

Altas tasas de *RAP* provenientes de mezcla con asfalto convencional y modificado utilizado en mezclas tibias con asfalto convencional y asfalto caucho de alta viscosidad

Morea Francisco
Nosetti Adrián



Facultad de Ingeniería



XIII Congreso Mexicano del Asfalto. 20, 21y 22 de agosto de 2025, Cancún, Quintana Roo, México



CONTENIDOS



Introducción



Experimental



Materiales



Plan de ensayos



Resultados

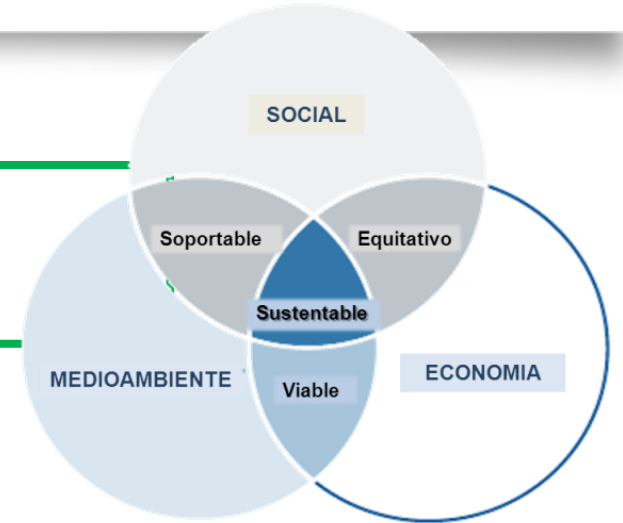


Conclusiones



Introducción

Desarrollo sustentable



El concepto de Desarrollo Sustentable abarca

- la **reducción de recursos naturales** (combustibles),
- la **reducción de emisiones** y
- la posibilidad de incrementar el **RECICLADO**



Introducción



Los últimos años en política de Infraestructura del Transporte a nivel mundial se toman como premisas:

- **DISEÑAR PARA DURAR** (que se autorreparen, que generen energía, que se adapten a los cambios)
- **MAXIMIZAR EL RECICLADO** (usar *residuos* pero que las rutas duren más, se comporten mejor)
- **MINIMIZAR LOS IMPACTOS** (ambientales, sobre la sociedad y sobre los costos)

En base a:

- **Soluciones Inteligentes** para tender a una Infraestructura del Transporte Sustentable
- **Introducir la Sustentabilidad** para cambiar la visión de la Infraestructura del Transporte

Introducción

Ref: Emanuele TORALDO (Italia)



Introducción

Tecnologías sustentables

Soluciones en la preparación de Mezclas Asfálticas para lograr una reducción de energía, de emisiones, de polvo y de humos.

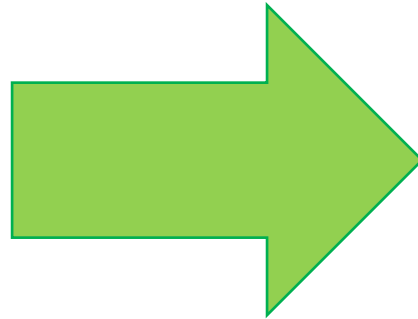
- *Mezclas semicalientes - Warm Mix Asphalt (WMA)*
- *Mezclas templadas*
- *Reciclados*
 - Pavimentos – **Reciclados de Asfaltos Modificados**
 - **NFU**
 - *plásticos*



Introducción

Tecnologías sustentables

Usar el RAP en mezclas asfálticas



Situación

Situación actual Argentina

2.1. Definición de RAP

Se define al RAP como Pavimento Asfáltico Reciclado. A los efectos de la presente especificación, incluye a todo material procedente de la disgregación por fresado o trituración, de mezcla asfáltica elaborada sin fibras y con ligante asfáltico convencional.

El RAP está compuesto por agregados cubiertos de ligante asfáltico convencional envejecido.

CAC	D	R/B	TMN	(R YY)	CA-XX
CAS	D	R/B	TMN	(R YY)	CA-XX

- (R YY): Indicación correspondiente a que la mezcla contiene RAP, donde YY es el contenido de RAP, expresado en porcentaje en peso respecto del total de agregados.
- CA-XX: Indicación correspondiente a los asfaltos convencionales de diseño con grado de viscosidad XX, donde XX puede ser 5/10/20/30 o 40 si se emplea la Norma IRAM IAPG A 6835.

**VIALIDAD
NACIONAL**

**PLIEGO DE
ESPECIFICACIONES
TÉCNICAS GENERALES
PARA CONCRETOS
ASFÁLTICOS EN
CALIENTE Y
SEMICALIENTE DEL
TIPO DENSOS, CON
APORTE DE RAP.**

Situación actual Argentina

3. ALCANCE

Es de total aplicación el presente Pliego de Especificaciones Técnicas Generales para Concretos Asfálticos en Caliente y Semicaliente (CAC y CAS) del tipo Densas, elaboradas con agregados vírgenes y con contenidos de RAP, respecto del total de la mezcla asfáltica, comprendidos entre un diez por ciento (10 %) y un cincuenta por ciento (50 %)

Para contenidos de RAP, respecto del total de la mezcla asfáltica, menores o iguales al diez por ciento ($\leq 10\%$) es de aplicación el presente Pliego de Especificaciones Técnicas Generales, con las siguientes consideraciones:

- Se elimina el *Punto 11.3.5.2. Ligante asfáltico recuperado del RAP*
- Se elimina el *Punto 11.3.5.3. Ligante asfáltico resultante*
- Se elimina el *Punto 12.1.2. Viscosidad del ligante asfáltico resultante (lote de producción)*
- Se elimina el *Punto 13.1.2. Viscosidad del ligante asfáltico resultante (lote de producción)*

VIALIDAD
NACIONAL

PLIEGO DE
ESPECIFICACIONES
TÉCNICAS GENERALES
PARA CONCRETOS
ASFÁLTICOS EN
CALIENTE Y
SEMICALIENTE DEL
TIPO DENSOS, CON
APORTE DE RAP.

Ministerio de Transporte
Presidencia de la Nación

Edición 2017



Asociación Mexicana
del Asfalto, A.C.

@AMAACmx

<http://www.amaac.org.mx>



Introducción

A considerar

- RAP de asfalto **Modificados**
- Altas tasas de RAP (40 – 60 %)
- Mezclas **Semicaliente (Tibias)**
- Asfaltos Vírgenes de **altas prestaciones**



Objetivos

Objetivos de las investigaciones

- Analizar la incorporación de altas tasas de RAP (40 %) para conocer sus características y manejo **en mezclas tibias**.
- Uso de **Asfaltos Vírgenes de Altas prestaciones** para mejorar el desempeño
- Observar las diferencias que brinda el uso de **RAP de asfalto convencional versus RAP de asfalto modificado**.

ESTUDIAR EL **DESEMPEÑO** EN LABORATORIO

Materiales

Granulometrías de RAP C y RAP M y % de asfalto



			% Pasa										
RAP	Asfalto (%)	Tamiz (mm)	1'' 25,4	3/4'' 19	1/2'' 12,5	3/8'' 9,5	Nº4 4,75	Nº8 2,36	Nº16 1,18	Nº30 0,60	Nº50 0,30	Nº100 0,15	Nº200 0,08
Convencional	Grueso	Black	92,9	86,1	60,7	45,8	-	-	-	-	-	-	-
		White	100	100	92,0	82,4	59,4	36,3	29,3	22,3	17,4	-	-
	Fino	Black	100	100	100	100	100	60,5	35,2	21,1	10,9	4,4	0,9
		White	100	100	100	100	99,5	79,4	62,6	45,9	34,2	21,1	13,8
Modificado	Grueso	Black	96,7	87,6	66,1	41,5	-	-	-	-	-	-	-
		White	100	100	95,7	76,7	47,1	17,4	14,5	11,7	-	-	-
	Fino	Black	100	100	100	100	100	51,7	31,1	20,7	12,8	6,4	2,8
		White	100	100	100	100	98,6	67,5	54,4	41,3	33,1	25,0	18,7

Materiales

Características de los ligantes del RAP

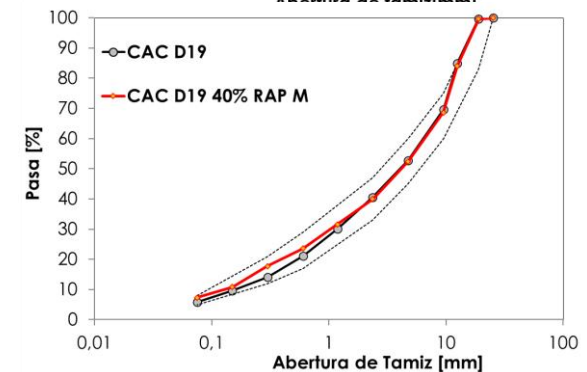
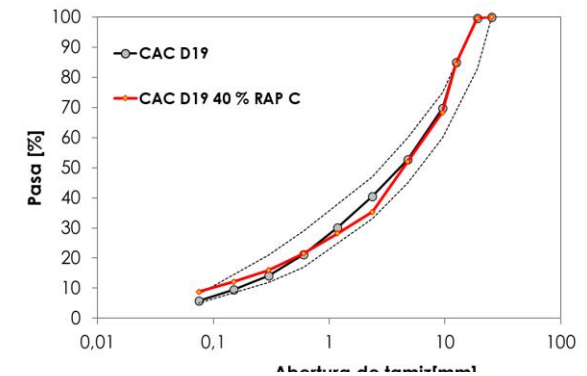
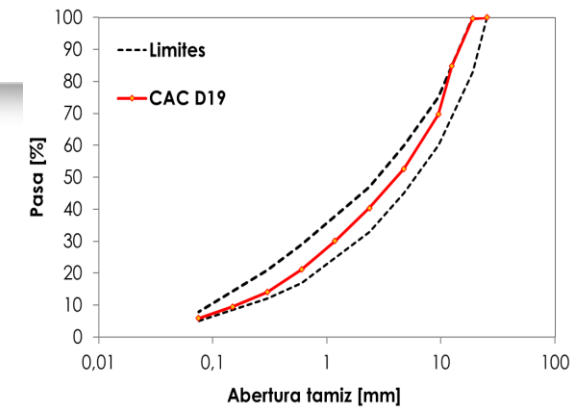
Ligante	Unidades	CA30	RAP C	RAP M
Punto de Ablandamiento	(°C)	52,4	69,5	78,8
Retorno elástico Torsional	(%)			13.3
Viscosidad rotacional (dPa.s)				
60	(°C)	3388	43190	-
135	(°C)	7,6	20	45,7
150	(°C)	3,7	8,02	16,2
170	(°C)	1,62	3,33	5,8
190	(°C)	-	-	2,6
Multiple Stress Creep Recovery (MSCR) AASTHO M332				
T	(°C)	-	76	76
R3,2	(%)	-	3,8	19,4
Jnr3,2	(1/kPa)	-	2,54	0,67
Grado PG de alta		64(S)	76(S)	76(V)



Materiales

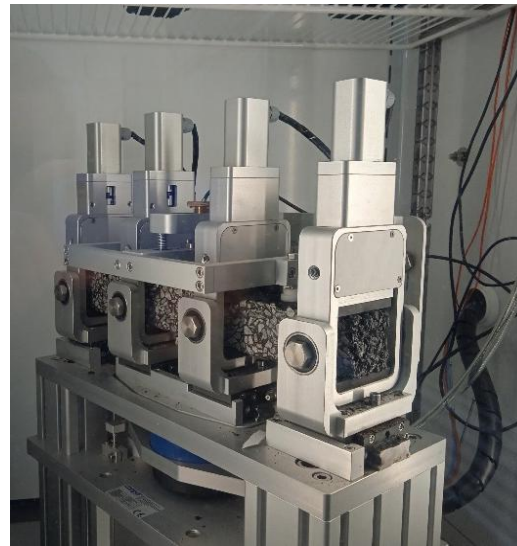
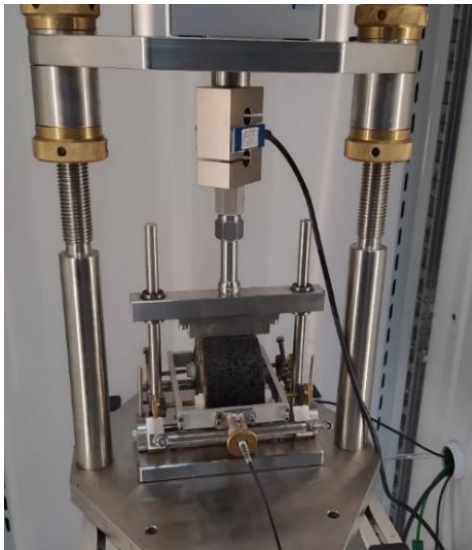
Proporciones de las mezclas estudiadas

	Control	40% RAP C	40% RAP M	40% RAP C AC
Agregado	% en mezcla			
Agregado (6-20 mm)	23,8	23,8	23,8	37,1
Agregado (6-12 mm)	20,9	17,3	18,4	-
Agregado (0-6 mm)	47,6	13,3	12,5	19,0
Filler	2,9	2,9	2,9	-
Cal	-	-	-	0,90
RAP	-	37,9	37,7	38,0
Asfalto virgen	4,8	2,65	2,58	3,20
Asfalto RAP	-	2,15	2,22	1,80



Plan de ensayos

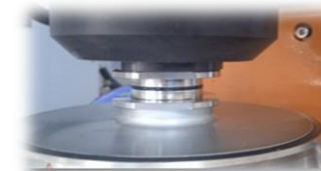
Ensayo	Norma	T _{ensayo} (°C)	f (Hz)
Módulo dinámico	EN 12697-26 anexo C	5; 10; 20; 40	0,5; 1; 4; 10
Ahuellamiento	EN 12697-22	60	-
Daño por humedad (Hamburgo)	AASHTO T324	50	-
Fatiga	EN 12697-24	20	10
Fisuración – Ideal CT	ASTM 8225-19	25	-



Resultados

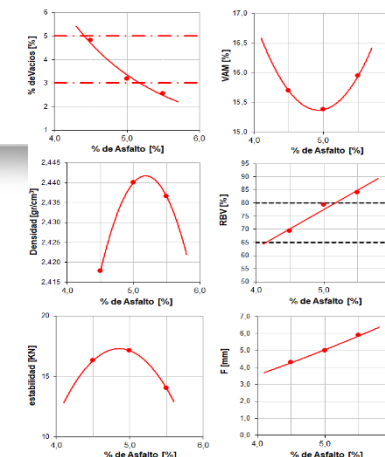
Características de los ligantes recuperados

Ligante	Unidades	CA30*	De mezcla 40% RAP C	De mezcla 40% RAP M
Penetración	(dmm)	55	45	38
Pto de Abland (A&B)	(°C)	52,4	56,8	63,1
Viscosidad a 60 °C	(dPa.s)	3388	5399	6500
Multiple Stress Creep Recovery (MSCR) AASTHO M332				
T	(°C)	-	64	64
R3,2	(%)	-	0,9	3,59
Jnr3,2	(1/kPa)	-	4,31	2
Grado PG de alta		64(S)	64(S)	64(H)
*características del asfalto en estado original				



Resultados

Propiedades Volumétricas

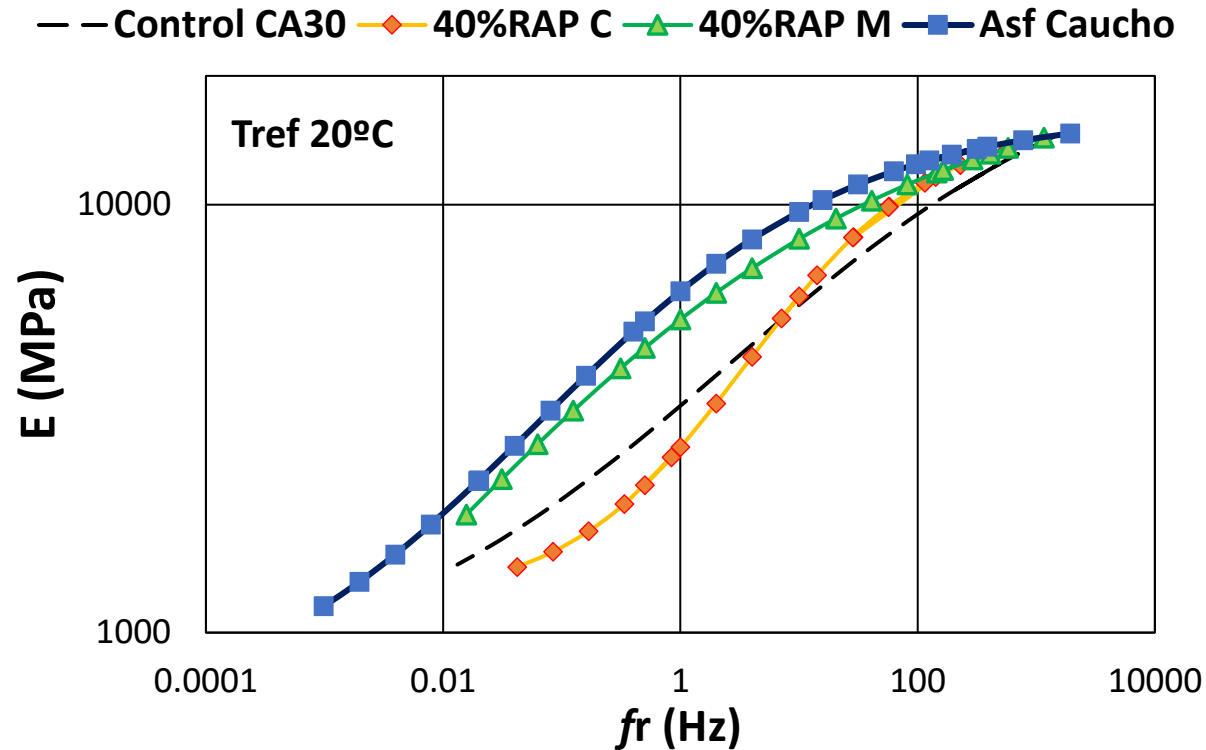


Propiedad		Control	40% RAP C	40% RAP M	40% RAP C-AC	Limites*
Densidad Rice	(gr/cm ³)	2,539	2,499	2,512	2,524	
Densidad	(gr/cm ³)	2,430	2,399	2,410	2,414	
Vacíos	(%)	4,3	4,0	4,1	4,3	3-5 %
VAM	(%)	15,6	15,5	15,67	16,4	> 14%
VOB	(%)	75,0	74,2	63,8	73,7	65-75

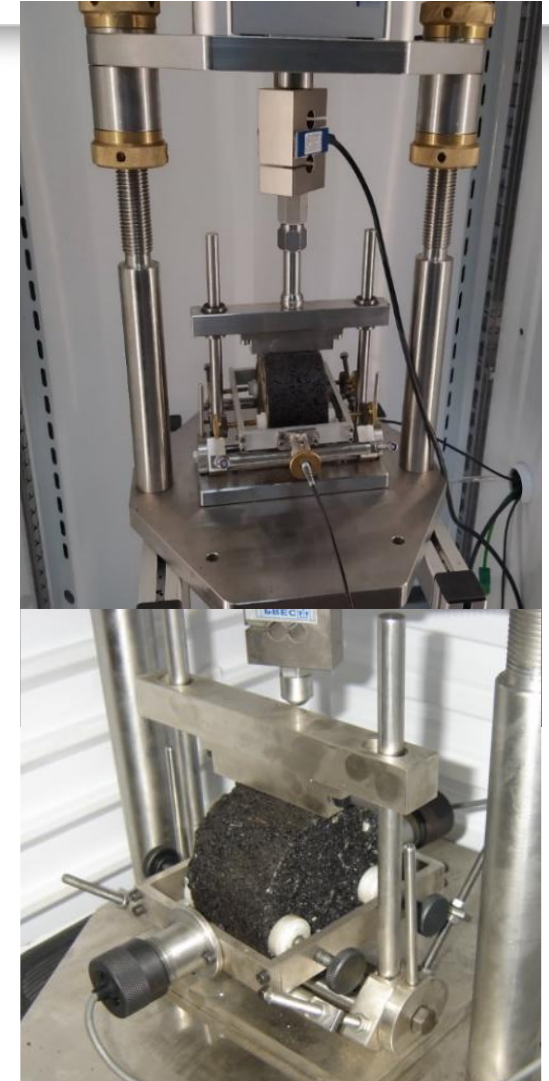
*Pliego Mezclas densas 2017 Dirección Nacional de Vialidad Argentina (DNV 2017) [9,25]

Resultados

Módulo dinámico

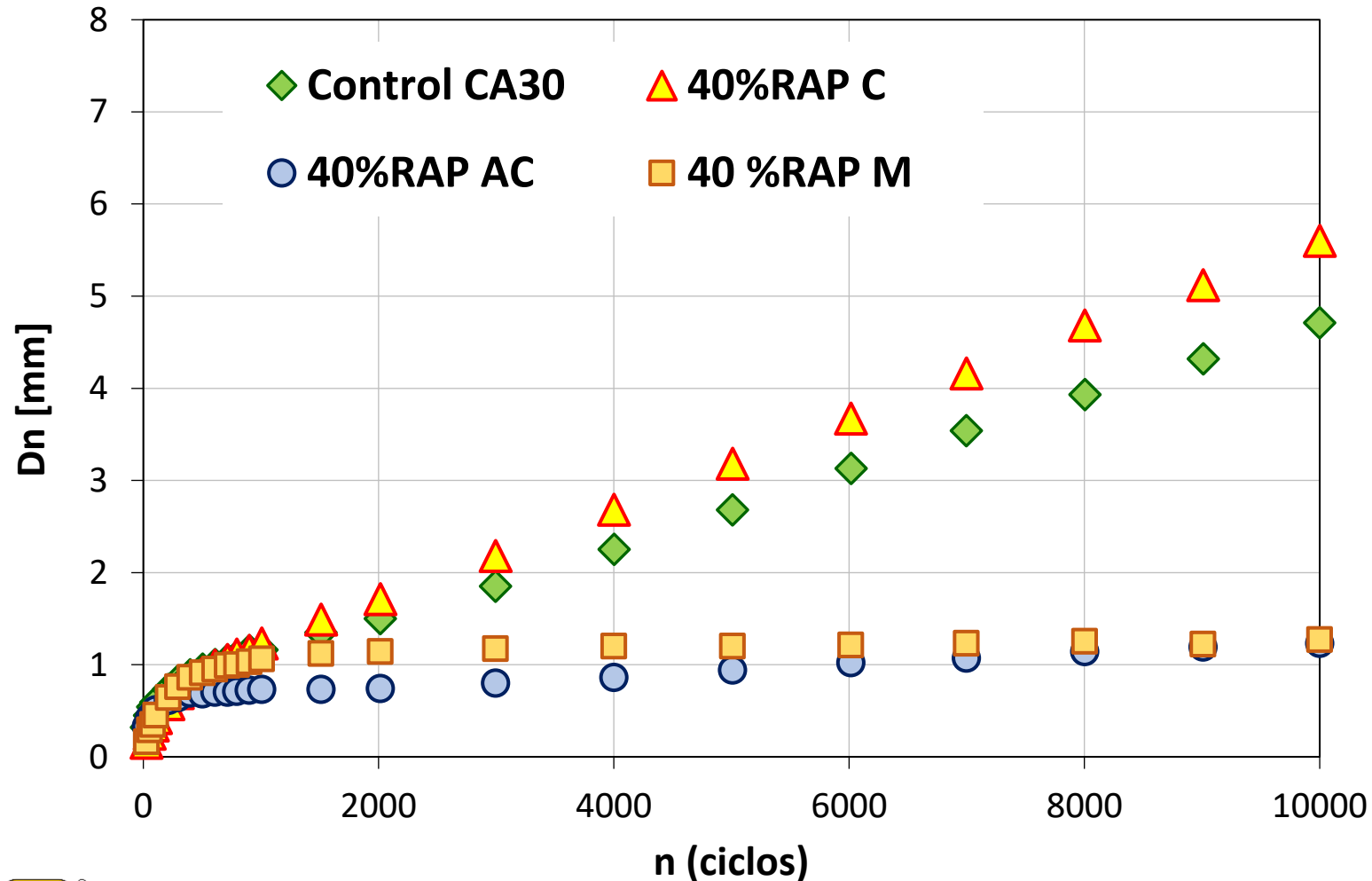


	Modulo dinámico (MPa)			
T - f	Control CA30	40% RAP C	40% RAP M	40%RAP AC
20 °C - 2 Hz	3865	3210	6341	7053
5 °C - 10 Hz	16169	13467	15274	14500
60 °C - 1 Hz	748	1187	246	693



Resultados

Ahuellamiento – EN 12697-22



RAP C

RAP M

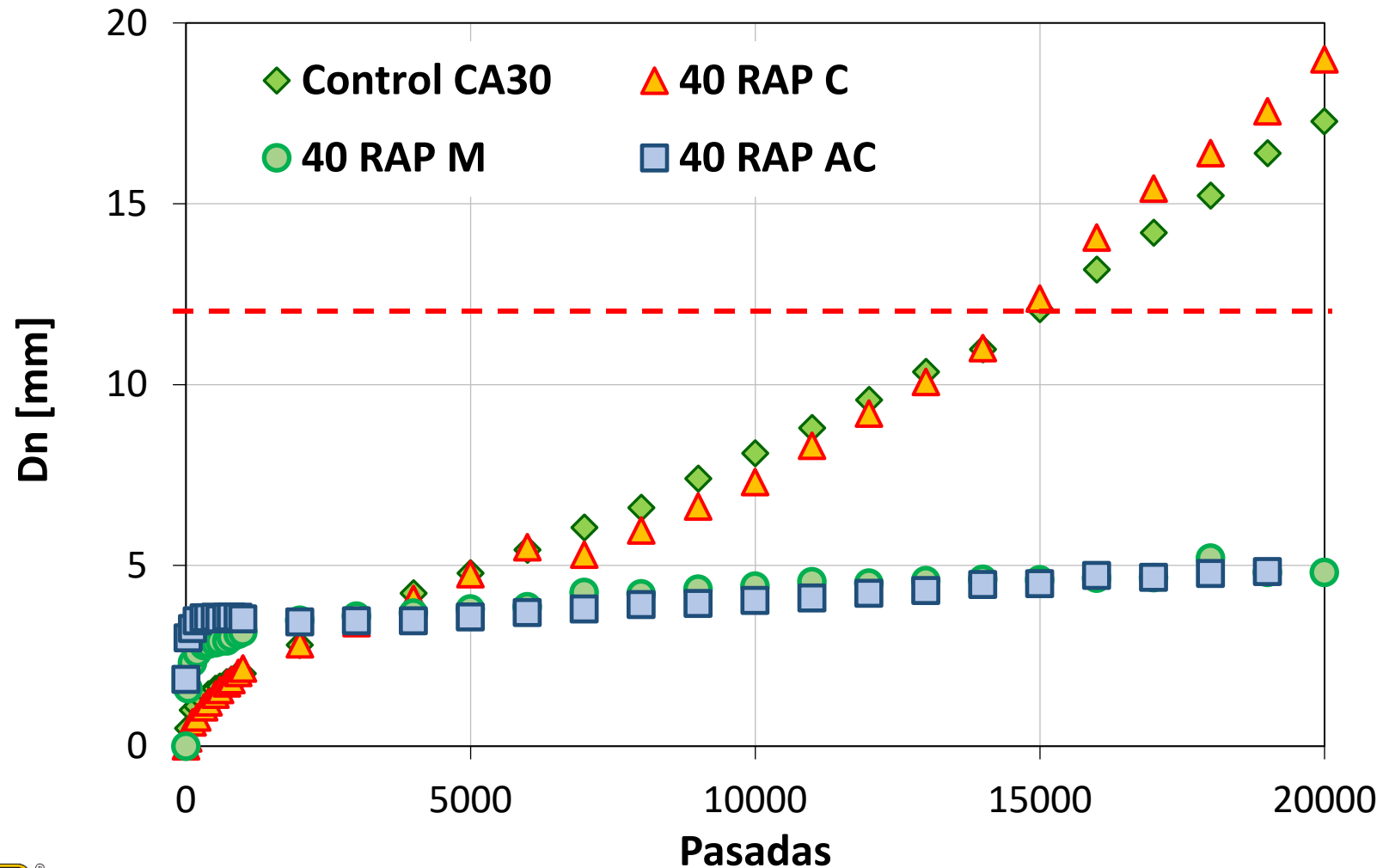


RAP C - AC



Resultados

Ensayo sensibilidad al agua – Hamburgo Test



Resultados

Ensayo sensibilidad al agua – Hamburgo Test

CONTROL



40 % RAP C



40 % RAP M



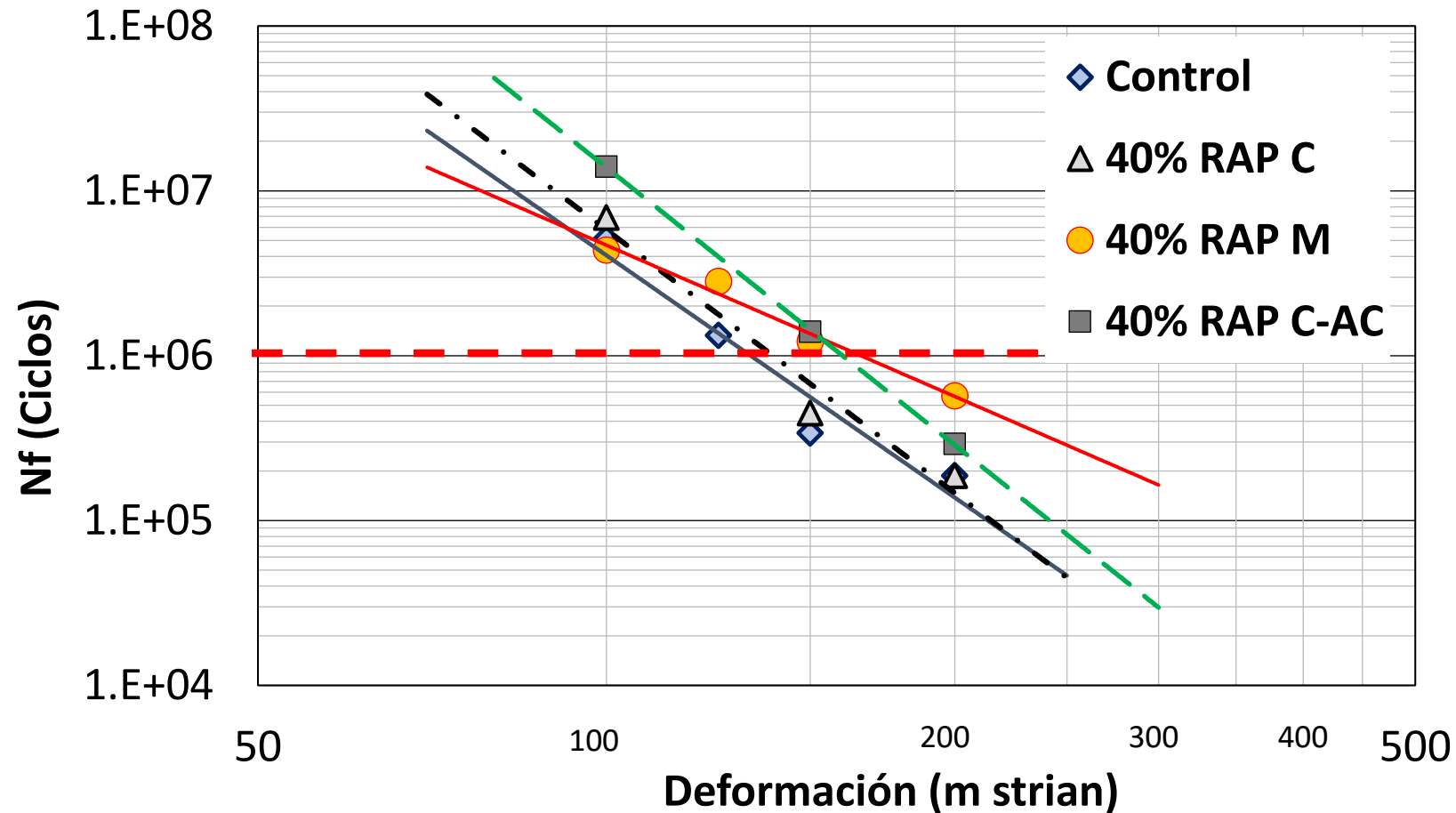
40 % RAP C-AC



Resultados

Fatiga

Mezcla	Control	40% RAP C	40% RAP M	40% RAP C-AC
e_6 (μ strain)	129	135	167	158

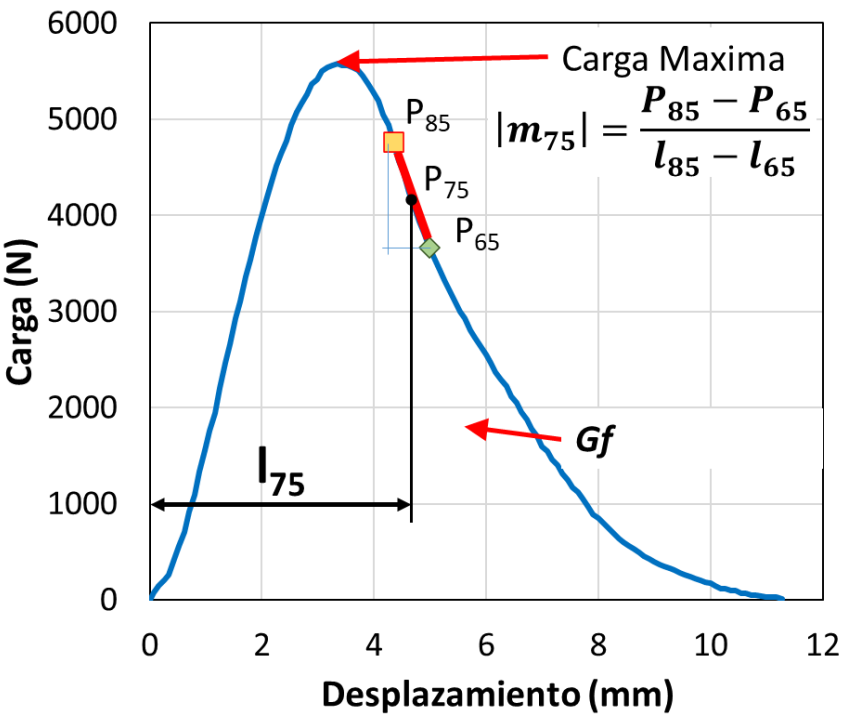


Resultados

Fisuración IDEAL CT (ASTM 8225)

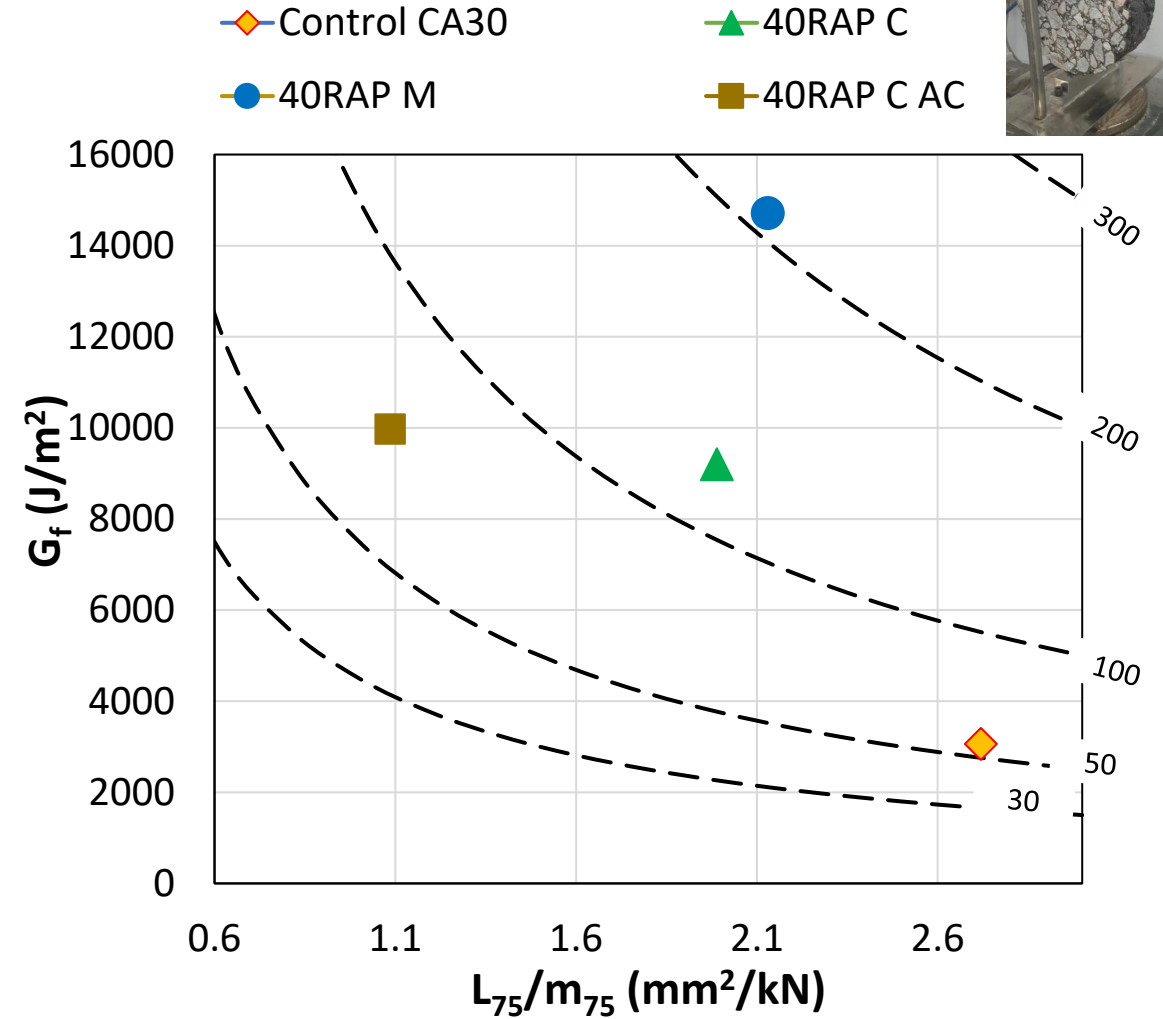
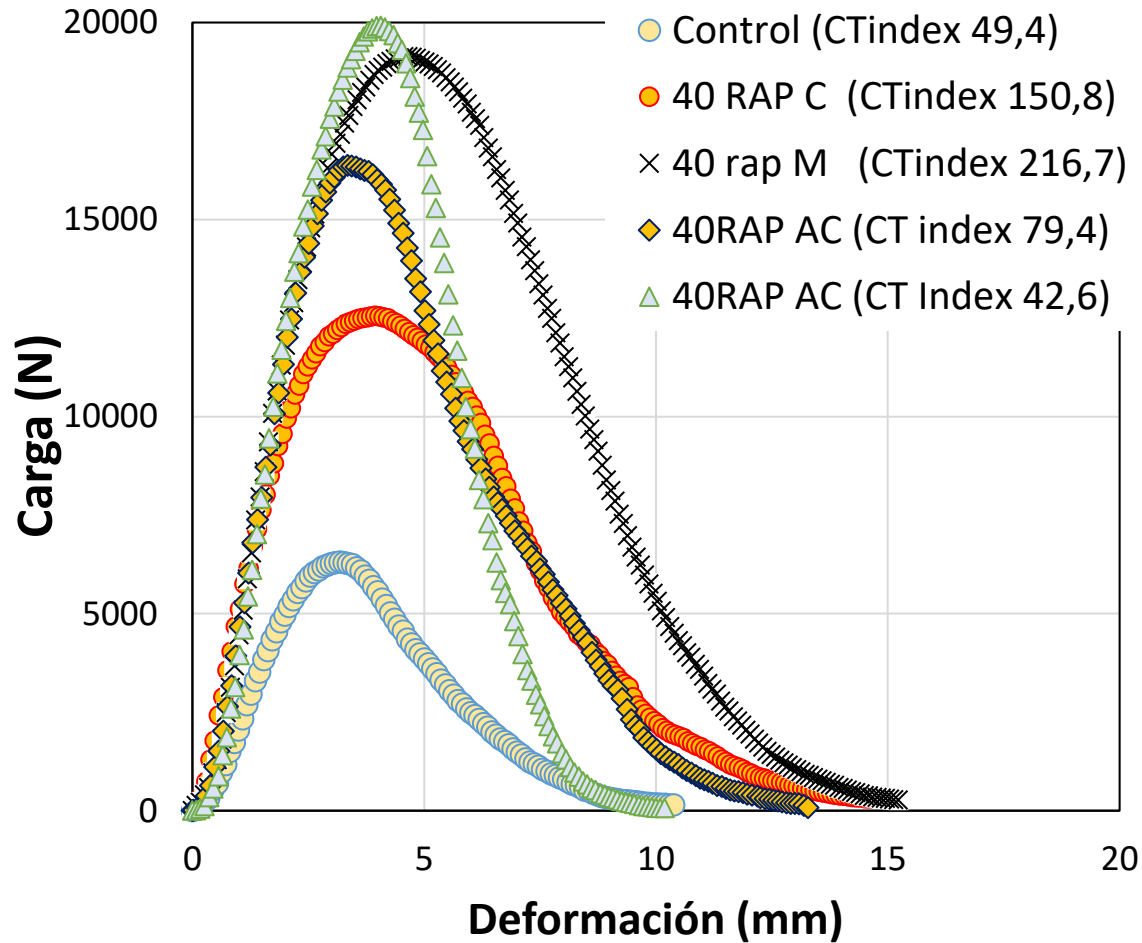
	Control	40% RAP C	40% RAP M	40% RAP C-AC
Gf (J/m²)	3057.0	9197.6	14716.4	9974.1
RTI (kPa)	416.4	916.7	1306.3	1274.5
CT _{index}	53.8	126.7	207.8	73.9
m ₇₅ (kN/mm)	1.67	3.2	3.37	4.79
l ₇₅ (mm)	4.5	6.4	7.2	5.2

$$CT_{Index} = \frac{t}{62} \times \frac{l_{75}}{D} \times \frac{G_f}{|m_{75}|} \times 10^6$$



Resultados

Fisuración IDEAL CT (ASTM 8225)



Conclusiones I

- La mezcla tibia **con RAP modificado ha presentado un muy buen comportamiento**, superior al de la mezcla de control en comparación.
- La mezcla con RAP convencional presentó un comportamiento al menos similar a la mezcla de control salvo algunos ensayos cruciales como fue el del desempeño al ahuellamiento o modulo dinámico.
- La mezcla con altas tasas de RAP convencional y asfalto caucho de alta viscosidad presentó un excelente desempeño comparable al de la mezcla de control (Virgen) con asfalto modificado con polímeros (estándar de alto rendimiento).

Conclusiones II

Es importante destacar que con las *tecnologías de mezclas tibias, la incorporación de RAP el uso de Caucho de Neumático Fuera de Uso* se beneficia al cuidado ambiental y también a los costos de elaboración ya que se utiliza materiales reciclados y menor cantidad de materiales vírgenes y ahorro de energía.

Se debe tener un especial recaudo en el diseño de las mezclas.

¡ muchas gracias!

Ponente: Nosetti Adrián, Morea Francisco

Contacto: Ranosetti@hotmail.com,
francisco.morea@ing.unlp.edu.ar



Facultad de Ingeniería

