

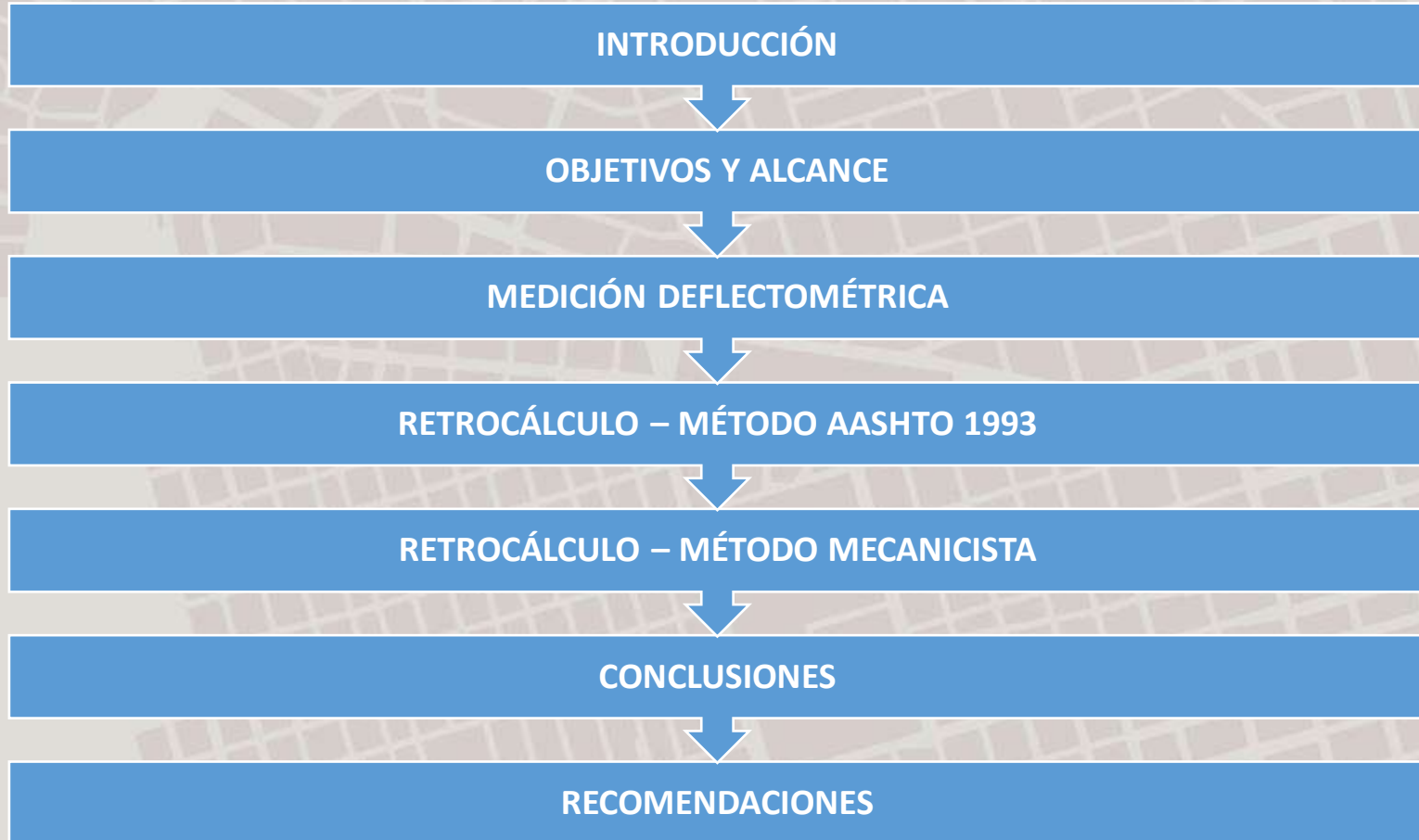
EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE LA RUTA NACIONAL N° 10 MEDIANTE EL ANÁLISIS DE DEFLECTOMETRÍA FWD



Ing. Guillermo Mas Duarte
Ing. Alfredo Sánchez Méndez

Asunción, Octubre de 2014

ESQUEMA DE LA PRESENTACIÓN



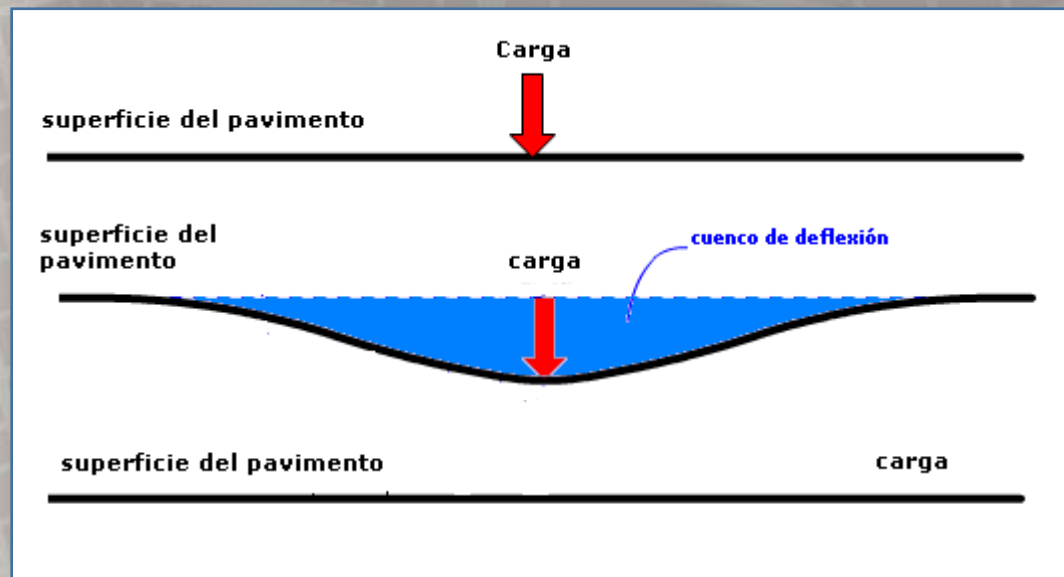
PAVIMENTO



El pavimento es una estructura constituida por varias capas, de diversos materiales, espesores y módulos, que al ser sometida a una determinada sollicitación se produce en él, un estado de tensiones y deformaciones verticales. Este desplazamiento se conoce con el nombre de **DEFLEXIÓN**.

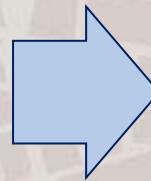
INTRODUCCIÓN

- La deflexión es la magnitud de la respuesta elástica que experimenta un pavimento al paso de una carga, la cual es función tanto del tipo (materiales) y estado del pavimento, como del método y del equipo de medida, a partir de lo cual, es posible realizar una relación entre los valores de los módulos de las diversas capas que componen el pavimento y los valores de la deflexión de los mismos.



OBJETIVO

La medición y estimación de los valores de tensión y deformaciones a la que está sometida una estructura de pavimento puede ser realizado mediante diferentes metodologías entre las cuales una de ellas es la utilización de deflectómetro de impacto tipo FWD.



El objeto de este trabajo es la medición y estimación del comportamiento de una estructura mediante la utilización de este método para luego evaluarla en el tiempo.

DATOS DEL PROYECTO



- Rehabilitación y Pavimentación Asfáltica de la Ruta N° 10 “Las Residentas”
- Tramo: Pto. Rosario – San Estanislao,
- Sección II – Prog. 37+500 a 75+400 (37,9 km);
- Se desarrolla en el Departamento de San Pedro, entre Itacurubí del Rosario y el empalme con la Ruta Nacional N° 3 “General Elizardo Aquino”.

PAQUETE ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO

- La conformación del paquete estructural del pavimento de la Sección II de la Ruta N° 10, con los espesores respectivos de cada capa, se indican con detalle a continuación:

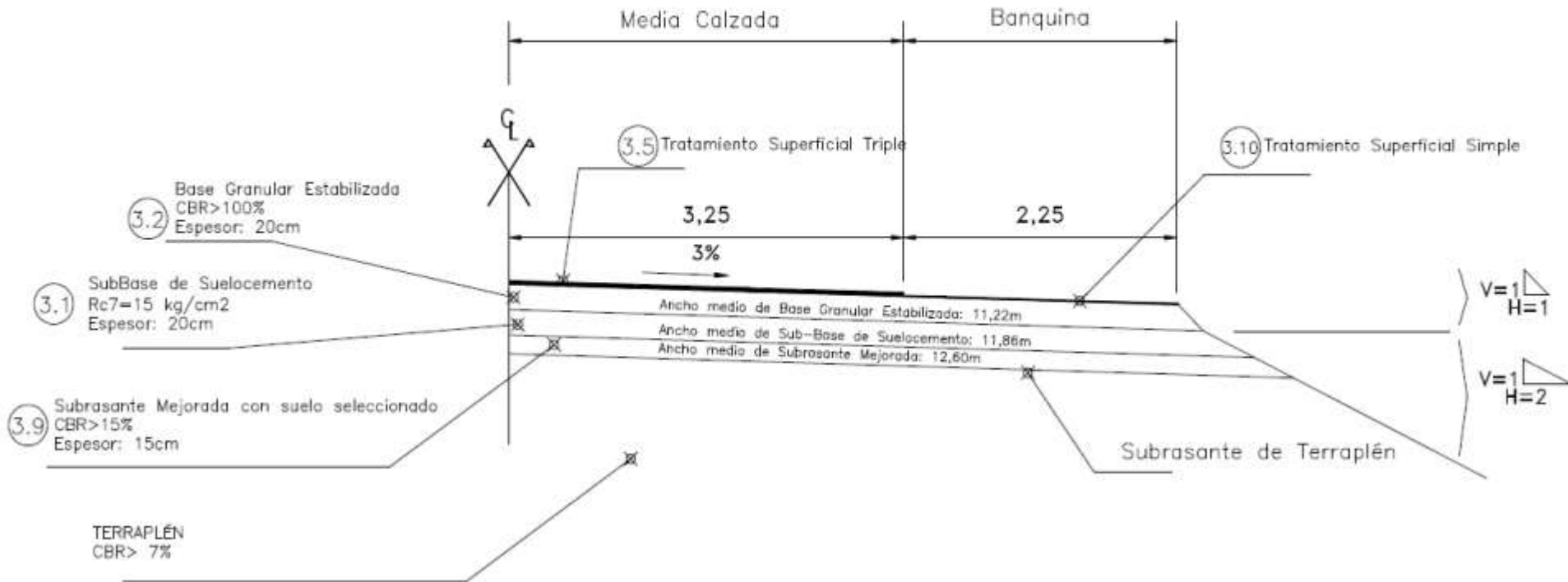
Tratamiento Superficial Triple	e= 3 cm
Base Granular estabilizada (CBR=100%)	e= 20 cm
Subbase de Suelo Cemento (Fck= 15 Kg/cm²)	e= 20 cm
Subrasante Mejorada (CBR>15%)	e=15 cm
Terraplén (CBR>7%)	e= -----



SECCIÓN TRANSVERSAL TIPO

SECCIÓN II

Prog. 37+500 (Itacurubí del Rosario) – Prog. 75+400 (Empalme Ruta 3)



PARÁMETROS DEL DISEÑO ESTRUCTURAL DE LA RUTA N° 10.

TRAMO	SECCIÓN II	
	10 AÑOS	20 AÑOS
ESALS (N8,2)	1.726.807	4.616.671
R	80%	80%
S0	0,44	0,44
CBR	7%	7%
MR(psi) (*)	10.500	10.500
p0	4,20	4,20
pt	2,00	2,00
SN	2,99	3,46

(*) Valor obtenido = 1.500 x CBR

Fuente: Diseño Final de Ingeniería



**Vista del tramo en estudio.
Equipo FWD con vehículo de apoyo**

TAREAS DESARROLLADAS

Las tareas desarrolladas incluyen los siguientes aspectos:

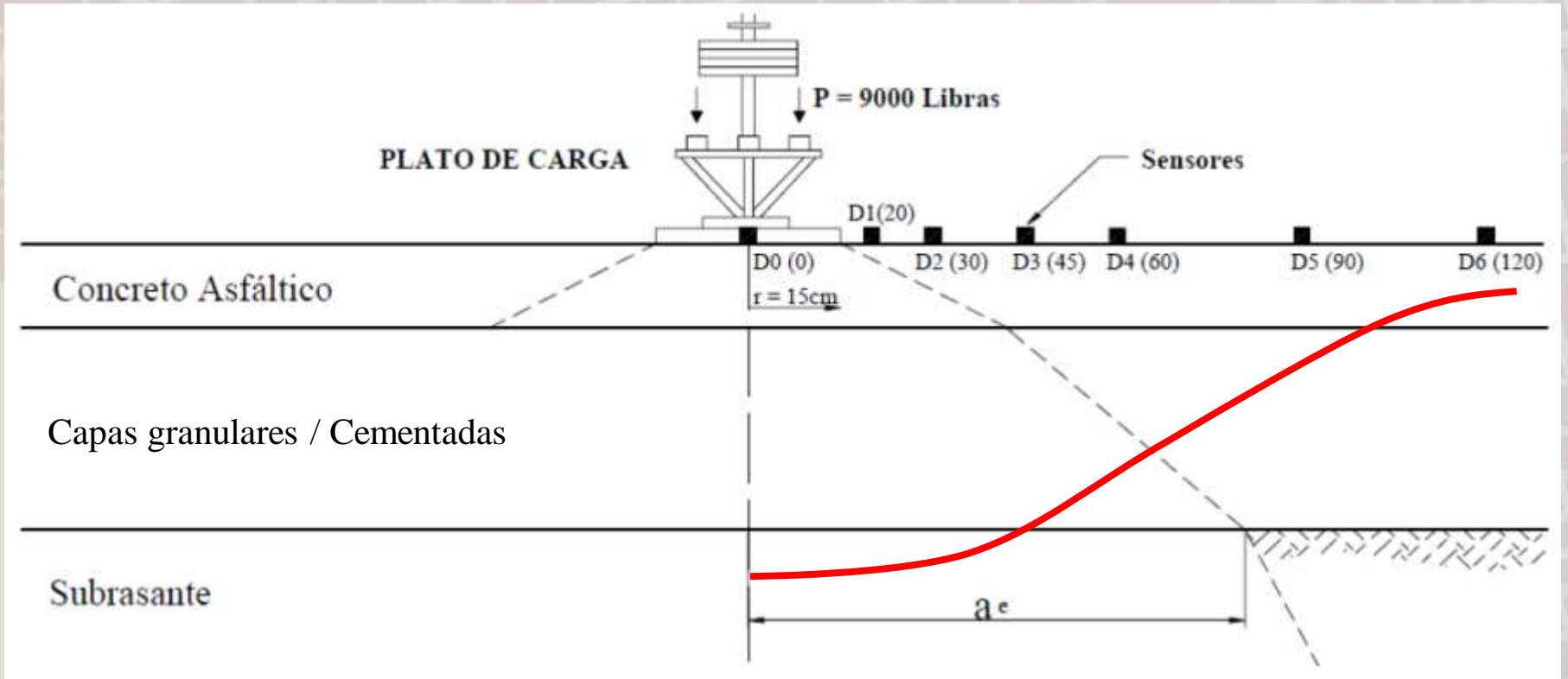
- Análisis de información de campo disponible
- Relevamiento Fotográfico del Tramo.
- Trackeo del Tramo y Relevamiento de puntos notables con GPS
- Deflectometría con equipo FWD (Falling Weight Deflectometer)
- Procesamiento e interpretación en gabinete de datos recopilados

MEDICIÓN DEFLECTOMÉTRICA

La auscultación deflectométrica consiste en la aplicación de cargas en la superficie del pavimento, midiendo la respuesta estructural del mismo en términos de deflexiones verticales.

- Es un método de ensayo no destructivo,
- Se ha utilizado un deflectómetro de impacto tipo Falling Weight Deflectometer (FWD), propiedad del MOPC,
- El equipo utilizado fue un FWD KUAB 2m 50, con las siguientes características:
 - Plato de carga de 15 cm de radio
 - Siete sensores ubicados a 0, 20, 30, 45, 60, 90 y 120 cm del centro del plato de carga
 - Carga aplicada: en el entorno de los 4.082,3 Kg (9.000 lbs).

MEDICIÓN DEFLECTOMÉTRICA



Esquema de medición mediante deflectómetro de impacto y sensores

MEDICIÓN DEFLECTOMÉTRICA

- El equipo utiliza sensores basados en LVDT (sismómetros). Estos sismómetros permiten leer deflexiones de hasta 5 mm.
- El deflectómetro está montado sobre un remolque y es estirado por un vehículo .



MEDICIÓN DEFLECTOMÉTRICA

- El equipo dispone de un sistema de medición simultánea de temperaturas del aire y de la superficie del pavimento, para cada punto de ensayo.
- Además, se mide la temperatura realizando perforaciones en las capas asfálticas de manera a determinar la temperatura en el interior de las mismas.



MEDICIÓN DEFLECTOMÉTRICA

- Las mediciones se realizaron a 90 cm del borde externo de cada carril, con una frecuencia de medición entre 100 y 200 metros.
- Las deflexiones fueron normalizadas a una carga estándar 4.082,3 kg (9.000 lbs).
- Usualmente las deflexiones son normalizadas a una temperatura estándar (20°C). En este no fueron corregidas por temperatura debido al espesor del TST.

	Mediciones realizadas
Medición	Ascendente y Descendente
A	Enero de 2012
B	Julio de 2012
C	Agosto de 2013

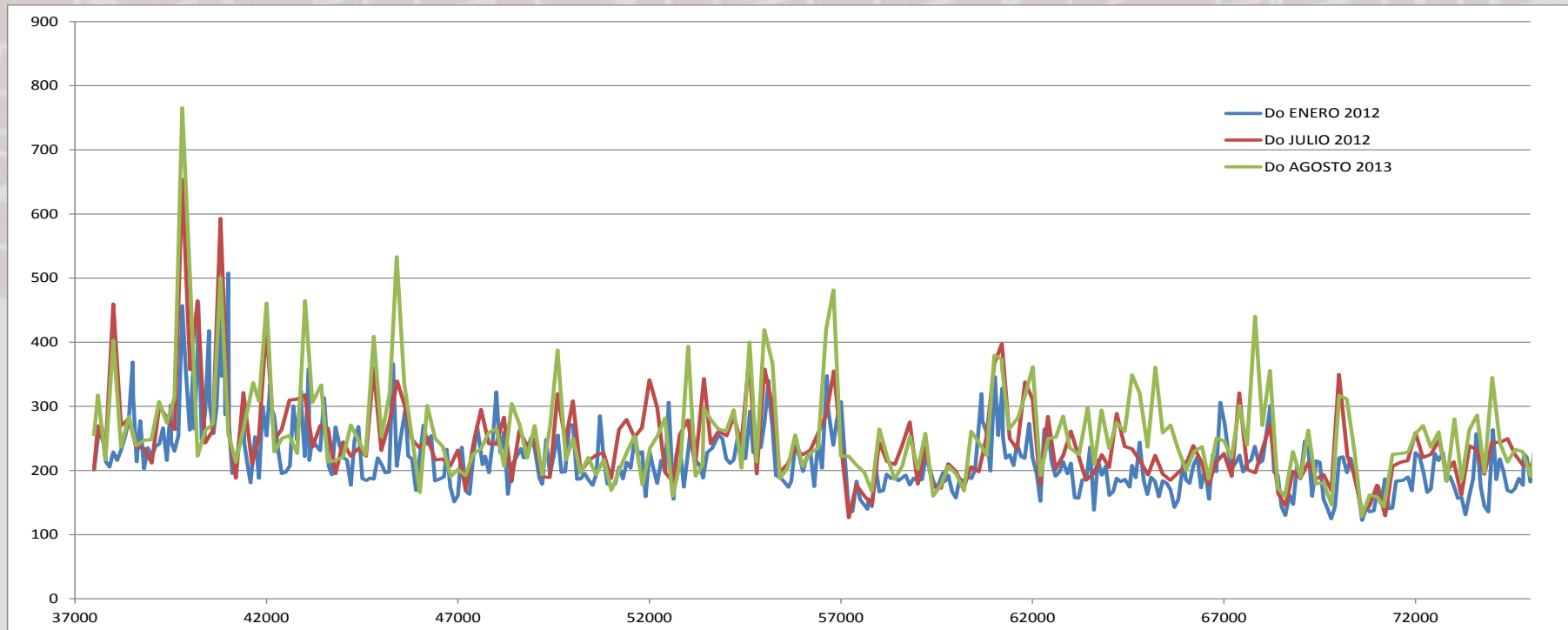


Vista de la consola de mando del FWD



MEDICION CON FWD

Deflectograma de la deflexión principal (D_0)

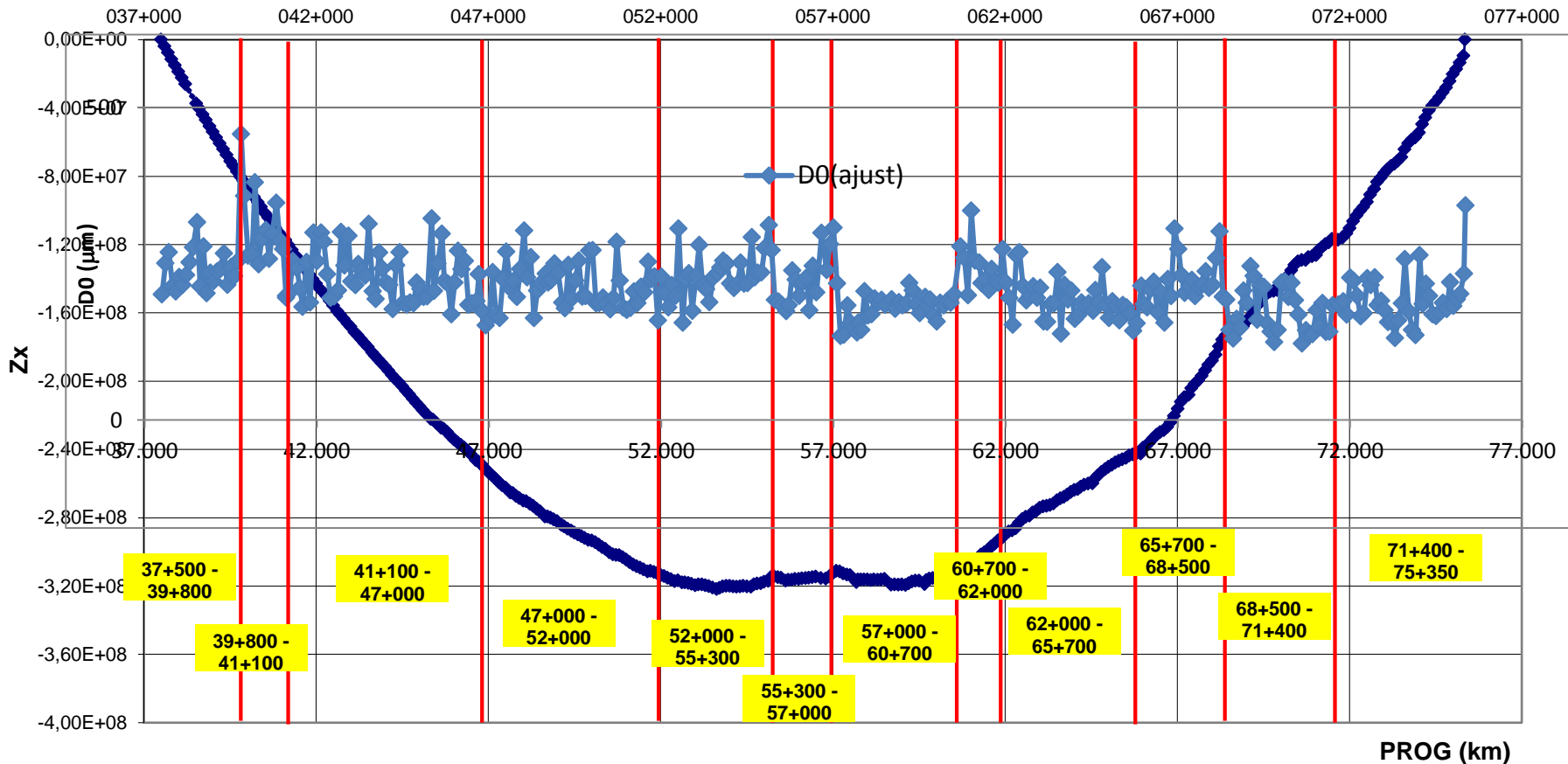


Deflexión principal D_0 para todos los puntos medidos en el carril Ascendente

SECCIONES HOMOGÉNEAS

Método AASHTO de las Diferencias Acumuladas

TRAMO: ITACURUBÍ ROSARIO - EMPALME PY03 (SENT ASC)





PAQUETE ESTRUCTURAL ADOPTADO PARA EL CÁLCULO MÉTODO AASHTO 1993

Tratamiento Superficial Triple	e= 3 cm
Base Granular estabilizada (CBR=100%)	e= 20 cm
Subbase de Suelo Cemento (Fck= 15 Kg/cm²)	e= 20 cm
Subrasante Mejorada (CBR>15%)	e= -----
Terraplén (CBR>7%)	e= -----

RETRO-CÁLCULO MODULAR. METODO AASHTO

Ensayos
deflectométricos
realizados

Espesores de
capas
determinados en
el proyecto.

Retrocálculo
modular

Módulo efectivo
del pavimento
(E_p)

Número
estructural
efectivo
(S_{Neff})

Módulo
resiliente de
la subrasante
(M_r)



METODOLOGÍA Y EXPRESIONES SEGUIDAS PARA LA OBTENCIÓN DE LOS PARÁMETROS ESTRUCTURALES

$$M_R = \frac{0,24 \cdot P}{d_r \cdot r}$$

$$d_0 = 1,5 \cdot p \cdot a \cdot \left[\frac{1}{M_R \cdot \sqrt{1 + \left(\frac{D}{a} \cdot \sqrt[3]{\frac{E_p}{M_R}} \right)^2}} + \frac{1 - \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{D}{a} \right)^2}}}{E_p} \right]$$

AASHTO Guide for Design of Pavement Structures – 1993

$$r \geq 0,7 \cdot a_e$$

$$a_e = \sqrt{a^2 + \left(D \cdot \sqrt[3]{\frac{E_p}{M_R}} \right)^2}$$

$$M_{R(Diseño)} = C \cdot M_R$$

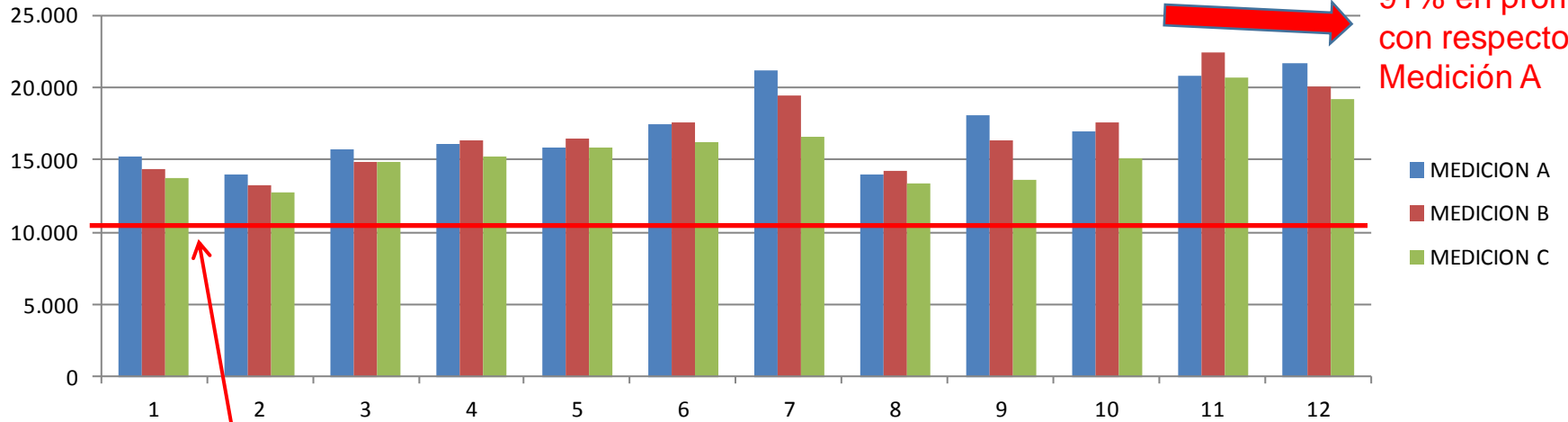
RETRO-CÁLCULO MODULAR. METODO AASHTO

CARRIL ASCENDENTE - MEDICIÓN A - ENERO 2012

SECC.	DESDE	HASTA	LONG.	Carril medido	ESPEORES		D0c	PARÁMETROS ESTRUCTURALES					
					TOTAL	TST		Mr	Factor C	C*Mr	Ep	SNeft	RC
			km		cm	cm	(μ m)	psi		psi	psi		m
1	037+500	039+800	2,30	ASC	43	3	247	46.164	0,33	15.234	100.840	3,53	239
2	039+800	041+100	1,30	ASC	43	3	352	42.331	0,33	13.969	67.189	3,07	184
3	041+100	047+000	5,90	ASC	43	3	236	47.458	0,33	15.661	109.193	3,62	283
4	047+000	052+000	5,00	ASC	43	3	216	48.867	0,33	16.126	119.664	3,74	311
5	052+000	055+300	3,30	ASC	43	3	235	47.851	0,33	15.791	107.994	3,60	285
6	055+300	057+000	1,70	ASC	43	3	225	52.769	0,33	17.414	110.300	3,63	276
7	057+000	060+700	3,70	ASC	43	3	188	64.102	0,33	21.153	131.352	3,85	319
8	060+700	062+000	1,30	ASC	43	3	257	42.285	0,33	13.954	100.704	3,52	262
9	062+000	065+700	3,70	ASC	43	3	192	54.619	0,33	18.024	136.688	3,91	327
10	065+700	068+500	2,80	ASC	43	3	213	51.383	0,33	16.957	122.247	3,77	305
11	068+500	071+400	2,90	ASC	43	3	173	63.170	0,33	20.846	154.694	4,06	373
12	071+400	075+350	3,95	ASC	43	3	193	65.573	0,33	21.639	129.863	3,83	306

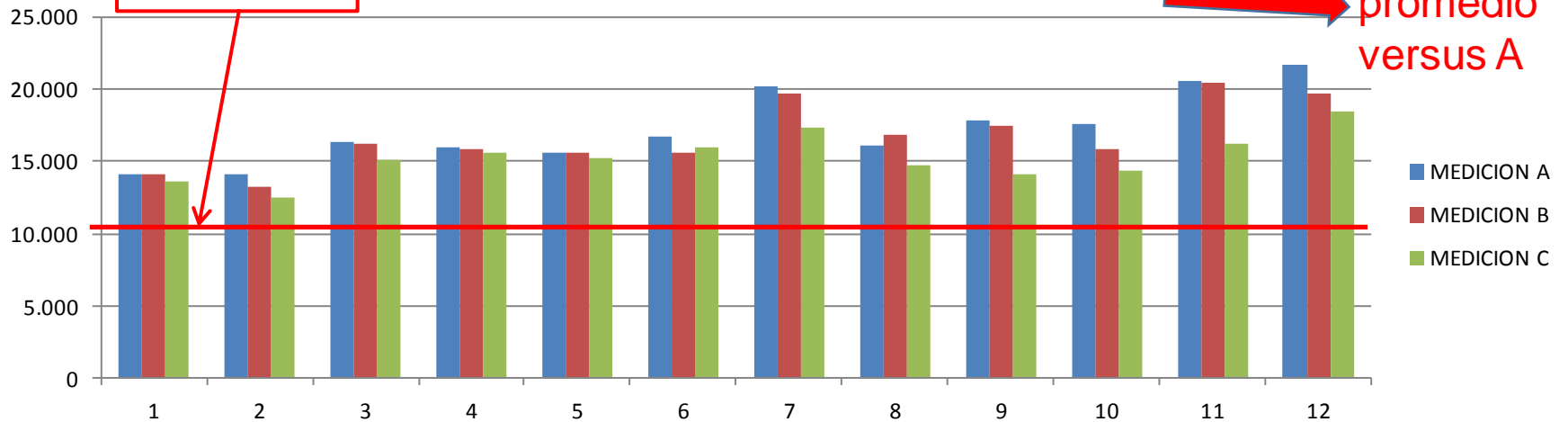
Total = 37,85

CMr (Psi) ASCENDENTE

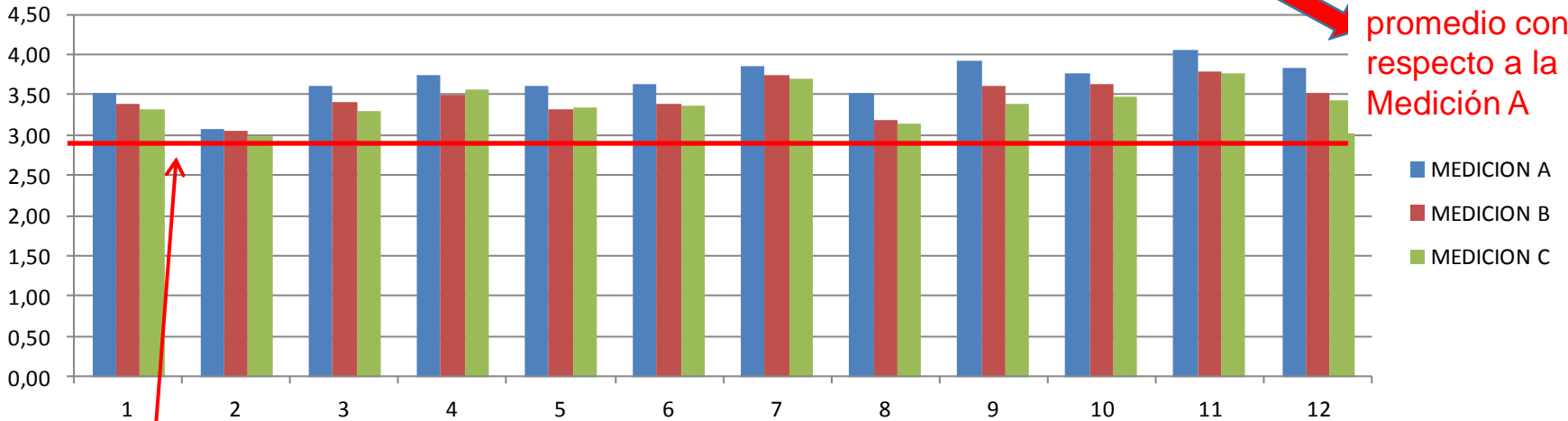


10.500 Psi

CMr (Psi) DESCENDENTE

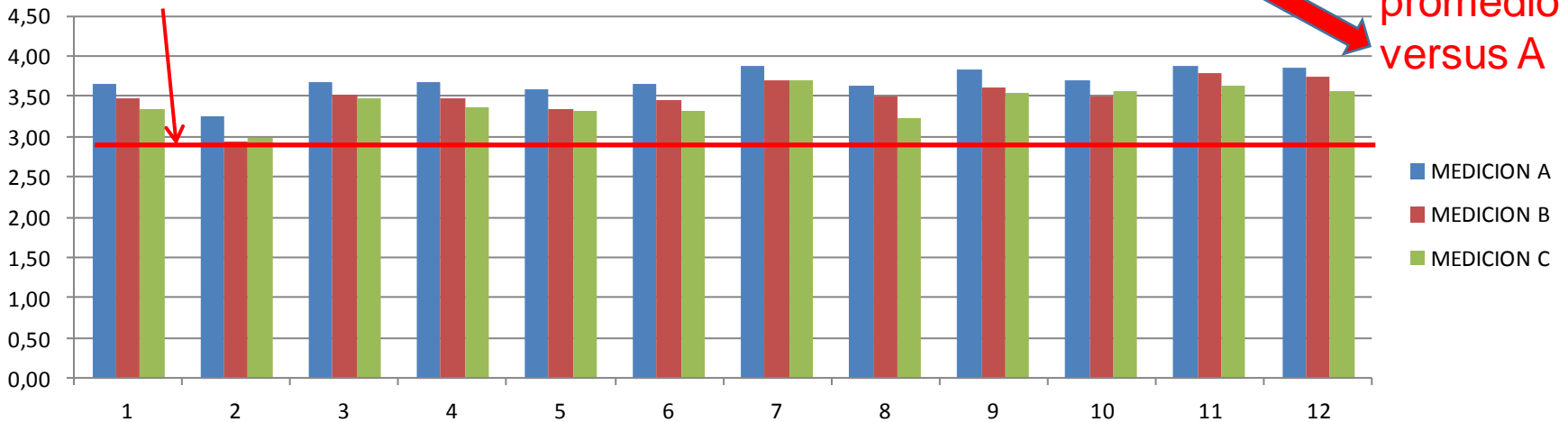


SNeff ASCENDENTE



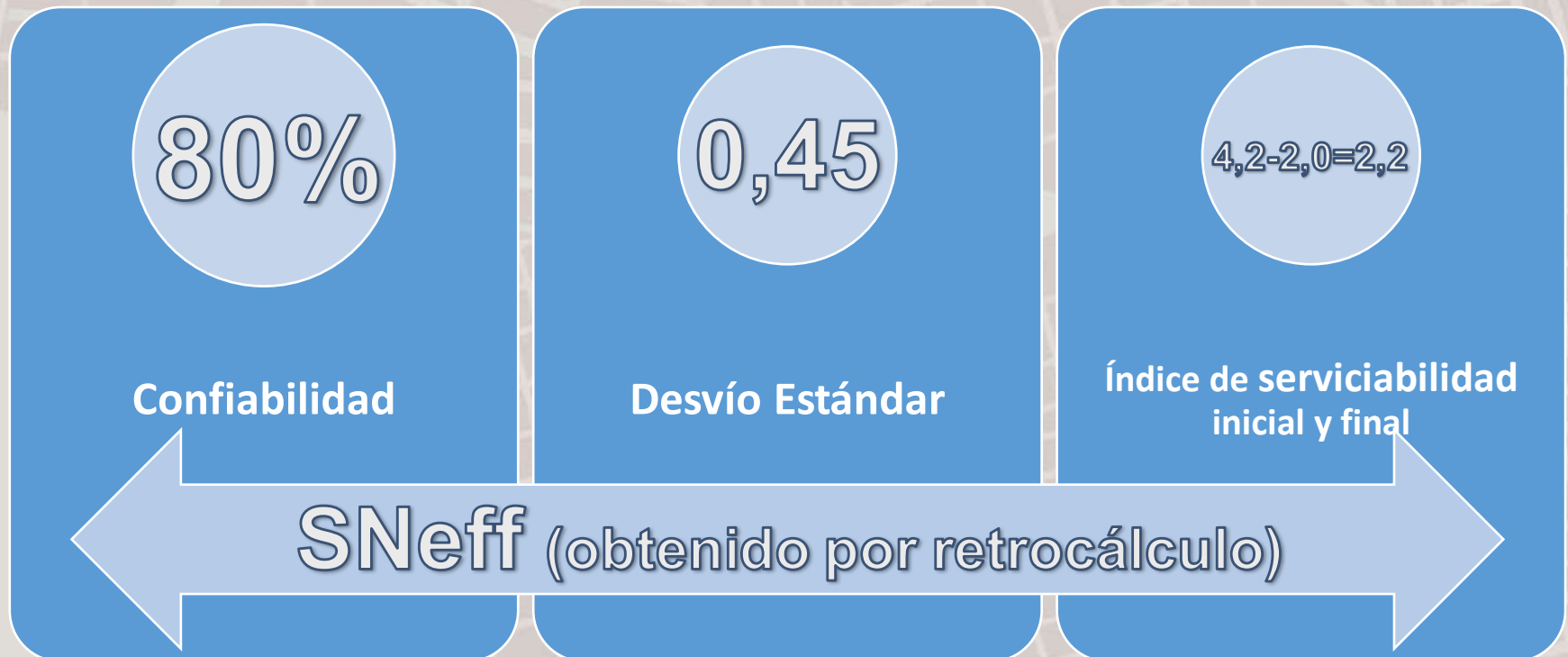
2,99

SNeff DESCENDENTE



CÁLCULO DE EJES EQUIVALENTES REMANENTES

PARÁMETROS DE DISEÑO ADOPTADOS



EJES EQUIVALENTES REMANENTES

CARRIL ASCENDENTE - MEDICIÓN A - ENERO 2012

SECC.	PARÁMETROS DE DISEÑO				N _{8,2} Remanente
	S _{Neff}	R	S	ΔPSI	
		CONF.	DESVÍO		
1	3,53	80%	0,45	2,2	12.292.795
2	3,07	80%	0,45	2,2	3.951.990
3	3,62	80%	0,45	2,2	15.552.474
4	3,74	80%	0,45	2,2	20.803.581
5	3,60	80%	0,45	2,2	15.266.679
6	3,63	80%	0,45	2,2	20.270.687
7	3,85	80%	0,45	2,2	47.671.662
8	3,52	80%	0,45	2,2	9.837.312
9	3,91	80%	0,45	2,2	36.600.806
10	3,77	80%	0,45	2,2	24.694.882
11	4,06	80%	0,45	2,2	66.691.968
12	3,83	80%	0,45	2,2	48.475.322

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_R \cdot S_0 + 9.36 \cdot \log_{10}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right]}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \cdot \log_{10}(M_R) - 8.07$$

Donde:

W₁₈

Es el número estimado de aplicaciones de Ejes Equivalentes de 18 Kips (18 Kips = 8,2 Ton) en el periodo de estudio.

Z_R

Desvío Estándar correspondiente al Nivel de Confiabilidad seleccionado.

S₀

Desvío Estándar General.

ΔPSI

Diferencia entre el Índice de serviciabilidad inicial y final

M_R

Módulo resiliente de diseño (psi)

Confiability 80%			N8,2 Remanente ASCENDENTE		
			ene-12	jul-12	ago-13
SECCION	DESDE	HASTA	MEDICION A	MEDICION B	MEDICION C
1	037+500	039+800	12.292.795	8.060.690	6.211.763
2	039+800	041+100	3.951.990	3.265.714	2.650.728
3	041+100	047+000	15.552.474	9.026.986	7.132.671
4	047+000	052+000	20.803.581	13.317.431	13.172.640
5	052+000	055+300	15.266.679	9.569.120	9.072.450
6	055+300	057+000	20.270.687	13.025.053	10.181.277
7	057+000	060+700	47.671.661	31.275.309	20.642.591
8	060+700	062+000	9.837.312	5.424.519	4.137.150
9	062+000	065+700	36.600.806	16.954.064	7.129.885
10	065+700	068+500	24.694.882	20.743.691	10.639.164
11	068+500	071+400	66.580.476	48.277.816	39.106.897
12	071+400	075+350	48.475.322	22.489.198	17.274.337

Resumen de Ejes Equivalentes remanentes por sección homogénea en el carril ascendente

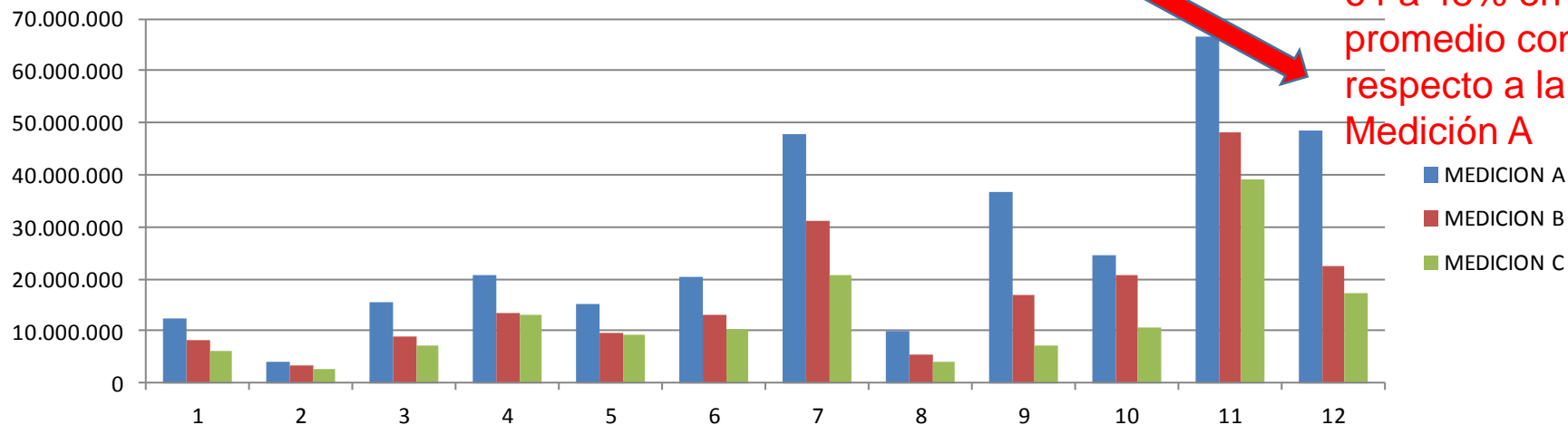
$$N_{8,2} = 1.726.807$$

para 10 años

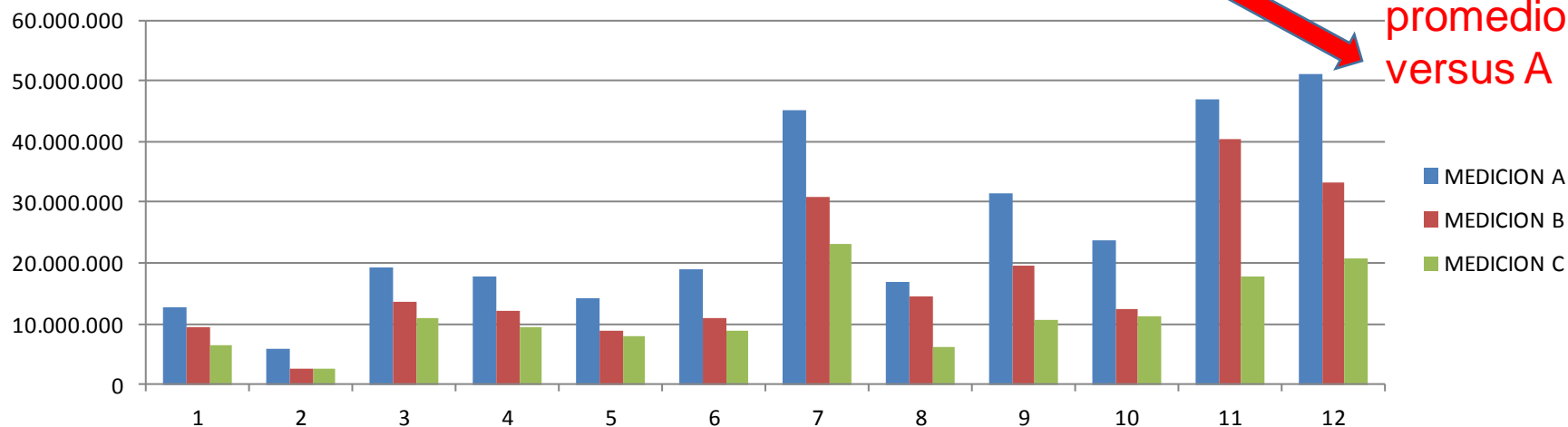
Resumen de Ejes Equivalentes remanentes por sección homogénea en el carril descendente

N8,2 Remanente DESCENDENTE					
			ene-12	jul-12	ago-13
SECCION	DESDE	HASTA	MEDICION A	MEDICION B	MEDICION C
1	037+500	039+800	12.790.035	9.367.924	6.562.956
2	039+800	041+100	5.832.783	2.634.145	2.432.641
3	041+100	047+000	19.172.547	13.665.662	10.871.428
4	047+000	052+000	17.823.938	12.117.098	9.546.031
5	052+000	055+300	14.300.487	8.726.606	8.048.930
6	055+300	057+000	18.878.462	11.031.632	8.906.541
7	057+000	060+700	45.132.600	30.770.058	23.115.688
8	060+700	062+000	16.732.288	14.533.251	6.130.896
9	062+000	065+700	31.357.359	19.576.453	10.470.497
10	065+700	068+500	23.750.864	12.405.301	11.241.671
11	068+500	071+400	46.915.780	40.411.026	17.629.556
12	071+400	075+350	51.001.971	33.128.049	20.641.579

N_{8,2} Remanente ASCENDENTE



N_{8,2} Remanente DESCENDENTE



RESULTADOS OBTENIDOS RETROCÁLCULO MÉTODO AASHTO

- El tramo tiene un buen comportamiento estructural, lo cual se refleja en los coeficientes S_{Neff} obtenidos del retrocálculo para cada sección.
- Si bien los ejes remanentes obtenidos de los cálculos van desde 2 millones hasta 66 millones de ESALS, cabe destacar que todos los valores están por encima del tránsito de diseño.
- Los M_r (subrasante) y S_{Neff} obtenidos, han tenido poca variación entre mediciones.
- Los ESALS remanentes, han tenido mucha variación entre las mediciones.
- Se decidió verificar los módulos capa por capa para profundizar el estudio.

RETROCALCULO DE MÓDULOS POR CAPA MÉTODO MECANICISTA

- Los datos obtenidos de la deflectometría FWD se procesan por medio de una técnica analítica conocida como retrocálculo, que permite determinar el módulo elástico de cada capa del pavimento y de la subrasante.
- Los métodos mecanicistas calculan las deflexiones teóricas y las comparan con las deflexiones producidas por el FWD, ajustando por iteración los valores de los módulos, hasta obtener una diferencia adecuada entre las deflexiones calculadas teóricamente y las deflexiones reales medidas en terreno.
- El retrocálculo permite el ajuste de los módulos y/o ecuaciones constitutivas de las distintas capas de una estructura vial en base a la medición de deformaciones en superficie o mediante características de los materiales.
- En el presente trabajo se utilizó el programa “BackViDe2013_10”. Se debe tener especial cuidado al considerar que la solución no es exacta ni única y se requiere de varias iteraciones.



PAQUETE ESTRUCTURAL ADOPTADO PARA EL CÁLCULO MÉTODO MECANICISTA

Tratamiento Superficial Triple	e= 0 cm
Base Granular estabilizada (CBR=100%)	e= 23 cm
Subbase de Suelo Cemento (Fck= 15 Kg/cm ²)	e= 20 cm
Subrasante Mejorada (CBR>15%)	e= -----
Terraplén (CBR>7%)	e= -----

Programa BackVide

Guardar / Recuperar DATOS

Acceso a Diseño y Verificación de Vida Util

Limpiar

Programa BACVIDE - IMAE para modelización, diseño y verificación

MODELIZACION Y SIMULACION DE DEFLEXIONES

Deflectometría Eje de Ruedas Simples rec. Hz 10,00 Medición Absoluta (FWD)

Absoluta (FWD)	radio de carga (mm)	150	presión (MPa)	0,566
	inter eje ruedas(mm)	----	trocha (mm)	----
	carga del eje (KN)	80	Carga aplicada (KN)	40

Retroajuste Simulación

Datos de la Deformada medida Temperatura de ensayo °C 27,0

Distancia (mm)	0	200	300	450	600	900	1200		
Deflexión(mm/1000)	239	134	84	60	52	41	33		

Calcular D1

Radio Curv (m)

Personalizar Datos de Ajuste No Lineal

Número de medicio	7
Número de incognit	3
Número de capas	3

Estructura

Grado de fisuras 0

Tipo de Material	Espesor (mm)	Módulo (MPa)	Ecuación Mr			Relación (M/MInf.)	Poisson	Interfaz	Año de construc.
			coef_A	coef_B	coef_C				
3 Base Granular	230	200				0,40	Adheri		
3 Suelo Cemento	200	400				0,40	Adheri		
3 Subrasante		100				0,40			

Desarrollado por Laboratorio Vial IMAE - Oscar H. Giacomini

Ensayos de Materiales Toleranci 20%

Estimar Módulos	Parámetro (mm/g) [%]	Módulo (MPa)	Relación modular	Relación σ / Barker

Criterios Retroajuste/Modelizació

Asignar Variables	Mod max (MPa)	Altura (mm)
A ajustar	1000	230
A ajustar	1000	200
A ajustar	1000	

Insertar Capa

1

Eliminar Capa

Resultados del Retroajuste modular

Observaciones al ajuste

Número de iteraciones 6, Convergencia de módulos,

Tipo de medición de la deformada

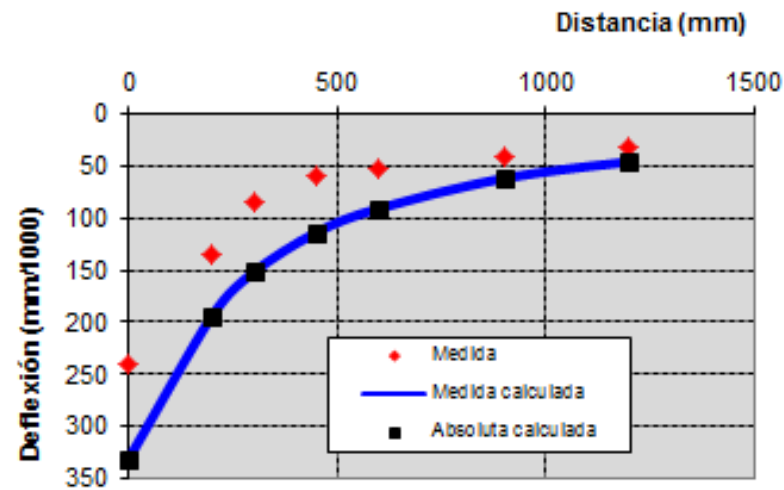
ABSOLUTA FWD

Distancia(mm)	Deformada (mm/1000)							Radio Curv 0 (m)
	0	200	300	450	600	900	1200	
Medida	239	134	84	60	52	41	33	190
Calculada	331	194	152	114	91	62	46	146
Error	92	60	68	54	39	21	13	Eprom 49,6

Eprom Caso anterior

Estructura	Tipo de Capa	Espesor (mm)	Módulo (MPa)
------------	--------------	--------------	--------------

	Base Granular	230	700
	Suelo Cemento	200	400
	Subrasante		200



Resultado del retroajuste modular para una deflexión arrojado por el programa BackViDe2013_10.

Resultados del Retroajuste modular

Observaciones al ajuste

Número de iteraciones 32, Convergencia de módulos,

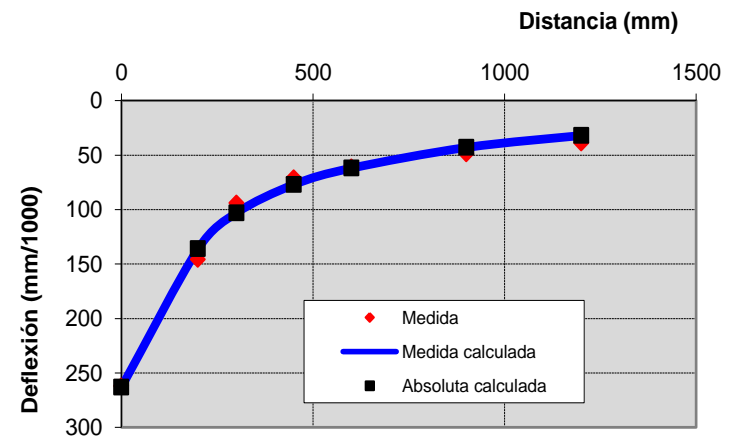
Tipo de medición de la deformada

ABSOLUTA FWD

Distancia(mm)	Deformada (mm/1000)							Radio Curv	
	0	200	300	450	600	900	1200	0 (m)	
Medida	262	146	94	71	61	49	39		172
Calculada	263	136	103	77	62	43	32		157
Error	1	10	9	6	1	6	7		Eprom 5,7

Eprom
 Caso anterior

Estructura	Tipo de Capa	Espesor (mm)	Módulo (MPa)
	Base Granular	230	692
	Suelo Cemento	200	713
	Subrasante		289



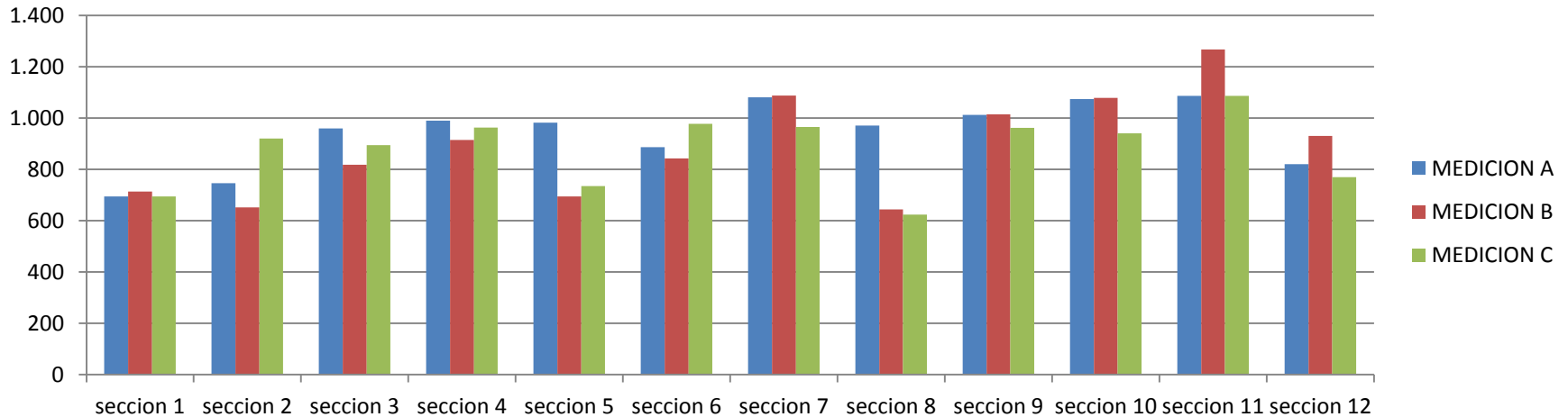
Resultado del retroajuste modular para una deflexión arrojado por el programa BackViDe2013_10.

Resultados obtenidos con el retrocálculo para las diferentes capas y secciones homogéneas

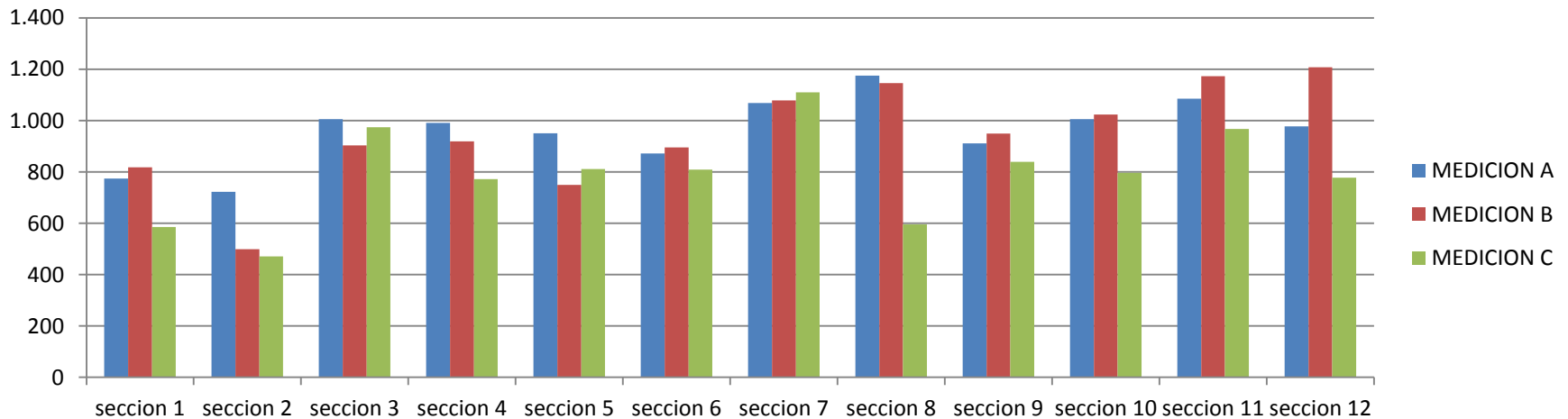
Medicion	BASE			SUELO CEMENTO			SUBRASANTE		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C
seccion 1	694	714	695	706	433	259	290	287	293
seccion 2	746	652	920	123	103	95	297	341	368
seccion 3	960	818	894	276	154	95	336	329	324
seccion 4	990	914	963	297	227	215	350	342	337
seccion 5	982	694	735	247	140	116	349	372	372
seccion 6	886	843	977	374	226	316	374	360	380
seccion 7	1.081	1.088	965	525	237	327	428	376	329
seccion 8	971	644	624	250	135	137	298	306	316
seccion 9	1.012	1.014	962	616	299	143	337	324	284
seccion 10	1.074	1.079	940	338	325	187	349	329	316
seccion 11	1.086	1.267	1086	352	280	174	411	439	435
seccion 12	820	930	770	588	246	300	418	432	368

Resumen de resultados de módulos (MPa) por capa (Ascendente) retrocalculados mediante software.

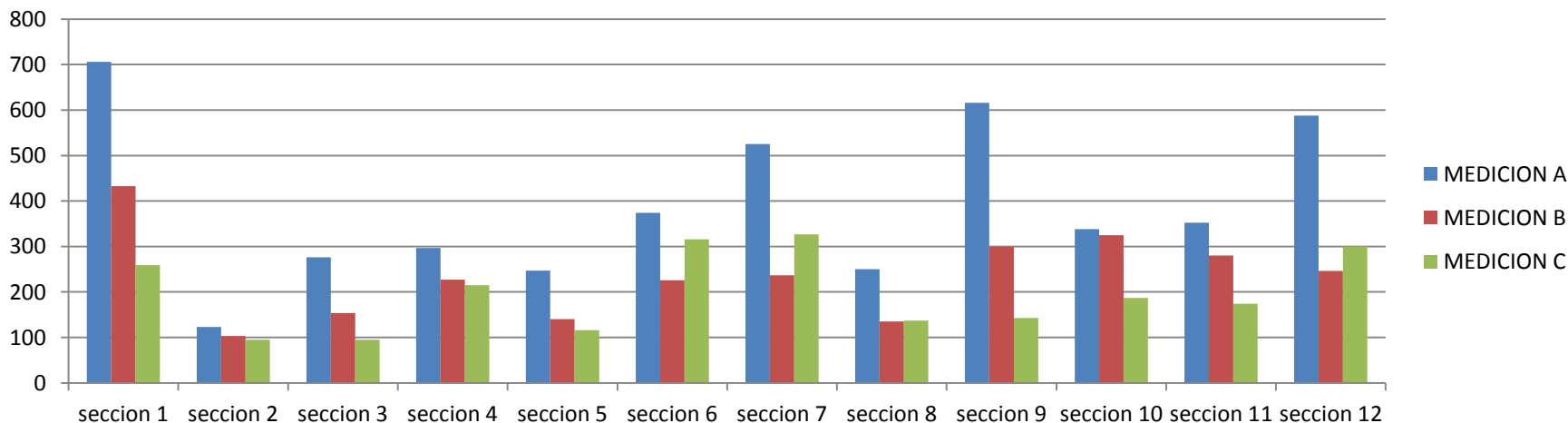
Modulos BASE ASCENDENTE (MPa)



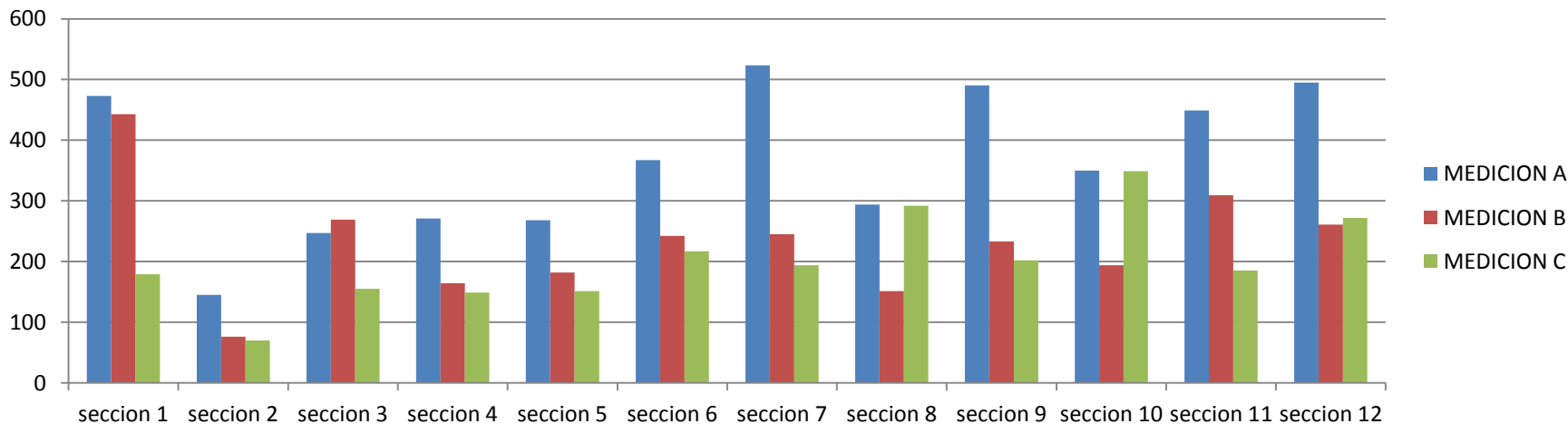
Modulos BASE DESCENDENTE (MPa)



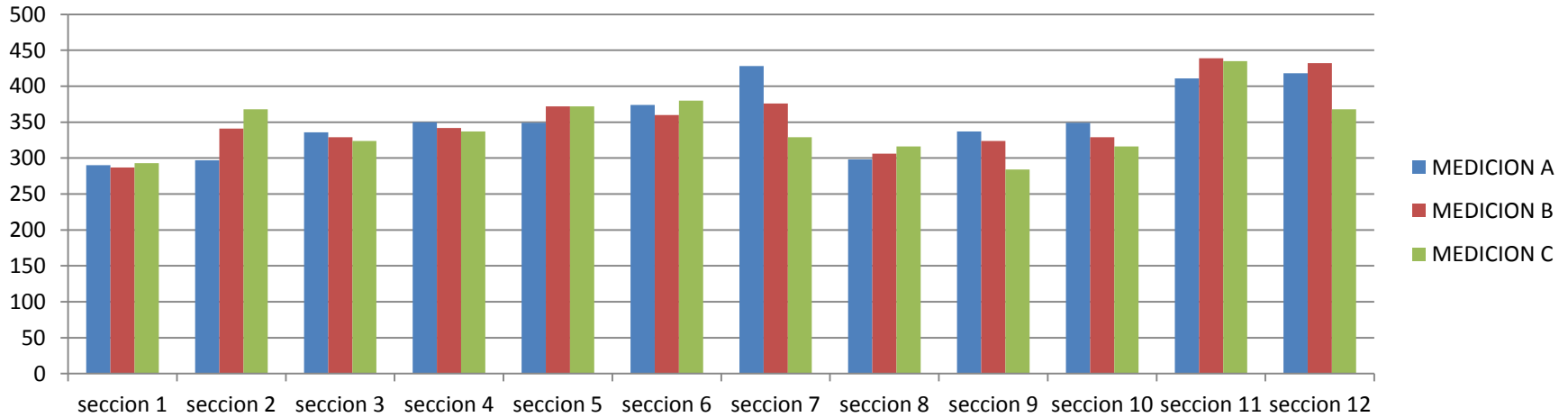
Modulos SUELO CEMENTO ASCENDENTE (MPa)



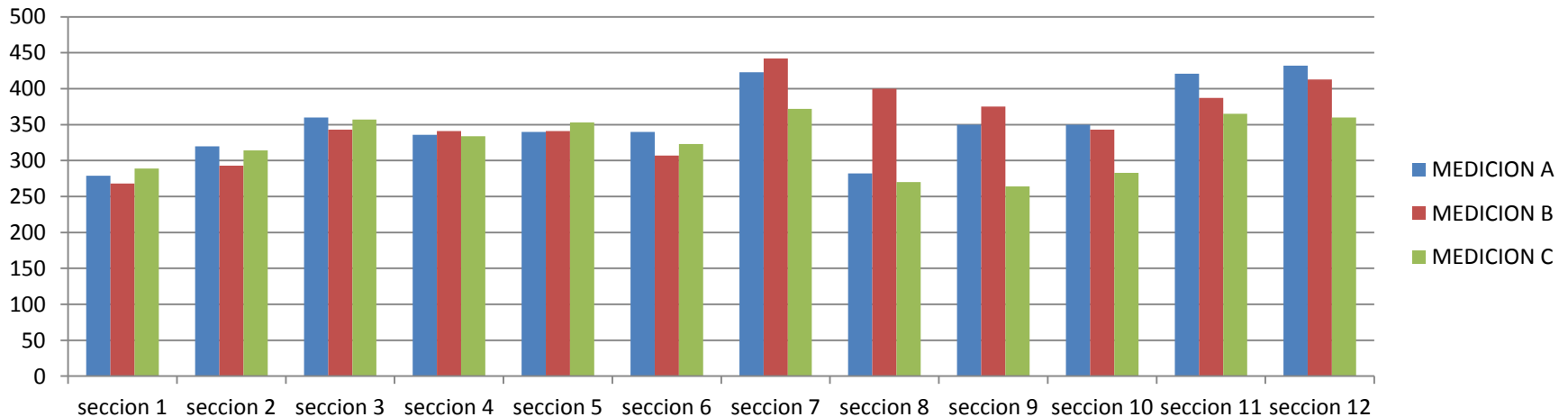
Modulos SUELO CEMENTO DESCENDENTE (MPa)



Modulos SUB RASANTE ASCENDENTE (MPa)



Modulos SUB RASANTE DESCENDENTE (MPa)



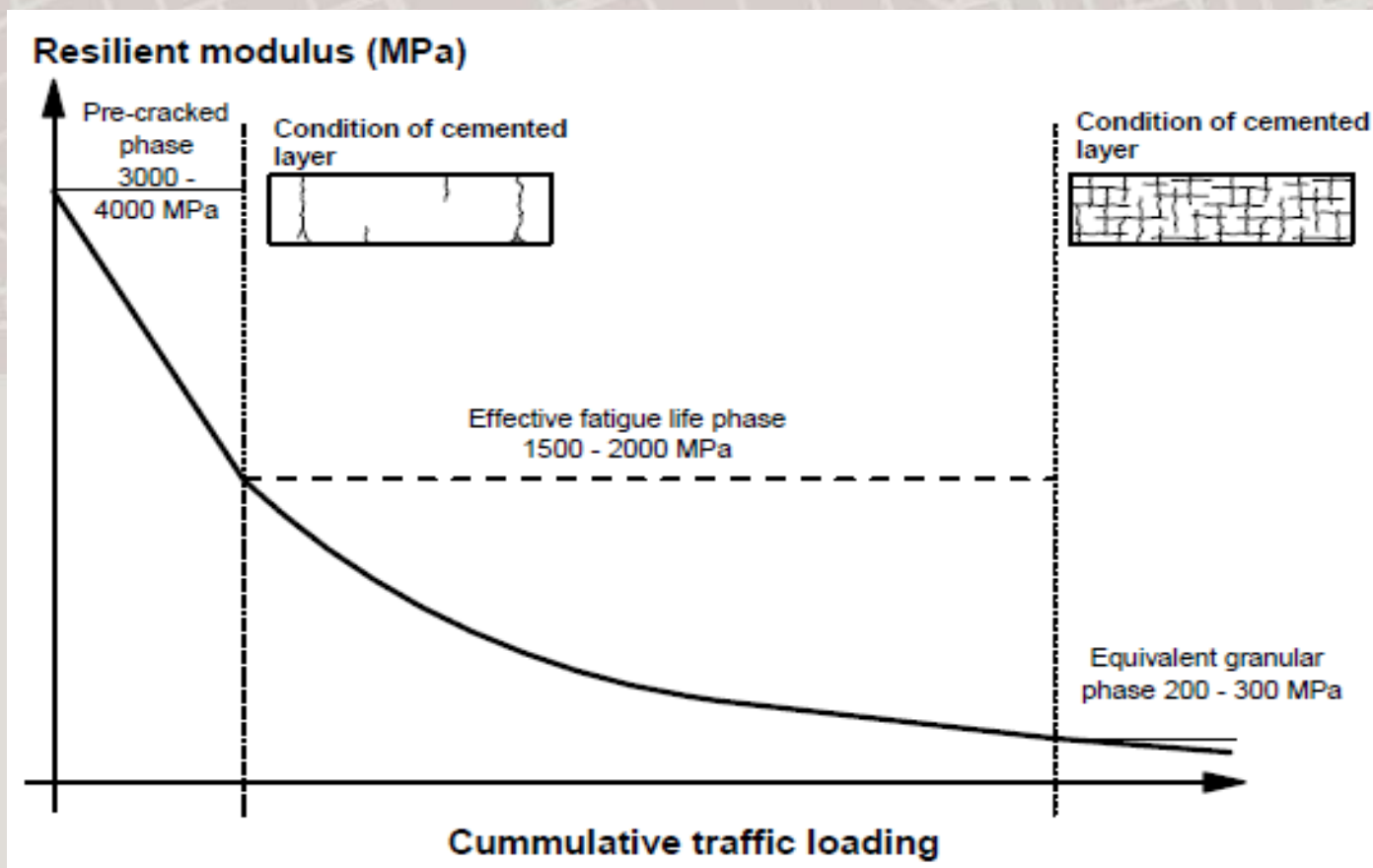
Resultados obtenidos con el retrocálculo para las diferentes capas y secciones homogéneas

	PORCENTAJE DE DISMINUCION POR CAPA					
	BASE		S.CEM		SUB R	
	A/B	A/C	A/B	A/C	A/B	A/C
seccion 1	103%	100%	61%	37%	99%	101%
seccion 2	87%	123%	84%	77%	115%	124%
seccion 3	85%	93%	56%	34%	98%	96%
seccion 4	92%	97%	76%	72%	98%	96%
seccion 5	71%	75%	57%	47%	107%	107%
seccion 6	95%	110%	60%	84%	96%	102%
seccion 7	101%	89%	45%	62%	88%	77%
seccion 8	66%	64%	54%	55%	103%	106%
seccion 9	100%	95%	49%	23%	96%	84%
seccion 10	100%	88%	96%	55%	94%	91%
seccion 11	117%	100%	80%	49%	107%	106%
seccion 12	113%	94%	42%	51%	103%	88%
PROM	94%	94%	63%	54%	100%	98%

Tendencia de variación porcentual de los módulos de cada capa (Ascendente) en el tiempo retrocalculados mediante software.

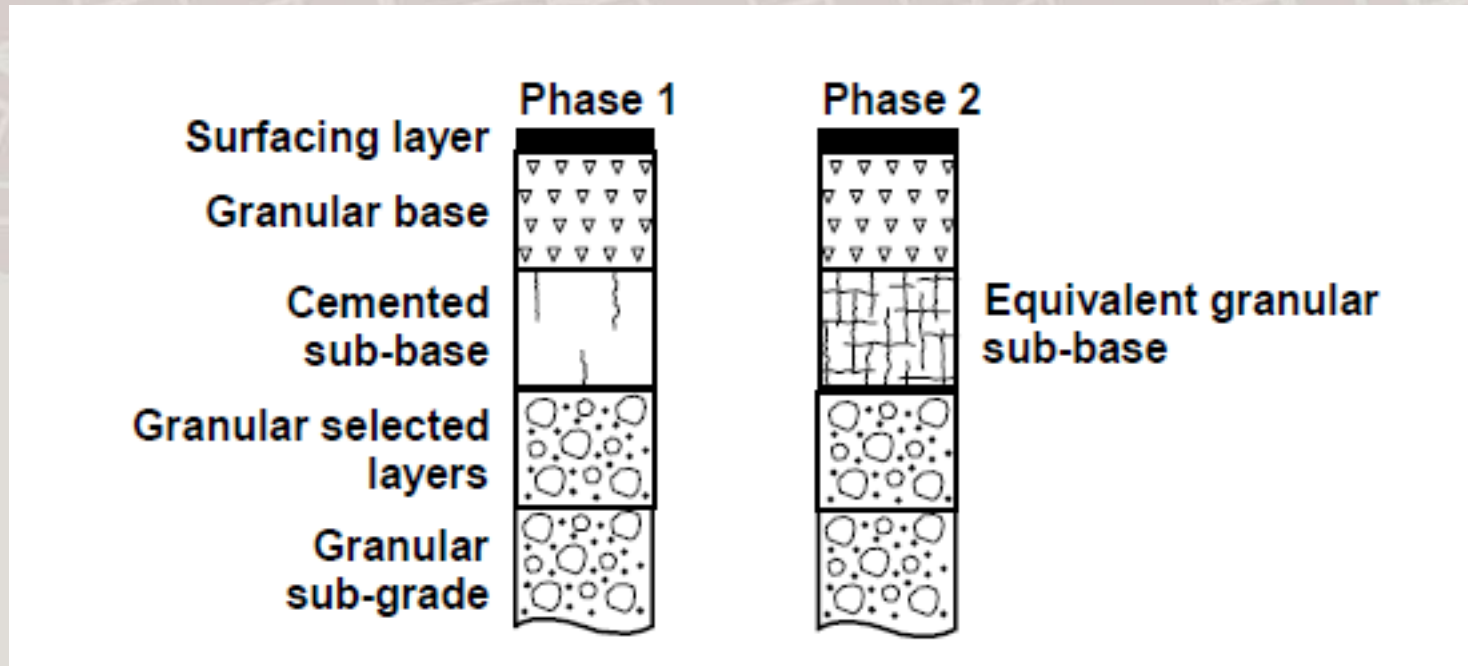
RESULTADOS OBTENIDOS RETROCÁLCULO MÉTODO MECANICISTA

- De acuerdo a los resultados arriba expuestos se visualiza muy poca variación en el tiempo de los módulos tanto de la subrasante como de la base granular estabilizada. Sin embargo, se visualiza un importante decrecimiento del módulo de la subbase cementada en un promedio de **54%** en un plazo de 20 meses.
- Esto confirma la teoría del método mecanicista sudafricano, el cual se menciona que el comportamiento estructural de una capa cementada pasa por un proceso de fisuración a lo largo de su vida útil con una disminución progresiva del módulo elástico, pasando a tener un comportamiento de una subbase granular luego de una cierta cantidad de repeticiones de carga.



Comportamiento a largo plazo de los materiales cementados.
 Fuente: Theyse H L, 1996. "An Overview of the South African Mechanistic Pavement Design Method", Transportek, CSIR Pretoria. South Africa.


Capa de suelo mejorado con cemento



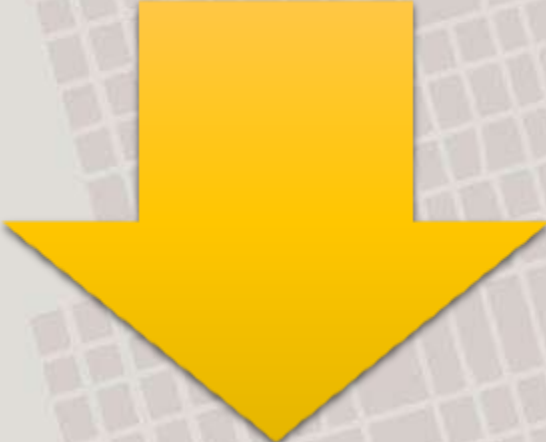
Evolución de la capa cementada en el tiempo

Fuente: Theyse H L, 1996. "An Overview of the South African Mechanistic Pavement Design Method", Transportek, CSIR Pretoria. South Africa.

CONCLUSIONES



Se concluye que el tramo tiene un buen comportamiento estructural, lo cual se refleja en los coeficientes S_{Neff} obtenidos del retrocálculo para cada sección.



Se visualiza un importante decrecimiento del módulo de la subbase cementada en un promedio de **54%** en un plazo de 20 meses, en cambio se mantienen los módulos en la capa de la base y de la subrasante.

RECOMENDACIONES PARA APLICAR ESTA METODOLOGÍA EN PARAGUAY PARA RECEPCIÓN DE CONTRATOS

- Como ejemplo en la normativa española tienen controles con el FWD en cada capa y exigen valores máximos de deflexión para poder recepcionar la obra.
- En Paraguay sería recomendable que deban ser miradas como un elemento más de control pero no el único. Además si se debiera medir con FWD para aprobar cada capa, se debería tener que disponer de un equipo en obra en forma permanente y eso es muy oneroso.
- Sí es importante medir luego de que la obra esté terminada, dejando un período de 6 meses para que madure el pavimento. De esa forma se empieza a disponer de una medición base sobre la cual se puedan analizar deterioros, etc.
- Se sugiere además la creación de una base de datos para poder hacer seguimientos del avance del deterioro a lo largo del tiempo y emitir recomendaciones técnicas para realizar el control de calidad con la tecnología estudiada en base a los trabajos realizados en terreno sobre los pavimentos en construcción ejecutados por el MOPC.

MUCHAS GRACIAS !!!

