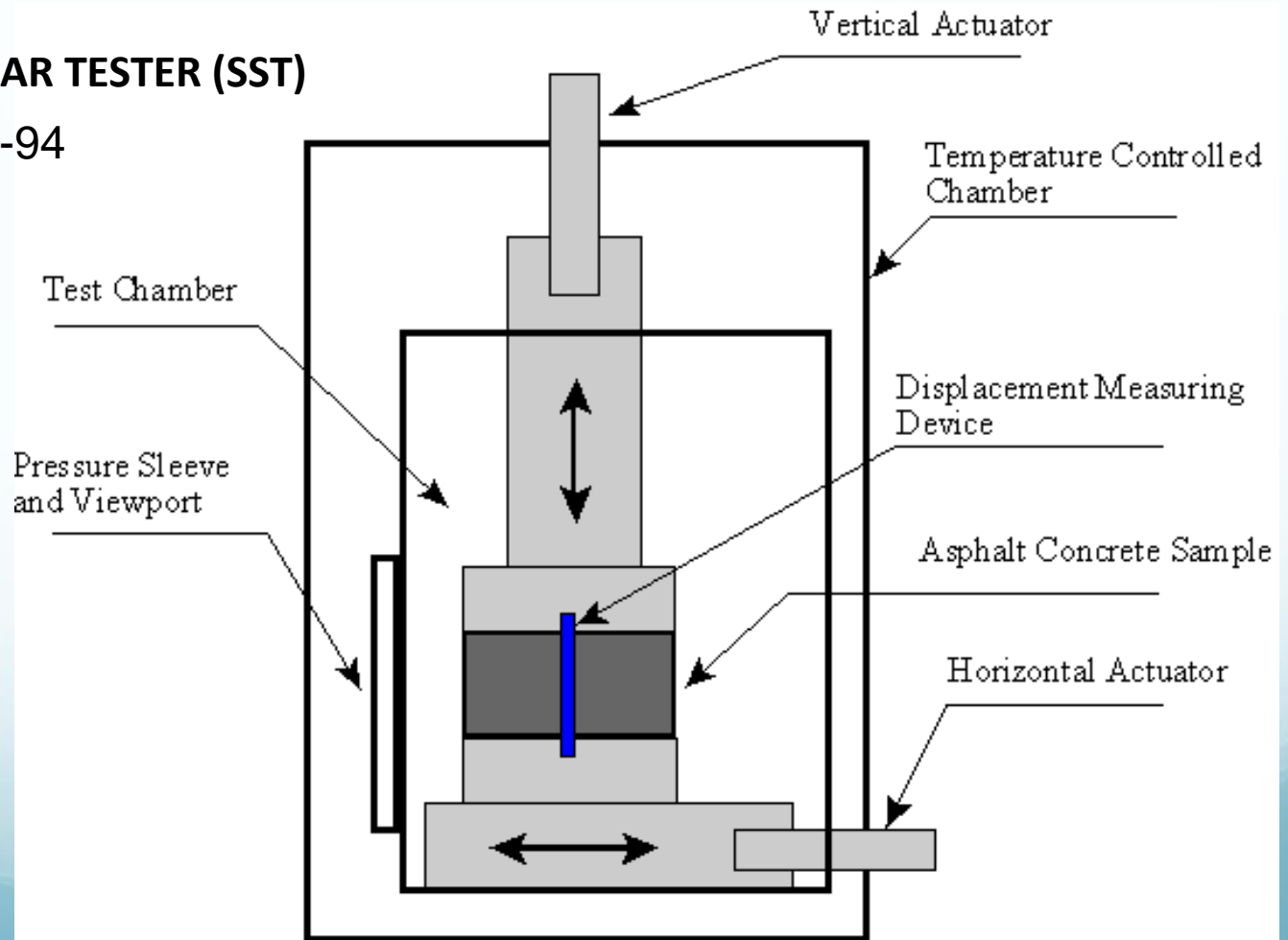
Después



- Ensayos de Corte , c/altura constante cargas dinámicas

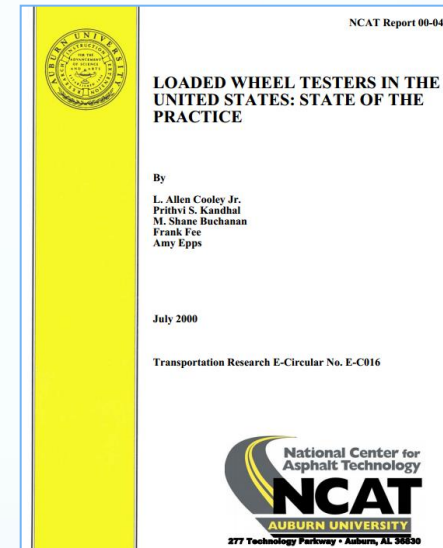
### SUPERPAVE SHEAR TESTER (SST)

AASHTO TP7-94





	MÉTODO DE ENSAYO	DIMENSIÓN DE LA PROBETA	VENTAJAS	DESVENTAJAS
ENSAYOS UNIAXIALES.	Uniaxial Estático (creep).	10 cm de diámetro x 20 cm de altura y otros.	<p>El ensayo es fácil de desempeñar.</p> <p>El equipo está generalmente disponible en muchos laboratorios.</p> <p>Muy extendido y conocido. Información muy técnica.</p>	<p>Predice el funcionamiento, siendo cuestionable.</p> <p>Restringe la temperatura de ensayo y los niveles de carga, no simula condiciones reales.</p> <p>No simula el fenómeno dinámico real.</p> <p>Dificultad para obtener relaciones 2:1 de las muestras en el laboratorio.</p>
	Uniaxial con Carga Repetida.	10 cm de diámetro x 20 cm de altura y otros.	Buenas simulaciones de las condiciones de carga dinámica	<p>El equipo es muy complejo</p> <p>Restringe los niveles de carga, no simula condiciones reales.</p> <p>Dificultad para obtener relaciones 2:1 de las muestras en el laboratorio.</p>
	Uniaxial con Módulo Dinámico.	10 cm de diámetro x 20 cm de altura y otros.	Ensayo no destructivo.	<p>Dificultad para obtener relaciones 2:1 de las muestras en el laboratorio.</p> <p>El equipo es muy complejo</p>
	Resistencia Uniaxial.	10 cm de diámetro x 20 cm de altura y otros.	<p>Tiempo de ensayo mínimo</p> <p>El ensayo es fácil de desempeñar.</p> <p>El equipo está generalmente disponible en muchos laboratorios.</p>	La capacidad para predecir la deformación permanente es cuestionable



## Reporte Técnico

RT-ID-06/02



### Deformación Permanente de Mezclas Asfálticas

Mter Ing. Silvia Angelone, Mter Ing. Fernando Martínez,

Tco. Enrique Santamaría, Tco. Emiliano Gavilán

y alumna Marina Cauhapé Casaux,

Laboratorio Vial  
Instituto de Mecánica Aplicada y Estructuras  
Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura  
Carrera Investigador Científico  
Universidad Nacional de Rosario

	MÉTODO DE ENSAYO	DIMENSIÓN DE LA PROBETA	VENTAJAS	DESVENTAJAS
ENSAYOS TRIAXIALES.	Triaxial Estático (creep confinado).	10 cm de diámetro x 20 cm de altura y otros.	Las temperaturas de ensayo y los niveles de carga simulan mejor las condiciones in situ que en el ensayo no confinado. El ensayo y el equipo son relativamente simples.	Predice el funcionamiento, siendo cuestionable Restringe los niveles de carga, no simula condiciones reales. No simula el fenómeno dinámico real. Dificultad para obtener relaciones 2:1 de las probetas en el laboratorio.
	Triaxial con Carga Repetida.	10 cm de diámetro x 20 cm de altura y otros.	Las temperaturas de ensayo y los niveles de carga simulan mejor las condiciones in situ que el ensayo no confinado. Buenas simulaciones de las condiciones de carga dinámica	El equipo es muy complejo Restringe los niveles de carga, no simula condiciones reales. Dificultad para obtener relaciones 2:1 de las muestras en el laboratorio.
	Triaxial con Módulo Dinámico.	10 cm de diámetro x 20 cm de altura y otros.	Proporciona una entrada necesaria para el análisis estructural  Ensayo no destructivo.	La medición de deformaciones es complejo a bajas temperaturas Posiblemente menos problemas para estudiar la disposición de LVDT. El equipo es muy complejo y costoso. Requiere una cámara triaxial.
	Esfuerzo Triaxial.	10 cm de diámetro x 20 cm de altura y otros.	Tiempo de ensayo mínimo  El ensayo y el equipo son relativamente simple	Requiere una cámara triaxial. La capacidad para predecir la deformación permanente es cuestionable.

# Ensayos de Corte

## Ensayos Diametrales

MÉTODO DE ENSAYO	DIMENSIÓN DE LA PROBETA		MÉTODO DE ENSAYO	DIMENSIÓN DE LA PROBETA	VENTAJAS	DESVENTAJAS
SST Ensayo de Frecuencia de Barrido  Módulo de Corte Dinámico.	15 cm de diámetro x 5 cm de altura.	La apli de cort induci  AASH proced  El espe con la  La cur dibujar temper frecue  Ensayo	Diametral Estático (creep).	10 cm de diámetro x 7.5 cm. de altura	El ensayo es fácil de desempeñar.  El equipo está generalmente disponible en muchos laboratorios.  El espécimen es fácil de fabricar.	El estado de tensión es no uniforme y la fuerza depende de la forma del espécimen.  A alta temperatura de carga existen cambios en la forma del espécimen que afectan el estado de esfuerzos y las medidas significativas del ensayo.
SST Ensayo Repetido de Corte con altura constante.	15 cm de diámetro x 5 cm de altura.	La apli de cort induci  AASH proced  El espe con la	Diametral con Carga Repetida.	10 cm de diámetro x 7.5 cm. de altura	El ensayo es fácil de desempeñar.  El espécimen es fácil de fabricar.	Tal vez sea inapropiado para estimar la deformación permanente.  Se encontró que sobreestimaba el valor de la deformación permanente
SST Ensayo Repetido de Corte con altura constante.	15 cm de diámetro x 5 cm de altura.	La apli de cort induci  AASH proced  El espe con la	Diametral con Módulo Dinámico.	10 cm de diámetro x 7.5 cm. de altura	El espécimen es fácil de fabricar.  Ensayo no destructivo.	Para el ensayo dinámico el equipo es complejo.
Ensayo Triaxial de Esfuerzo de Corte.	15 cm de diámetro x 5 cm de altura.	Corto	Resistencia Diametral.	10 cm de diámetro x 7.5 cm. De altura	El ensayo es fácil de desempeñar.  El equipo está generalmente disponible en muchos laboratorios.  El espécimen es fácil de fabricar.	Tiempo de ensayo mínimo

# Dispositivos de Ensayos con “Rueda” a escala Macro en laboratorio

- *Georgia Loaded Wheel Tester (GLWT)*
- **Hamburgo** *Wheel Tracking Device (HWTD)* 1970 por Esso AG de Hamburgo, Alemania
- *Asphalt Pavement Analyzer (APA)*
- *French Wheel Tester (LCPC)*
- *One-Third Model Mobile Load Simulator (MMLS3)*
- *Purdue University Laboratory Wheel Tracking Device (Pur Wheel)* (1990)
- **Wheel Tracking Test** o *Ensayo de Pista*

MÉTODO DE ENSAYO	DIMENSIÓN DE LA PROBETA	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Analizador de Pavimentos Asfálticos (APA)	Cilíndrico 15cm. x 9cm ó 11.4 cm ó rectangular	<p>Modificado y mejorado del ensayo de Georgia (GLWT)</p> <p>Funcionamiento simple</p> <p>Usado extendidamente como ensayo LWT en EEUU</p> <p>Se dispone de criterios de límites de aceptación</p> <p>Simula la acción del tráfico y condiciones de temperatura.</p> <p>Pueden ser ensayadas de 3 a 6 probetas al mismo tiempo.</p> <p>Utiliza especímenes cilíndricos y/o rectangulares</p> <p>Usa compactador giratorio, SGC.</p>	Relativamente costoso
Wheel – Tracking de Hamburgo	26cm. x 32 cm. x 4cm	<p>Usada ampliamente en Alemania.</p> <p>Capaz de evaluar los daños producidos por la humedad.</p> <p>Se pueden ensayar dos probetas al mismo tiempo.</p>	Bajo potencial de aceptación por parte de los EEUU
Ensayo de Ahuellamiento Francés	50cm. x 18cm. x 1a 5 cm.	<p>Muy exitoso y usado en Francia.</p> <p>Pueden ensayarse dos muestras de mezcla asfáltica en caliente al mismo tiempo</p>	No fue extendido ni utilizado en los EEUU
PURWheel	29 cm. x 31 cm. x 3.3, 5, 7.6 cm	El espécimen puede ser traído de campo o preparado en el laboratorio.	Necesita un compactador lineal.
Modelo Móvil de Simulación de carga (MMLS3)	120cm x 24cm x espesor variable	El espécimen es construido a escala	<p>Se necesitan mayor volumen de materiales</p> <p>No es adecuado para usarlo rutinariamente</p> <p>La normativa para la fabricación de estos especímenes necesita ser desarrollado</p>

# ● *Georgia Loaded Wheel Tester (GLWT)*

Surge a mediados de 1980 por cooperación entre el Dpto Trans. de Georgia y el Inst de Tecnología.

Es inicialmente una modificación del empleado para el diseño de las lechadas o Slurrys y se lo emplea para efectuar ensayos de laboratorio y en obra como control de calidad



## Dimensiones

Probetas de 15 cm diam. y 7,5 cm altura o 12,5 cm ancho x 30cm largo y 7,5cm alto.

Carga de 445 N,

Rueda metálica,

apoya sobre una manguera con presión de aire de 690kPa (7 kg/cm<sup>2</sup>)

33ciclos/min

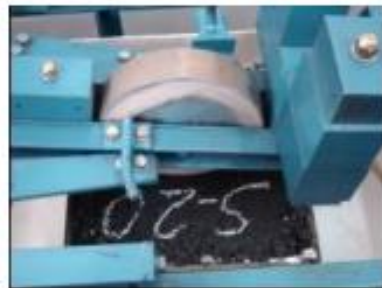
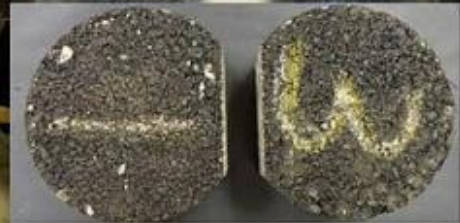
total 8000 ciclos.

# Dispositivos de Ensayos con "Rueda" a escala Macro en laboratorio

- *Georgia Loaded Wheel Tester (GLWT)*
- **Hamburgo** *Wheel Tracking Device (HWTD)* 1970 por Esso AG de Hamburgo, Alemania

# El HAMBURGO fue desarrollado en 1970s por Esso A.G of Helmut-Wind, Inc. en Hamburgo, Alemania

AASHTO T 324-04, Standard Method of test of Hamburg Wheel-Track Testing of Compacted Hot mix Asphalt (HMA)

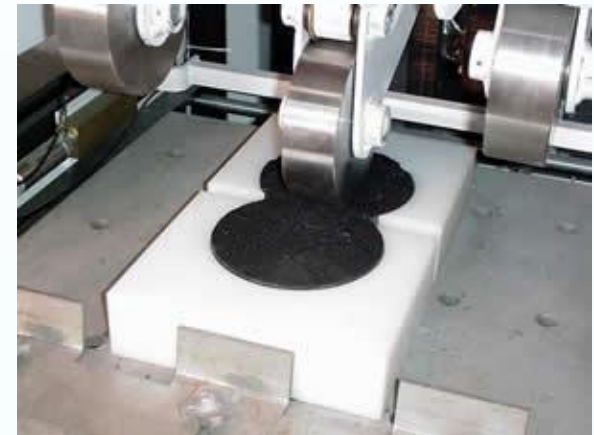
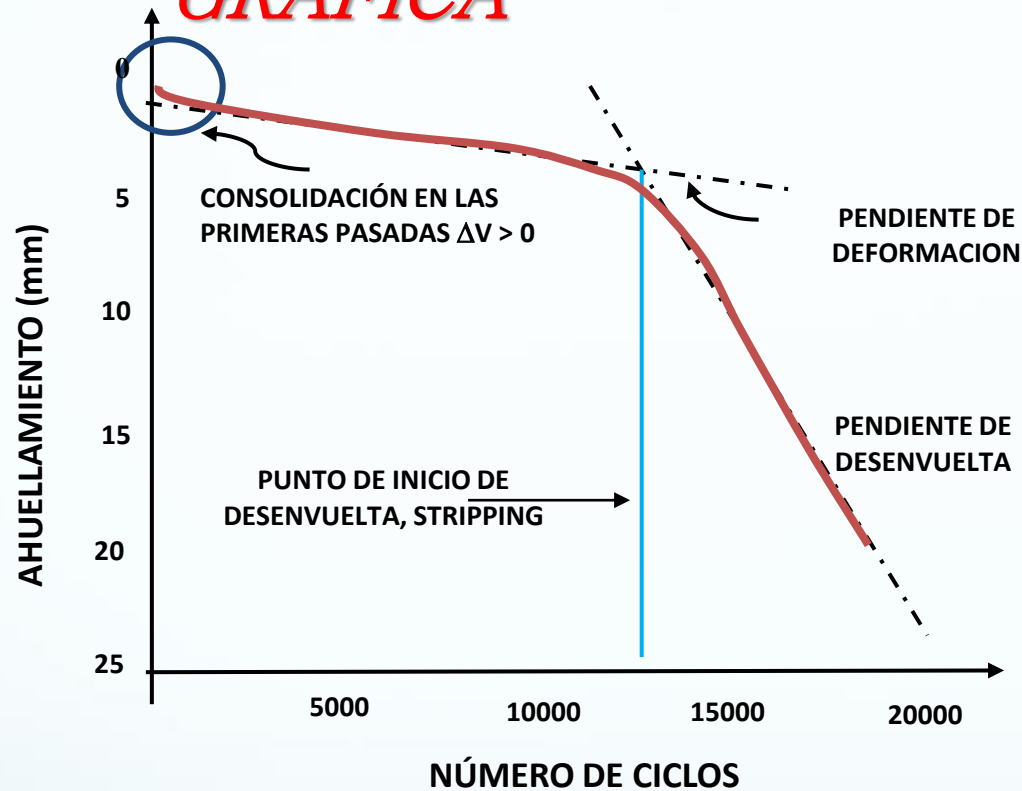


Hamburg Wheel Tracking Device (HWTD) o dispositivo de Rueda Cargada



# HAMBURGO SALIDA GRAFICA

Probetas de 26,0 cm ancho x 32cm largo y 4,0cm alto,  
Carga de 705 N, Rueda metálica (4,77cm)  
,53 ciclos/min, total 20000 ciclos



Se ha encontrado que el Hamburgo posee una excelente correlación con el comportamiento en campo, especialmente por el daño por humedad. En Argentina estos estudios han sido llevados a cabo por el Lemit (Agnusdei et), en USA (Aschenbrener, 1995<sup>[4]</sup>; Izzo and Tahmoressi, 1999<sup>[5]</sup>; Williams and Prowell, 1999<sup>[6]</sup>) differentiate between some mixtures (Zhou et al., 2003<sup>[7]</sup>).

# Especificaciones Hamburgo

Report No. K-TRAN: KSU-09-7 P2- FINAL REPORT- December 2012

## Review of Data in Construction Management System (CMS) and Quality Control and Quality Assurance (QC/QA) Databases to Improve Current Specifications for Superpave and Concrete Pavements in Kansas: Part 2

Kiran Kumar Uppu  
Mustaque Hossain, Ph.D., P.E.  
Lon Ingram, P.E.

Kansas State University Transportation

**Hamburg, Germany, specifies allowable rut depth of less than 4 mm at 20,000 passes.**

### 2.9.1.1 Past Research and Experience

Since the HWTD was introduced in United States, various entities have utilized it for evaluating moisture susceptibility of HMA mixtures. However, the test procedure and specification may vary slightly from one agency to another depending upon the mixture type. For

Colorado Department of Transportation (CDOT) uses the test temperature according to the site and specifies a rut depth of less than 10 mm after 20,000 passes (Izzo and Tahmoressi, 1999).

Colorado Department of Transportation (CDOT) uses the test temperature according to the site and specifies a rut depth of less than 10 mm after 20,000 passes (Izzo and Tahmoressi, 1999).

**Hamburg Wheel Tracking Device Test Criteria**

High-temperature Binder Grade	Number of Wheel Passes	Maximum Rut Depth in mm
-------------------------------	------------------------	-------------------------

The Texas Department of Transportation (TxDOT) follows the TEX-242-F procedure. Requirements for TEX-242-F are listed in Table 2-6.

**TABLE 2.6  
Hamburg Wheel Tracking Device Test Criteria**

High-temperature Binder Grade	Number of Wheel Passes	Maximum Rut Depth in mm
PG 64-22	10,000	12.5 mm(0.5 in)
PG 70-22	15,000	12.5 mm(0.5 in)
PG 76-22	20,000	12.5 mm(0.5 in)

(Zhou et al., 2005)

A cooperative transportation research project  
Kansas Department of Transportation,  
Kansas State University Transportation Center,  
The University of Kansas

# Dispositivos de Ensayos con “Rueda” a escala Macro en laboratorio

- *Georgia Loaded Wheel Tester (GLWT)*
- **Hamburgo** *Wheel Tracking Device (HWTD)* 1970 por Easo AG de Hamburgo, [Alemania](#)
- *Asphalt Pavement Analyzer (APA)*

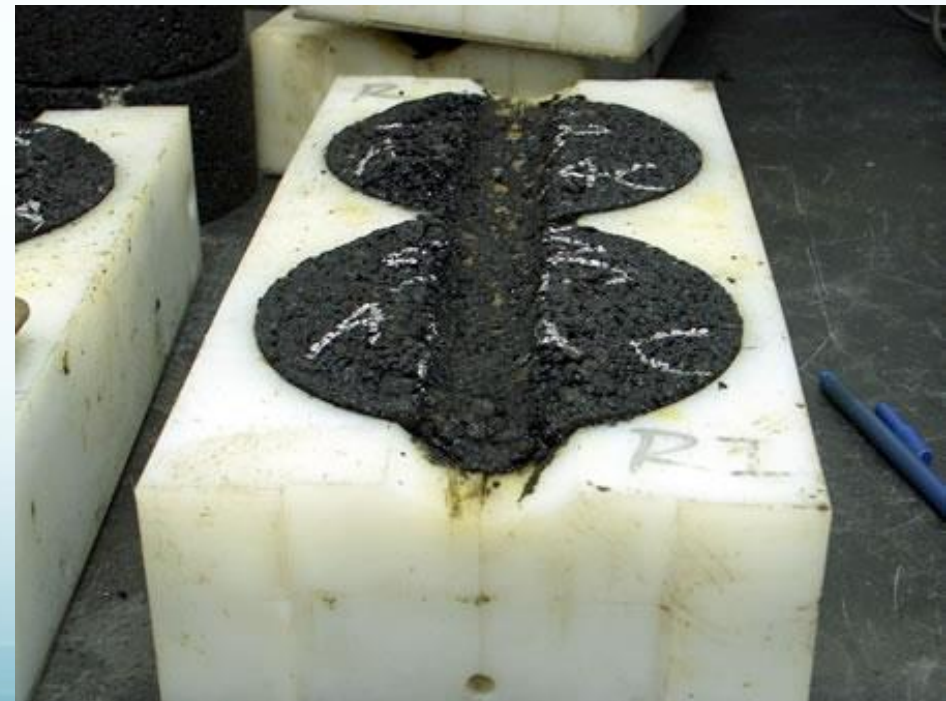
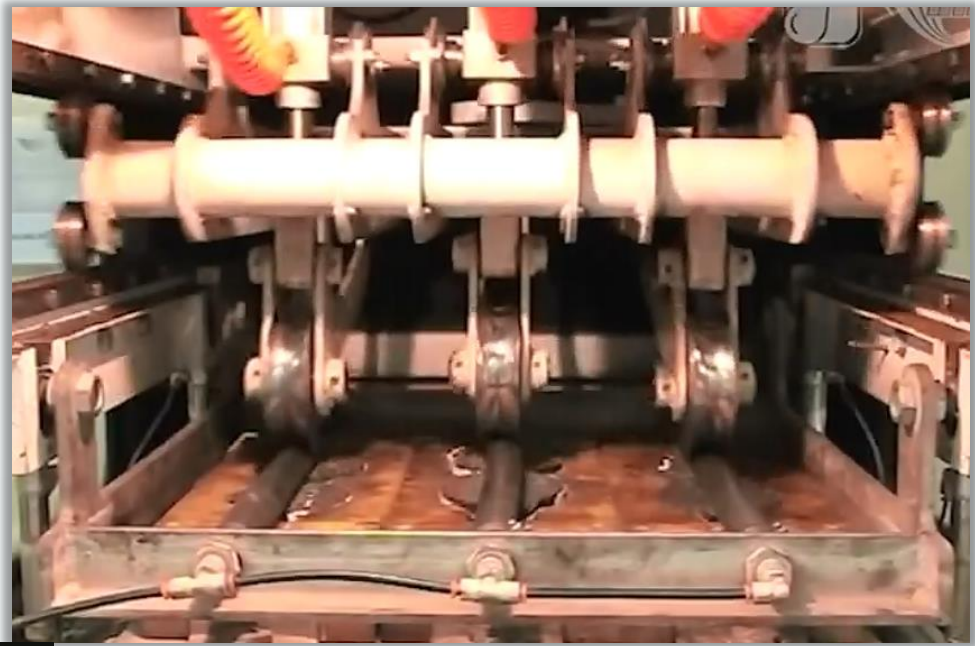
## AASHTO TP 63: Susceptibilidad al Ahuellamiento de las Mezclas Asfálticas empleando el Asphalt Pavement Analyzer (APA) –



Comparación y sensibilidad de la resistencia al ahuellamiento HMA (izq.) y (derecha) luego de 8,000 ciclos de carga en el APA.

<http://www.pavementinteractive.org/article/laboratory-wheel-tracking-devices/#sthash.B4yTLliz.dpuf>





The Asphalt Pavement Analyzer (APA) is a multifunctional Loaded Wheel Tester (LWT) used for evaluating permanent deformation (rutting), fatigue cracking and moisture susceptibility of both hot and cold asphalt mixes. Testing time for a complete permanent deformation evaluation is 2 hours and 15 minutes (8,000 cycles). The testing time for fatigue cracking evaluation is dependent upon the fatigue behavior of the mix being evaluated.

Permanent deformation (rutting) susceptibility of mixes is assessed by placing beam or cylindrical samples under repetitive wheel loads and measuring the amount of permanent deformation under the wheel path. The APA features an Automated Data Acquisition System, which obtains rutting measurements and displays these measurements in a numeric and graphical format. Five measurements can be taken during a single pass over a beam specimen and two measurements can be taken during a single pass over a cylindrical specimen.

The APA features controllable wheel load and contact pressure that are representative of actual field conditions. Each sample can be subjected to a different load level (up to 113 kg/250 lbs) resulting in Contact Pressures up to 200 psi (1378 kpa). Triplicate beam samples, or six cylindrical (gyratory, vibratory, marshall pills, roadway cores) samples in three specially designed sample molds can be tested under controllable temperature and in dry or submerged-in water environments. Fatigue cracking resistance of asphalt concrete can be determined by subjecting beam samples to a repeated wheel load of controllable magnitude and contact pressure in a low temperature environment. Triplicate beam samples can be tested under dry or submerged-in water environments.

# Evaluating Accelerated Rut Testers

by *Ph.D. Pedro Romero*

*Associate Chair*

*Director Undergraduate Advising*

*Civil and Environmental Engineering*

*The University of Utah*

Recently, the Federal Highway Administration (FHWA) tested several devices at the Turner-Fairbank Highway Research Center (TFHRC) in McLean, Va., to determine which device offers the most accurate prediction of pavement rutting resistance.

What made TFHRC the most suitable place for the evaluation of this technology? First, it has 12 test pavements that have been subjected to the same (controlled) testing conditions by an accelerated loading facility (ALF). ALF allows us to see more realistic performances of the mixtures and to compare them to what our laboratory testers predict. Second, TFHRC's Bituminous Mixtures Laboratory (BML) houses most of the commercially available rutting testers under the same roof. Having all equipment onsite is of great value.

As the first of its kind in North America, ALF has the capability of simulating 20 years of traffic loading in six months or less. ALF is a 29-meter-long structural frame containing a moving wheel assembly. The wheel assembly models one-half of a single axle and can apply loads ranging from 44.5 to 100.1 kilonewtons. It travels 18.5 kilometers per hour over a 9.8-meter test pavement section. To simulate highway traffic, ALF loads pavement in one direction, and the loads can be laterally distributed to simulate the side-to-side wander of trucks. ALF is computer-controlled, permitting operation 24 hours per day, seven days a week.

For a little more than three years, BML researchers prepared and tested specimens with the same material used in the 12 pavements tested by ALF. These specimens were tested in the French Pavement Rutting Tester; the Georgia Loaded-Wheel Tester; the Hamburg Wheel-Tracking Device; and the Superpave Shear Tester, a servo-hydraulic device. The lab results for each tester were then compared to the standard provided by the ALF testing results.

**SE COMPARÓ EL COMPORTAMIENTO DE DISTINTAS MEZCLAS EN TRAMOS EXPERIMENTALES REALIZANDO ENSAYOS CON el APA, Hamburgo, Frances, Superpave Shear Tester y el ALF-HSV (Heavy Simulator Vehicule)**

La comparación mostró que no hay dispositivos unos mejores que otros, la mayor parte de ellos separa claramente a las mezclas malas que poseen diferentes asfaltos.

For the most part, all devices were able to separate good from bad mixtures when these had been made with the same aggregate and different binders (ranging from a very soft PG 58 to a stiff PG 78). But, when mixtures with two different aggregate gradations (nominal maximum aggregate of 19 millimeters and 37.5 millimeters) were tested, no device was able to distinguish the mixtures that performed well from those that did not, even though ALF testing showed significant differences in pavement performance.

# Dispositivos de Ensayos con “Rueda” a escala Macro en laboratorio

- *Georgia Loaded Wheel Tester (GLWT)*
- **Hamburgo** *Wheel Tracking Device (HWTD)* 1970 por Esso AG de Hamburgo, [Alemania](#)
- *Asphalt Pavement Analyzer (APA)*
- *French Wheel Tester (LCPC)*



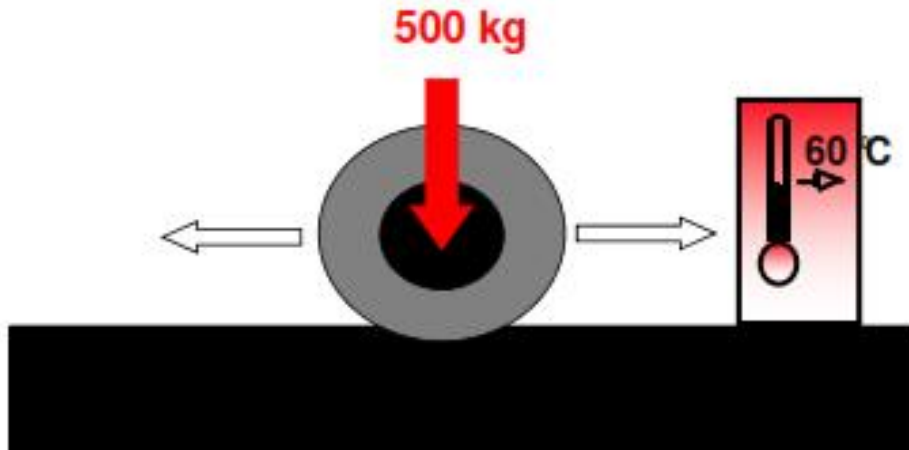
## French Rutting Tester (FRT)

La metodología de este aparato es similar a las ya descritas; una carga de 5000N es aplicada a una rueda neumática de 400 x 8 con una presión de inflado de 600kPa, a una velocidad de 194.44 cm/seg (67 ciclos/min).

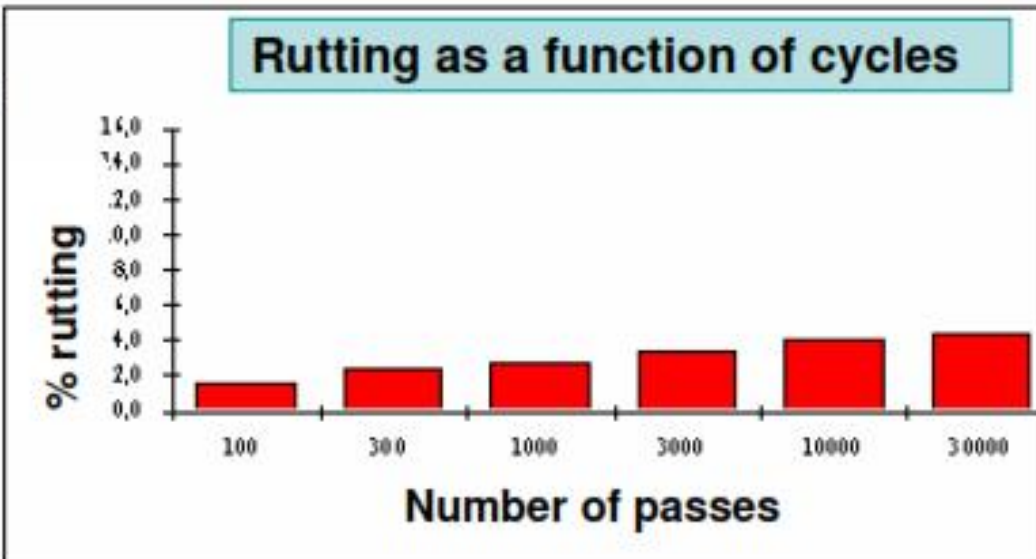
Las dimensiones de la probeta utilizada son de 50cm de longitud, 18cm de ancho y de 1 a 5 cm de espesor. Cabe destacar que esta máquina permite el ensayo de 2 probetas simultáneamente. Las mismas pueden corresponderse con la base o la superficie de rodadura, para lo cual varían las temperaturas de ensayo: 50°C y 60°C, respectivamente.

Finalizado el ensayo se calcula la deformación, definida como la media de 15 mediciones de profundidad de huella medidas en 5 hileras paralelas al largo y 3 distribuidas a lo largo del ancho la muestra. Se expresa como un porcentaje del espesor original de la muestra. (11, 19)

**Principle:**  
30000 cycles



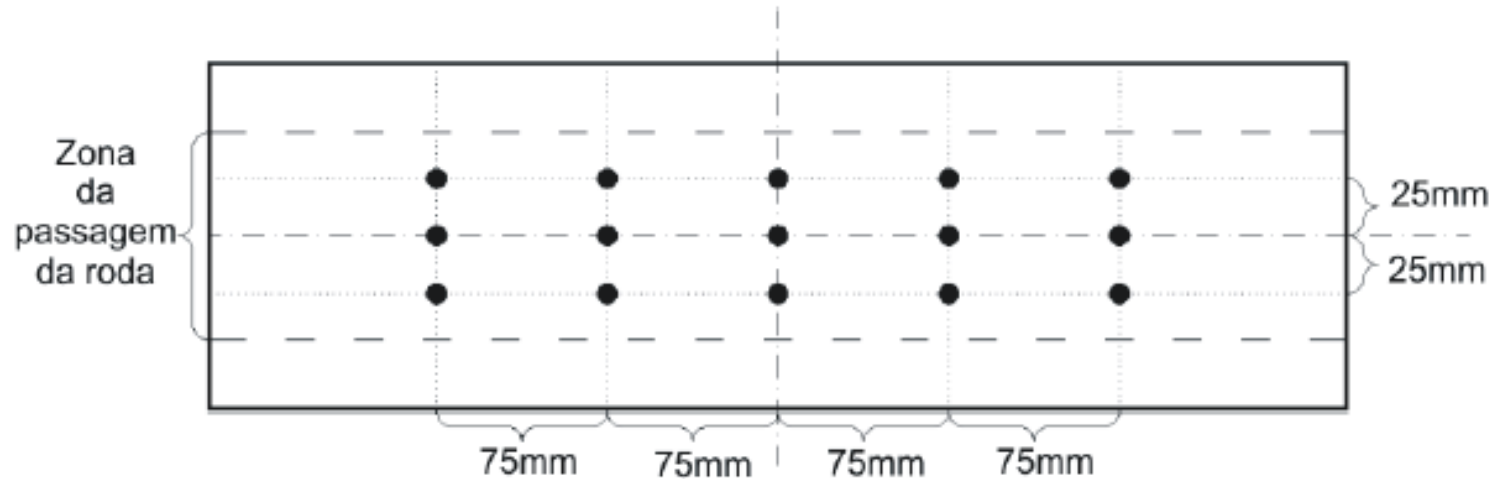
**Result:**



**Simulation of heavy  
truck load**

**Formulation of AC  
(EB) 10**

# Sitios de medición del ahuellamiento de las probetas



Esquema del posicionamiento de las mediciones en las placas sometidas a deformación permanente (MANAL LPC 2007)



# Dispositivos de Ensayos con “Rueda” a escala Macro en laboratorio

- *Georgia Loaded Wheel Tester (GLWT)*
- **Hamburgo** *Wheel Tracking Device (HWTD)* 1970 por Esso AG de Hamburgo, [Alemania](#)
- *Asphalt Pavement Analyzer (APA)*
- *French Wheel Tester (LCPC)*
- *One-Third Model Mobile Load Simulator (MMLS3)*
- *Purdue University Laboratory Wheel Tracking Device (Pur Wheel)* (1990)



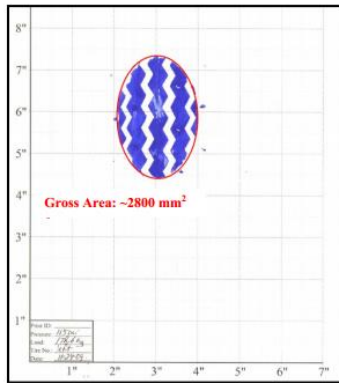
a) Contact Pressure Calibration Layout



b) Contact Area Print Process



c) Layout with Completed Print



d) Final Print with Ellipse Overlay



## PURWheel Laboratory Wheel Tracker



Mississippi Transportation Research Center

Mississippi State University



"An Industry, Agency &  
University Partnership"



# Operator's Manual

Mississippi State University

Isaac L. Howard  
Jesse D. Doyle  
Thomas D. White  
Joe Ivy

And

Innovative Broadcast Services

Olen Booth

CMRC M 10-2 Version 1  
September 2010

**Mide el ahuellamiento y la sensibilidad a la acción del agua  
Rueda con presión infl. 793kPa transmite 620kpa  
Dimensiones, 50\*18\*5cm) vacíos7%**

## Ensayos con "Rueda" características comparativas

	LCPC	Hamburgo	Georgia	GB (BS)	BS EN (CEN)	ESPAÑA (NLT)
Carga de la rueda (N)	5000	705	700	520	700	-
Presión sobre la probeta (kPa)	600	1.5	700	-	Variable	900
Frecuencia de carga (Ciclos por minuto)	60	53	45	21	26	21
Tipo de rueda	Rueda Neumática	Rueda de acero	Rueda de caucho	Rueda de caucho	Rueda de caucho y Neumática	Rueda de caucho
Medio del Ensayo	Aire	Agua	Aire	Aire	Aire	Aire
Masa de la probeta (kg)	20	10	5	Variable	Variable	Variable
Espesor de la probeta (mm)	100	Variable	75	35-55	Variable	51
Temperatura del Ensayo (°C)	60	50	40	45 , 60	Variable	60
Máxima deformación permitida	10 mm.	4 mm.	7 mm.	15 mm	Variable	-

# Dispositivos de Ensayos con a escala Natural

- Accelerated Pavement Testing (APT)
- Heavy Vehicle Simulator (HVS)

‘Accelerated Loading Facility’ (ALF). (1978/82 Australia)



## Full Scale / Accelerated Pavement Testing (AFD40)

*Transportation Research Board Committee*

### APT Conferences

[1st International Conference on Accelerated Pavement Testing \(Nevada - 1999\)](#)

[2nd International Conference on Accelerated Pavement Testing \(Minnesota – 2004\)](#)

[3rd International Conference on Accelerated Pavement Testing \(Spain – 2008\)](#)

[4th International Conference on Accelerated Pavement Testing \(California – 2012\)](#)







X SIMPOSIO  
DEL ASFALTO

**ACCELERATED**  
PAVEMENT TESTING

1999 International Conference

October 18-20, 1999  
Reno, Nevada

Post-Conference  
Presentations

UNIVERSITY OF MINNESOTA

**ACCELERATED**  
PAVEMENT TESTING

International Conference

2<sup>ND</sup> International Conference on  
Accelerated Pavement Testing

**ACCELERATED**  
PAVEMENT TESTING

International Conference

3<sup>rd</sup> International Conference  
**APT'08** MADRID, SPAIN  
OCTOBER 1-3, 2008

Accelerated Pavement Testing

**APT  
2012**

Sponsored by  
the Transportation Research Board  
and  
the Forum of European National  
Highway Research Laboratories

Co-hosted by  
the University of California  
Pavement Research Center  
and  
the University of Illinois  
Illinois Center for Transportation

4th International  
Conference on  
Accelerated  
Pavement Testing

Davis, California, USA  
September 19-21, 2012

[www.ucprc.ucdavis.edu/APT2012](http://www.ucprc.ucdavis.edu/APT2012)

[www.ucprc.ucdavis.edu/APT2012](http://www.ucprc.ucdavis.edu/APT2012)



LANAMMEUCR

2016

# ENSAYO DE PISTA, WHEEL TRAKING TEST

NORMATIVA EMPLEADA: EN 12697 PARTE 22

Procedimiento B norma CEN 12697-22

700 N - 26 ciclos/min - 60°C – 10000 ciclos o 20mm

# ANTECEDENTES, NORMAS

norma  
española

UNE-EN 12697-22:2008+A1

Marzo 2008

**NLT – 173/84 – Resistencia a la deformación plástica de las mezclas bituminosas mediante la pista de ensayo de laboratorio (España,1984)**

**BS 598 Sampling and examination of bituminous mixtures for roads and other paved areas. Part 110. Methods of tests for the determination of wheel tracking rate. (Inglaterra, 2001)**

**BS EN12697-22:2003 Bituminous mixtures. Test methods for hot mix asphalt. Part 22. Wheel Tracking (Comunidad Europea, 2004)**

**NF EN12697-22 Juin 2004 Mélanges bitumineux - Méthodes d'essai pour mélange hydrocarboné à chaud - Partie 22 : essai d'orniérage (Comunidad Europea, 2004)**

**NE EN12697-22 Mezclas Bituminosas. Métodos de Ensayo para Mezclas Bituminosas en Caliente Parte 22: Ensayo de Rodadura (España 2008)**

<b>TÍTULO</b>	<b>Mezclas bituminosas</b> <b>Métodos de ensayo para mezclas bituminosas en caliente</b> <b>Parte 22: Ensayo de rodadura</b>  <i>Bituminous mixtures. Test methods for hot mix asphalt. Part 22: Wheel tracking</i> <i>Mélanges bitumineux. Méthodes d'essai pour mélange hydrocarboné à chaud. Partie 22: Essai d'orniérage</i>
<b>CORRESPONDENCIA</b>	Esta norma es la versión oficial, en español, de la Norma Europea EN 12697-22:2003 + A1:2007.
<b>OBSERVACIONES</b>	Esta norma sustituye a la Norma EN 12697-22:2003 (Ratificada por AENOR).
<b>ANTECEDENTES</b>	Esta norma ha sido elaborada por el comité técnico AEN/CTN 41 <i>Construcción</i> cuya Secretaría desempeña AENOR.  DOCUMENTO EXTRANJERO IMPRESION AUTORIZADA POR CONVENIO ENTRE MIEMBROS DE ISO CENTRO DE DOCUMENTACION DE IRAM INSTITUTO ARGENTINO DE NORMALIZACION Y CERTIFICACION Queda terminantemente prohibida su reproducción parcial o total sin autorización IRAM

Editada e impresa por AENOR  
Depósito legal: M 13745:2008

© AENOR 2008  
Reproducción prohibida

LAS OBSERVACIONES A ESTE DOCUMENTO HAN DE DIRIGIRSE A:  
**AENOR** Asociación Española de Normalización y Certificación  
C Génova, 6  
28004 MADRID-España  
Teléfono 91 432 60 00  
Fax 91 310 40 32

31 Páginas  
**Grupo 20**



X SIMPOSIO  
DEL ASFALTO

		NORMA ESPAÑOLA	NORMA BRITÁNICA	NORMA EUROPEA		
DENOMINACIÓN		NLT - 173/84	BS 598 Part 110	BS EN 12697-22:2003		
OBJETO		Determinación de resistencia a la deformación plástica en una mezcla bituminosa				
MUESTRA	TIPO	<ul style="list-style-type: none"> <li>• probeta de laboratorio</li> <li>• muestra extraída in situ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• muestra extraída in situ</li> <li>• extensión a laboratorio</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• probeta de laboratorio</li> <li>• muestra extraída in situ</li> </ul>		
	DIMENSIONES [cm] (en planta)	Prismática 30 x 30	Cilíndrica $\varnothing 20 \pm 0.5$	medida grande (L) (50x18) $\pm 0.2$	medida extra grande (XL) (70x50) $\pm 0.5$	medida pequeña (S) 26x30(mínimo) Cilíndrica $\varnothing 30$
	ESPESOR [cm]	5	Espesor de la capa $\pm 1$ cm (hasta 5 cm)	S/ espesor capas pavimento $\leq 5$ cm $\rightarrow 5$ $> 5$ cm $\rightarrow 10$	6	Igual espesor que en el pavimento o s/ tamaño máximo del agregado (ver Tabla 10)
				Especificar espesor 3 - 5 - 6 - 7.5 - 10		
	Cantidad requerida (por cada variable)	3 (mínimo)	6	2(mínimo)	2(mínimo)	Procedimiento A (aire): 6 Procedimiento B (aire): 2 Procedimiento B (agua): 2
	GRADO DE COMPACTACIÓN	Mezcla densa, semi-densa 97% densidad de Marshall (mínimo) Otras mezclas 95% densidad de Marshall				
DETERMINACIÓN DE DENSIDAD	Mediante la masa de la muestra y el volumen determinado con las dimensiones geométricas de la misma	Cálculo de densidad / cláusula 4 de BS 598 Part 104:1989		S/ norma EN 12697-33 ó EN 12697-32		



# X SIMPOSIO DEL ASFALTO

		NORMA ESPAÑOLA	NORMA BRITÁNICA	NORMA EUROPEA			
MUESTRA	Acondicionamiento previo al ensayo	Luego de la compactación se dejan enfriar entre 12-24hs (mínimo) y luego se calientan en estufa a $60\pm 2^{\circ}\text{C}$ durante 4 horas(mínimo) antes del ensayo	Se colocan las muestras en un ambiente controlado a la temperatura del ensayo durante 4-16hs antes de ensayar, hasta que la probeta alcance la temperatura de ensayo $\pm 1^{\circ}\text{C}$	L	XL	S	
				Condición: • $T_a < 75^{\circ}\text{C}$ si $T_e \leq 60^{\circ}\text{C}$ • $T_a = T_e + 15^{\circ}\text{C}$ si $T_e > 60^{\circ}\text{C}$ Donde $T_a$ : Temperatura del aire $T_e$ : Temperatura de ensayo Mantener estas condiciones durante 12-16 hs antes de ensayar	Acondicionar las muestras a la temperatura de ensayo por un período entre 12-18 hs antes de ensayar	Procedimiento en aire: función del espesor nominal (NT) $NT \leq 6\text{cm}$ ; 4hs (mínimo) $NT > 6\text{cm}$ ; 6hs (mínimo) 24hs máximo Procedimiento en agua: colocar en agua a la $T_{\text{ensayo}}$ hasta alcanzarla en $\pm 1^{\circ}\text{C}$ y no menos de 1h.	
RUEDA	Diámetro [cm]		20	20 – 20.5	Rueda neumática 400x8	Rueda neumática 6.00 – R9	20 – 20.5
	Banda de rodadura	Ancho (w) [cm]	5	$5\pm 0.1$		Presión inf. (600±30)kPa	Ancho (11±5)cm
		Espesor	2	1 – 1.3	$2\pm 0.2$		
		Dureza	80 (Esc Dunlop)	$80\pm 5$ (IRHD) <sup>(2)</sup>	$80(\text{IRHD})^{(2)}$		
		limpieza		90% acetona 10% kerosene (en volumen)	90% acetona 10% kerosene (en volumen)		
	Carga		$900\pm 25 \text{ KN/m}^2$ (presión de contacto)	$520\pm 5 \text{ N}$ (s/ muestra en pl normal)	$(5000\pm 50) \text{ N}$	$(10000\pm 100) \text{ N}$	$(700 \frac{w}{30} \pm 10) \text{ N}$
PISTA	Recorrido [cm]	$23\pm 0.5$	$23\pm 0.5$	$41\pm 0.5$	$70\pm 0.5$	$23\pm 1$	
	Frecuencia	$42\pm 1$ pasada/min <sup>(3)</sup>	$21\pm 0.2$ ciclo/min <sup>(4)</sup>	$1\pm 0.1 \text{ Hz}$	$24$ ciclo/min <sup>(4)</sup>	$26.1\pm 1$ ciclo/min <sup>(4)</sup>	
TEMPERATURA ENSAYO		$60\pm 1^{\circ}\text{C}$ u otras para estudios especiales	$45 \text{ o } 60 \pm 1^{\circ}\text{C}$	variable			

<sup>(2)</sup> IRHD: International Rubber Hardness Degree

<sup>(3)</sup> Pasada: corresponde a un recorrido de  $23\pm 0.5 \text{ cm}$

<sup>(4)</sup> Corresponde al ciclo de ida y vuelta del recorrido



REPORTE DE RESULTADOS						<ul style="list-style-type: none"> <li>• Profundidad de ahuellamiento media proporcional, <math>PRD_{air}</math> a los 10000 ciclos,</li> <li>• Profundidad de ahuellamiento, <math>RD_{air}</math>, a los 10000 ciclos, individual</li> <li>• Profundidad de ahuellamiento media, <math>R_{Dair}</math>, a los 10000 ciclos</li> </ul> <p><u>Procedimiento B (en agua)</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pendiente media de ahuellamiento, <math>WTS_{water}</math> p/ c/ grupo de 2 o más muestras</li> <li>• Profundidad de ahuellamiento media proporcional, <math>PRD_{water}</math>, a los 10000 ciclos,</li> <li>• Profundidad de ahuellamiento media, <math>RD_{water}</math>, a los 10000 ciclos</li> </ul> <p>INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Copia de curvas de ensayo</li> </ul>						
		PRECISIÓN		WTR				WTR <sub>air</sub>				
Parámetro	unidad			laboratorio	calada		unidad	laboratorio	calada			
Tipo muestra	[mm/h]			2.6	2.2	8.1	13..5	[μ/ciclo]	2.1	1.7	6.4	10.7
Result ensayo				0.6	0.8	3.1	4.0		0.5	0.6	2.5	3.2
Repetibilidad				1.2	1.4	5.9	5.7		1.0	1.1	4.7	4.5
Reproductibil					PRD <sub>L</sub> (muestras de laboratorio)							
Parámetro	unidad			100	1000	10000	30000	[%]	3.5	4.8	6.4	7.0
N° ciclos	[%]			0.76	1.05	1.08	1.11		0.97	1.32	1.20	1.16
Result ensayo												
Repetibilidad												
Reproductibil												

**Tabla 10: Espesores de probetas en función del tamaño máximo del agregado**

ESPESOR [cm]	2.5	4	6	8
TAMAÑO MÁXIMO AGREGADO [mm]	<8	8≤TMT<16	16≤TMT8≤22	22<TMT≤32

# *SINTETICAMENTE*

- ❖ Método Pequeño (Small size device) Proc. B
- ❖ Rueda maciza 20 cm de diámetro x 5cm ancho
- ❖ Molde 30 x 30 x 5 cm
- ❖ Carga aplicada 700 N
- ❖ Frecuencia 26.5 ciclos (ida y vuelta) por minuto
- ❖ Ensayo hasta 20 mm o 10000 ciclos
- ❖ Registros: 5 pasadas acondicionamiento y 5 a 6 veces la primera hora y luego cada 500 ciclos

## *ENSAYO DE PISTA , WHEEL TRAKING TEST*

*Equipos disponibles en Argentina bajo  
la norma EN 12697-22:*

*LEMIT*

*IMAE*

*UIDIC LaPIV*

*LEMAC*

*YPF*

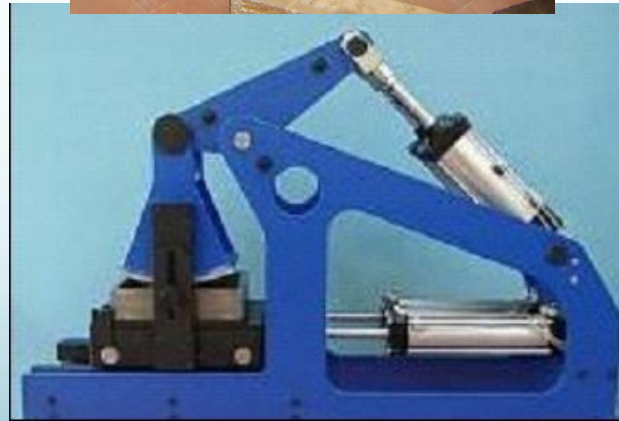
*DNVBA*

*DNV SF*

*DPVM*

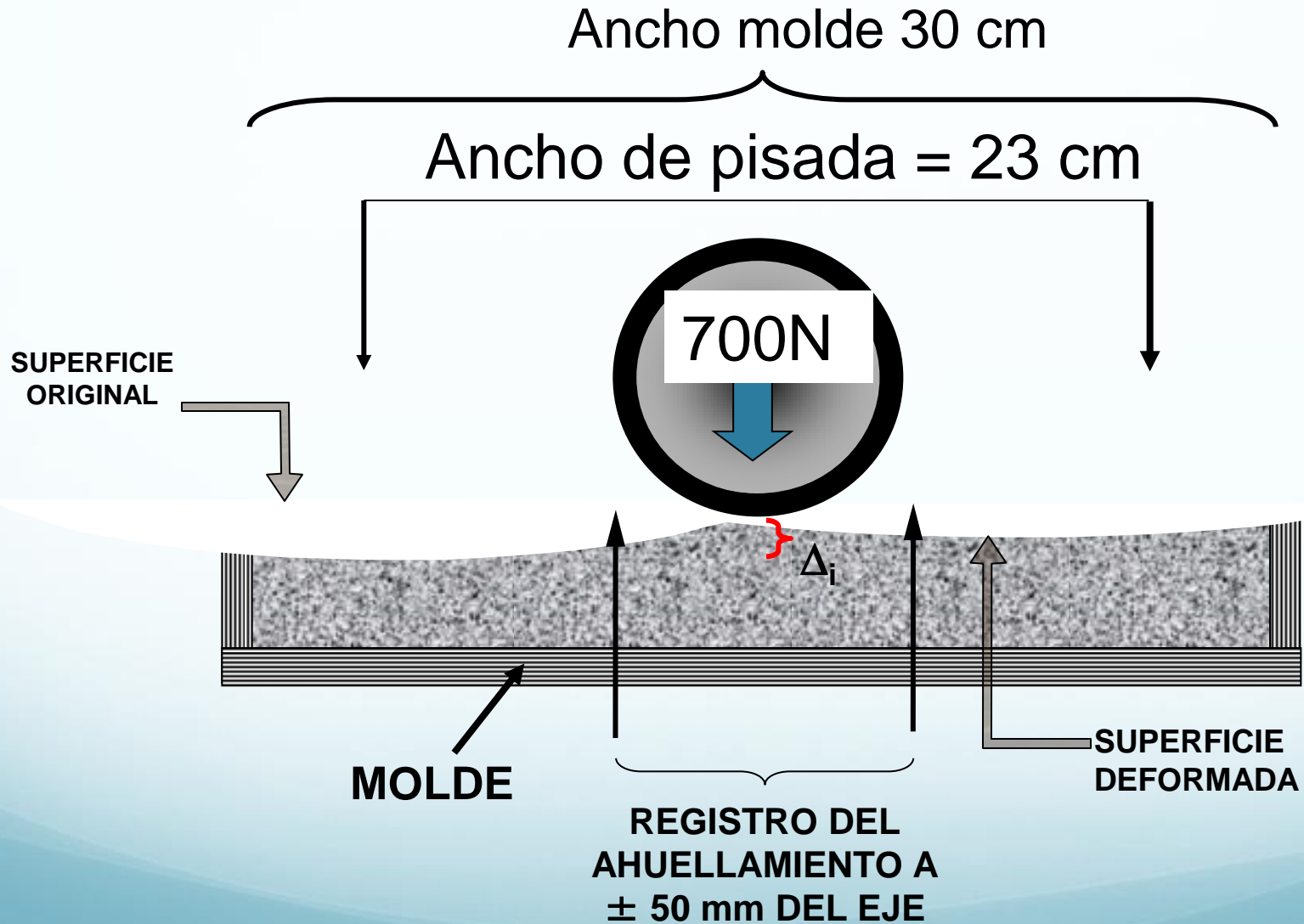


# Equipos de Compactación



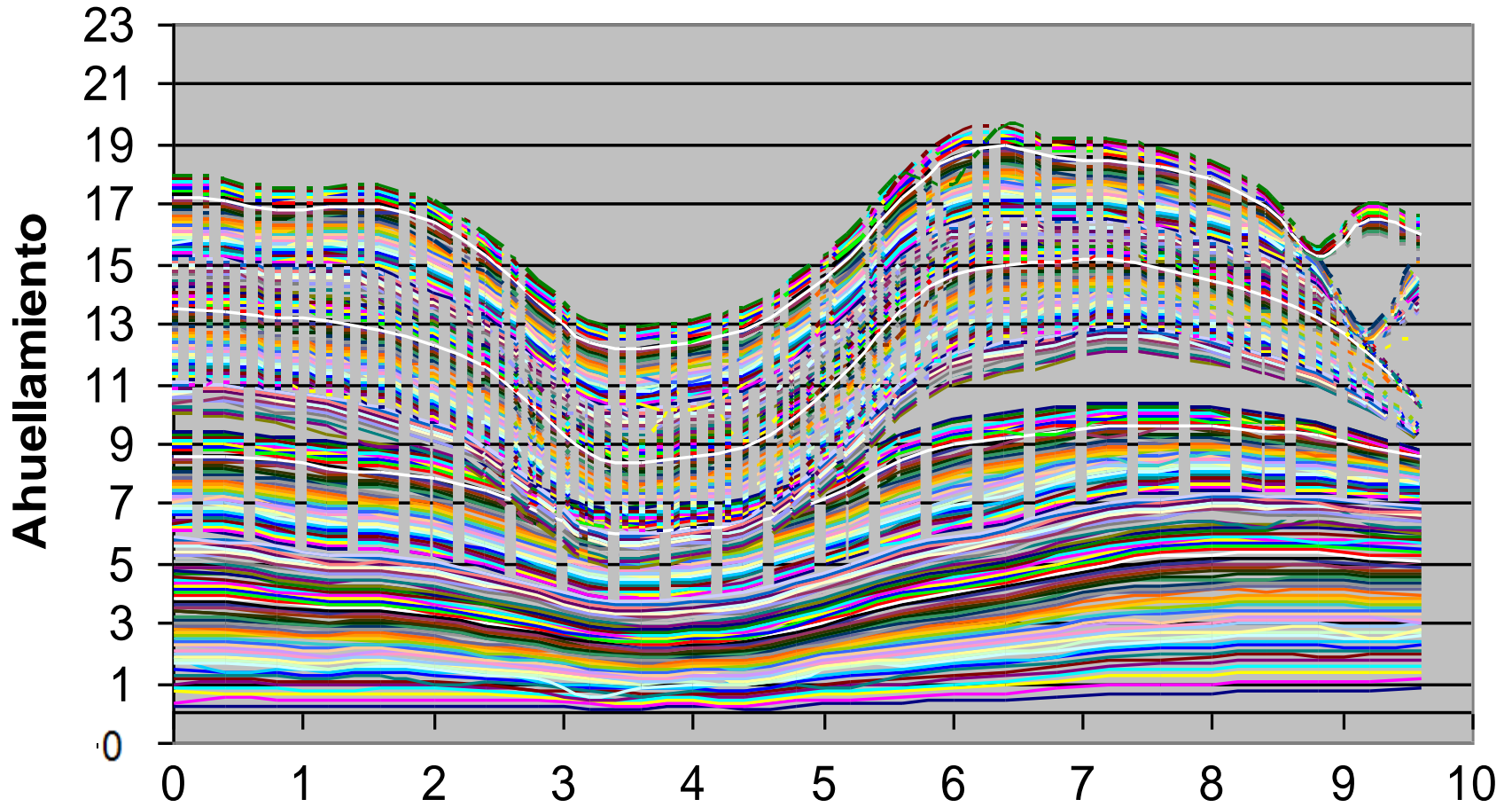


## Requerimientos de la Norma EN





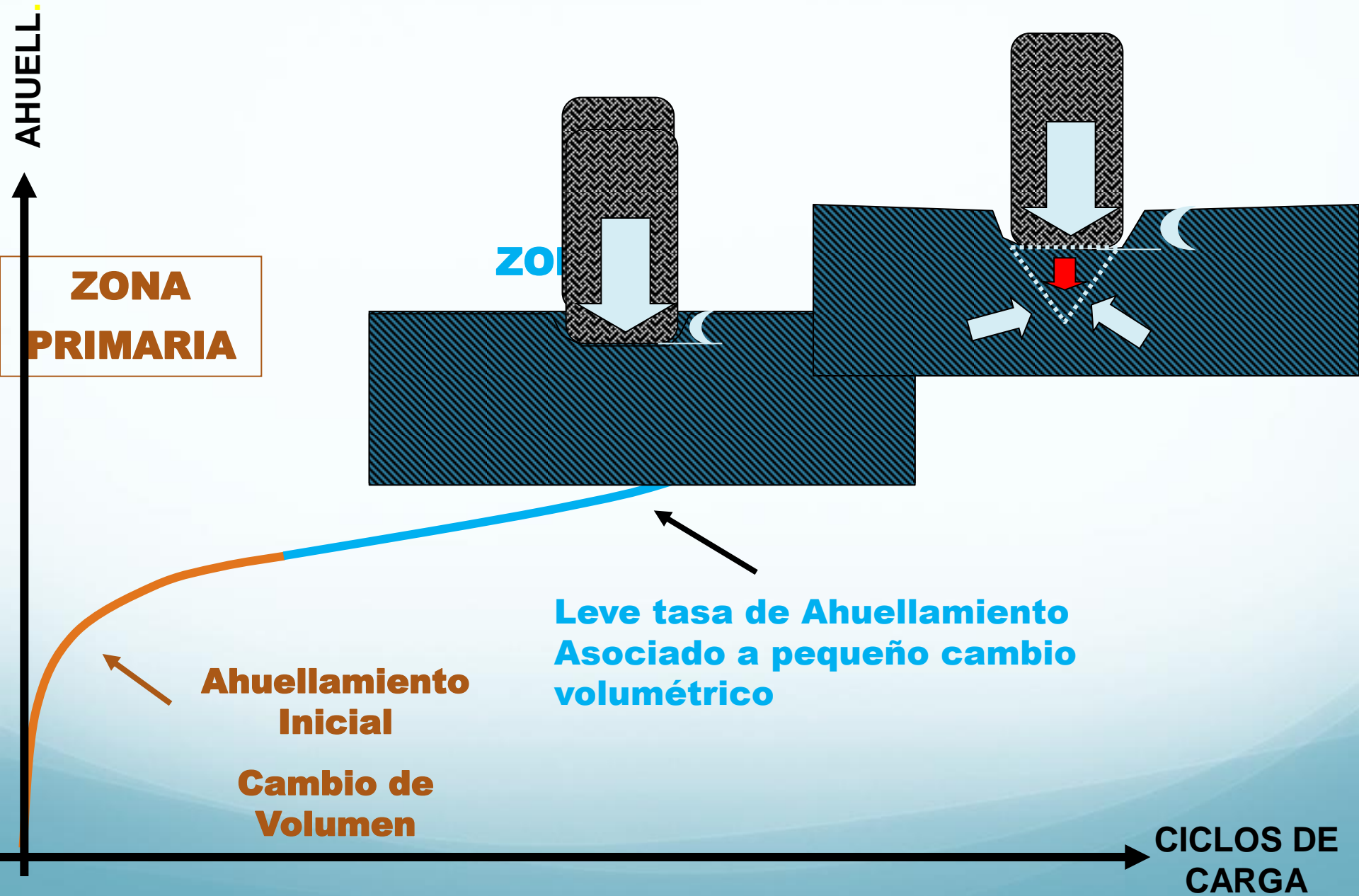
# *Cuenco de deformación*



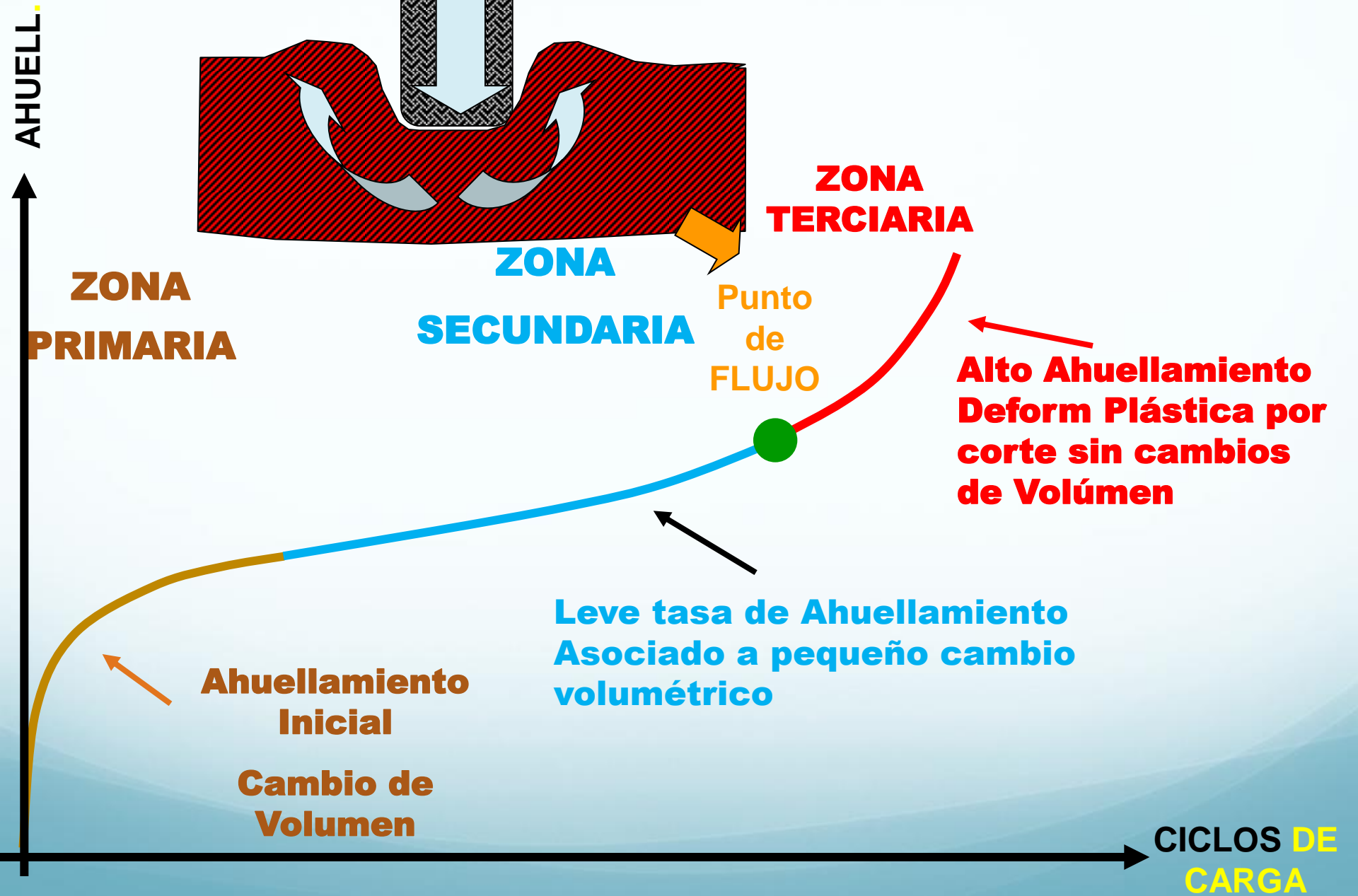
## *Proceso de Evolución del Ahuellamiento*

- DENSIFICACION Y DECRECIMIENTO DEL VOLUMEN BAJO LA CARGA
- DEFORMACION POR CORTE, FLUJO PLÁSTICO DEL MATERIAL SIN CAMBIO APRECIABLE DEL VOLUMEN

# PROCESO DE EVOLUCION DEL AHUELLAMIENTO

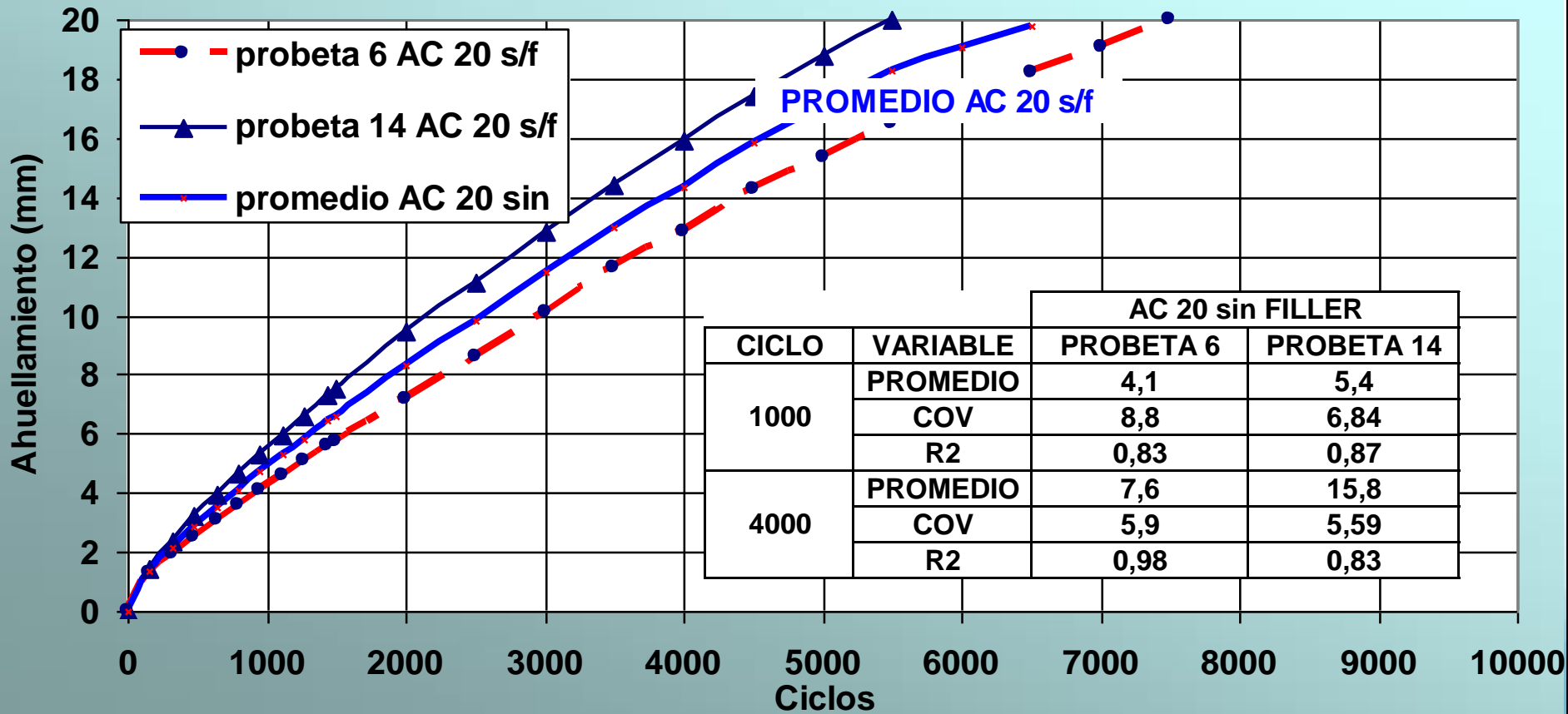


# PROCESO DE EVOLUCION DEL AHUELLAMIENTO





**Carga 700 KN - 60°C - 26.5 ciclos/min**



# Determinaciones

Procedimiento B norma CEN 12697-22

700 N - 26 ciclos/min - 60°C - 200 mm - 20mm

- 1.- El espesor medio de la probeta previo a su ensayo en 4 puntos.
- 2.- La Densidad Aparente, con la totalidad de la muestra.
- 3.- Cálculo de Parámetros volumétricos.
- 4.- **Profundidad** media del **ahuellamiento** al ciclo 10000 y 5000
- 5.- La tasa, pendiente o **Velocidad de ahuellamiento** de las probetas WTS (Zona lineal). (WTS media)
- 6.- Cálculo de la Profundidad de **Ahuellamiento proporcional** al espesor medio



# Determinaciones



## FÓRMULA DE OBRA

Árido 6-20 Muestra 12794	Árido 0-6 Muestra 12795	Arena Calcárea Muestra 12796	Arena Silíceas Muestra 12797	Filler (Cal) Muestra: 12798	Asfalto CA20 Muestra 12799
37,9 %	28,4 %	13,3 %	13,3 %	1,9 %	5,2 %

**a.- Condiciones de ensayo:** Temperatura de ensayo: 60°C - Duración del ensayo: 10.000 ciclos

Parámetro	Probeta 1	Probeta 2	Promedio
-----------	-----------	-----------	----------

**b.- Datos**

Espesor [mm]	50,6	52,3	51,4
Densidad de probeta [g/cm <sup>3</sup> ]	2,306	2,311	2,308
Compactación [%](Densidad Marshall Ref=2,306 g/cm <sup>3</sup> )	100,0	100,2	100,1

**c.- Profundidad de ahuellamiento (a 10.000 ciclos)**

RD AIRE (d 10000) [mm]	3,76	3,60	3,68
------------------------	------	------	------

**d.- Profundidad de ahuellamiento media, proporcional (a 10.000 ciclos)**

PRD AIRE [%]	7,40	6,89	7,16
--------------	------	------	------

**e.- Pendiente de ahuellamiento**

WTS AIRE [mm/10 <sup>3</sup> ciclos]	0,188	0,224	0,21
--------------------------------------	-------	-------	------



# CONSIDERACIONES FINALES

- **Las variaciones menores en las dimensiones de los distintos equipos que actualmente se encuentran en operación en Argentina, no deberían ser inconveniente para comparar los resultados obtenidos de ahuellamiento.**
- **Los estudios realizados y publicados por distintos congresos nacionales, permiten inferir lo anteriormente indicado**
- **Con relación al diseño de las mezclas asfálticas, es un momento oportuno para integrar esfuerzos en pos de mejorar la metodologías de trabajo en los distintos ámbitos viales.**

# CONCLUSIONES

- En este sentido la realización “OBLIGATORIA” del ensayo de Pista o WWT, -como complemento en el diseño de las mezclas asfálticas-, debería ser parte de nuevas especificaciones, buscando a su vez generar en cada obra de relieve, algún sistema de seguimiento in situ.
- La posibilidad de disponer de varios equipos de WTest en la argentina, abre un campo importante promisorio para el estudio y evaluación de comportamiento de las mezclas asfálticas.



*Muchas Gracias!!!!!!*

[lisandrodaguerre@gmail.com](mailto:lisandrodaguerre@gmail.com)