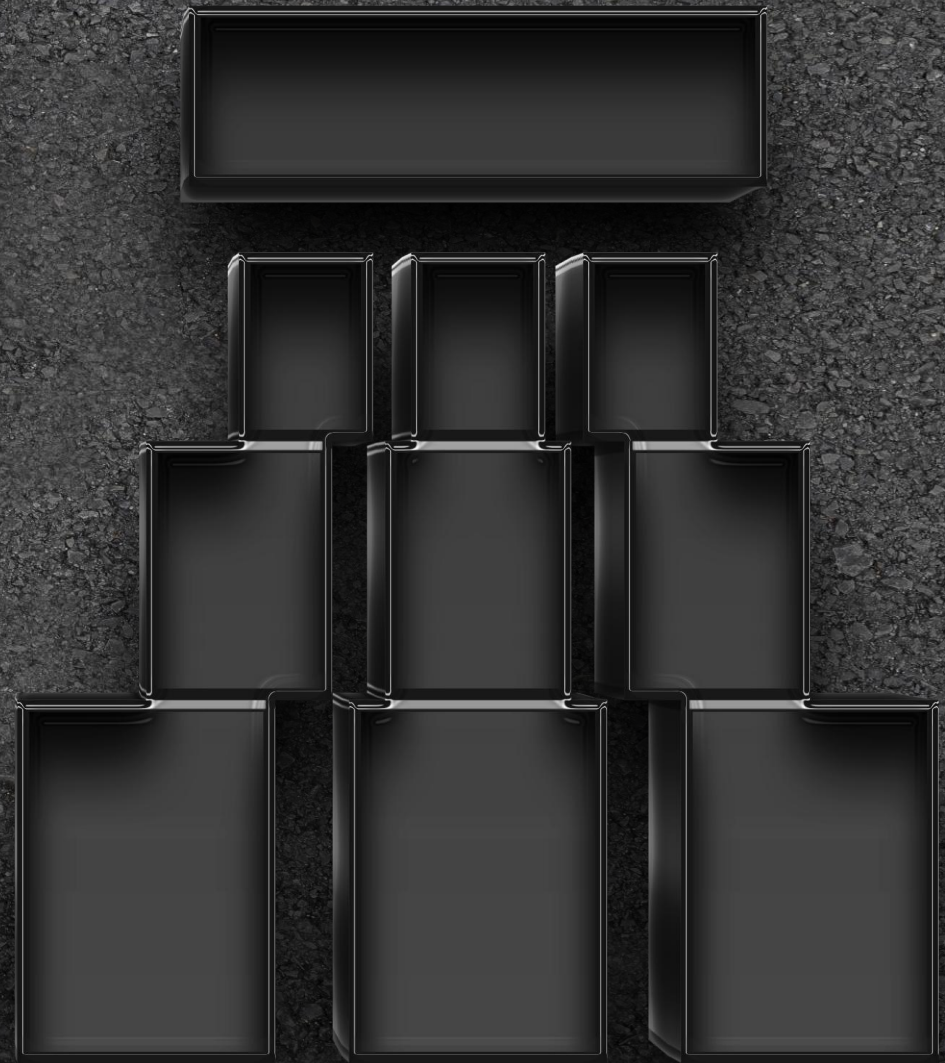




XIII Congreso Mexicano del Asfalto. 20, 21y 22 de agosto de 2025, Cancún, Quintana Roo, México

Caso de aplicación de mezcla asfáltica por desempeño con 30% de RAP producida con planta discontinua

M.I. Eymard Ávila Vázquez



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

CONTENIDOS



01

INTRODUCCIÓN

02

OBJETIVO DEL ESTUDIO

03

ESTUDIO EXPERIMENTAL

04

ANÁLISIS DE RESULTADOS

05

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Introducción

- El uso de RAP en la elaboración de HM está teniendo una relevancia cada vez más importante
 - Mitigación del impacto ambiental
 - Reducción de los costos de producción de las mezclas asfálticas

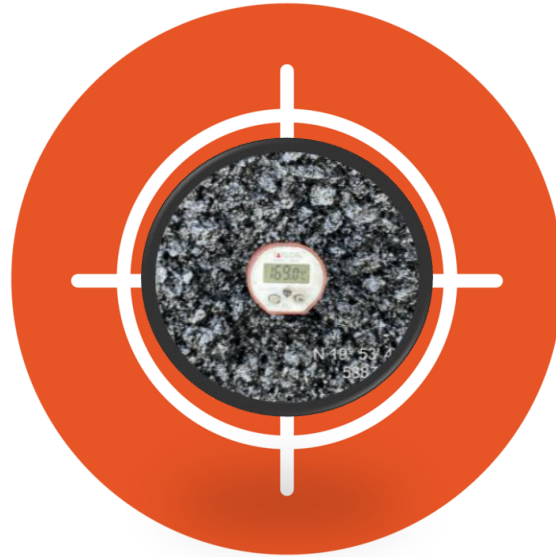
- La tasa máxima recomendable de RAP depende de:
 - Características del material recuperado
 - Buenas prácticas en el acopio y manejo del RAP
 - La capa del pavimento por construir
 - La infraestructura en la planta de producción y en el sitio de construcción, entre otros.

Introducción

- Un diseño adecuado de las mezclas con RAP implica considerar la rigidez - flexibilidad de:
 - Material asfáltico presente en el RAP
 - Material asfáltico virgen y
 - Las proporciones de los materiales en la mezcla final
- La selección el material asfáltico virgen implica la modificación de asfaltos con aditivos que restauren la relación maltenos - asfaltenos en el asfalto envejecido y disminuyan la susceptibilidad al agrietamiento en las mezclas asfálticas con RAP
- Los tipos de plantas que se usan para la elaboración de la HMA son:
 - De producción continua
 - De producción discontinua

Objetivo del estudio

Comprobar que, siguiendo una metodología adecuada de diseño, una selección y tratamiento apropiado de los materiales y apegándose a buenas prácticas constructivas se logra obtener mezclas con RAP con un desempeño similar a las mezclas producidas con agregados vírgenes.



Estudio Experimental

Tramo de Prueba

Carretera Federal Maravatío-Zitácuaro (MEX-15)

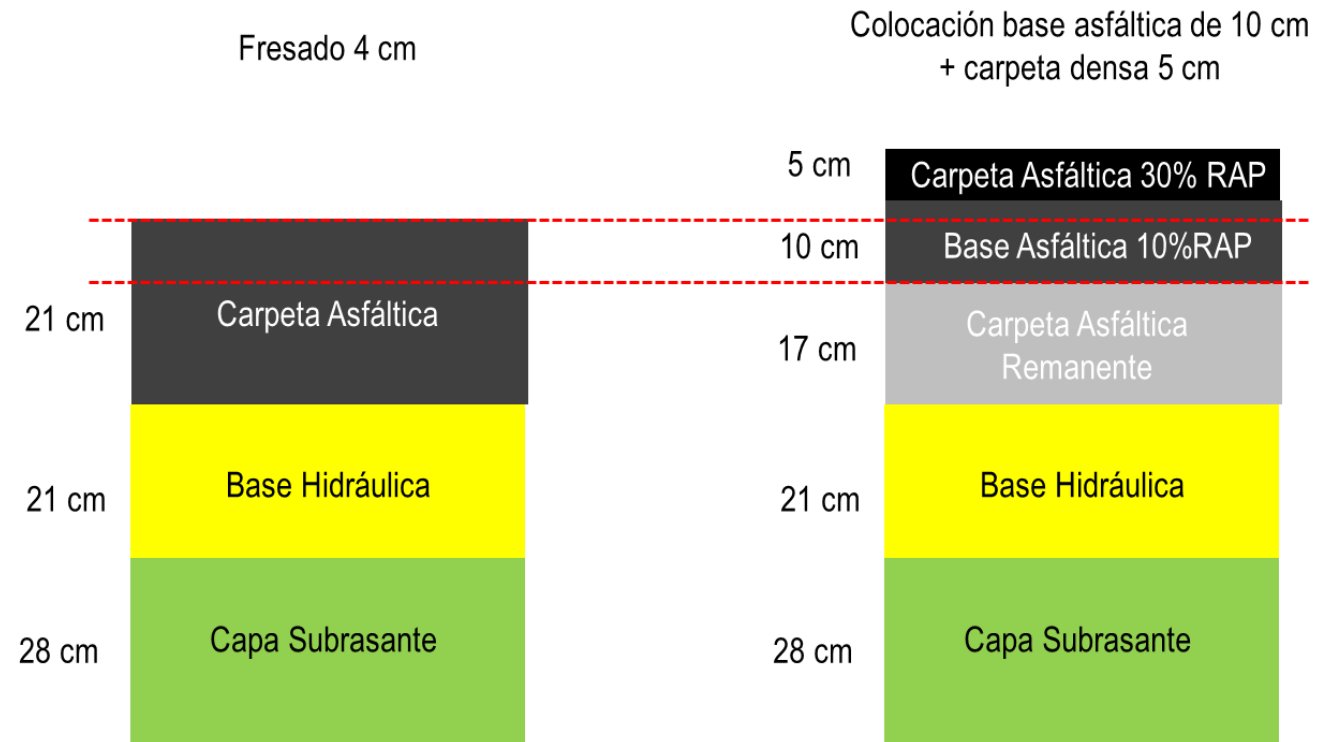
Tramo de prueba: km 14+485 al km 15+600

TDPA: 13,446

vehículos ligeros: 83.43%

vehículos pesados: 16.57%

ESALS: 27.5 millones



Estudio Experimental

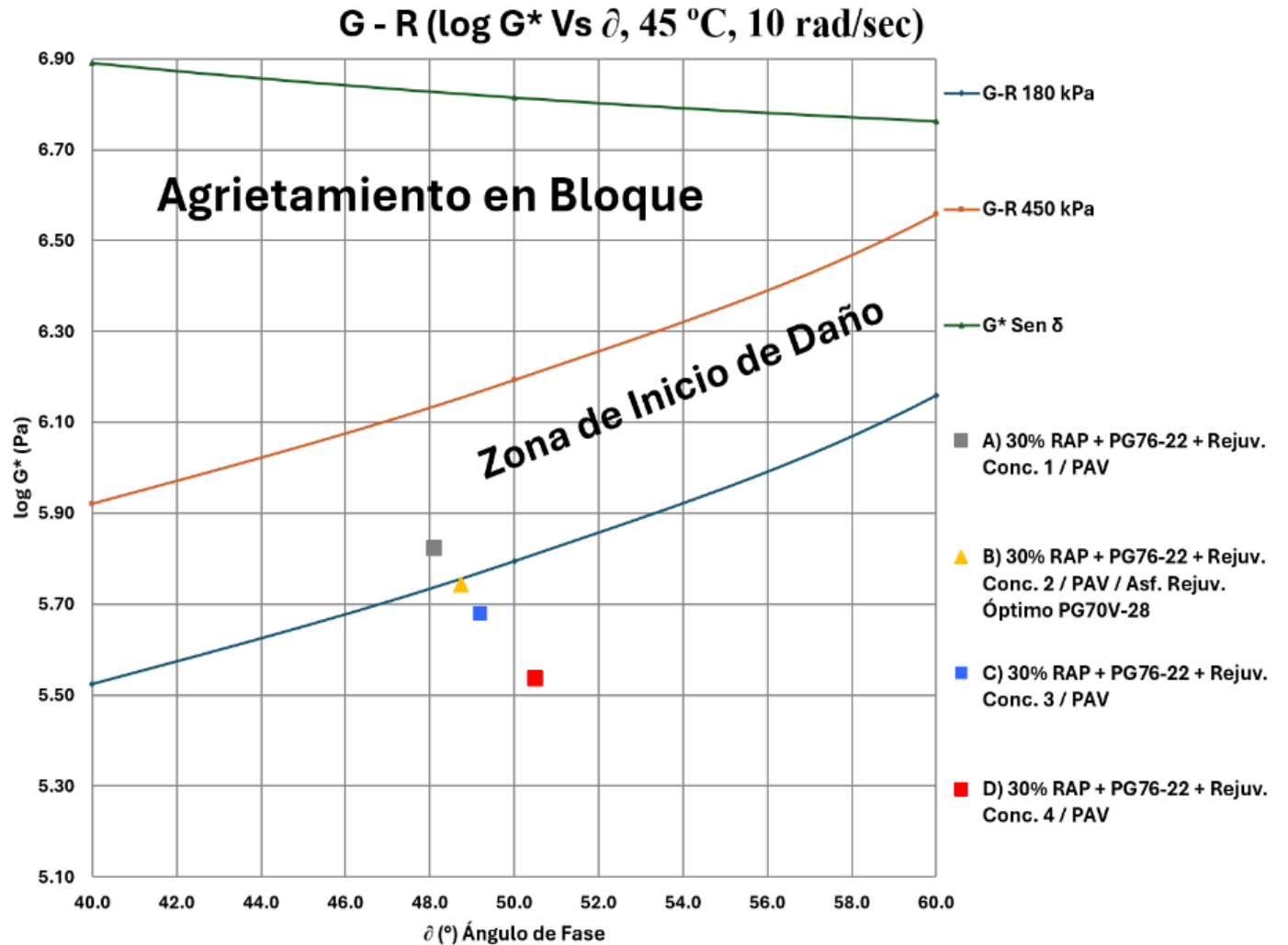
**Planta de
producción
discontinua**



Estudio Experimental

**Selección del
cemento asfáltico
con rejuvenecedor**

**Asfalto en el RAP
PG 85.5 – 16.7.**



Estudio Experimental

Diseño Balanceado de la Mezcla (BMD)

Módulo
Dinámico (MD)

Energía de Fractura:
(DCT e IDEAL-CT)

Rueda Cargada de
Hamburgo (HWT)

Relación de
Tensión
Indirecta (TSR)

Fatiga en viga a
flexión en 4
puntos (4PBT)

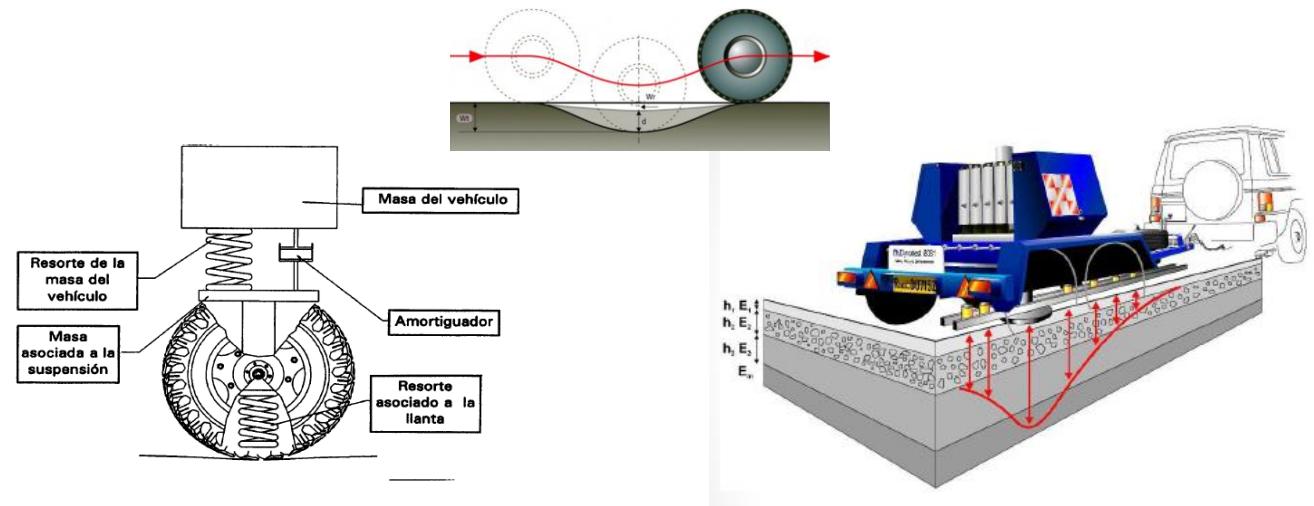


Estudio Experimental

❖ Profundidad de rodera (PR) e Índice de regularidad Internacional (IRI)

❖ Deflexiones (FWD)

Evaluación del Pavimento



Análisis de resultados

Malla (mm)	19	12.6	9.6	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
HMA	% que pasa									
CTRL	100	92.4	79.8	53.2	34.0	20.7	14.1	10.6	8.5	5.7
30RAP	100	92.7	80.9	52.4	33.6	21.3	15	11.5	8.9	5.9
TP30RAP	100	93.6	82.3	49.0	34.4	23.9	16.6	12.1	9.0	6.5

Características de las mezclas

Parámetro	CTRL	30RAP	TP30RAP
Contenido total de cemento asfáltico, %	6.7	6.4	6.4
Contenido de asfalto aportado por el RAP, %	-	2.1	2.1
Contenido de asfalto (PG76-22), %	6.7	-	-
Contenido de asfalto nuevo (PG70V-28), %	-	4.3	4.3
Vacíos en el Agregado Mineral, % VAM	15.8	15.0	14.6
Vacíos Llenos de Asfalto, %VFA	75.0	73.0	70.4
Vacíos de aire, %Va	4.0	4.0	4.3
Proporción de Polvo, DP	1.1	1.0	1.1

Análisis de resultados

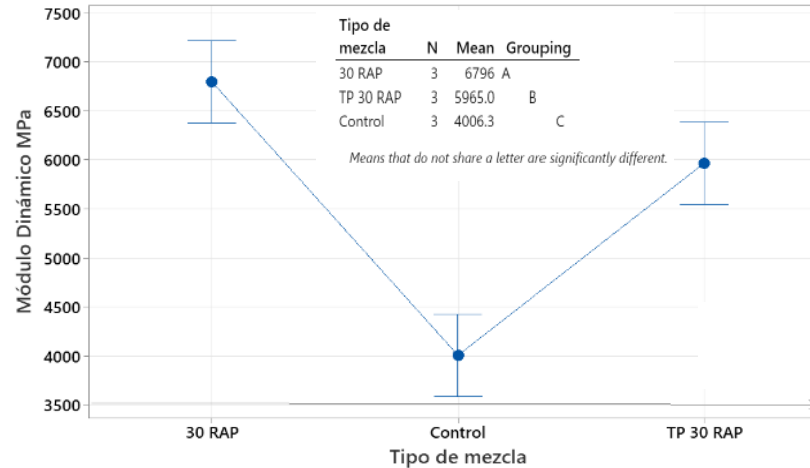
Pruebas de desempeño

Ensayo	Método de prueba	Temperatura de prueba, °C	CTRL	30RAP	TP30RAP	Valor objetivo
TSR, % (esfuerzos en seco-húmedo, kPa)	AASHTO T283	25	93 (734-681)	94 (1025-968)	94 (822-774)	> 85
HWT a 20,000 pasadas, mm	AASHTO T324	50	5.0	3.9	3.4	< 10.0
MD, MPa	AASHTO T342	20	4,006	6,796	5,965	> 3,500
DCT, J/M ²	ASTM D7313	-12	968	922	772	> 650
Index CT	ASTM D8225	25	186	104.7	154.5	> 80
4PBT, FEL	AASHTO T321	20	437	223	365	> 180

Análisis de resultados

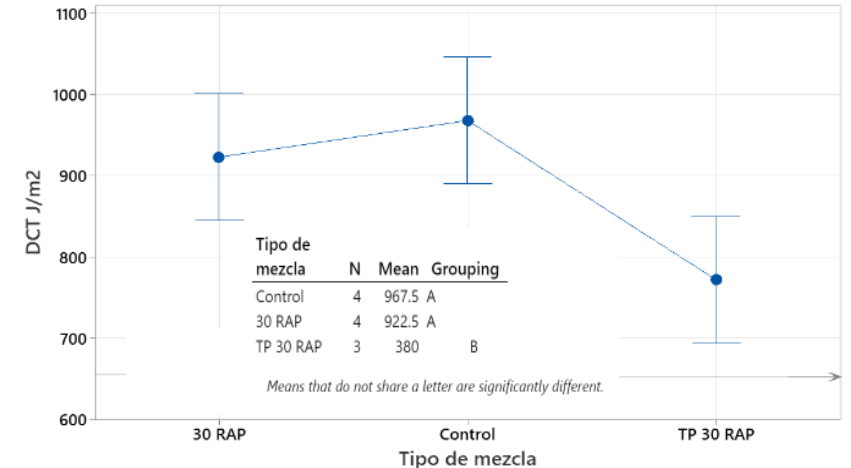
Análisis estadístico

Interval Plot of Módulo Dinámico MPa vs Tipo de mezcla
95% CI for the Mean



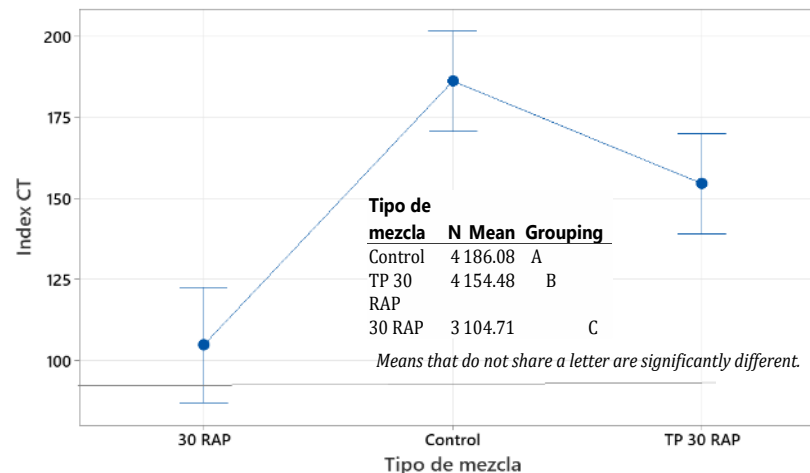
The pooled standard deviation is used to calculate the intervals.

Interval Plot of DCT J/m2 vs Tipo de mezcla
95% CI for the Mean

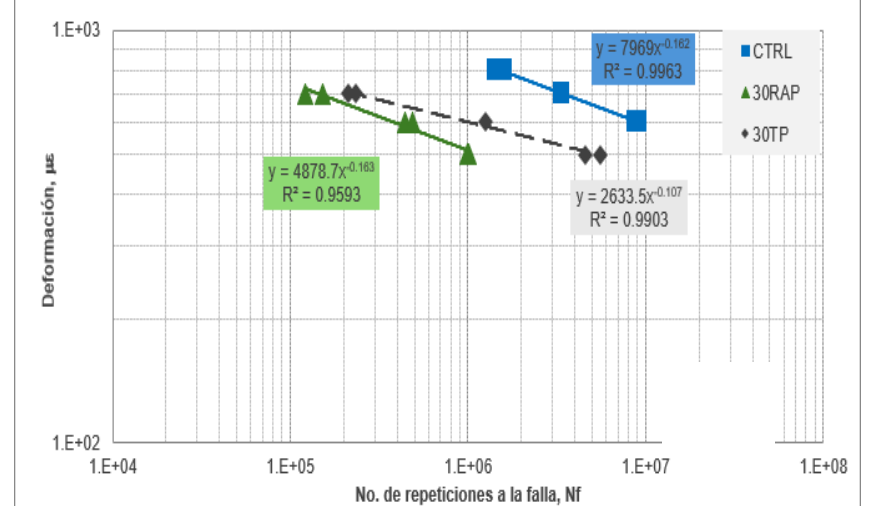


The pooled standard deviation is used to calculate the intervals.

Interval Plot of Index CT vs Tipo de mezcla
95% CI for the Mean

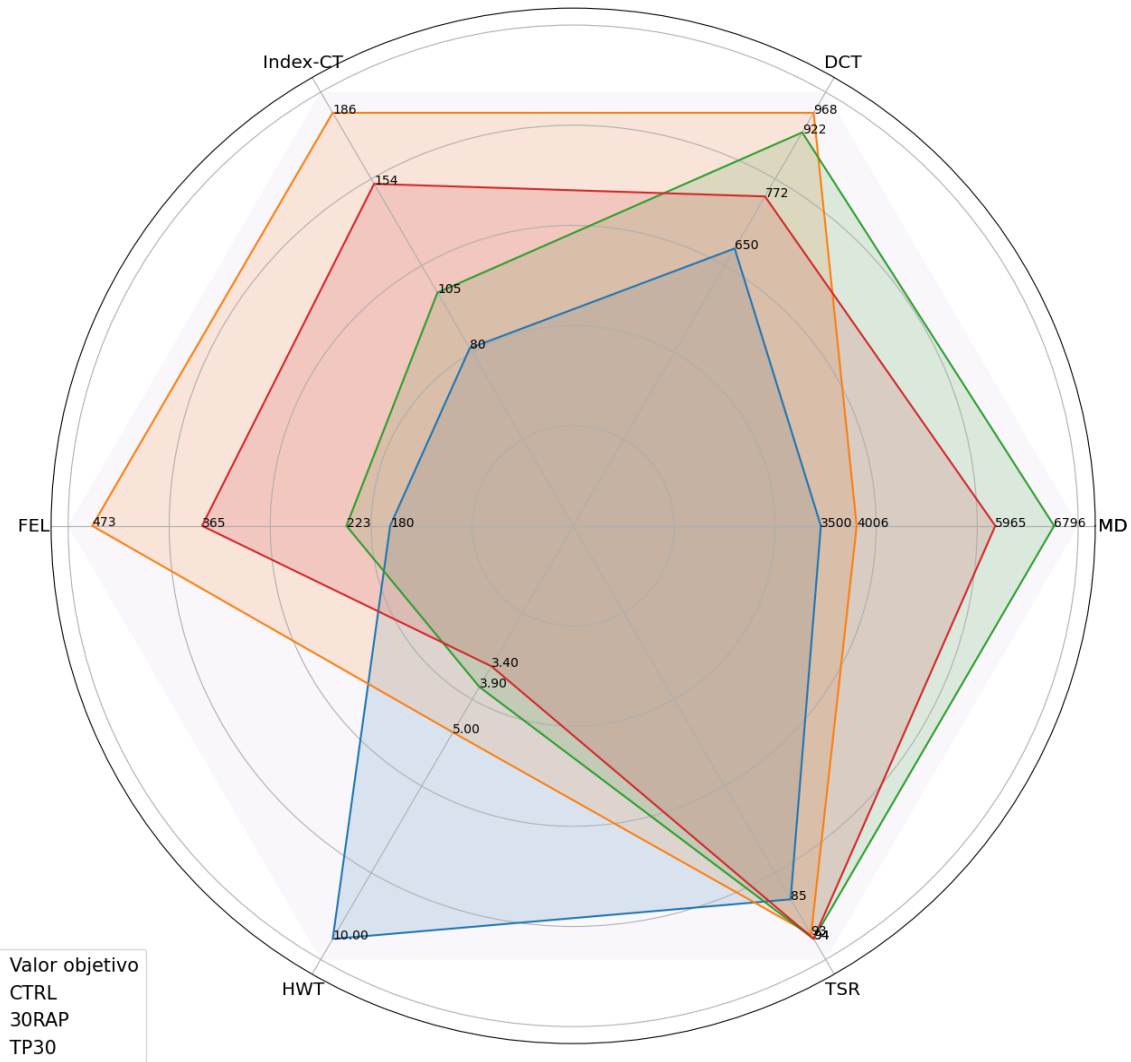


The pooled standard deviation is used to calculate the intervals.



Análisis de resultados

Análisis estadístico



Análisis de resultados

Indicadores de desempeño

Índice de Regularidad Internacional (IRI)

Los valores obtenidos de IRI con el Perfilómetro Inercial Láser en el TP fueron de 1.17 – 1.22 m/km

Valor objetivo (SICT) < 1.8 m/km

Profundidad de Rodera (PR)

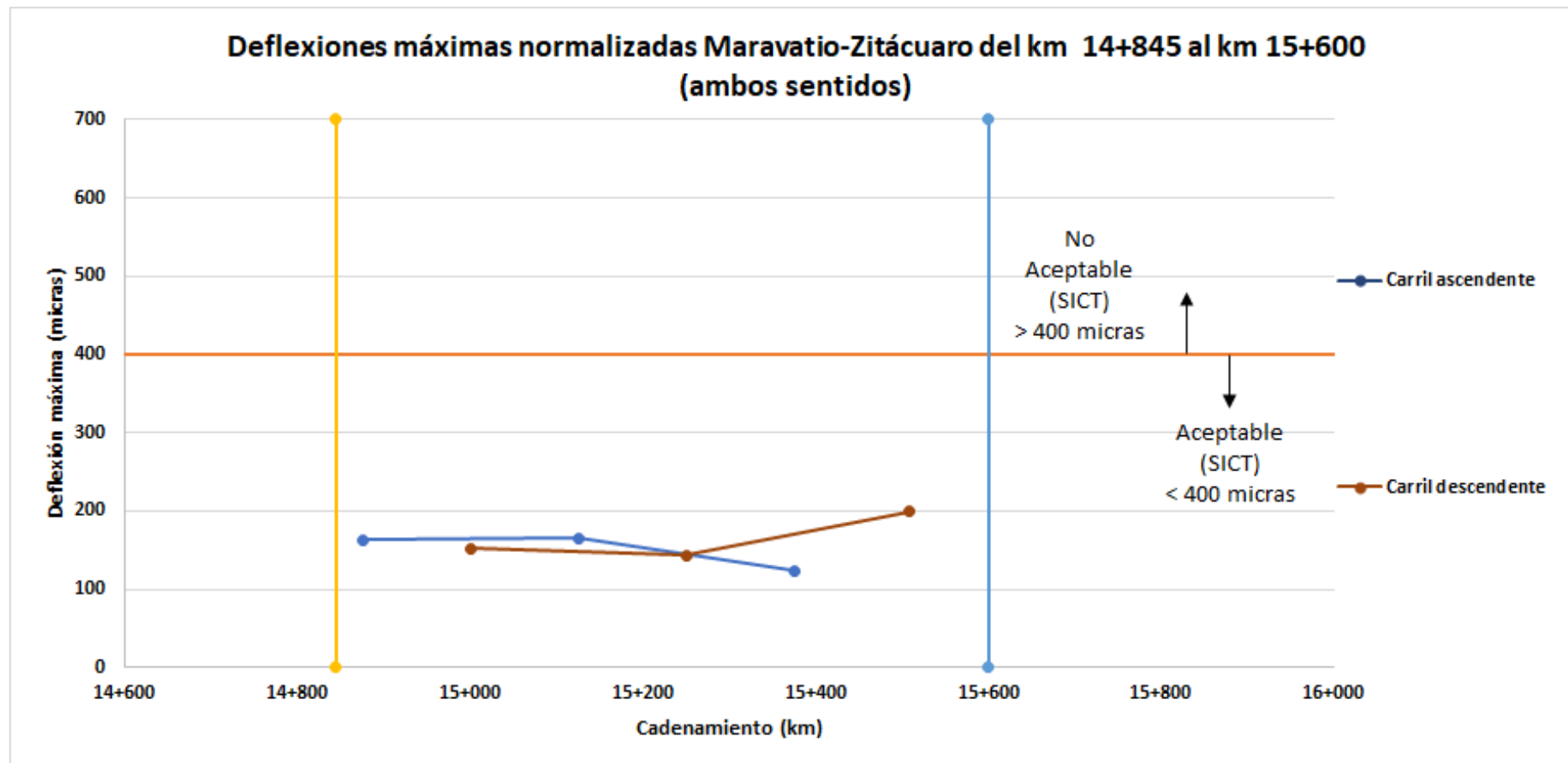
Los valores obtenidos de Profundidad de Rodera (PR) utilizando Perfilómetro Inercial Laser en el TP fueron de 1.59 – 1.61 mm

valor objetivo (SICT) < 5.00 mm



Análisis de resultados

Deflexiones en el pavimento



Análisis de resultados

Cálculo de vida remanente

Subtramo/ Capa de pavimento	km 14+845 al km 15+600 (creciente)	km 14+845 al km 15+600 (decreciente)
Carpeta Asfáltica 30% RAP, MPa	5,200	5,200
Base Asfáltica, MPa	3,250	3,250
Carpeta Asfáltica remanente, MPa	2,600	2,600
Base Hidráulica, MPa	325	325
Capa subrasante, MPa	156	156
Vida remanente (años)	>15	>15

Resultados y Conclusiones

**Condición
final del
pavimento**



Resultados y Conclusiones

**Condición
final del
pavimento**



Resultados y Conclusiones

- En la HMA con 30% RAP, diseñada bajo el concepto de BMD, se obtuvieron niveles adecuados de rigidez sin comprometer la flexibilidad de la mezcla
- La aplicación de buenas prácticas de acopio y manejo del RAP contribuyeron a obtener un RAP consistente
- La selección del cemento asfáltico con rejuvenecedor se realizó mediante la metodología Glover & Rowe (G-R), lo que permitió ajustar las propiedades químicas y reológicas del asfalto virgen para compensar las del asfalto envejecido
- En la planta de producción discontinua, fue posible replicar la FDT de la HMA incorporando el RAP en una fracción única, sin afectar la consistencia del proceso. El estudio demostró que es viable alcanzar desempeños mecánicos comparables entre la HMA con RAP y la mezcla control elaborada con agregados vírgenes
- La incorporación de 30% de RAP permitió una reducción del 2.4% en el consumo del asfalto virgen, en comparación con la mezcla de control.
- Los parámetros volumétricos del diseño de las HMA no mostraron afectaciones significativas debido al uso del RAP, alcanzando los niveles de densificación objetivo.

Resultados y Conclusiones

- Las mezclas con RAP presentaron mayores valores de rigidez en las pruebas de MD y HWT respecto a la mezcla control. En las pruebas de energía de fractura (DCT e Index CT), todas las mezclas cumplieron con los valores objetivo del proyecto.
- En la prueba de fatiga (4PBT), los valores de FEL para las HMA con RAP se mantuvieron por encima del umbral de aceptación, aunque fueron inferiores a los de la mezcla de control.
- Los indicadores de desempeño del pavimento cumplieron con los valores de condición aceptable establecidos en la normativa SICT
- Los módulos elásticos obtenidos por deflectometría en el TP rehabilitado con RAP se ubicaron dentro del rango comúnmente reportado para este tipo de materiales.
- Finalmente, la propuesta de rehabilitación del TP con RAP se obtuvo una vida remanente mayor de 15 años para el tramo carretero en estudio, confirmando la factibilidad técnica del uso de RAP y su potencial como una solución sostenible.

¡muchas gracias!

Ponente: M.I. Eymard Ávila Vázquez

Contacto: eavila@ergon.com

