ICPA
INSTITUTO DEL CEMENTO PORTLAND ARGENTINO

75º Aniversario
1940 - 2015

DISEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS

EJEMPLOS PRÁCTICOS

Ing. Diego H. Calo

Coordinador Departamento Técnico de Pavimentos

Vialidad Nacional

Dirección Nacional de Vialidad – 5° Distrito – Salta

12 y 13 de Agosto de 2015.

División Capacitación
Subgerencia de RR.HH | Gerencia de Administración

ÍNDICE DE LA PRESENTACIÓN

- Ejemplo de Cálculo de Pavimento para alto volumen de tránsito pesado. Método PCA'84.
- Ejemplo de Cálculo de Pavimento para bajo volumen de tránsito pesado. Método ACPA StreetPave.
- Análisis de resultados.

Ejemplo (Método de la P.C.A.)

DATOS

- Proyecto: Duplicación de calzada existente.
- Subrasante: Suelo A-6 (CBR = 3%).
- Período de diseño = 25 años.
- Tránsito:
  - TMDA = 6500 veh/día.
  - Prop VP´s = 40%.
  - Tasa de Crecimiento = 2.5%.
- Resistencia del hormigón: s/PETG de la DNV.
- Empleo de Pasadores en Juntas Transversales.
- Banquina Pavimentada

Ejemplo (Método de la P.C.A.)

Distribución de cargas por eje					
Simples		Dobles		Triples	
Carga	R/1000	Carga	R/1000	Carga	R/1000
16	0.048	30	0.000	39	0.002
15	0.475	28	0.002	36	0.032
14	3.316	26	0.042	33	0.370
13	16.380	24	0.603	30	2.440
12	57.809	22	5.106	27	9.216
11	147.862	20	25.674	24	20.340
10	279.825	18	77.554	21	27.389
9	402.564	16	143.969	18	24.386
8	453.542	14	171.278	15	15.685
7	410.246	12	138.729	12	7.343
6	301.449	10	80.226	9	2.301
5	178.910	8	32.809	6	0.496
Total	2377	Total	687	Total	110

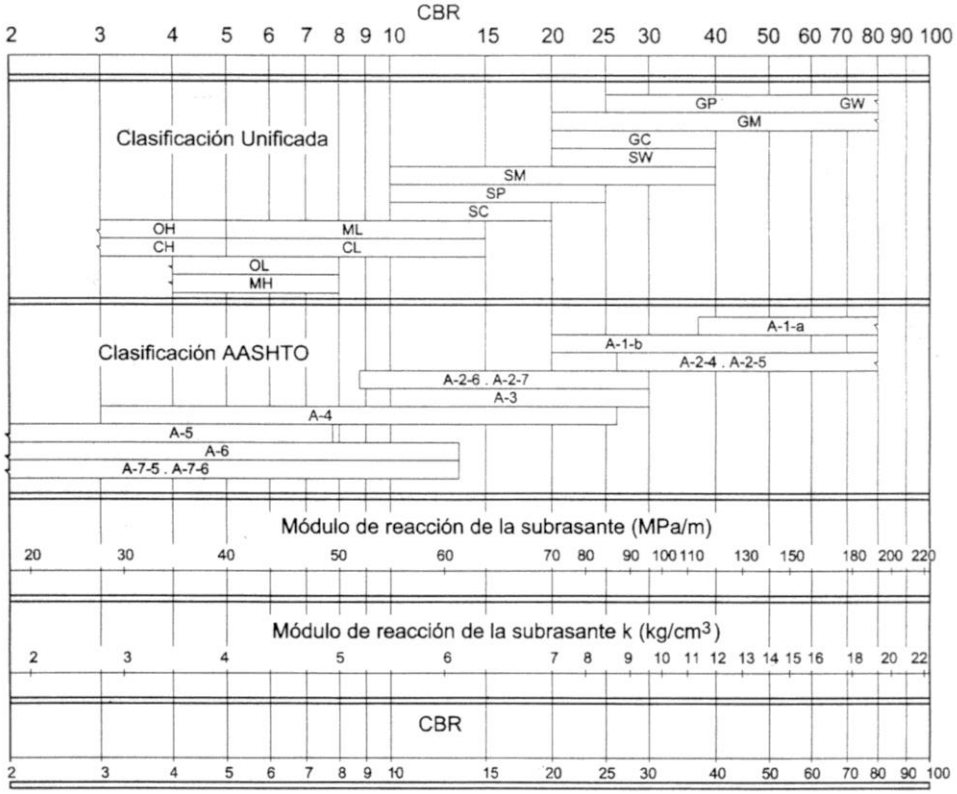
4330 Ejes Equivalentes cada 1000 Vehículos Pesados

Ejemplo (Método de la P.C.A.)

SOLUCIÓN

SUBRASANTE

- CBR medio = 3,0%



- Correlación con módulo de reacción (k) = 2,7 kg/cm3

Ejemplo (Método de la P.C.A.)

SUBBASE

- En estos casos resulta conveniente incorporar una capa de subbase que permitirá:
  - Mejorar la condición de apoyo – uniformidad y homogeneidad.
  - Incrementar el control de cambios volumétricos en subrasante.
  - Conformar una plataforma de trabajo adecuada, menos susceptible a las condiciones climáticas y apta para la circulación de los vehículos de obra.
- Mediante Tablas se determina el módulo de reacción combinado Subrasante/subbase.

Espesor de subbase → / Valor K de subrasante ↓	100 mm	150 mm	200 mm	230 mm
1.4	1.7	2.1		2.4
2.8	3.6	3.9		4.4
5.5	6.1	6.4		7.5

2.7

3.9

Kcombinado (subrasante / subbase) = 3.9 kg/cm3

Ejemplo (Método de la P.C.A.)

BASE

- Uso obligatorio por tránsito pesado (mayor de 100 a 200 VP/día).
- Se emplea una Base Granular Cementada de 15 cm de espesor.
- Mediante Tablas se determina el módulo de reacción combinado Subrasante/subbase.

Espesor de subbase → / Valor K de subrasante ↓	100 mm	150 mm	200 mm
1.4	4.7	6.4	8.6
2.8	7.8	11.1	14.4
5.5	13.0	17.7	23.0

3.9 **13.8**

Kcombinado (subrasante / subbase / base) = 13.8 kg/cm3

Ejemplo (Método de la P.C.A.)

RESISTENCIA DEL HORMIGÓN

Resistencia mínima efectiva = 315 kg/cm^2 (R=90%)

Consideramos un C.V. = 10%

$$\sigma bm = 315\,kg/cm2 \cdot (1 + 0{,}10 \cdot 1{,}282)$$

$$\sigma bm = 355\,kg/cm2 = 34{,}8\,MPa$$

Entonces, aplicando la fórmula de la P.C.A. para agregados Triturados

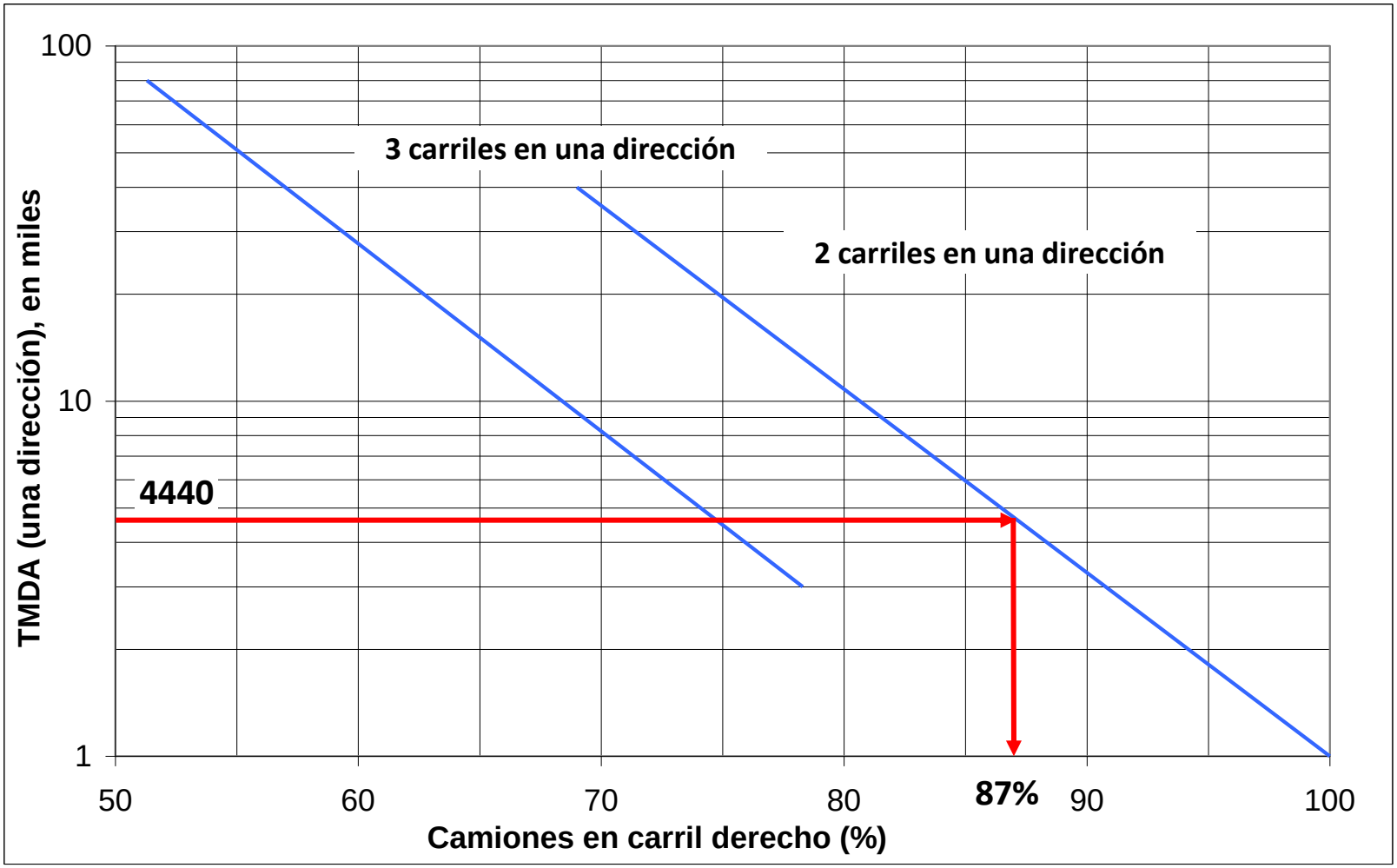
$$MR = 0{,}8 \cdot \sqrt{34{,}8\,MPa} = 4{,}72\,MPa = 48\,kg/cm^2$$

Ejemplo (Método de la P.C.A.)

TRÁNSITO

- TMDA = 6500 veh/día
- Prop. Vehículos Pesados = 40%.
- Tasa de Crec.: 2.5%. → TMDD = 8881 v/día (3550VP/d).
- Factor de seguridad de cargas: 1,2.
- Factor de Distribución por dirección (FDD) = 50%.
- Factor de Distribución por Trocha (FDT) = según el siguiente nomograma:

Ejemplo (Método de la P.C.A.)



Ejemplo (Método de la P.C.A.)

TRANSFERENCIA DE CARGA

Juntas Transversales:

- Debido al elevado volumen de vehículos pesados (Mayor de 80 a 120 VP/día) resulta obligatorio la colocación de pasadores.
- Se evaluará la incidencia de prescindir de los pasadores.

Bordes de Calzada:

- Banquina Externa Flexible (no existe transferencia de carga en los bordes de calzada).
- Evaluar la factibilidad de incorporar Sobreancho o Banquina Vinculada.

Ejemplo (Método de la P.C.A.)

Cálculo del Espesor del Pavimento

Projecto: EJEMPLO PRÁCTICO. UNIVERSIDAD CATOLICA ARGENTINA

Espesor estimado =	24.6 cm	Junta con pasadores	
"k" combinado Subr/Subb =	13.76 kg/cm3	Sin banquina de Hormigón	
Módulo de Rotura "MR" =	48 kg/cm2	Subbase cementada	
FSC =	1.2	Espesor =	15 cm
Período de Diseño :	25 años		

Cargas por eje	Carga por FSC	Repeticiones Esperadas	Análisis de Fatiga		Análisis de Erosión	
			Repeticiones Admisibles	Consumo de Fatiga	Repeticiones Admisibles	Daño por Erosión
1	2	3	4	5	6	7
EJES SIMPLES		8. T. Equiv =	11.05 kg/cm2		10. F. Erosión:	2.52
		9. F.R.T. =	0.230			
16.0	19.2	675	457740	0.1%	879248	0.1%
15.0	18.0	6675	1977235	0.3%	1310766	0.5%
14.0	16.8	46597	521338270	0.0%	1990675	2.3%
13.0	15.6	230175	Ilimitado	0.0%	3085645	7.5%
12.0	14.4	812343	Ilimitado	0.0%	5089776	16.0%
11.0	13.2	2077784	Ilimitado	0.0%	9384431	22.1%
10.0	12.0	3932152	Ilimitado	0.0%	20230714	19.4%
9.0	10.8	5656903	Ilimitado	0.0%	52351257	10.8%
8.0	9.6	6373255	Ilimitado	0.0%	Ilimitado	0.0%
7.0	8.4	5764852	Ilimitado	0.0%	Ilimitado	0.0%
6.0	7.2	4236016	Ilimitado	0.0%	Ilimitado	0.0%
5.0	6.0	2514076	Ilimitado	0.0%	Ilimitado	0.0%
			Suma Parcial	0.5%		78.7%

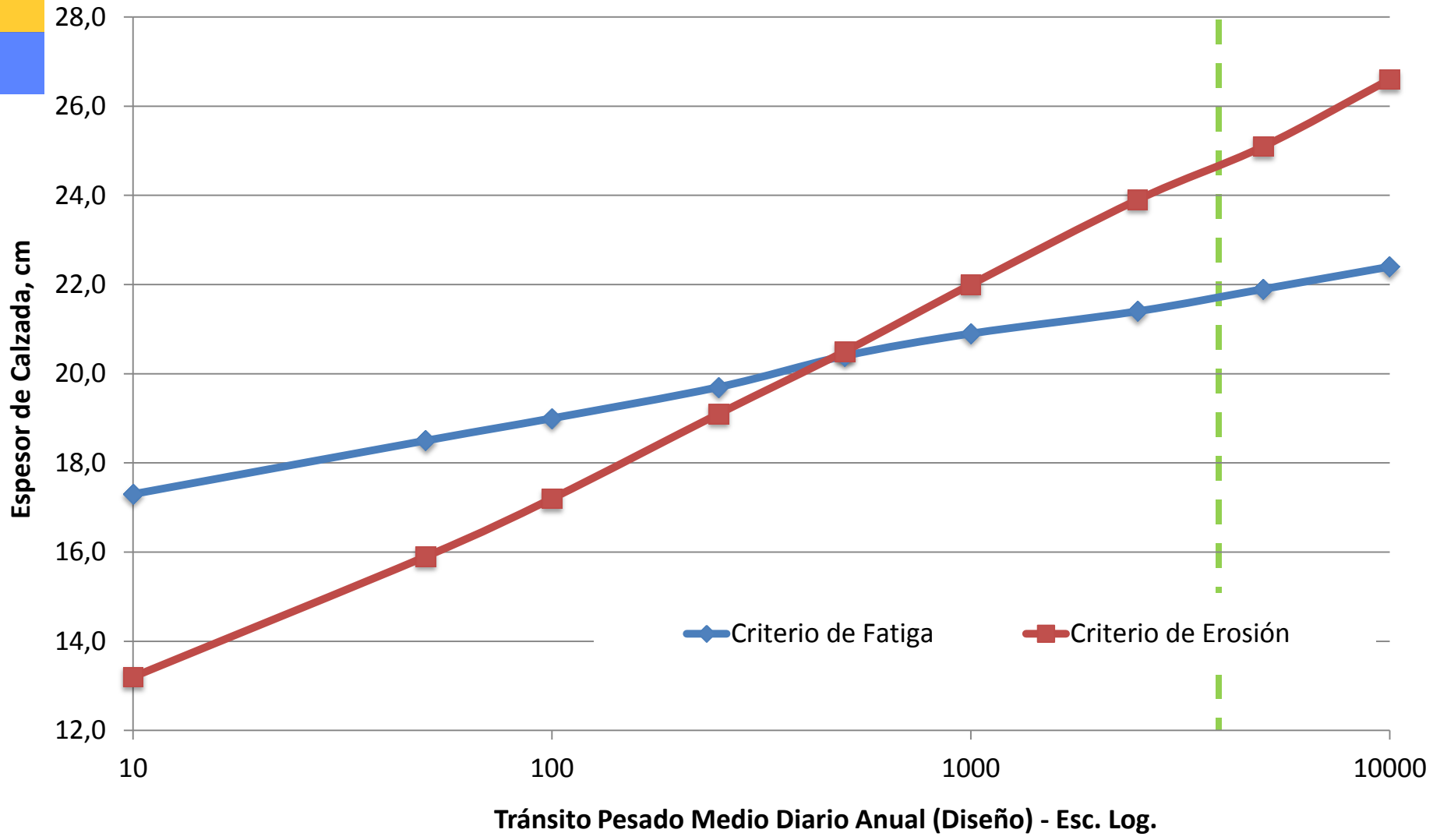
Ejemplo (Método de la P.C.A.)

EJES DOBLES		11. T. Equiv =	9.23 kg/cm2		13. F. Erosión:	2.63
		12. F.R.T. =	0.192			
30.0	36.0	0	Ilimitado	0.0%	638051	0.0%
28.0	33.6	28	Ilimitado	0.0%	945502	0.0%
26.0	31.2	590	Ilimitado	0.0%	1505049	0.0%
24.0	28.8	8473	Ilimitado	0.0%	2422963	0.3%
22.0	26.4	71750	Ilimitado	0.0%	4097261	1.8%
20.0	24.0	360776	Ilimitado	0.0%	7777277	4.6%
18.0	21.6	1089803	Ilimitado	0.0%	17746569	6.1%
16.0	19.2	2023079	Ilimitado	0.0%	50893460	4.0%
14.0	16.8	2406830	Ilimitado	0.0%	Ilimitado	0.0%
12.0	14.4	1949445	Ilimitado	0.0%	Ilimitado	0.0%
10.0	12.0	1127350	Ilimitado	0.0%	Ilimitado	0.0%
8.0	9.6	461038	Ilimitado	0.0%	Ilimitado	0.0%
			Suma Parcial	0.0%		16.9%

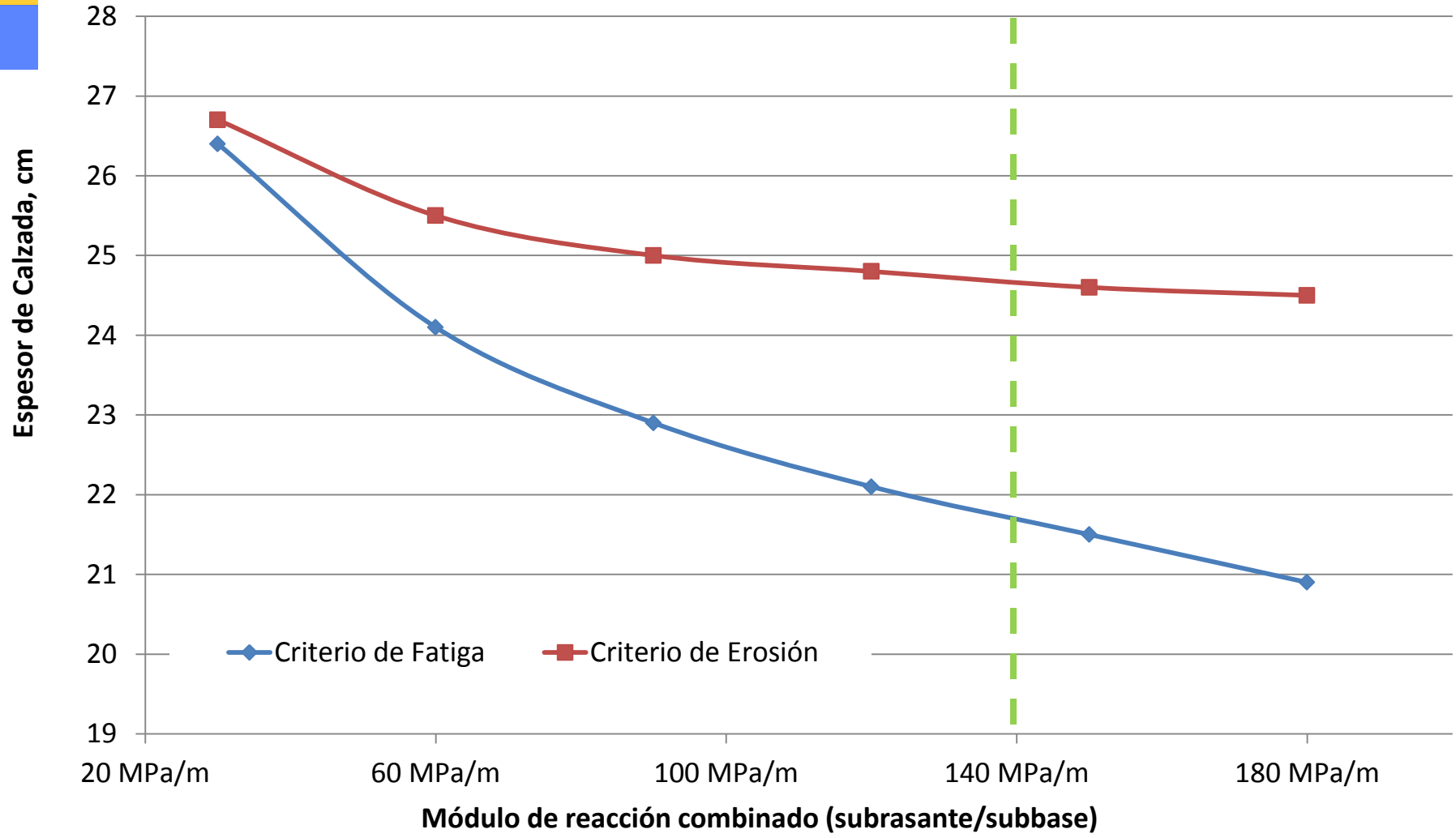
EJES TRIPLES		14. T. Equiv =	6.92 kg/cm2		16. F. Erosión:	2.71
		15. F.R.T. =	0.144			
39.0	46.8	28	Ilimitado	0.0%	836080	0.0%
36.0	43.2	450	Ilimitado	0.0%	1366654	0.0%
33.0	39.6	5199	Ilimitado	0.0%	2302373	0.2%
30.0	36.0	34287	Ilimitado	0.0%	4087666	0.8%
27.0	32.4	129505	Ilimitado	0.0%	8345104	1.6%
24.0	28.8	285821	Ilimitado	0.0%	21426037	1.3%
21.0	25.2	384875	Ilimitado	0.0%	Ilimitado	0.0%
18.0	21.6	342677	Ilimitado	0.0%	Ilimitado	0.0%
15.0	18.0	220408	Ilimitado	0.0%	Ilimitado	0.0%
12.0	14.4	103185	Ilimitado	0.0%	Ilimitado	0.0%
9.0	10.8	32334	Ilimitado	0.0%	Ilimitado	0.0%
			Suma Parcial	0.0%		4.0%

Fatiga =	0.5%	Erosión =	99.6%

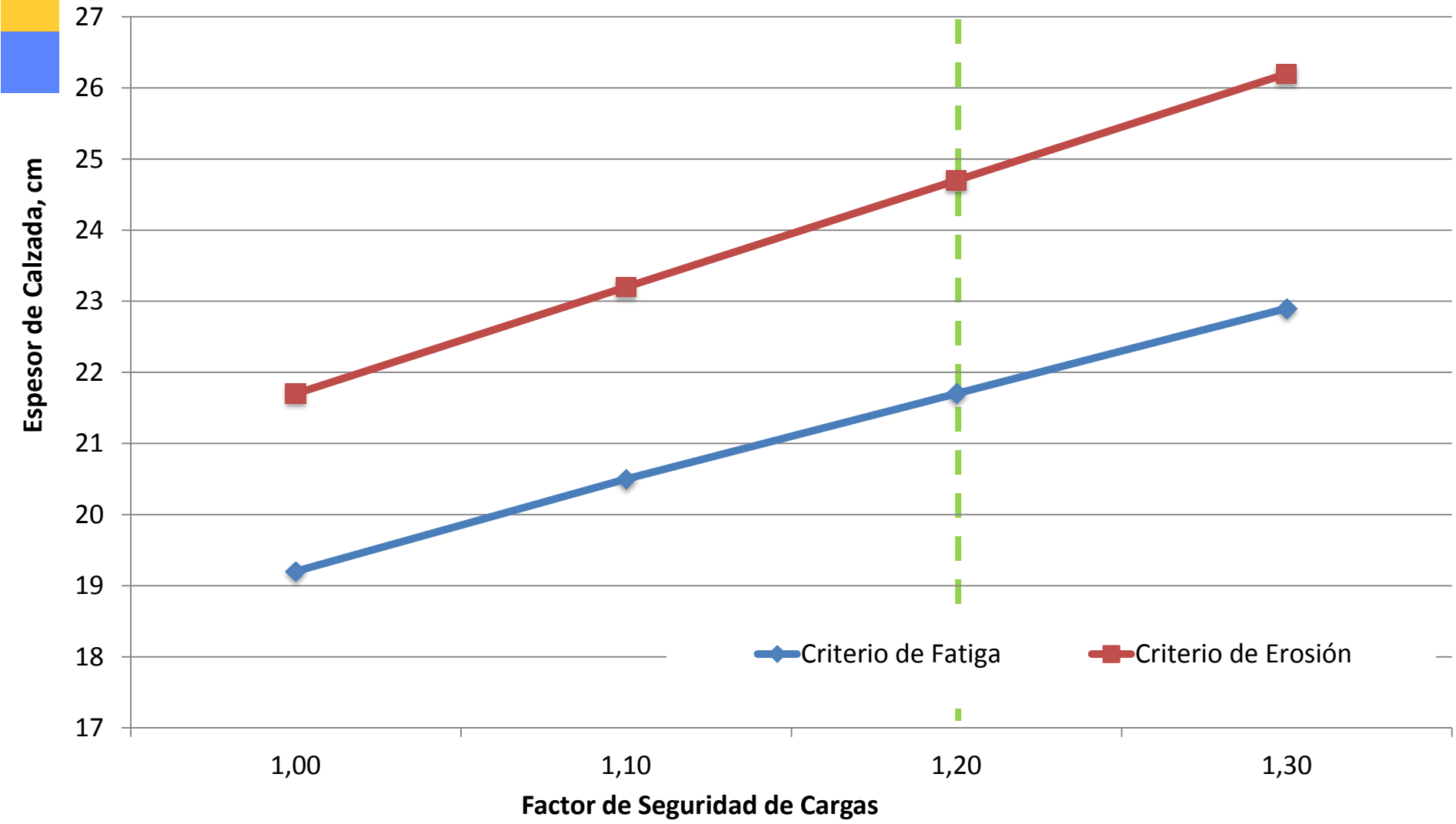
Análisis de Sensibilidad



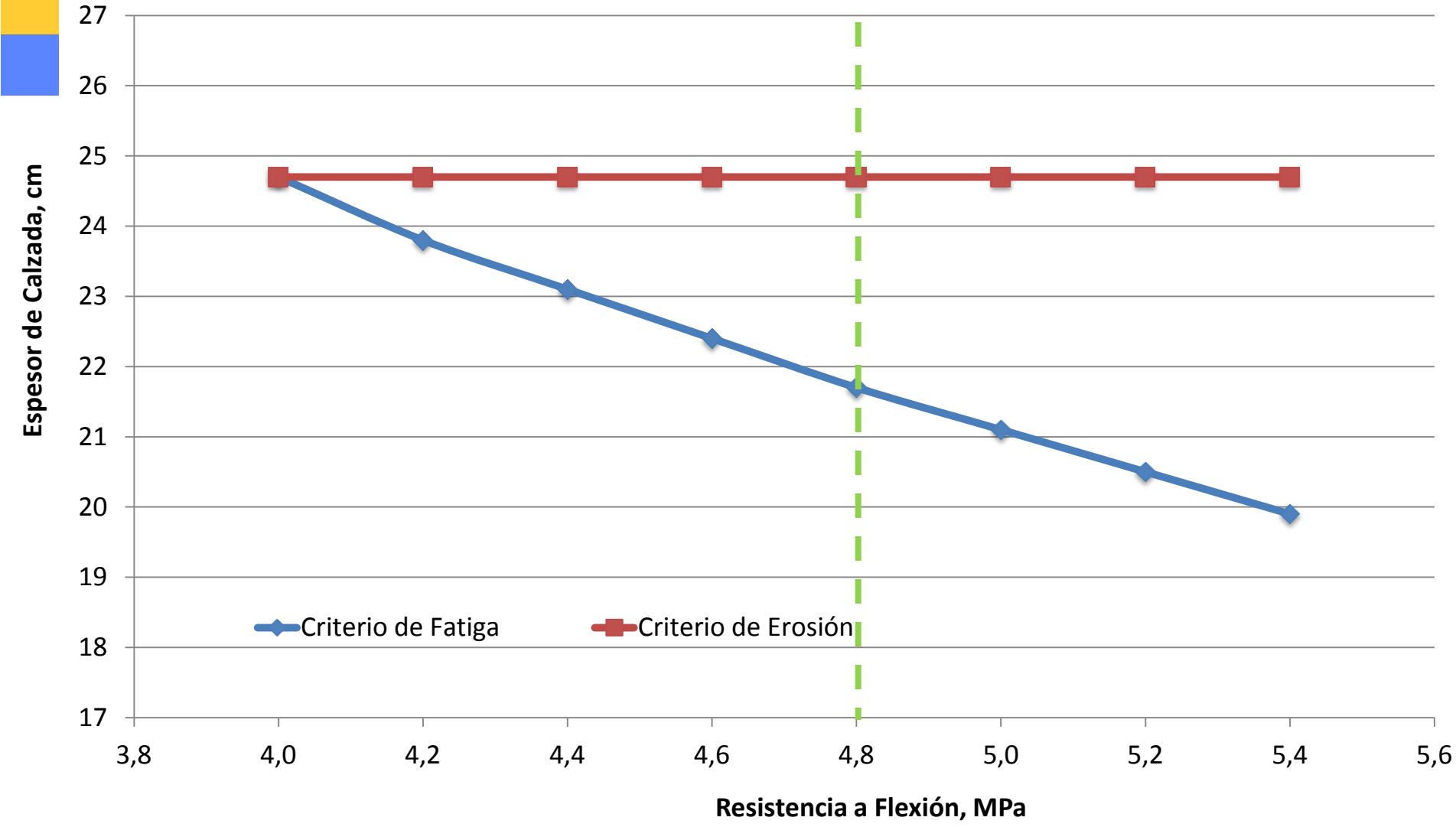
Análisis de Sensibilidad



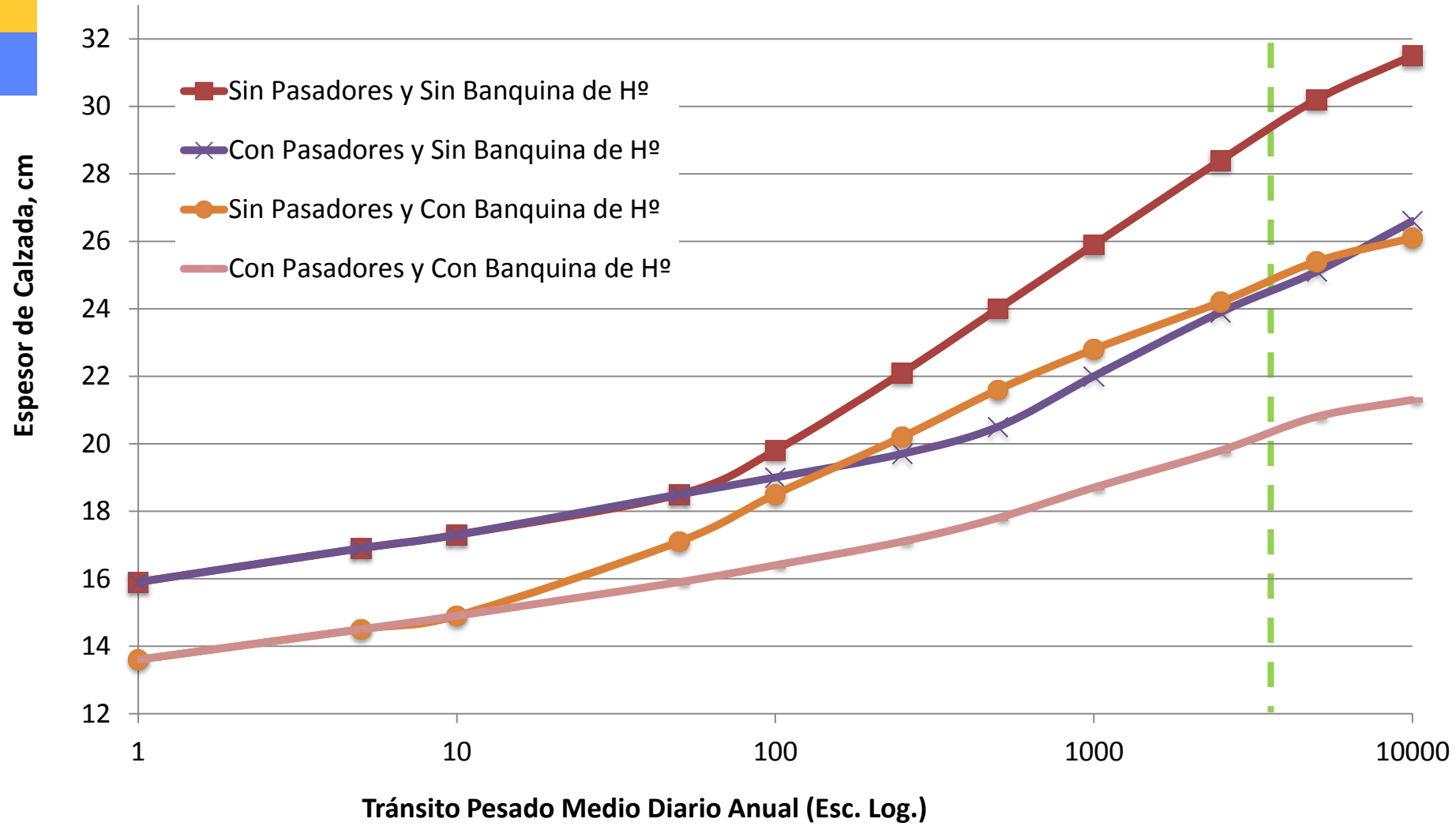
Análisis de Sensibilidad



Análisis de Sensibilidad

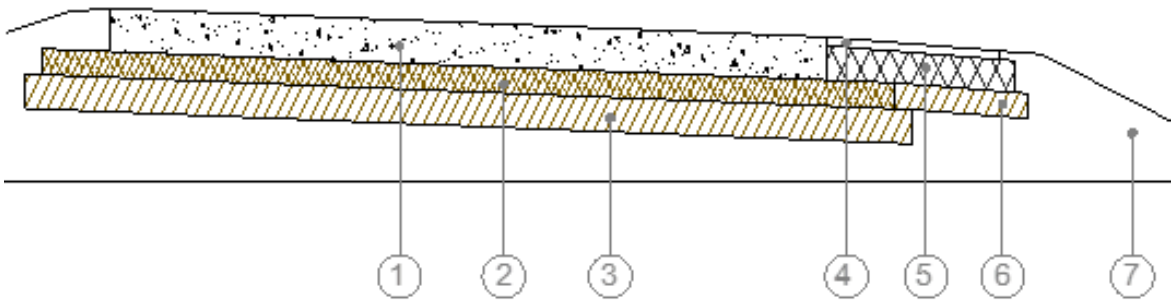


Análisis de Sensibilidad



Variantes según Condición de Transferencia de Carga

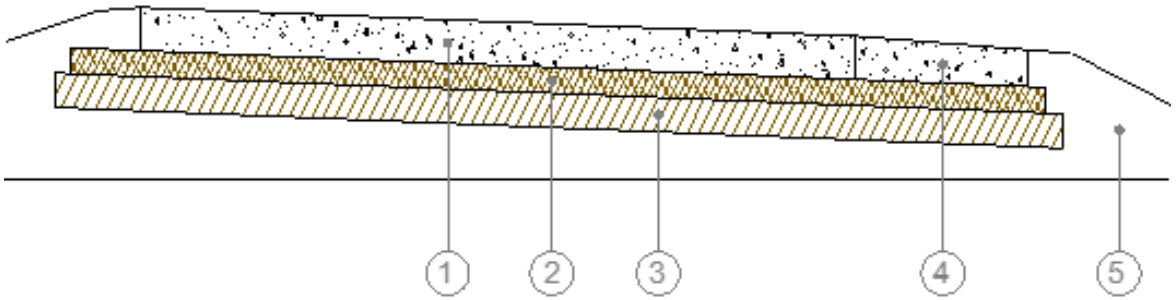
VARIANTE A – BANQUINA FLEXIBLE



JUNTAS TRANSVERSALES

- Con Pas → E: 24,6 cm.
- Sin Pas → E: 29,1 cm.

VARIANTE B – BANQUINA RÍGIDA / SOBREANCHO



JUNTAS TRANSVERSALES

- Con Pas → E: 20,3 cm.
- Sin Pas → E: 24,9 cm.

Y si consideramos otro tipo de Base?

VARIANTE C - Base granular asfáltica + subbase granular

Ventajas:

- Permite alcanzar una rigidez intermedia, brindando un adecuado comportamiento (balance) frente a cargas de Tránsito y Medioambientales
- Elevada Resistencia a la Erosión (similar al Hormigón Pobre)
- Poca dependencia de la fase constructiva

Recálculo del Módulo de reacción combinado

SUBBASE GRANULAR

- Mediante Tablas se determina el módulo de reacción combinado Subrasante/subbase.

Espesor de subbase → / Valor K de subrasante ↓	100 mm	150 mm	230 mm
1.4	1.7	2.1	2.4
2.8	3.6	3.9	4.4
5.5	6.1	6.4	7.5

3.9 **4.9**

BASE GRANULAR ASFÁLTICA

- Mediante Tablas puede determinarse también el módulo de reacción combinado.

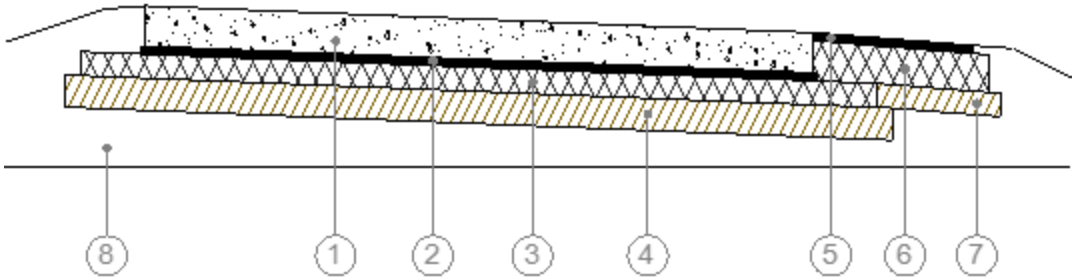
Espesor de subbase → / Valor K de subrasante ↓	100 mm	150 mm	230 mm
1.4	2.3	3.1	4.3
2.8	4.2	5.4	7.2
5.5	7.7	9.5	12.2

50 mm **4.9** **5.3**

Kcombinado (subrasante / subbase / base) = 5.3 kg/cm3

Variante C – Base Asf + Subbase Gran.

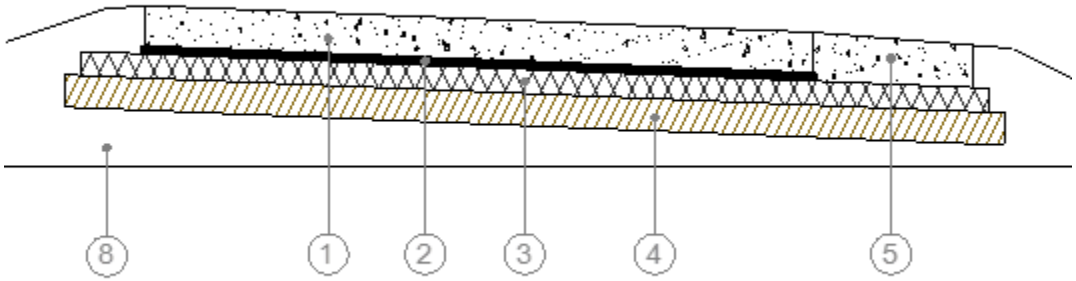
VARIANTE C – BANQUINA FLEXIBLE



JUNTAS TRANSVERSALES

- Con Pas → E: 25,6 cm.
- Sin Pas → E: 32,3 cm.

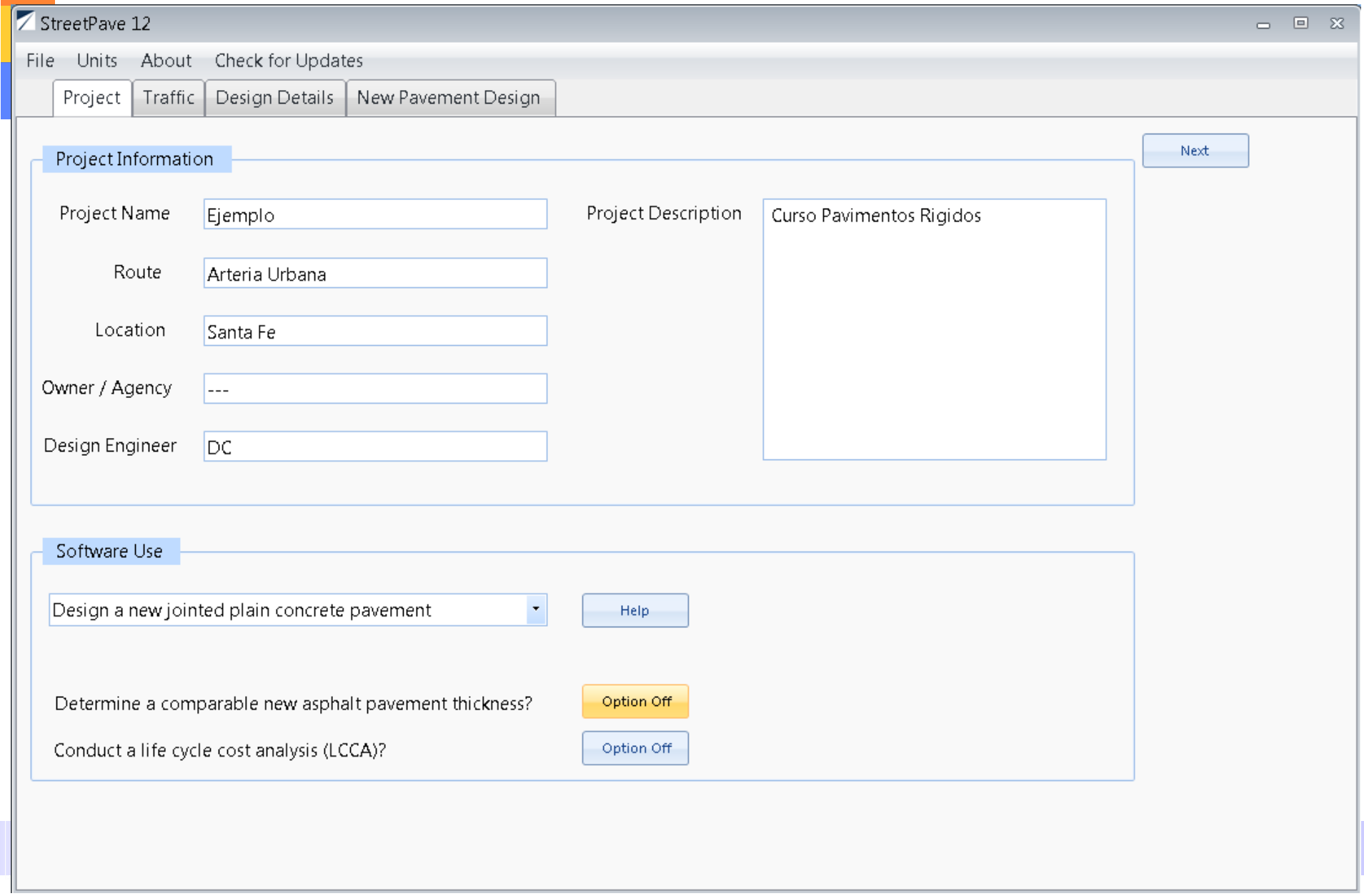
VARIANTE C – BANQUINA RÍGIDA / SOBREANCHO



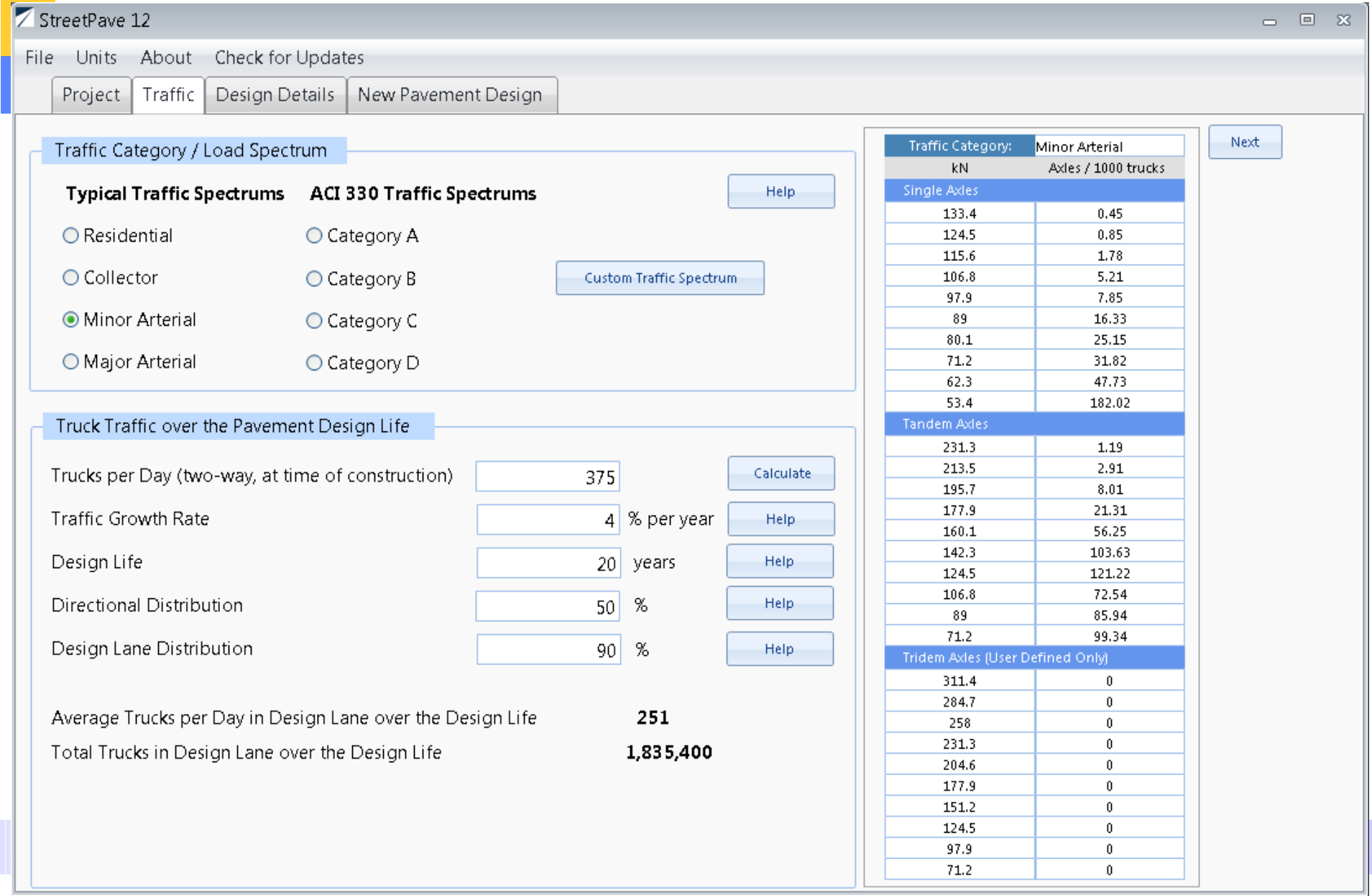
JUNTAS TRANSVERSALES

- Con Pas → E: 21,8 cm.
- Sin Pas → E: 27,1 cm.

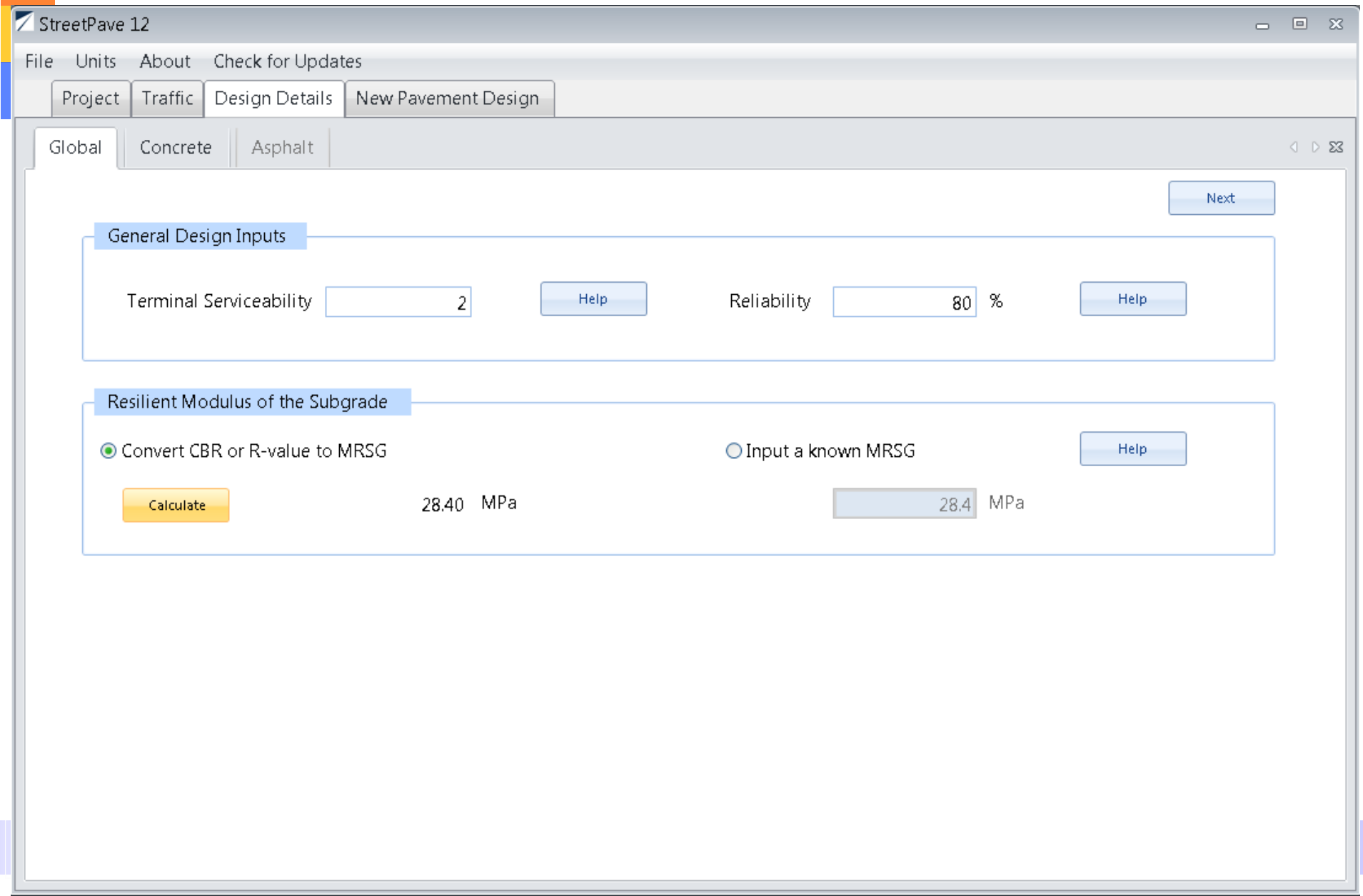
Ejemplo (ACPA StreetPave12)



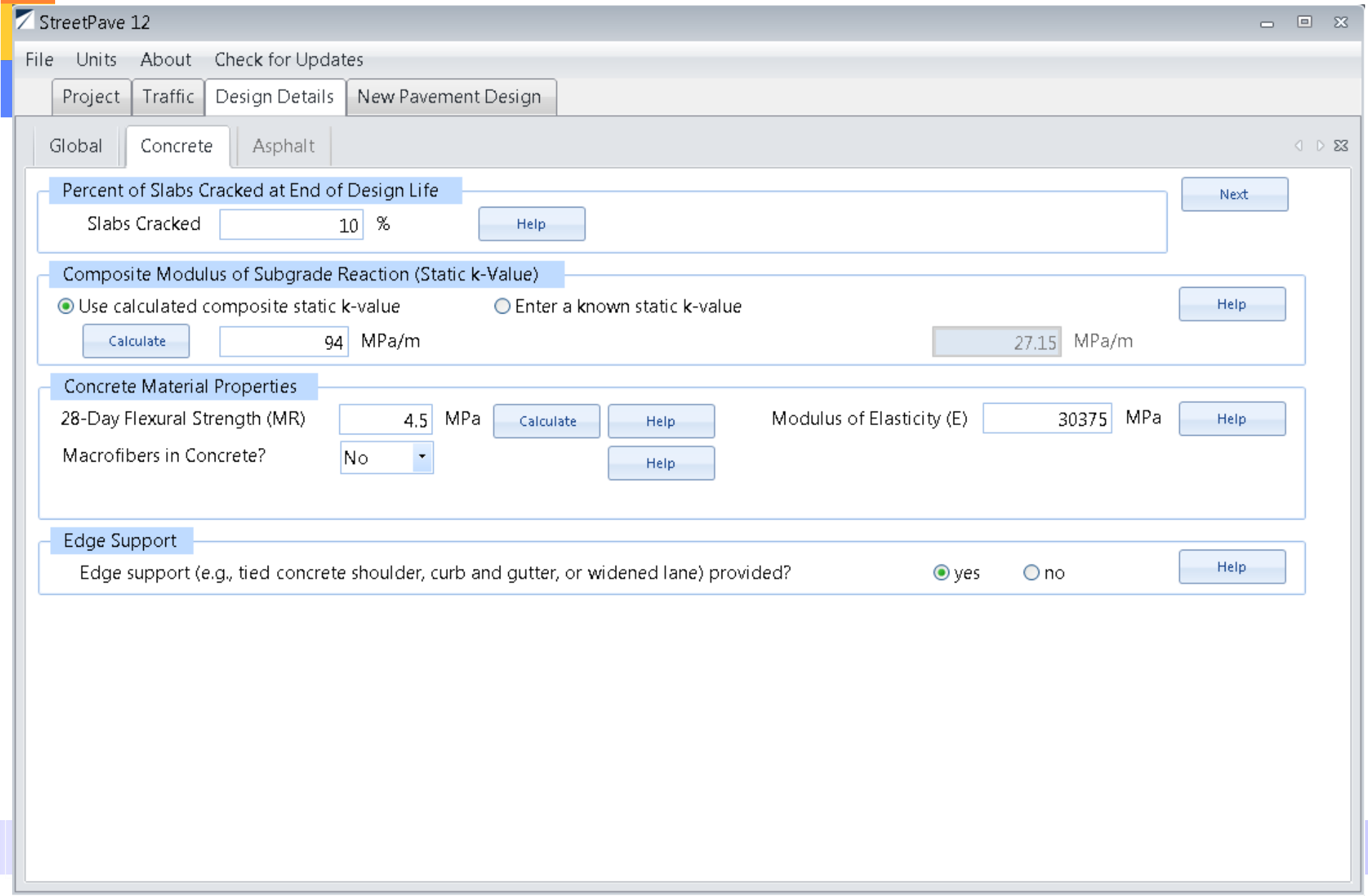
Ejemplo (ACPA StreetPave12)



Ejemplo (ACPA StreetPave12)



Ejemplo (ACPA StreetPave12)



Calculate k-value

Resilient Modulus of the Subgrade: 28.40 MPa

Corresponding Subgrade Static k-value: 27 MPa/m

To determine the k-value for a subbase layer system, use the calculator tool below. First input the subbase(s)

Step 1 - From the Top Down, Input Subbase(s) Modulus of Elasticity and

Number of subbase layers between subgrade and concrete pavement: 2 Layers

Top Layer: Cement-Treated Subbase (CTB)

Layer Modulus of Elasticity: 5,000.00 MPa — Help

Allowable Range: 3,500 - 6,900

Layer Thickness: 100 mm. — Help

Layer 2: Lime-Stabilized Subgrade

Layer Modulus of Elasticity: 150.00 MPa

Allowable Range: 130 - 500

Layer Thickness: 200 mm.

Layer 3: Choose Layer

Layer Modulus of Elasticity: 0 MPa

Allowable Range: Choose Layer Type

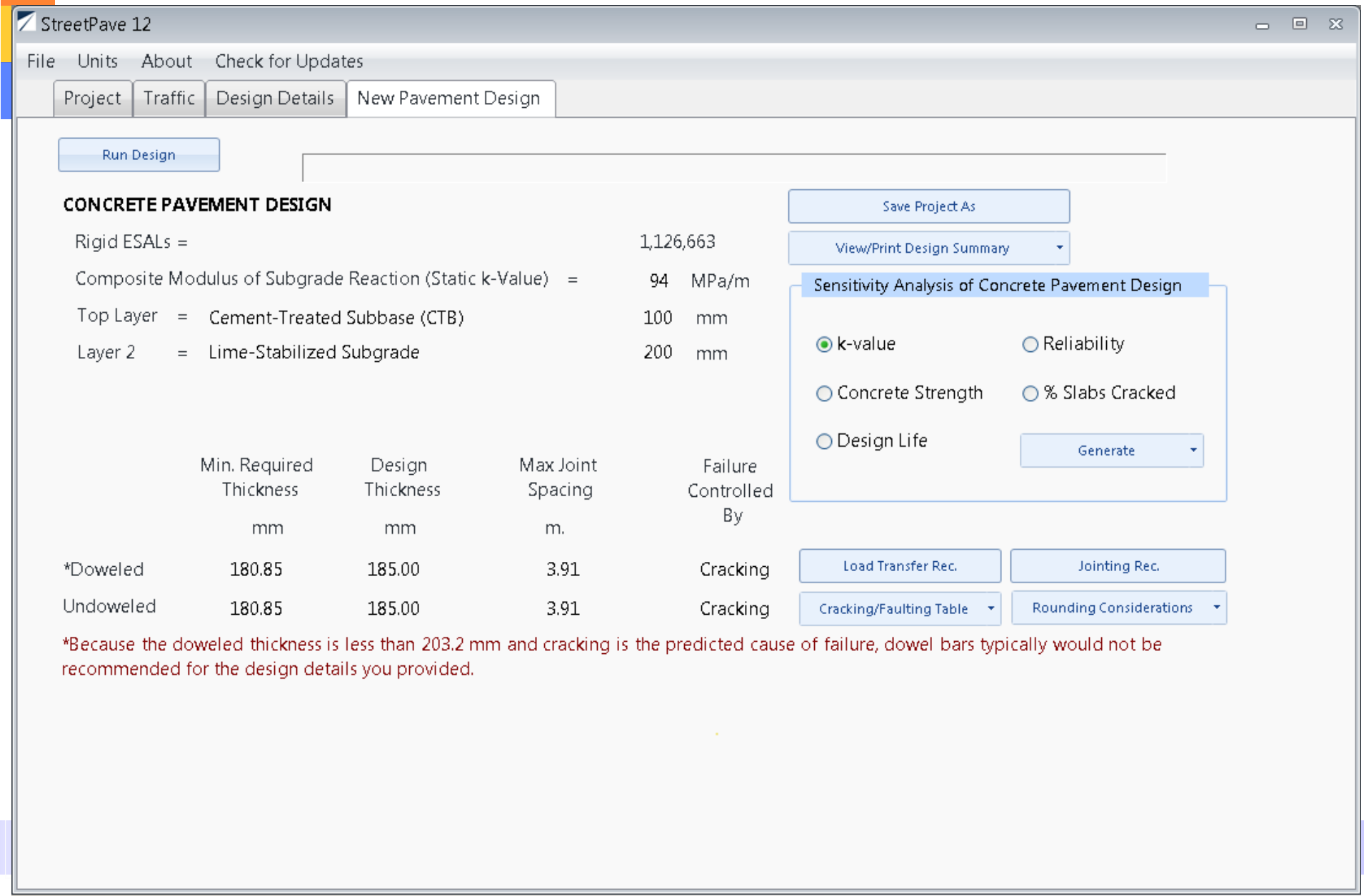
Layer Thickness: 0 mm.

Step 2 - Calculate K

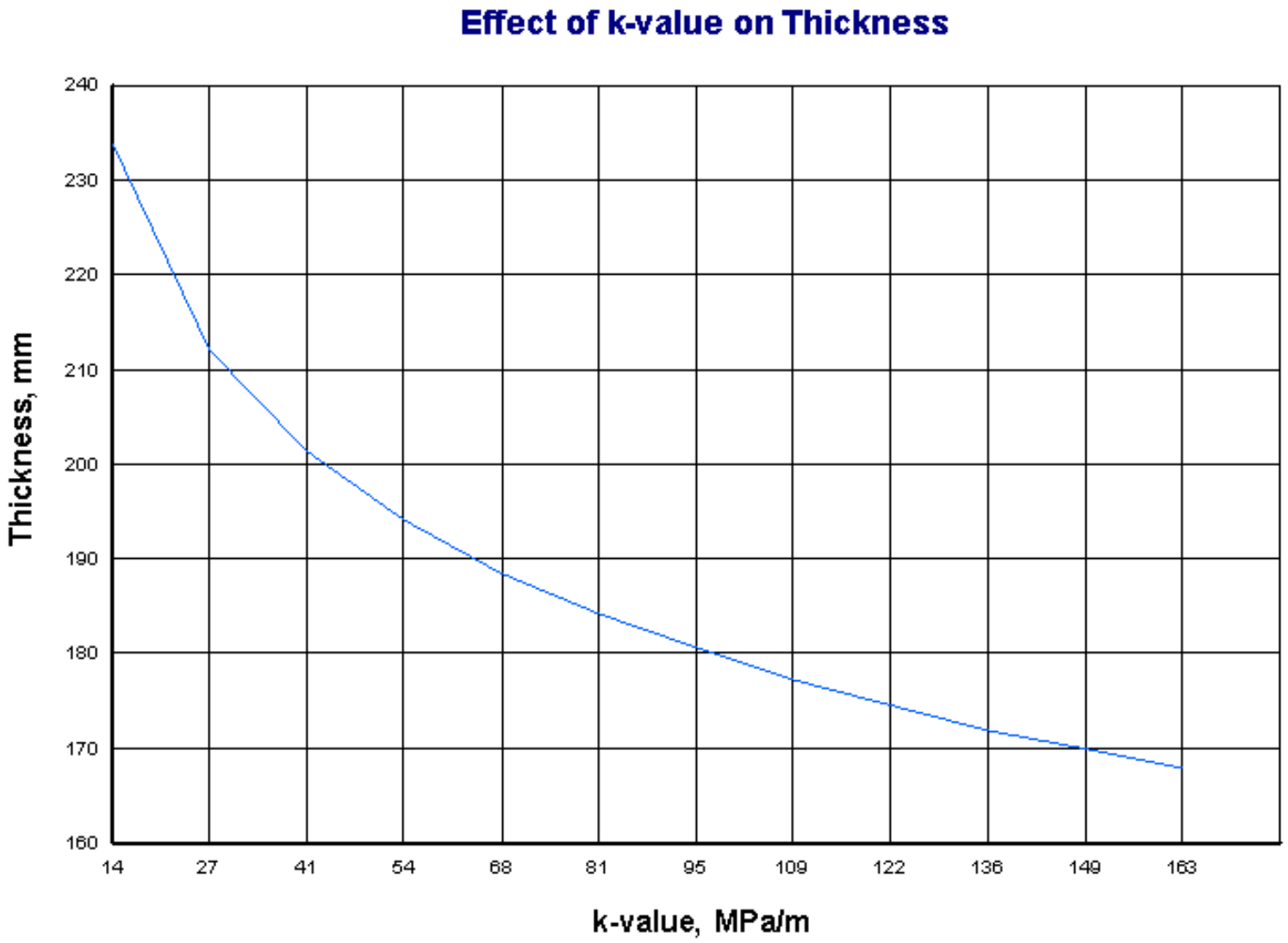
Calculated Composite Static k-Value: 94 MPa/m

75° Aniv
1940 -
CPA
INSTITUTO DEL CEMENTO PORTLAND ARGENTINO

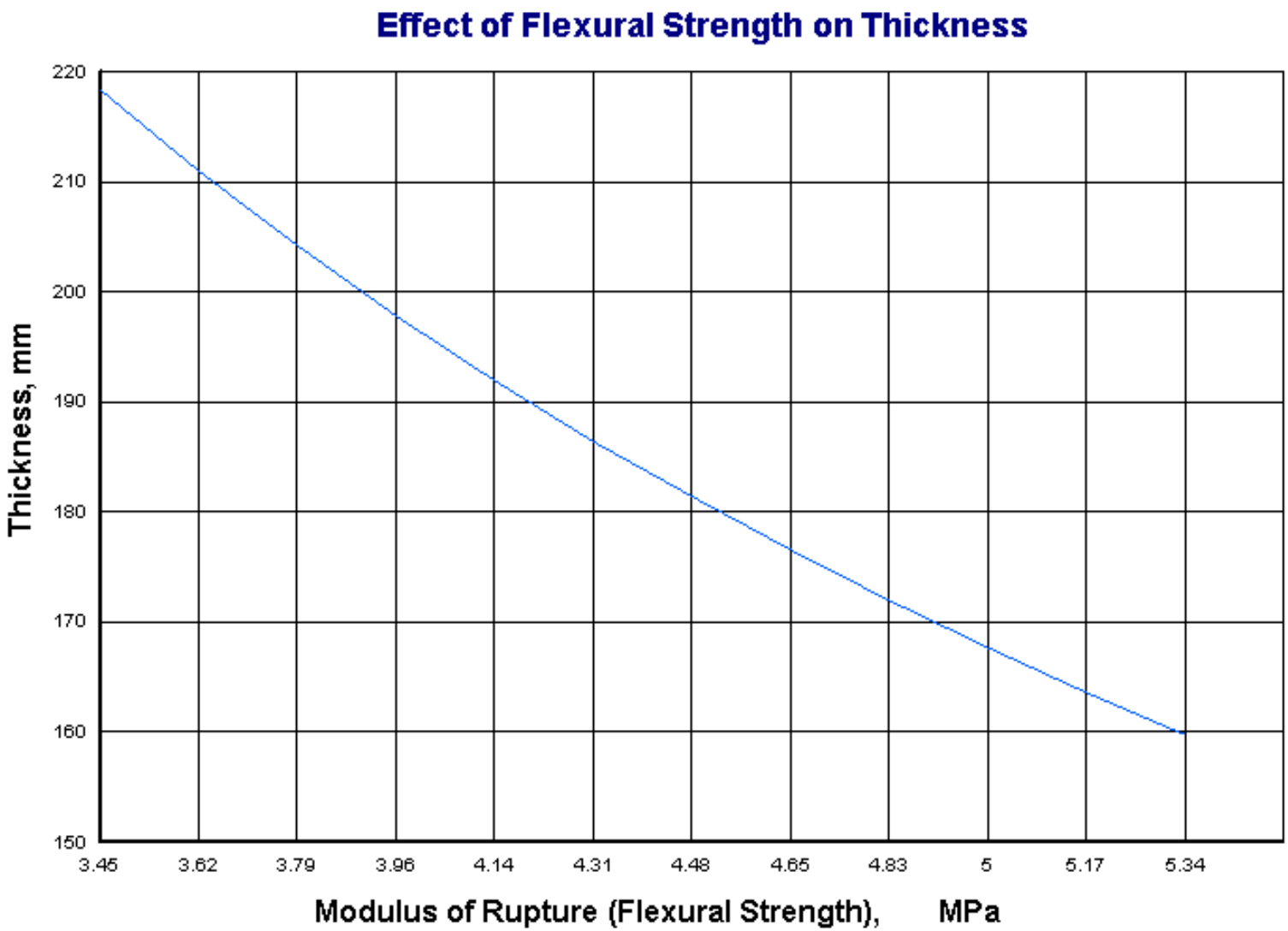
Ejemplo (ACPA StreetPave12)



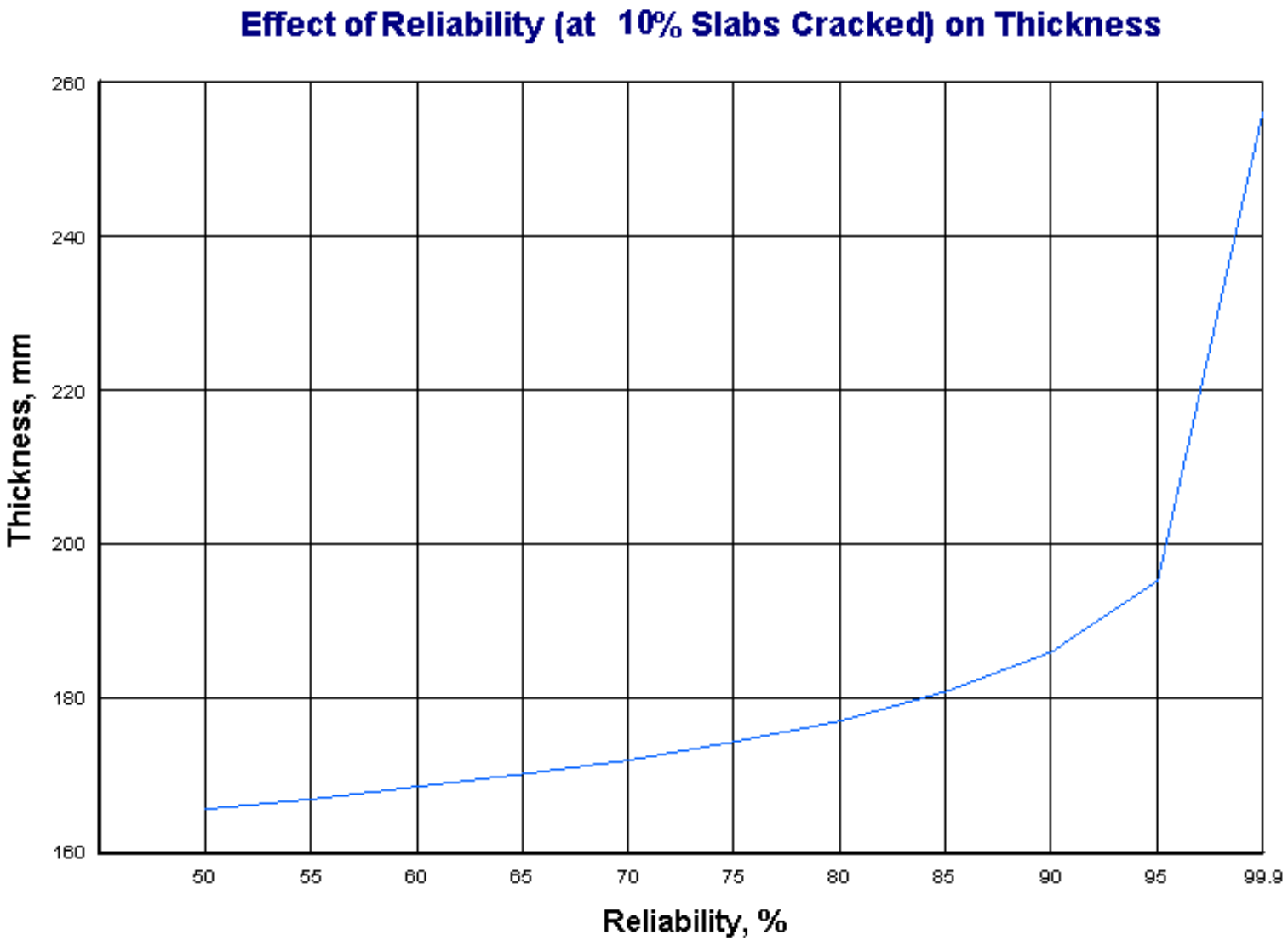
Ejemplo (ACPA StreetPave12)



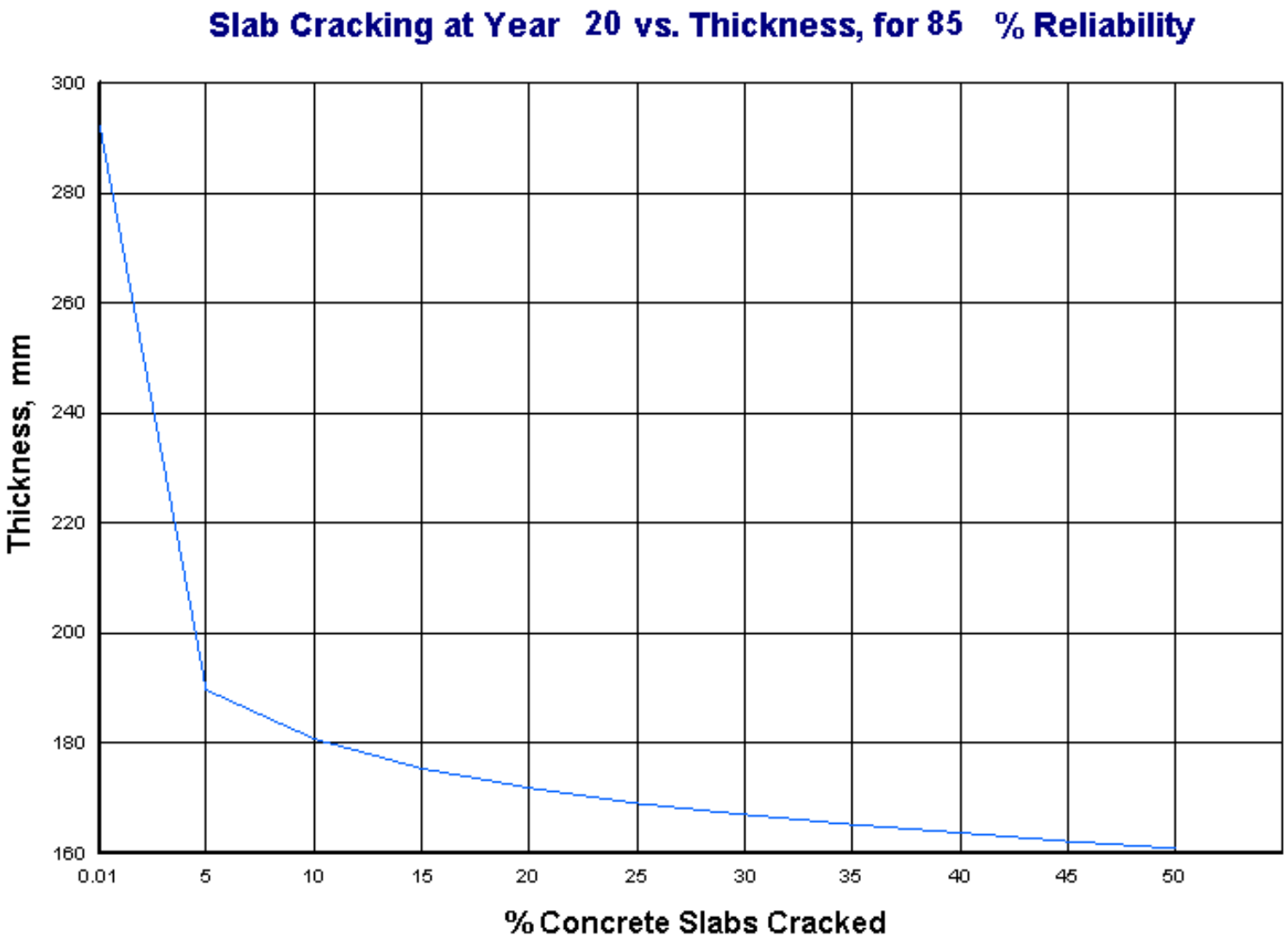
Ejemplo (ACPA StreetPave12)



Ejemplo (ACPA StreetPave12)



Ejemplo (ACPA StreetPave12)



¿Preguntas?

ING. DIEGO H. CALO
COORDINADOR
DEPARTAMENTO TÉCNICO DE PAVIMENTOS
dcalo@icpa.com.ar