

**Asociación Mexicana de Ingeniería de Vías Terrestres, A.C.  
Delegación Veracruz**

## **Simposio Nacional de Vías Terrestres**

**Gestión de la conservación de pavimentos en  
España**

**Esquemas de financiación y gestión**

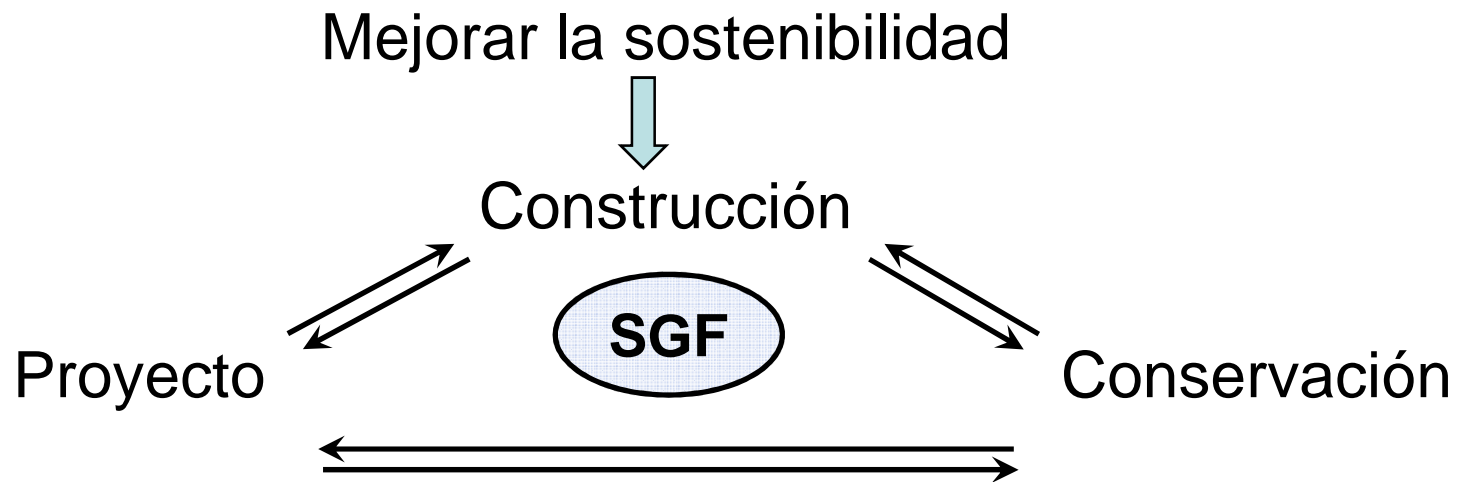
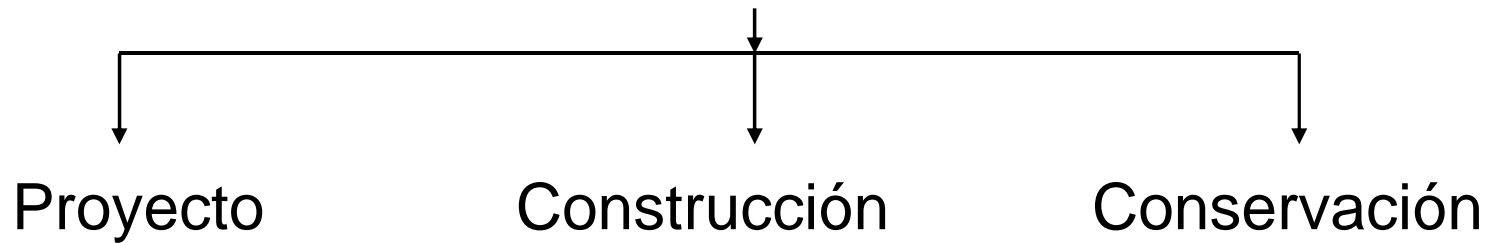
Ponente: Dr. Félix Edmundo Pérez Jiménez  
Catedrático Caminos  
Universidad Politécnica de Cataluña

Veracruz, 5 de junio de 2009

## Necesidad de la gestión de conservación

- Optimizar los gastos de conservación
- Conservación preventiva
  - Esquema A – Construcción, fallo, rehabilitación
  - Esquema B – Construcción, auscultación, mantenimiento
- Mejorar la sostenibilidad de nuestra red de carreteras

## Sostenibilidad de la red



## Distribución de la red de carreteras de España (2004)

<b>Red a cargo del Estado</b>				
Autopistas de peaje	Autovías y Autopista libres	Carreteras de doble calzada	Otras carreteras	Total
2.163	6.267	734	15.991	25.155

<b>Red Comunidades Autónomas</b>				
Autopistas de peaje	Autovías y Autopista libres	Carreteras de doble calzada	Otras carreteras	Total
356	1.319	73	68.094	69.842

<b>Red Diputaciones Provinciales y Cabildos</b>				
Autopistas de peaje	Autovías y Autopista libres	Carreteras de doble calzada	Otras carreteras	Total
-	-	-	69.496	69.496

## Distribución red de gran capacidad

<b>Estado</b>	<b>9.164</b>
Autopistas de peaje	2.163
Autopistas libres y autovías	6.267
Doble calzada	734
<b>Comunidades Autónomas</b>	<b>2.407</b>
Autopistas de peaje	356
Autopistas libres y autovías	1.319
Doble calzada	732
<b>Diputaciones y Cabildos</b>	<b>871</b>
Autopistas de peaje	121
Autopistas libres y autovías	518
Doble calzada	232
<b>Total</b>	<b>12.442</b>

## Valor patrimonial de las carreteras en España

Millones de euros de 2004	Sin peaje	Peaje	Total
Estado	48.648	13.872	62.520
Resto AAPP	57.777	3.068	60.845
<b>Total</b>	<b>106.425</b>	<b>16.940</b>	<b>123.365</b>

## Tráfico vehículos

Años	Total			Administración Central			Comunidades Autónomas			Diputaciones Provinciales		
	Millones veh-km	% Total	% Pesados	Millones veh-km	% Total	% Pesados	Millones veh-km	% Total	% Pesados	Millones veh-km	% Total	% Pesados
1996	173.688	100	12,4	85.614	49,3	16,0	72.841	41,9	9,0	15.233	8,8	9,0
2000	208.508	100	13,8	104.933	50,3	17,3	90.308	43,3	10,3	13.267	6,4	9,6
2004	241.715	100	13,2	122.645	50,7	16,9	104.354	43,2	9,4	14.716	6,1	8,5

## Distribución del tráfico interior de mercancías

Modos de transporte	1995	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	Reparto modal 2007 (%)
Carretera	157.200	276.284	297.396	322.637	324.183	337.948	334.081	328.702	331.537	352.515	83,86
Ferrocarril	10.802	11.801	12.167	12.323	12.248	12.391	12.019	11.641	11.592	11.116	2,64
Tubería	7.137	8.925	9.936	10.199	10.448	10.225	11.415	12.638	12.763	12.606	3,00
Marítimo	34.750	32.306	35.935	38.436	38.150	39.660	40.005	43.835	43.530	44.040	10,48
Aéreo	90	96	97	97	94	95	95	91	86	77	0,02
<b>TOTAL</b>	209.979	329.412	355.731	383.692	385.123	400.319	397.615	397.927	399.508	420.354	100



**Estado de la red  
Niveles de servicio. Año 2005**

Nivel de servicio	Hora 100		Hora 1.000		Hora 2.500	
	km	%	km	%	km	%
A	3.901	24,4	5.822	36,4	6.943	43,4
B	4.440	27,8	4.671	29,2	4.743	29,7
C	3.437	21,5	2.925	18,3	2.391	15,0
D	2.284	14,3	1.587	9,9	1.231	7,7
E	1.437	9,0	772	4,8	545	3,4
F	493	3,1	214	1,3	138	0,9
<b>Total</b>	<b>15.991</b>	<b>100</b>	<b>15.991</b>	<b>100</b>	<b>15.991</b>	<b>100</b>

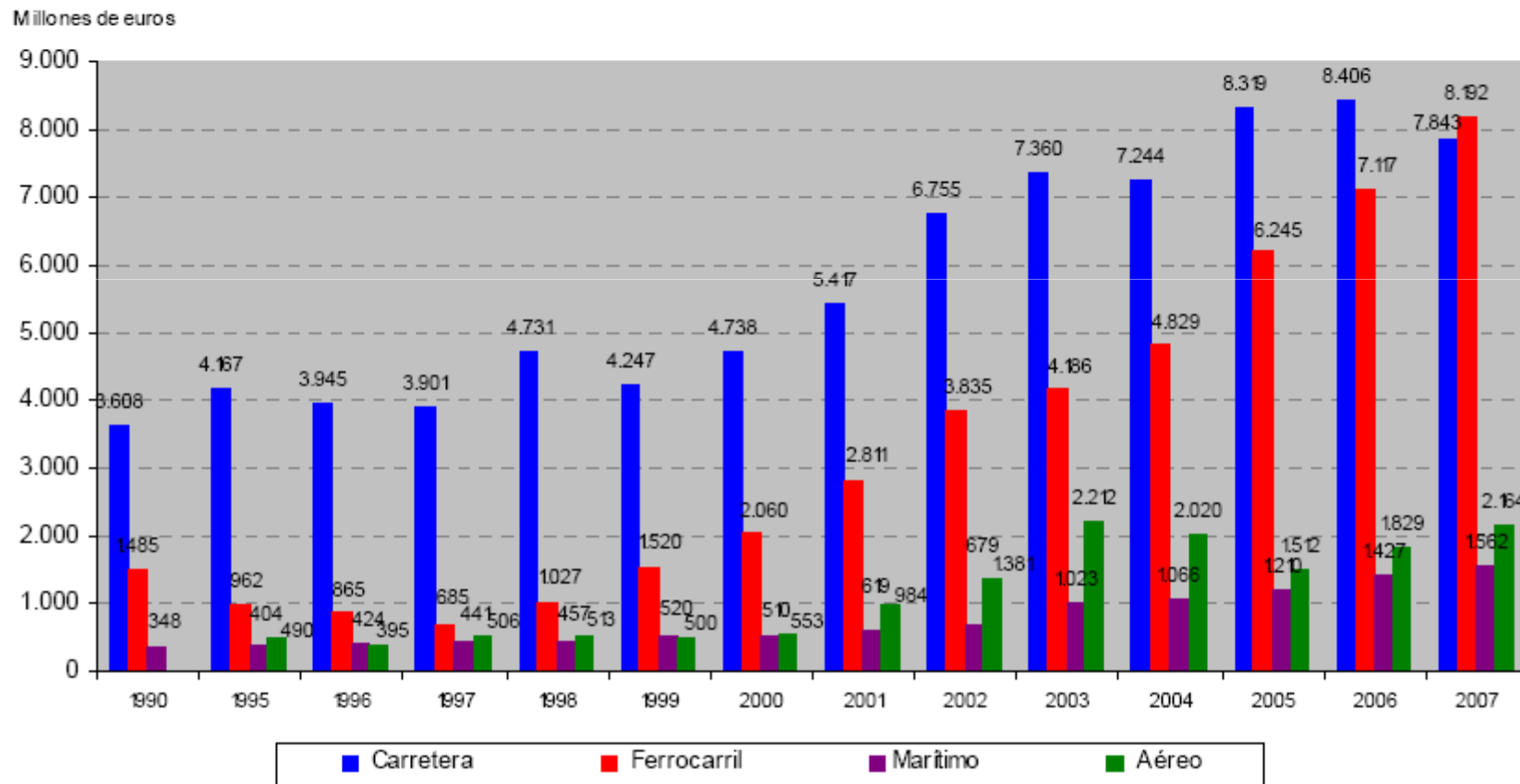
**Estado de la red**  
**Estado del firme**

Indicador 2004	Bueno		Regular		Malo	
	km	%	km	%	km	%
Deflexiones	15.650	56	5.050	18	7.100	26
CRT	18.900	68	4.150	15	4.750	17
IRI	16.100	58	7.800	28	3.900	14
Inspecciones	6.950	25	8.600	31	12.250	44
Conjunto	7.500	27	8.350	30	11.950	43

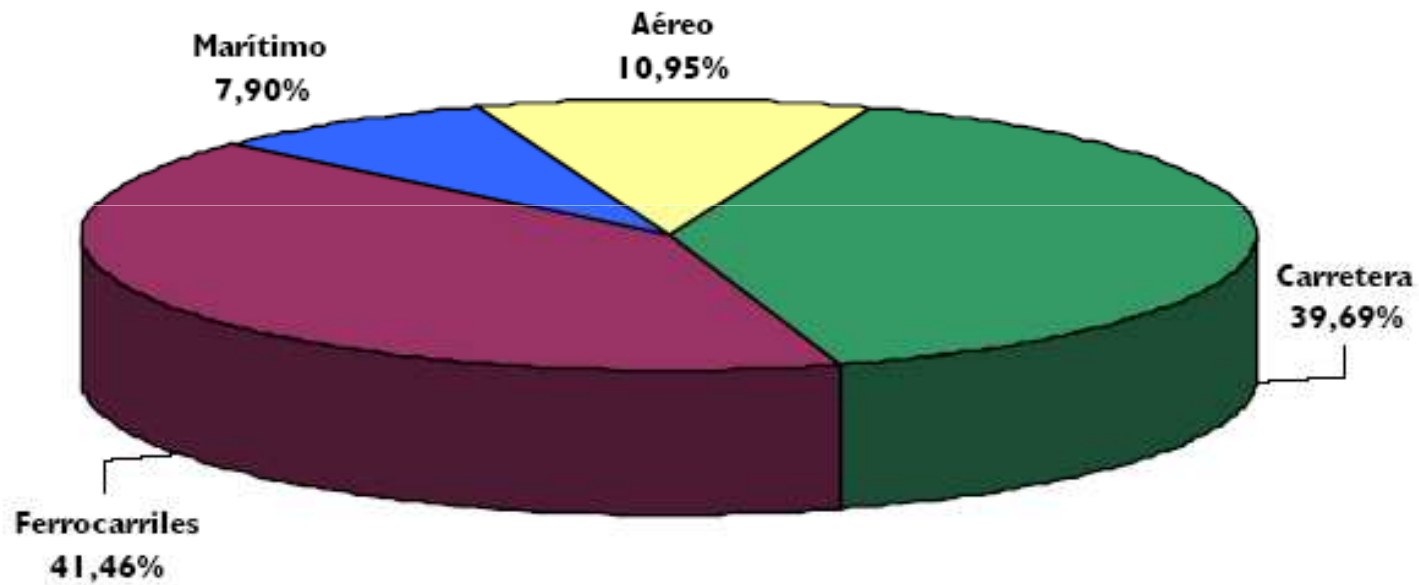
**Estado de la red**  
**Estrategia de conservación. Año 2012**

Indicador 2012	Bueno		Regular		Malo	
	km	%	km	%	km	%
Deflexiones	27.800	100	-	-	-	-
CRT	27.800	100	-	-	-	-
IRI	27.800	100	-	-	-	-
Conjunto	27.800	100	-	-	-	-

## Inversiones según modos de transporte



## Inversiones según modos de transporte. Año 2007



Inversión Total : 1.971 Millones de euros

## Inversión carreteras 2009

Dotación (millones de €)	$\Delta$ (08)	Construcción (millones de €)	Conservación (millones de €)	Otros (millones de €)
5.636	16%	3.881	1.251	504

## Programa construcción 2009

- Se pondrán en servicio 405 km de autovías
- Se iniciarán obras en 373 km de autovías
- Se continuarán obras en 1.162 km de autovías

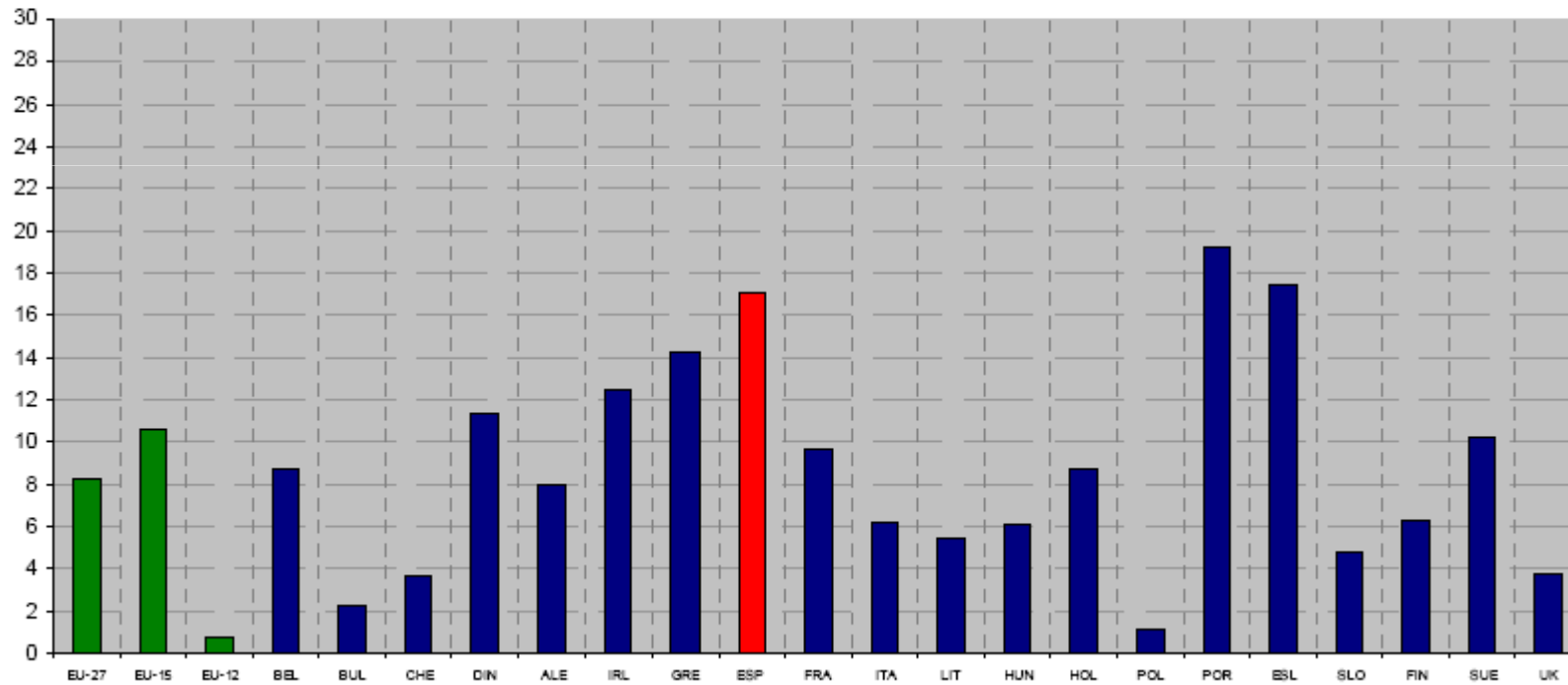
## Programa conservación, explotación y seguridad vial. Año 2009

La inversión en conservación, explotación y seguridad vial, 1.251 millones de €, **supone el 1,9% del valor patrimonial de la red.**

- Refuerzo de firmes: 555 millones €
- Barrera seguridad: 180 millones €
- Eliminación tramos con concentración accidentes: 131 millones €
- Seguridad túneles: 55 millones €

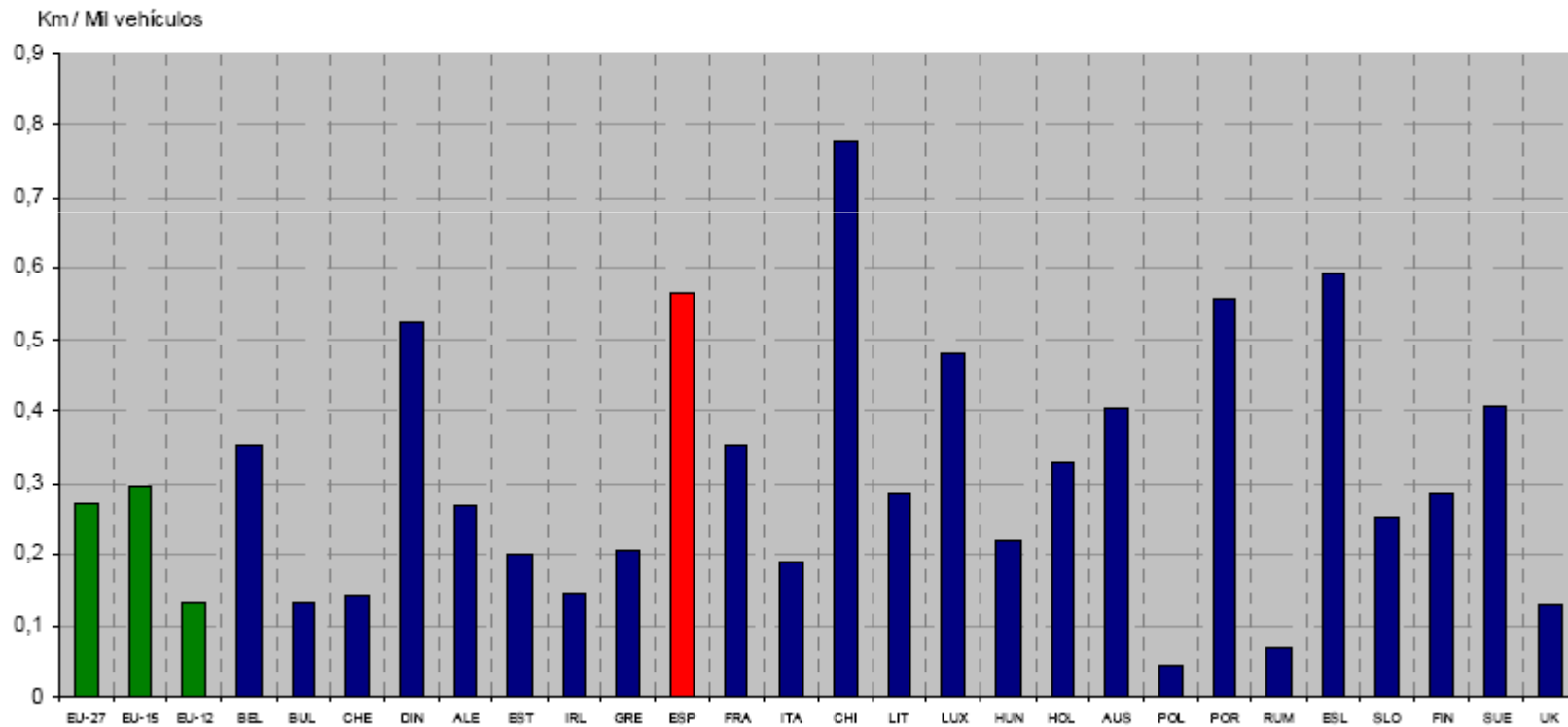
## Estado de la red Índice de dotación por (Vj + Tn)-km. Año 2005

Km / Miles de Millones de (Vj+Tn)-Km



## Estado de la red

### Índice de dotación con relación al número de vehículos. Año 2005





## Gestión de la conservación

### Seguimiento y control del estado de la carretera

- Aspectos funcionales
  - Macrotextura
  - adherencia
  - Regularidad
- Aspectos estructurales
  - Deflexión
  - Deterioros superficiales

## Equipos de auscultación

Parámetro	Ensayo/Equipos	Norma
Macrotextura	Mancha de arena	NLT-335
Coeficiente rozamiento transversal (CRT)	SCRIM	NLT-336
Regularidad (IRI)	Equipos láser	NLT-330
Deflexión	Deflectógrafo	NLT-337
	Curviámetro	-
	Deflectómetro impacto	NLT-338
Deterioro Superficial	Inspección visual Videos	Catálogo de deterioro

## Equipos de auscultación



Ensayo del círculo de arena



Equipos láser para medida de  
textura y regularidad

## Equipos de auscultación



Scrim, vehículo de ensayo



Scrim, rueda de ensayo

## Equipos de auscultación



**Analizador regularidad superficial CEDEX**



## Equipos de auscultación



Curviámetro



Deflectómetro de impacto

## Especificaciones de recepción y servicio

Mediante el empleo de los equipos de auscultación antes referidos, el Ministerio de Fomento ha establecido una serie de especificaciones para los parámetros antes indicados:

- Textura, CRT
  - Regularidad
  - Deflexión
- 
- En la recepción de obras nuevas  $\Rightarrow$  calidad exigida
  - En el servicio de la vía  $\Rightarrow$  niveles de estado y actuación

## Especificaciones de recepción

### Textura y CRT

Tipo de mezcla	PA	BBTM B	BBTM A	AC
<b>Profundidad mínima mancha de arena (mm)</b> NLT-335	1,5	1,5	1,1	0,7
<b>Coefficiente mínimo rozamiento transversal (%)</b> NLT-336	60	60	65	65

PA: mezclas porosas

AC- Mezclas tipo hormigón bituminoso densas y semidensas.

BBTM- Mezclas tipo microaglomerados discontinuos, capa delgada.



## Especificaciones de recepción

### Regularidad

IRI (dm/mm) NLT-330			1,5	1,8	2,0	2,5	3,0
<b>Mezclas bituminosas tipo AC y PA</b> Art. 542, PG-3	<b>Nueva construcción</b>	Rodadura e Intermedia (A)	50	80	100		
		Rodadura e Intermedia (RV)	50		80	100	
		Resto de capas			50	80	100
	<b>Rehabilitación</b>	Esesor recrecimiento > 10 cm (A)	50	80	100		
		Esesor recrecimiento > 10 cm (RV)	50		80	100	
		Esesor recrecimiento < 10 cm (A)	50		80	100	
		Esesor recrecimiento < 10 cm (RV)	50			80	100
<b>Mezclas bituminosas BBTM A y B</b> Art. 543, PG-3	<b>Nueva construcción</b>	Autopistas y autovías (A)	50	80	100		
		Resto de vías (RV)	50		80	100	
	<b>Rehabilitación</b>	Esesor recrecimiento > 10 cm (A)	50	80	100		
		Esesor recrecimiento > 10 cm (RV)	50		80	100	
		Esesor recrecimiento < 10 cm (A)	50		80	100	
		Esesor recrecimiento < 10 cm (RV)	50			80	100

## Especificaciones de servicio

### Textura, CRT e IRI

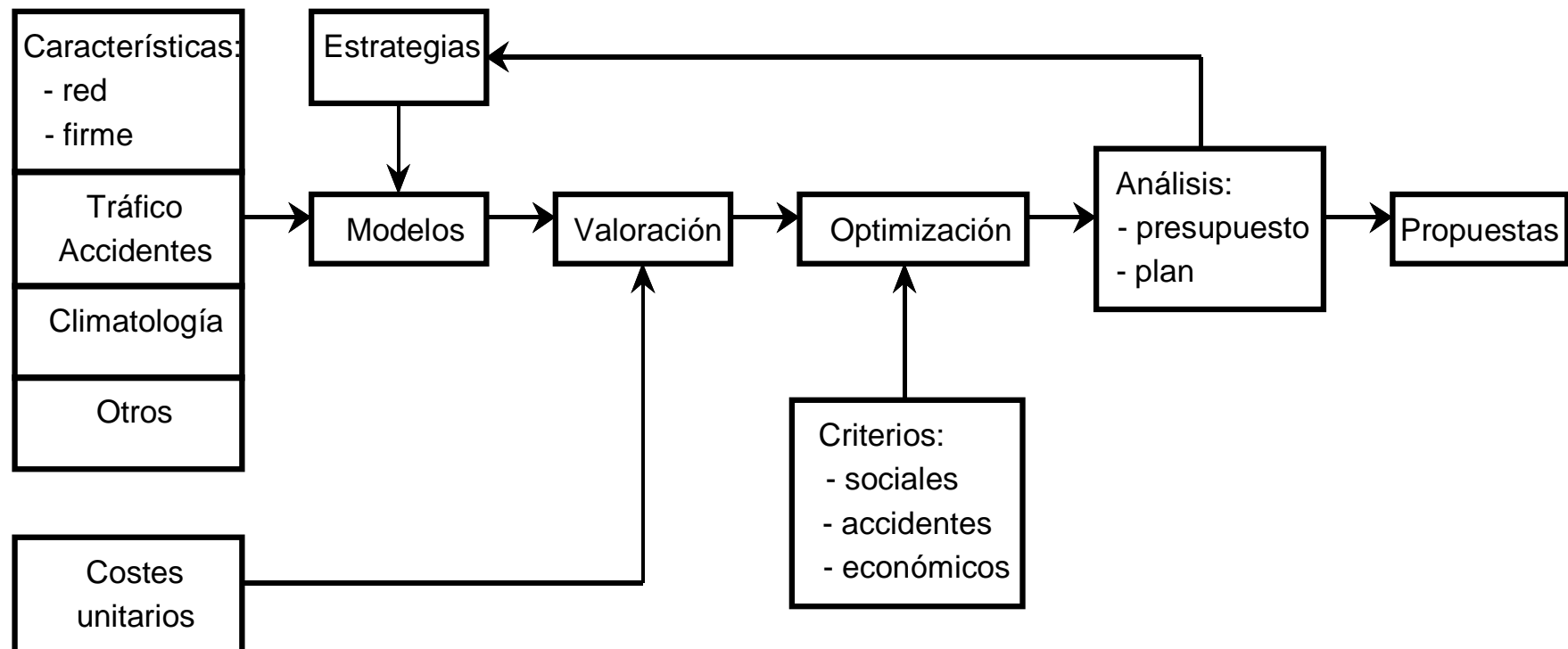
	Valores Puntuales		Valores Medios (1 Km)			
	Valor mínimo	Tiempo Resp.	Valor mínimo	Tiempo Resp.	Penalización	Bonificación
Macrotextura. NLT-335 (mm)	0,5	1 mes	0,7	2 meses	0,7-1,2	>1,7
CRT. NLT-336 (%)	35	1 mes	40	2 meses	40-50	>60
IRI. NLT-330	3,5	1 mes	2	2 meses	1,5-2	<1

## Especificaciones de servicio

### Estado estructural, deflexiones

		Valores Puntuales. Deflexión Patrón.		Tramos homogéneos. Deflexión Característica.			
		Valor mínimo	Tiempo Rest.	Valor mínimo	Tiempo Rest.	Penalización	Bonificación
Flexibles y Semiflexibles	T00	50	6 meses	50	1 año	30-50	<20
	T0	50	6 meses	70	1 año	40-70	<30
	T1	75	6 meses	80	1 año	60-80	<30
	T2	100	6 meses	100	1 año	80-100	<55
	T3	125	6 meses	110	1 año	80-110	<70
	T4	150	6 meses	130	1 año	100-130	<80
Semirrígidos	T00	35	6 meses	40	1 año	30-40	<10
	T0	40	6 meses	50	1 año	35-50	<15
	T1	40	6 meses	60	1 año	40-60	<15
	T2	50	6 meses	80	1 año	60-80	<35
	T3	50	6 meses	80	1 año	60-80	<40
	T4	80	6 meses	100	1 año	80-100	<60

Base de datos Simulación Valoración Optimización Análisis



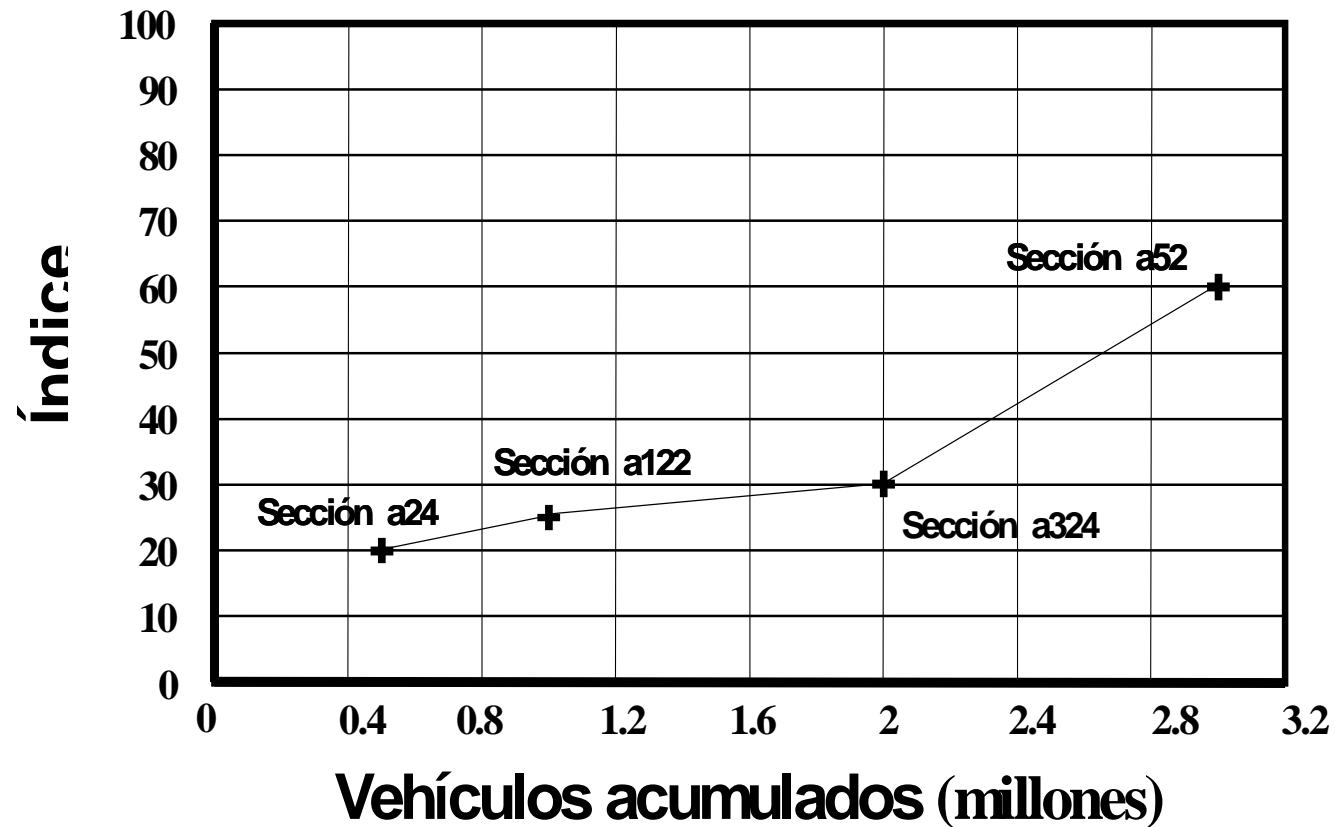
## ÍNDICES DE SERVICIO

- **Deben definirse en función de parámetros significativos**
- **Índice de servicio firmes flexibles (AASHO)**
- $PSI = 5,03 - 1,9 \log (1 + SV) - 0,01 \sqrt{C + P} - 1,38 RD2$
- **Índice de servicio firmes rígidos (AASHO)**
- $PSI = 5,41 - 1,8 \log (1 + SV) - 0,09 \sqrt{C + P}$
- **Índice estructural (CEDEX)**

$$I.E. = \frac{\text{Longitud carril fisurado}}{\text{Longitud Total}} \times 100$$

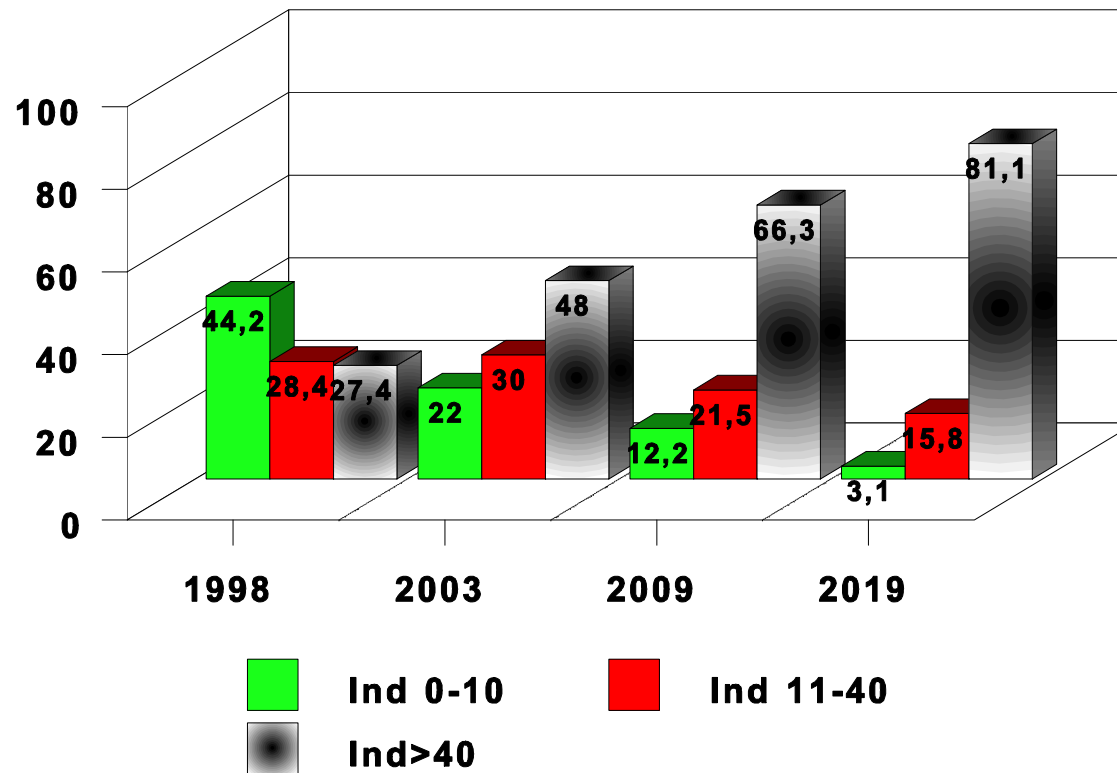
## MODELOS DE COMPORTAMIENTO (CEDEX)

### FIRME TIPO X25

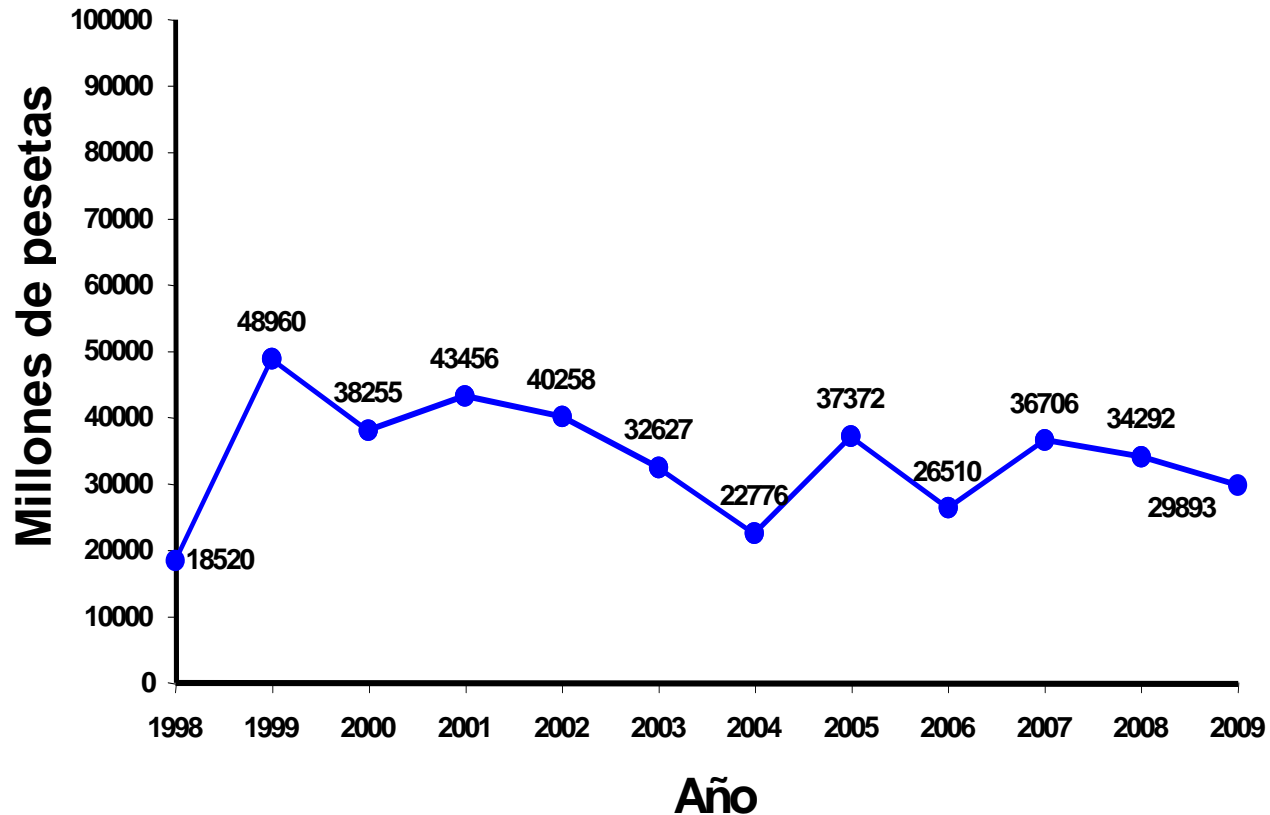


## MODELOS DE COMPORTAMIENTO (CEDEX)

Evolucin del estado de la red si no se acta  
(% de longitud de red)

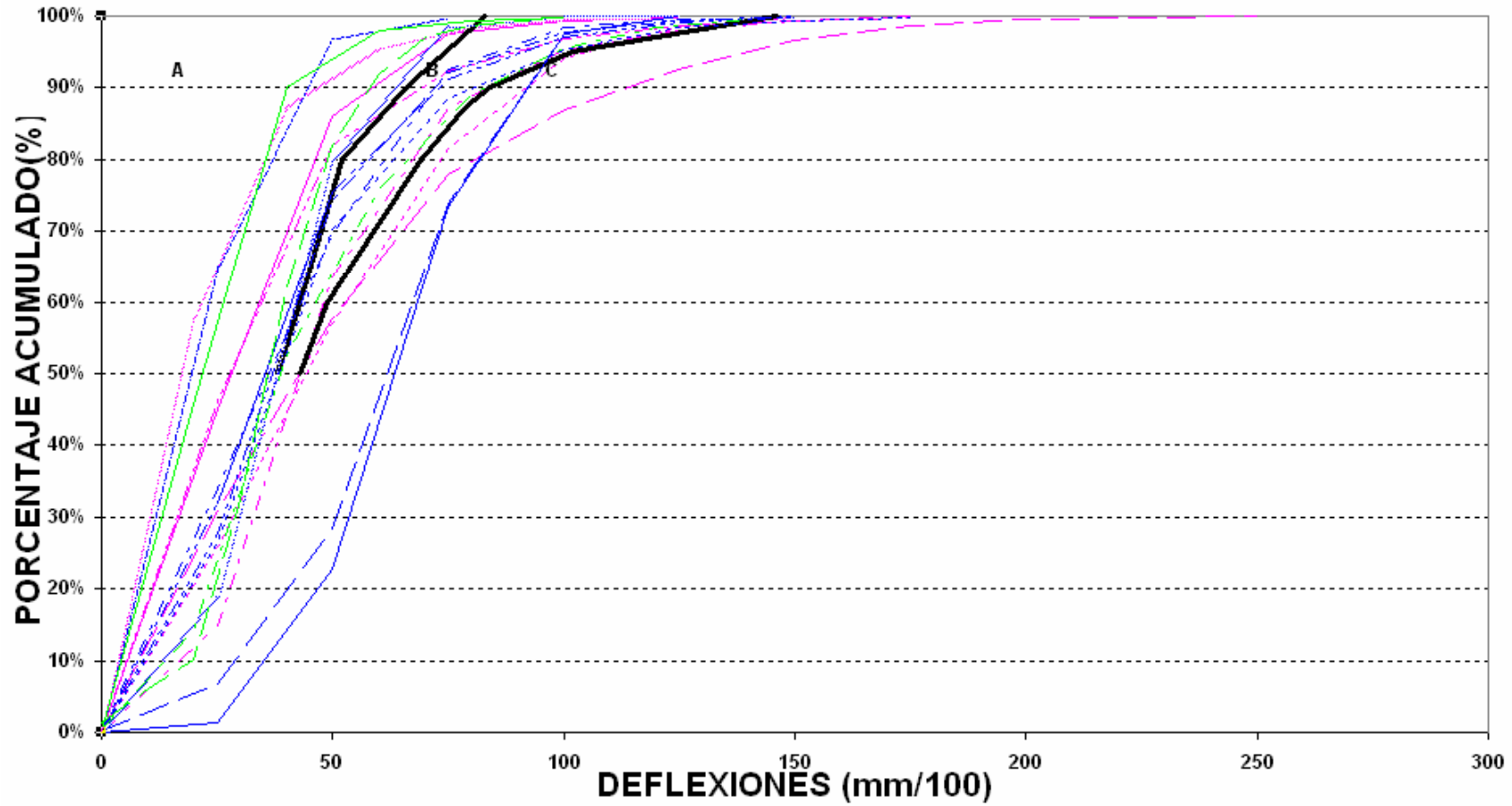


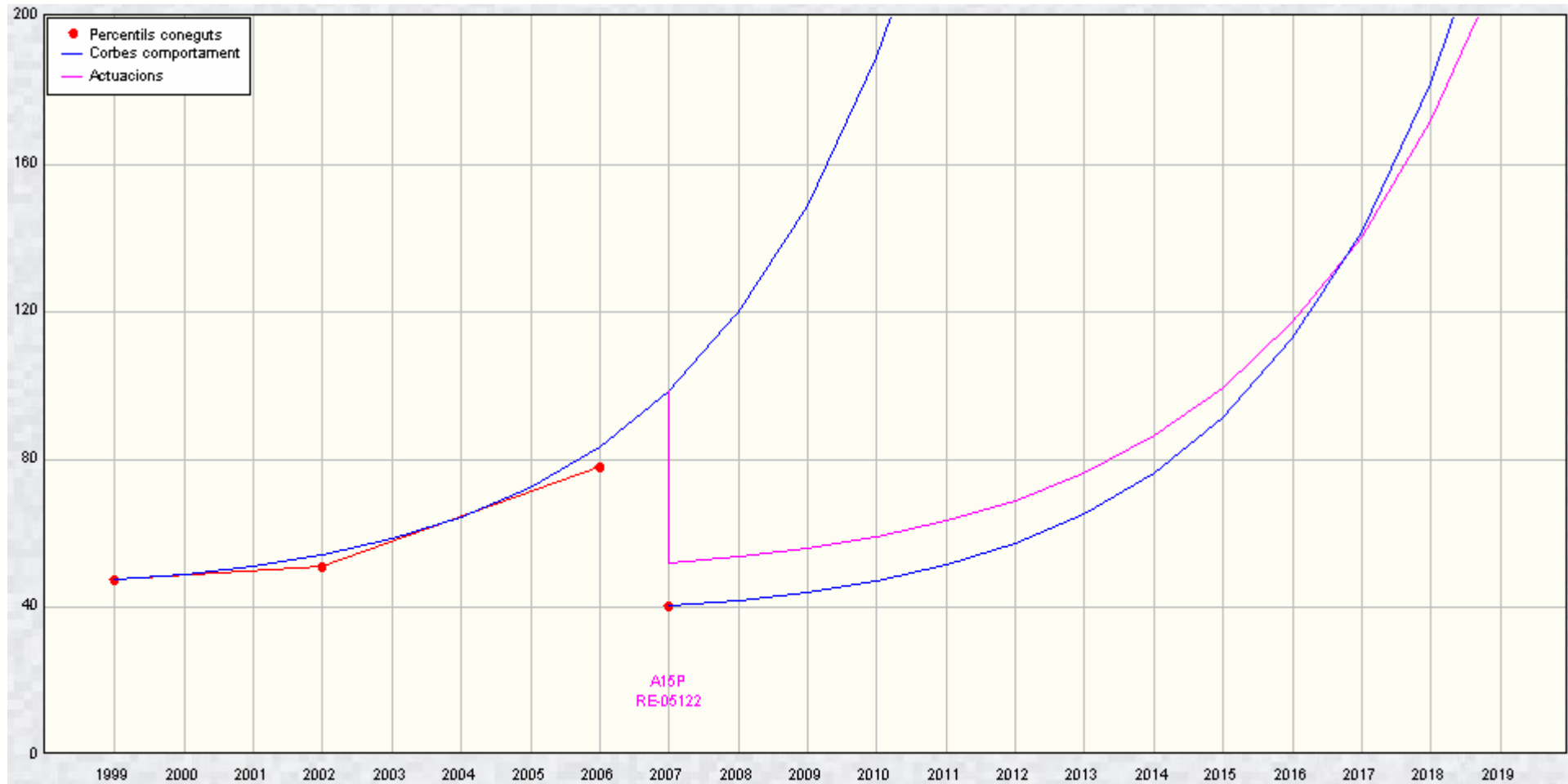
## MODELO DE COMPORTAMIENTO (CEDEX) PRESUPUESTO CONSERVACIÓN





## ÍNDICES DE SERVICIO (Generalitat)





**ALTERNATIVES DE CONSERVACIÓ**

**Definició de les Estratègies**

Anàlisi:  Data:

Descripció:  Inici Anàlisi:

Trams a estudiar:  ... Any Inici:  Any horitzó:

Costos expressats en milers d'euros

Grups de Trams						Estratègies	Definició			
Grup	Trànsit	Deflectometria	Regularitat	Adherència	Insp. Visual		Programada		Resposta	
3	T0	Mal				E00			2	
4	T1	Bè				E01	1a. Actuació 1		Max. Deflex Admissible	Codi
5	T1	Regular				E02	Anys	Codi	35	A8P
6	T1	Mal				E03	0	A8P		
7	T2	Bè					Reste Actuacions 3			
8	T2	Regular					Interval	Codi		
9	T2	Mal								

Trams Grup 3						Costos Estratègia E01								
Carretera	PKI	PKF	Sentit	Deflex	Index	Any	Deflex	Index	ActRef	ActOrd	GU	CONG	T	TA
C-31C	0 + 000	2 + 998	Creixent	53	Mal	2006	52	Mal	311		102.356	382	103.049	103.049
C-31C	0 + 000	2 + 998	Decreixent	52	Mal	2007	43	Mal	311		102.356	382	103.049	99.085
C-59	0 + 155	3 + 992		65	Mal	2008	36	Bè	263		61.414	382	62.059	57.377
						2009	31	Bè	263		61.414	382	62.059	55.170
						2010	31	Bè			61.414		61.414	52.497
						2011	31	Bè			61.414		61.414	50.478
						2012	31	Bè		7	61.414		61.421	48.542

Benefici/Cost							
Estratègia	Cost de les Actuacions	Cost de Usuaris	Cost de Congestió	Cost Total	Cost Total Actualizat	Benefici	B/C
E00		1.125.917		1.125.917	932.555		
E01	1.154	757.435	1.528	760.118	642.378	290.178	265,8
E02	782	675.550	764	677.097	561.054	371.501	481,7
E03	837	675.550	764	677.151	561.106	371.449	451,0

Recerca de trams

Carretera:

PK Inicial:  Sentit:

Resultat:

## IMPLEMENTACIÓN Y MANTENIMIENTO SGF

- ▶ Es una decisión política-administrativa
- ▶ Es necesario mostrar sus ventajas
- ▶ Bases de datos sencillas, fáciles de alimentar y de consultar
- ▶ Parámetros representativos y fáciles de medir
- ▶ Recoger y almacenar adecuadamente datos de la construcción de nuevos firmes
- ▶ Implementar por fases
- ▶ No desanimarse

**Muchas gracias por su atención!**

**Félix E. Pérez Jiménez**