A stylized, colorful landscape background. At the top right is a large yellow sun with rays. Below it are two dark birds in flight. The sky is light blue. Below the sky are horizontal bands of yellow, white, and purple, representing hills or clouds. At the bottom, there are green and yellow hills. The entire scene is framed by a green border.

**Aplicación del granulado  
de caucho procedente de  
los neumáticos fuera de  
uso en las mezclas  
bituminosas. Claves para  
su desarrollo**

**Experiencias en la Junta de  
Andalucía**

# Actuaciones en la Red Autonómica

- Actuaciones en Jaén:
  - Interconexión de polígonos industriales
  - Refuerzo de firme en la travesía de Martos
  - Vía de servicio en la A-316 Ubeda-Baeza (vía seca)
  - Refuerzo de firme en la A-311 Jaén-Andújar (Polybitume)
- Actuación en Cádiz:
  - Refuerzo de firme en la A-373 El Bosque-Ubrique

# Actuaciones en Jaén



# Antecedentes de las actuaciones en Jaén

- Estas obras han sido ejecutadas en 2008 y 2009, no teniendo datos de su evolución.
- En los refuerzos de firme se empleó polvo de NFU incorporado por vía húmeda en el betún de la capa de rodadura de 5 cm.
- En la obra de mejora de accesos a los polígonos (obra nueva) se utilizó el betún incorporando el polvo de NFU por vía húmeda en la capa de rodadura de 6 cm.
- En la vía de servicio de la A-316 se utilizó la vía seca.

# Mejora de accesos e interconexión de los polígonos industriales



# Mejora de accesos e interconexión de los polígonos industriales



# Refuerzo de firme en la travesía de Martos



# Refuerzo de firme en la travesía de Martos





# Vía de servicio en la autovía A-316 Ubeda-Baeza. Condiciones iniciales

- La obra se divide en dos tramos:
  - De 0+000 a 0+400 con S-12 y S-20 convencionales.
  - De 0+400 a 0+960 con S-12 y S-20 con NFU por vía seca
- Vía de servicio unidireccional
- Obras ejecutadas en febrero y marzo de 2009
- Polvo de NFU de RENEAN: 0-0.6 mm (P2)
- Porcentaje de polvo de NFU: 0.5%
- Tiempo de maduración: 30 minutos

## Vía de servicio en la autovía A-316 Ubeda-Baeza. Características polvo

- Densidad: 1.00 gr/cc
- % Humedad: 0%
- Material Ferromagnético: 0.01
- Granulometría: 0 a 0.6 mm

# Vía de servicio en la autovía A-316 Ubeda-Baeza. Fórmula de trabajo

Mezcla	S-20	S-20 NFU	S-12	S-12 NFU
Contenido NFU	0.0	0.5	0.0	0.5
% Ligante	4.0	4.5	4.8	5.3
Huecos/ Mezcla	5.2	5.1	5.27	4.54
Estabilidad	1733	1585	1944	1681
Deformación	3.0	3.2	2.9	3.04
Inmersión/ Compresión	3.7/92.8 4.0/94.7	4.2/85.0 4.5/78.0	4.5/84.8 4.8/93.2	5.0/81.0 5.3/75.8
Def. Pista	4.0/11.7 4.3/13.8	4.5/13.2 4.8/14.2	4.8/7.8 5.1/12.5	5.3/10.7 5.6/13.7

# Vía de servicio en la autovía A-316 Ubeda-Baeza. Control de calidad

- La mezcla S-12 NFU da mejores valores de estabilidad que la S-12 convencional.
- Mayores valores de deformaciones en NFU.
- Valores de huecos en mezcla similares.
- Deformaciones en pista similares a las de las fórmulas de trabajo.
- Resistencias conservadas similares a las de las fórmulas de trabajo, excepto en S-12 NFU que los ha mejorado (de 75% a 90%).
- Las deflexiones en ADAR son similares en la capa de rodadura en S-12 convencional y NFU (entre 40 y 60). Influencia de la ZA.

# Vía de servicio en la autovía A-316 Ubeda-Baeza. Conclusiones

- Convenio GIASA-ALDESA
- Seguimiento anual en 5 años
- Las diferencias en estado inicial no son significativas
- El 0.5% de polvo NFU permite aumentar el % de betún sin problemas (exudaciones, roderas, deformaciones)
- Mezclas estables con mayor contenido en betún. Posible mejor envejecimiento de las mezclas.

## Vía de servicio en la autovía A-316 Ubeda-Baeza. Costes

- Coste del polvo: Incremento 5% coste total de la mezcla
- Coste de betún: Incremento 5% coste de mezcla
- Coste energético: Incremento de 1 kg de fuel-oil por tn fabricada de mezcla.
- Tiempos de fabricación: Pérdida de un 20% de productividad.
- Pérdida de productividad en compactación.

# Vía de servicio en la autovía A-316 Ubeda-Baeza. Vista terminada



# Vía de servicio en la autovía A-316 Ubeda-Baeza. Textura





# Refuerzo de firme en la A-311. Polybitume C 3b

- Año de ejecución: 2008
- Tipo de mezcla: S-12 con Polybitume C 3b (15.000 tn)
- Categoría del Tráfico: T1
- Betún tipo BMC
- Penetración: 51
- Punto de reblandecimiento: 63 °C
- Recuperación elástica: 42%

# Refuerzo de firme en la A-311. Poliybitume C 3b



# Refuerzo de firme en la A-311. Poliybitume C 3b



# Refuerzo de firme en la A-311. Poliybitume C 3b



# Actuaciones en Cádiz



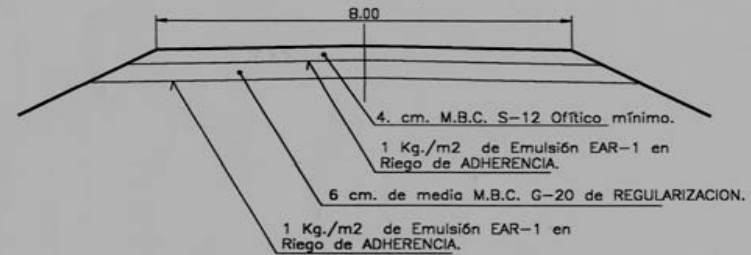
# Proyecto de partida



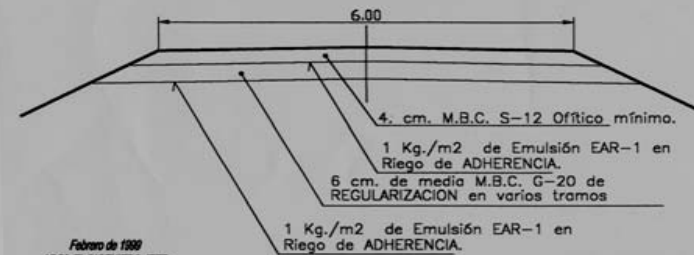
JUNTA DE ANDALUCÍA  
CONSEJERÍA DE OBRAS PÚBLICAS Y TRANSPORTES  
DELEGACIÓN PROVINCIAL DE CÁDIZ  
SERVICIO DE CARRETERAS

PROYECTO DE CONSERVACIÓN: "REFUERZO DE FIRME EN LA A-373  
(Villamartín-Gaucín), P.k: 20+000 AL P.k: 43+000"

SECCION TIPO: P.k: 20+000 AL P.k. 30+000



SECCION TIPO: P.k: 32+900 AL P.k. 43+000



Febrero de 1999  
P.P. EL INGENIERO JEFE  
DE CONSERVACION

Fdo.: D. Alberto Bas Duter

EL INGENIERO AUTOR DEL PROYECTO:

Fdo.: D. Andrés Moya Fernández



JUNTA DE ANDALUCÍA

# Objeto del estudio

☰ Seguimiento de la evolución en el tiempo de tres rehabilitaciones de firme en la carretera A-373, en la provincia de Cádiz.

☰ Análisis del comportamiento de los tramos con mezclas de betún caucho (I y III), frente al tramo con solución convencional (II).

☰ Comprobar si realmente las diferencias teóricas se transforman en diferencias reales de evolución de ambas soluciones.

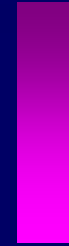
# Metodología del estudio

Estudio anual de los parámetros de evolución del firme, estableciendo un “punto 0” de partida, tras la ejecución de las Obras:

## a) Parámetros punto 0

- Deflexiones
- Regularidad superficial
- Rozamiento transversal
- Textura superficial
- Espesores
- Características geométricas
- Inspección visual (degradaciones)
- Penetraciones y recuperación elástica betún

PRESENTE



FUTURO



## Metodología del estudio. II

b) Parámetros estructurales, obtenidos anualmente (velocidad de deterioro)

- Regularidad superficial
- Rozamiento transversal
- Textura superficial
- Deflexiones
- Inspección visual (degradaciones)
- Penetraciones y recuperación elástica betún

c) Incorporación de los datos de evolución a una aplicación de gestión de los mismos, para su análisis.

# Resultados obtenidos I

## Caracterización de las mezclas bituminosas empleadas (punto cero)

### - Formulas de trabajo de las mezclas bituminosas

Tipo de mezcla	F10 caucho	S20 caucho	S12	G20
Betún/áridos	5.5	5.5	4.7	3.9
Densidad (gr/cc)	2.3	2.31	2.398	2.325
Densidad en parafina	2.717	2.601	2.692	2.635
Estabilidad (Kgf)	981	1.702	1.700	1.600
Deformación (mm)	2.71	3.31	2.8	3.0
Huecos en mezcla (%)	8.57	4.75	4.5	6.6
Huecos en áridos (%)	19.59	15.76	15.1	15.1

# Resultados obtenidos I

## Caracterización de las mezclas bituminosas empleadas (punto cero)

### - Características de los betunes empleados

Tipo de Mezcla	F10 caucho	S20 caucho	S12/G20
Penetración betún de partida	80.0 dmm	55.3 dmm	45.0 dmm
Anillo y bola betún de partida	44.25°C	49.25 °C	48.75 °C
Penetración betún – caucho (13% de Alemania)	42.0 dmm	37.4 dmm	
Anillo y bola betún - caucho	55.75 °C	56.25 °C	
Recuperación elástica por torsión	47.2%	28.9%	

# Resultados obtenidos II

## - Campañas de auscultación 2002 y 2003

PARAMETRO 2002		TRAMO I (b-c)	TRAMO II	TRAMO III (b-c)
Deflexión	Media	42	52	63
	Desviación	11	13	17
CRT		84	69	87
Textura superficial		1.3	0.9	1.0
IRI medio		1.586	2.495	4.571

PARAMETRO 2003		TRAMO I (b-c)	TRAMO II	TRAMO III (b-c)
Deflexión	Media	48	52	65
	Desviación	12	12	19
CRT		75	54	74
Textura superficial		1.0	0.8	0.9
IRI medio		1.962	3.111	4.937

# Resultados obtenidos II

## - Campañas de auscultación 2005 y 2007

PARAMETRO 2005		TRAMO I (b-c)	TRAMO II	TRAMO III (b-c)
Deflexión	Media	51	62	74
	Desviación	15	17	26
CRT				
Textura superficial				
IRI medio		1,675	2,624	4,823

PARAMETRO 2007		TRAMO I (b-c)	TRAMO II	TRAMO III (b-c)
Deflexión	Media	63	82	112
	Desviación	20	32	42
CRT				
Textura superficial				
IRI medio		1,686	2,701	5,057

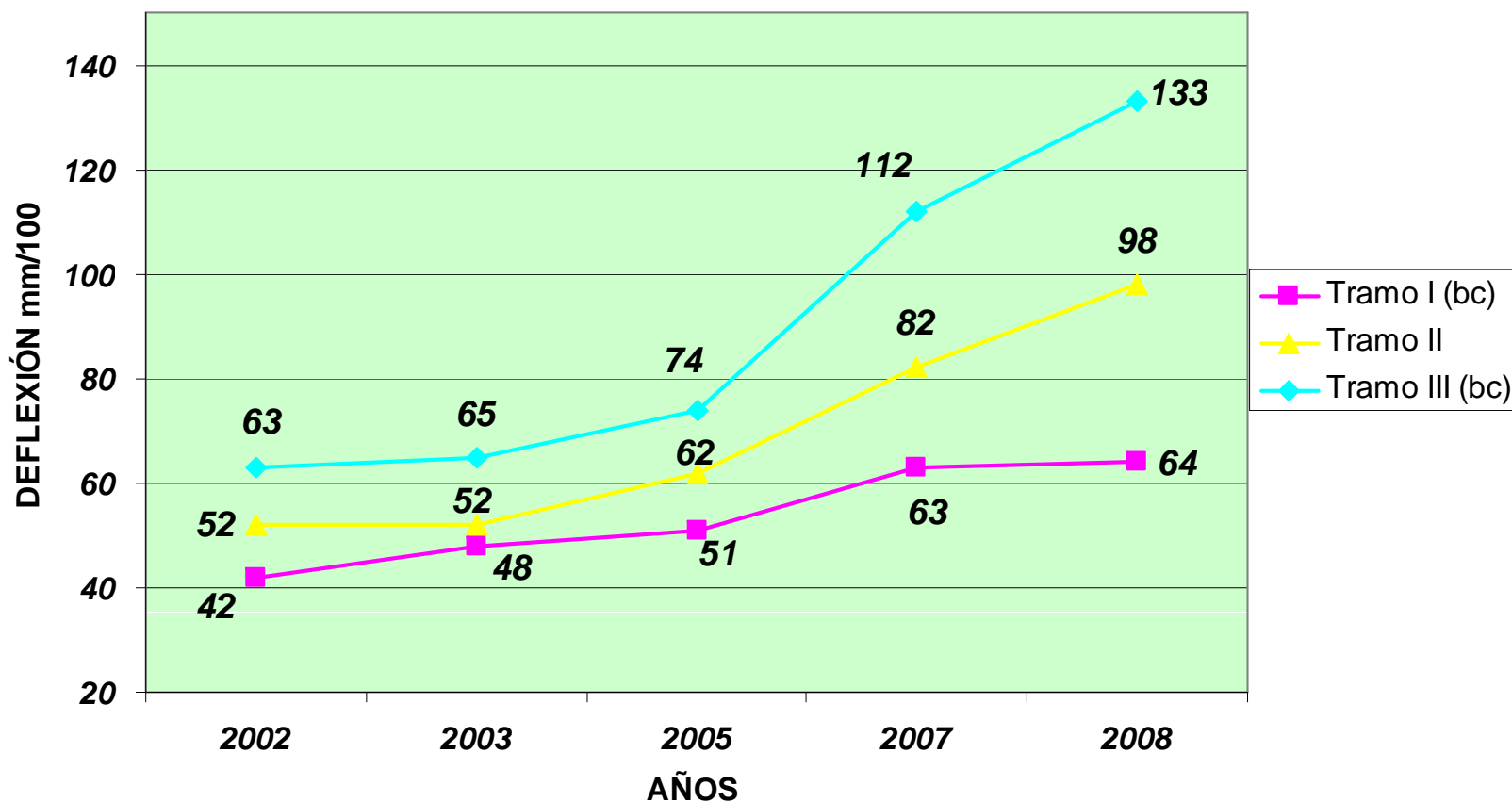
# Resultados obtenidos II

## - Campaña de auscultación 2008

PARAMETRO 2008		TRAMO I (b-c)	TRAMO II	TRAMO III (b-c)
Deflexión	Media	64	98	133
	Desviación	23	41	51
CRT		57	43	60
Textura superficial		1.0	0,7	0,9
IRI medio		1,738	2,741	5,318

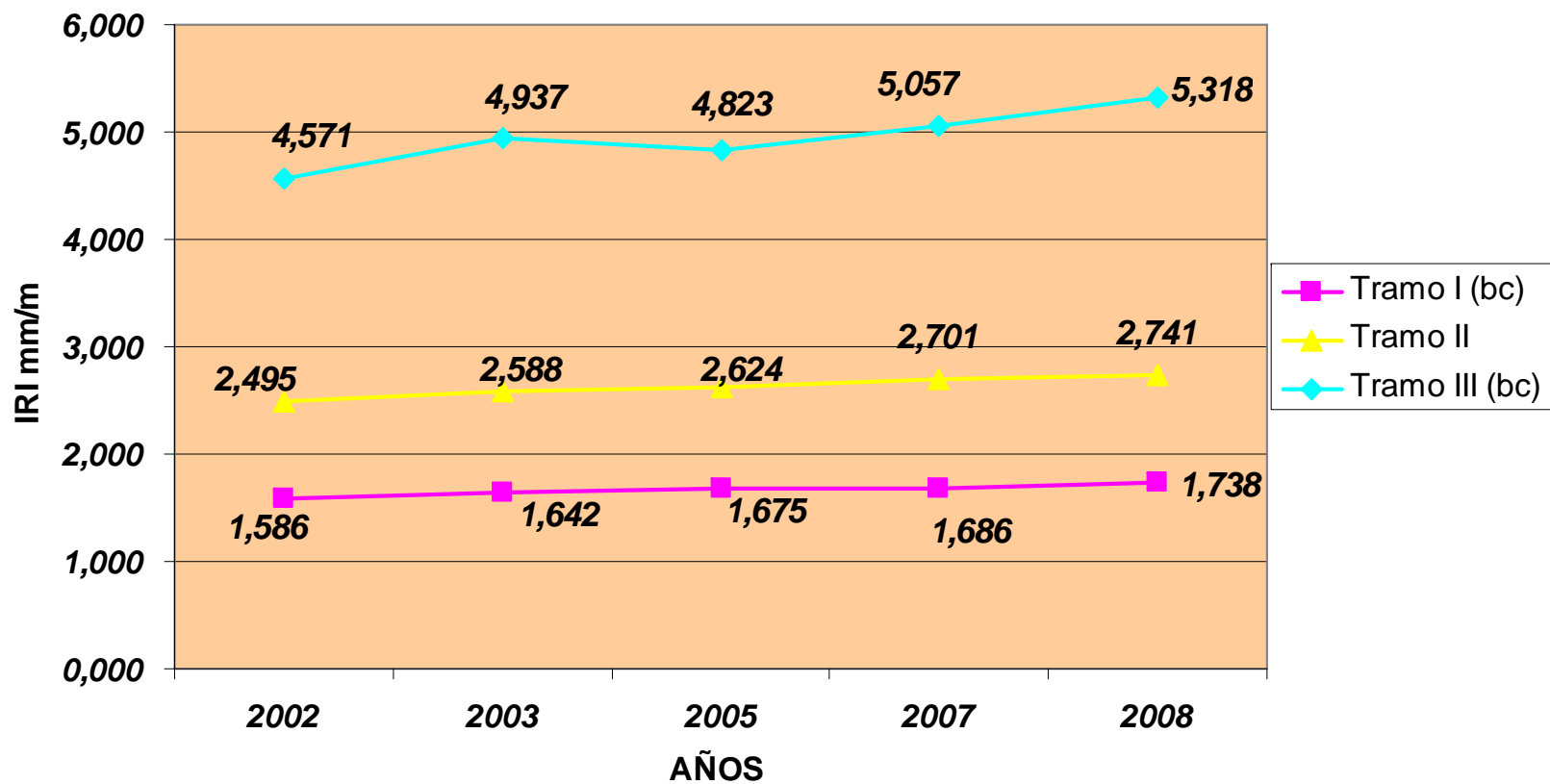
# Resultados obtenidos III

## EVOLUCION DE DEFLEXIONES



# Resultados obtenidos III

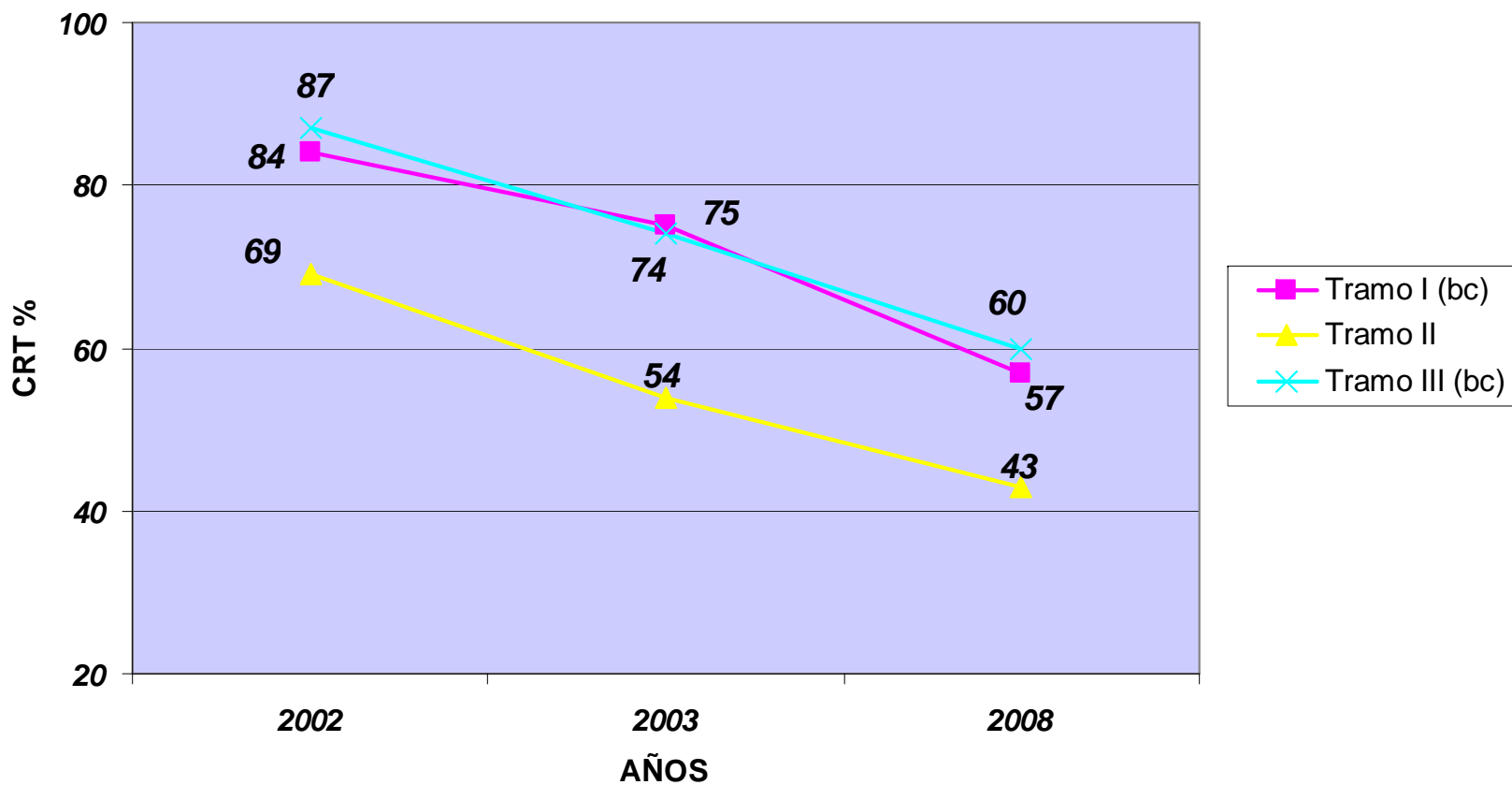
## EVOLUCION DE IRI





# Resultados obtenidos III

## EVOLUCION DE CRT



# Resultados obtenidos III

## - Extracción de testigos 2003

TIPO	PENETRACIÓN	REBLANDECIMIENTO °C	RETORNO ELÁSTICO %	% BETÚN SOBRE ÁRIDOS	% BETÚN SOBRE MEZCLA	DENSIDAD	ESPESOR
F-10 (b/c)	28	63,7	13	4,84	4,62	2,279	3,4
S-12	20	64,4		4,19	4,02	2,313	4,3

# Conclusiones

- Excelente evolución estructural y de regularidad superficial en el primer tramo con dos capas de mezcla de betún caucho
- Peor comportamiento estructural del tramo de mezcla convencional en cuanto a capacidad estructural y similar en regularidad superficial.
- No se detectan diferencias significativas de Rozamiento transversal y Textura superficial
- El tercer tramo con una sola capa de betún-caucho presenta un incremento significativo del nivel de deflexiones y una evolución similar al resto en términos de regularidad superficial.
- Mayor envejecimiento de la mezcla convencional, según se reconoce en la Inspección visual y en los resultados obtenidos de los testigos.

# Tramo I



# Tramo I. Fisuración



# Tramo II



## Tramo II. Fisuración



## Tramo II. Fisuración

