

RC 2018 xvii Reunión
del **CONCRETO**

El evento del Cemento, el Concreto y los Prefabricados



SOLUCIONES PARA VIAS TERCIARIAS de BAJO TRAFICO CON CEMENTO

Rafael Alejandro González Magaña

Instituto Salvadoreño del Cemento y del Concreto

El Salvador

CARRETERAS INTERURBANAS

Vías Pavimentadas: 3748.83 Km.

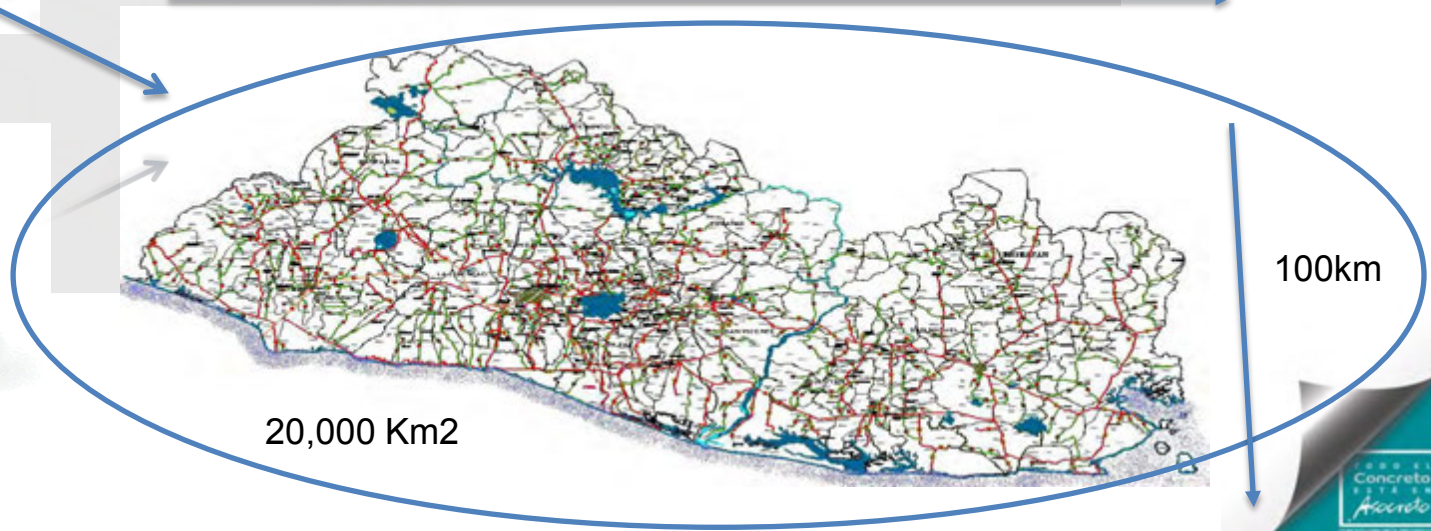
Vías No Pavimentadas: 2,790.63 Km.

Total Red Vial Interurbana: 6,539.56 Km.



PresenterMedia

200 km



100km

20,000 Km2

ESPESORES DE RUTAS CON CONCRETO HIDRÁULICO (AÑOS 2008 - 2016)				
CÓD. SIIP	NOMBRE DEL PROYECTO	LONGITUD (KM)	ESPESOR (M)	ANCHO CARRIL (M)
3737	APERTURA BOULEVARD DIEGO DE HOLGUIN-SANTA TECLA TRAMO II	2.94	0.33	3.40
1506	AMPLIACION DE ALAMEDA JUAN PABLO II E/ 75 AV. NORTE Y AV. MASFERRER. SAN SALVADOR.	1.80	0.15	3.50
3973	AMPLIACION DE INTERCAMBIADOR EN AUTOPISTA A COMALAPA (RN05)- CARRETERA A LOS PLANES DE RENDERO (RN06), SAN SALVADOR.	1.44	0.24	2.30
4423	AMPLIACION DE LA CARRETERA CA04S, TRAMO I: ENTRE KM. 12.66 (LAS PILETAS) - KM. 22.36 (SALIDA SUR DE ZARAGOZA), DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD.	9.70	0.21	3.50

INVENTARIO RED VIAL NACIONAL INTERURBANA DICIEMBRE 2016	
TIPO DE VIA	LONG. (KM)
VIAS PAVIMENTADAS	
Especial	376.09
Primaria	590.26
Secundaria	1,147.43
Terciaria Modificada	1,074.45
Rural Modificada	560.60
Total Vias Pavimentadas (km)	3,748.83
VIAS NO PAVIMENTADAS	
Terciaria	649.63
Rural A	2,141.10
Total Vias No Pavimentadas (km)	2,790.73
Total General (Km)	6,539.56

TIPO SUPERFICIE VIAS PAVIMENTADAS		
VIAS CON CONCRETO HIDRÁULICO	524.84	14%
VIAS CON CONCRETO ASFÁLTICO	3,223.99	86%
TIPO SUPERFICIE VIAS NO PAVIMENTADAS		
VIAS CON MATERIAL GRANULAR	1,590.72	57%
VIAS DE TIERRA	1,200.01	43%



La utilización del Cemento Portland en la construcción de bases, sub bases y estabilización de Subrasantes de estructuras de pavimentos ha sido muy amplia



**Desde hace muchos años
diversas carreteras construidas
han demostrado las múltiples ventajas de los materiales
estabilizados con cemento**



**El incremento
en las propiedades mecánicas del material y la
reducida susceptibilidad a la humedad, son las
principales referencias de dicho material a través de
la historia.**





Y En la actualidad

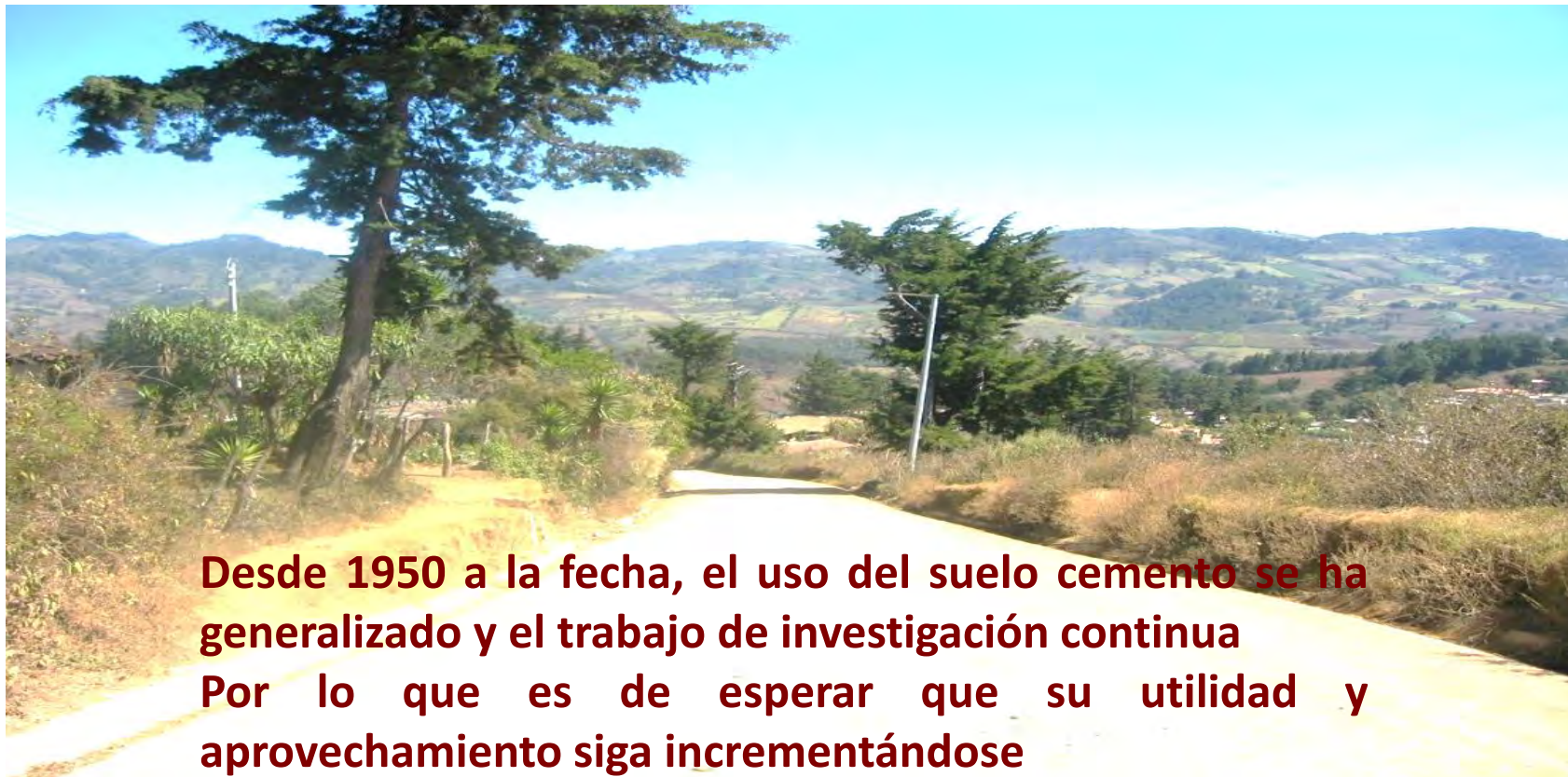
Es uno de los principales materiales que se consideran en los diseños estructurales y construcción de pavimentos



Ambientalmente, el Suelo Cemento permite la utilización de materiales existentes en las vías a construir y rehabilitar, evitando la explotación adicional de fuentes de materiales.



**Y en los pavimentos Rurales Secundarios y de bajo volumen
de tráfico
POR SUPUESTO**



Desde 1950 a la fecha, el uso del suelo cemento se ha generalizado y el trabajo de investigación continua Por lo que es de esperar que su utilidad y aprovechamiento siga incrementándose



Los niveles de trafico actual en volumen y peso, demandan estructuras de pavimento con capas de elevada capacidad de soporte y resistentes a los agentes atmosféricos.



Las mezclas permiten aprovechar e incorporar suelos locales.

Menor tiempo y costo, con menor impacto al medio ambiente.

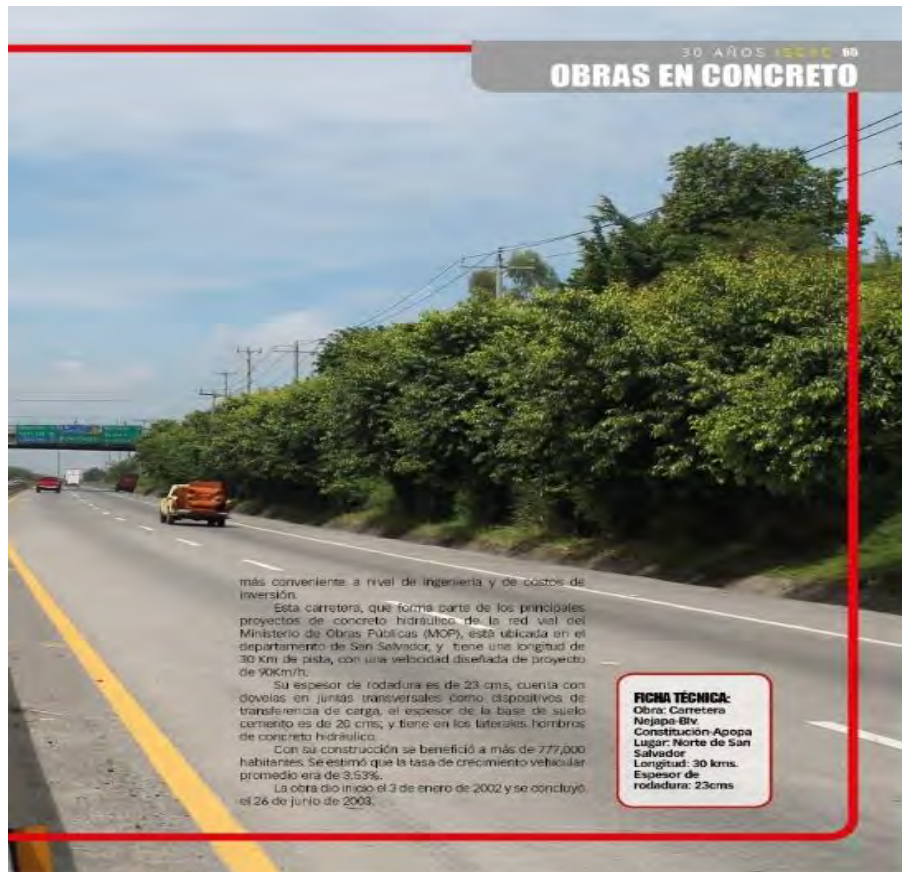


**Posibilidad de reducir
espesores sin disminución
de la capacidad estructural**



En la actualidad, existe una mayor limitación para la búsqueda y explotación de Bancos de Materiales

En El Salvador



Gran porcentaje de caminos rurales pavimentados poseen bases de suelo cemento.

En los últimos 10 años, el 100% de nuevas vías urbanas e interurbanas tienen bases de suelo cemento.



**El SC se ha utilizado
desde proyectos
pequeños y técnicas
manuales...**



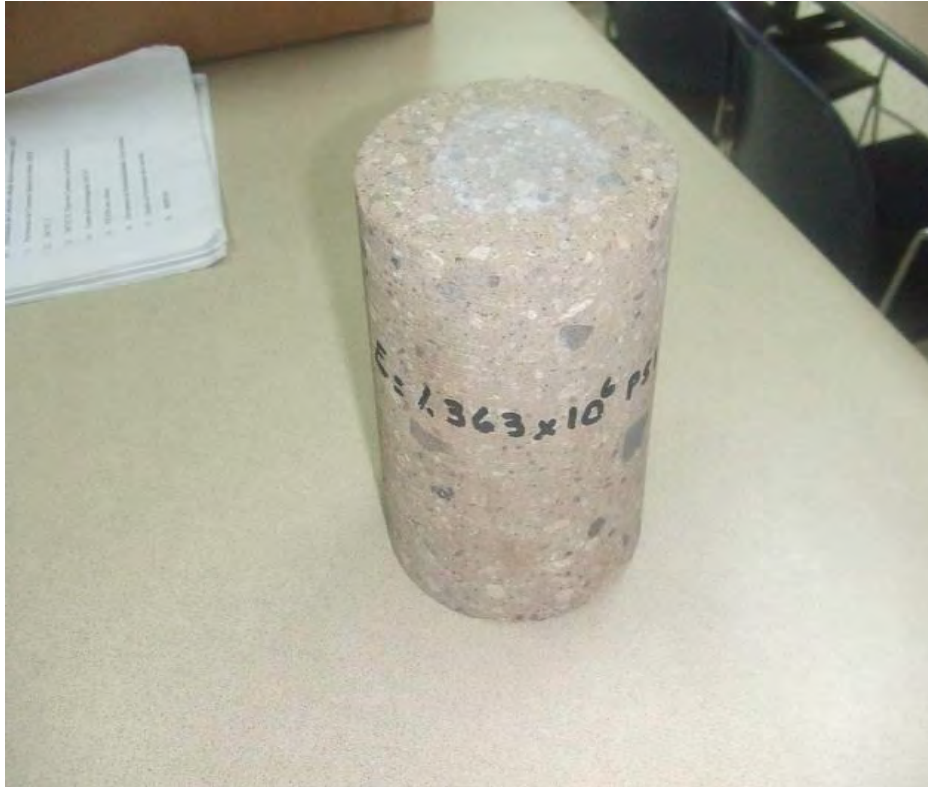


**Hasta Proyectos de
gran importancia
con técnicas
mecanizadas...**





Las experiencias desde 1950 han fijado una excelente aceptación a esta Técnica



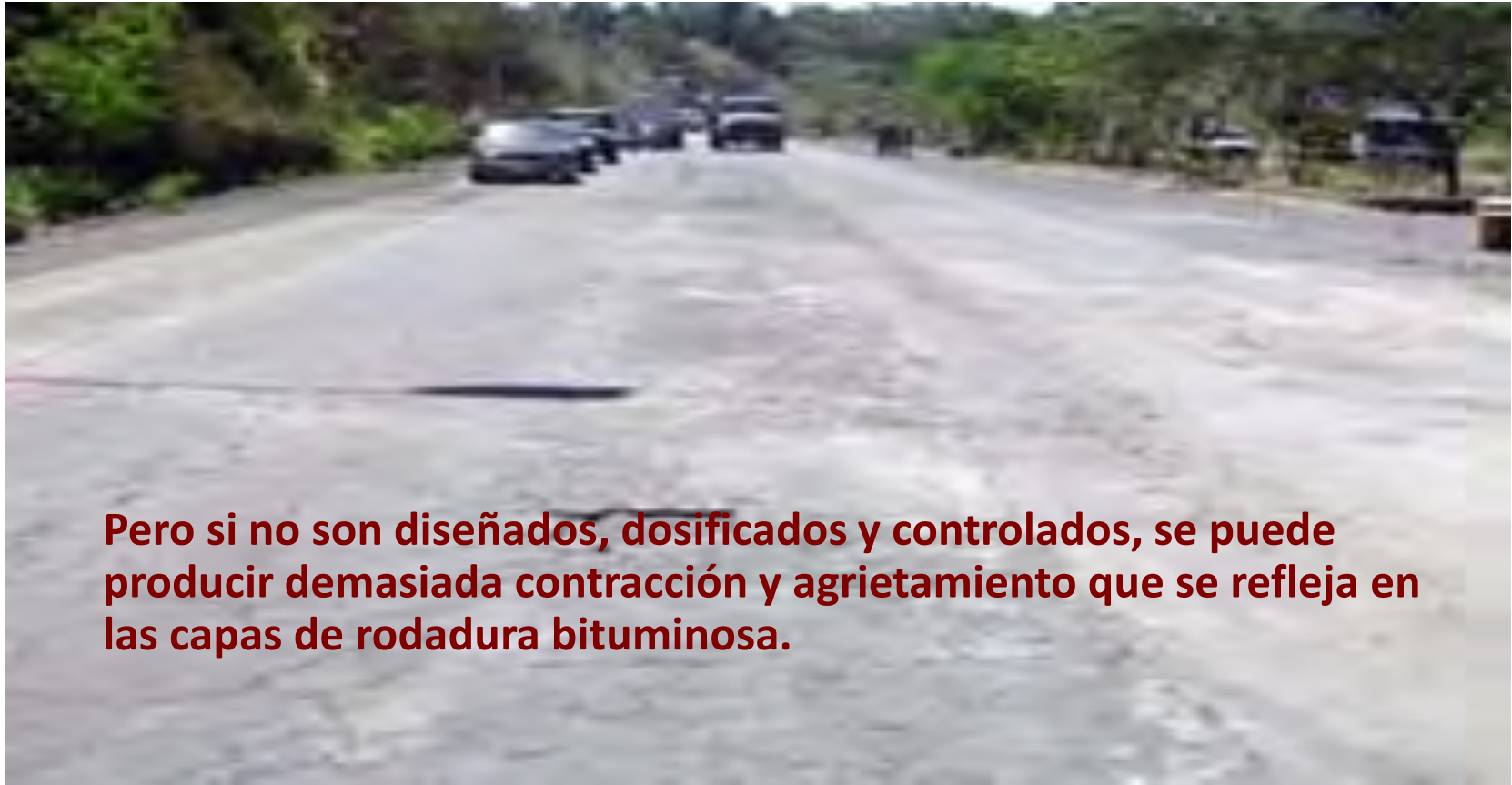
Existen diversas razones que determinan un mayor uso del Suelo Cemento en la construcción de estructuras de pavimentos:

Mayor durabilidad

Elevada capacidad de soporte

Resistentes a los agentes atmosféricos

Protección del medio ambiente



Pero si no son diseñados, dosificados y controlados, se puede producir demasiada contracción y agrietamiento que se refleja en las capas de rodadura bituminosa.



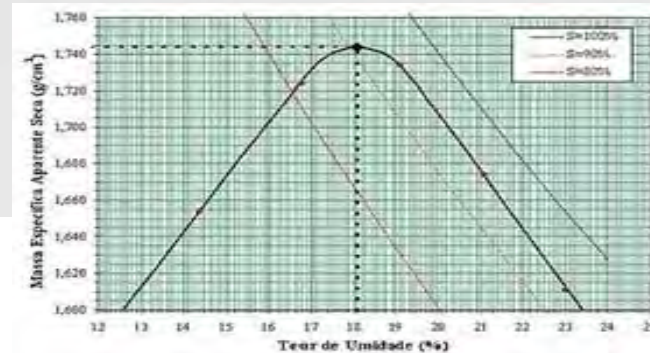
**Por lo tanto se debe seleccionar cuidadosamente :
El tipo de CEMENTO a aplicar, de acuerdo con el tipo de suelo a
utilizar**

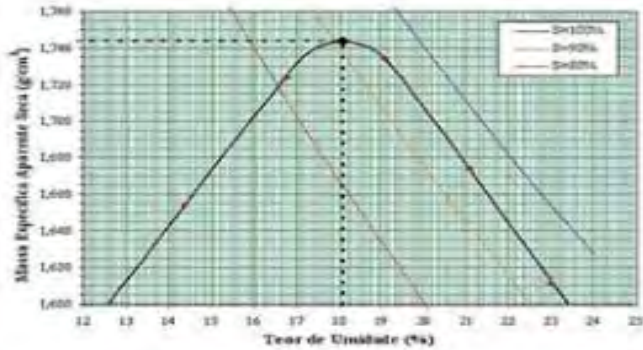


Ya que el tiempo para el mezclado, su conformación y compactación, están limitados al tiempo de fraguado del CEMENTO.

¿Qué es SUELOCEMENTO?

Un material producido por el mezclado, compactación y curado de suelo / agregados, Cemento Portland y agua, para formar un material que endurece hasta alcanzar propiedades específicas





Las partículas suelo/agregados son adheridas por la pasta de cemento, pero a diferencia de como sucede en las mezclas de concreto, las partículas individuales no son cubiertas completamente por la pasta de cemento

Hemos Aplicado una lista interesante de soluciones



Dependiendo de % y Tipo

- **Suelo Mejorado con Cemento**
- **Suelo Estabilizado con Cemento.**
- **Base Granular Tratada con Cemento.**
- **Suelo Cemento Plástico.**
- **Pavimentos Flexibles Reciclados con Cemento.**
- **Pavimentos Unicapa de Alto Desempeño**



En general el suelo a ser estabilizado con cemento Portland, puede resultar de la combinación de gravas, arenas, limos y arcillas. Básicamente cualquier suelo puede estabilizarse con cemento a excepción de los suelos orgánicos y con altos contenidos de sales que puedan afectar el desempeño del cemento.

*La PCA y muchos países sugieren una granulometría específica para alcanzar el factor cemento más económico y máxima durabilidad en la mezcla.

Pero

Otras consideraciones que deben tomarse en cuenta para la selección del suelo a utilizar en mezclas de suelo cemento

Es el aspecto constructivo y de cumplimiento de los requerimientos estructurales, sumados la disponibilidad, ya que algunos presentan mayor facilidad de mezclado y compactación que otros.



Pavimento Unicapa de Alto Desempeño (PUAD) ***definición Original año 2000***



“Estructura de pavimento formada por una sola capa utilizando el suelo existente en el camino, mezclado con un porcentaje de cemento Portland que puede variar entre el 11 y 18%, que compactada al porcentaje de diseño es capaz de soportar las cargas y el desgaste producido por el tráfico, proporcionando a la vez una superficie de rodaje adecuada”

Pavimentos Unicapa de Alto Desempeño ISCYC 2000

Pavimento Unicapa de Alto Desempeño (PUAD) Enfoque al 2017

“Estructura de pavimento probada con éxito en diferentes suelos, climas y países; Está formado por una sola capa de suelo existente en el camino, mezclado con un porcentaje de Cemento Portland que puede variar entre el 11 y 20%, que diseñada y construida adecuadamente brinda un servicio adecuado a los usuarios durante largos periodos con un mínimo de mantenimiento”

¿Adonde está el PUAD en estos momentos?

- Centro América
- México
- Bolivia
- Perú
- Panamá
- España
- Republica Dominicana
- Guatemala

UNICAPA en EL SALVADOR

1998 - 2017

RIO CHIQUITO – LAS PILAS, CHALATENANGO – EL SALVADOR

Construcción: Noviembre 2003

Longitud: 5.5 km

Período de diseño: 6 años

**Tráfico: 200 repeticiones de carga por día (camión de 2
ejes y camión de 3 ejes)**

Suelo: A-7-5 y A-7-6
Descripción: Arcilla moderada y altamente plástica
CBR: 10%



Cemento: 15%
ASTM C91 Tipo
M



Mezclado





$f'_c = 5.0 \text{ Mpa}$

$M_r = 1.3 \text{ Mpa}$

**Resistencia a la Abrasion
48%**



PAVIMENTO UNICAPA, RIO CHIQUITO LAS PILAS (DESPUÉS DE 9 AÑOS)



NOVIEMBRE 2012



NOVIEMBRE 2012



NOVIEMBRE 2012



NOVIEMBRE 2012



NOVIEMBRE 2012

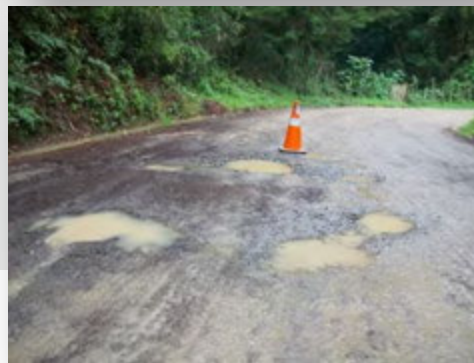
Evaluación Post – Construcción de los Tramos Unicapa Construidos en El Salvador a 2015

ALGUNOS COMENTARIOS









Daños más Representativos

Cálculo de Tensiones debido a Cargas.

$$\sigma = \frac{n \cdot P}{h^2} \cdot Y$$

$$Y = 0.33635 - 0.065 \cdot \left(\frac{s}{a}\right) + \left[0.016 \cdot \left(\frac{s}{a}\right) - 0.58\right] \cdot \ln\left(\frac{a}{l}\right)$$

n = Número de llantas.

s = separación entre llantas

a = radio equivalente de carga

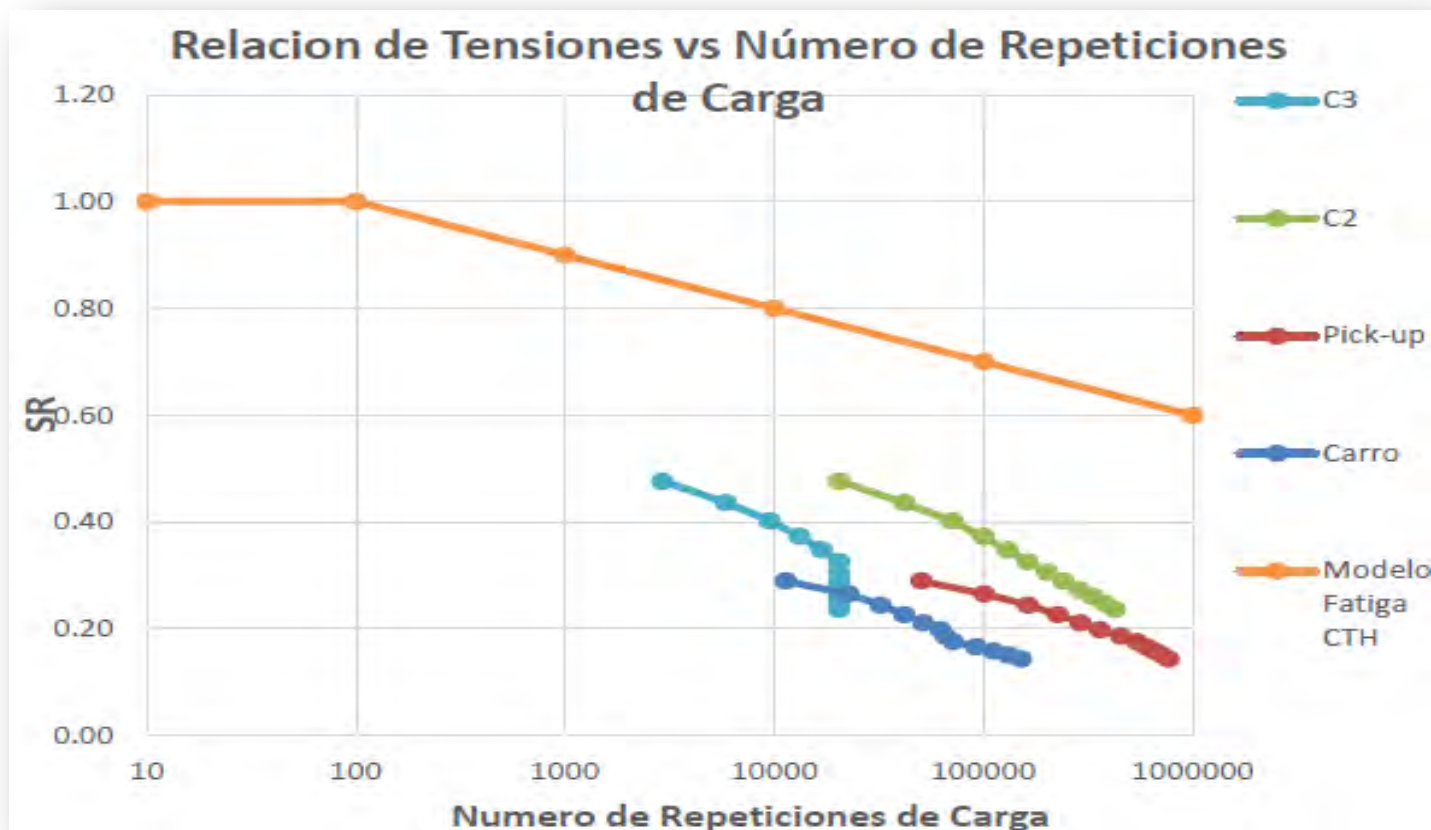
P = Carga de LLanta considerada.

h = espesor de pavimento

σ = Esfuerzo de Tensión debido a carga.

Radio de Rigidez Relativa(L)	Separacion Entre Eje (s),m	(s/a)	(a/L)	y	Numero de Ruedas en la Punta del Eje (n)	Esfuerzo de Carga (σ), kg/cm ²
0.617	0	0.00	0.315	1.006	1	4.93
0.617	0	0.00	0.315	1.006	1	4.93
0.617	0.5	4.85	0.167	0.920	2	8.10
0.617	0.5	4.85	0.167	0.920	2	8.10

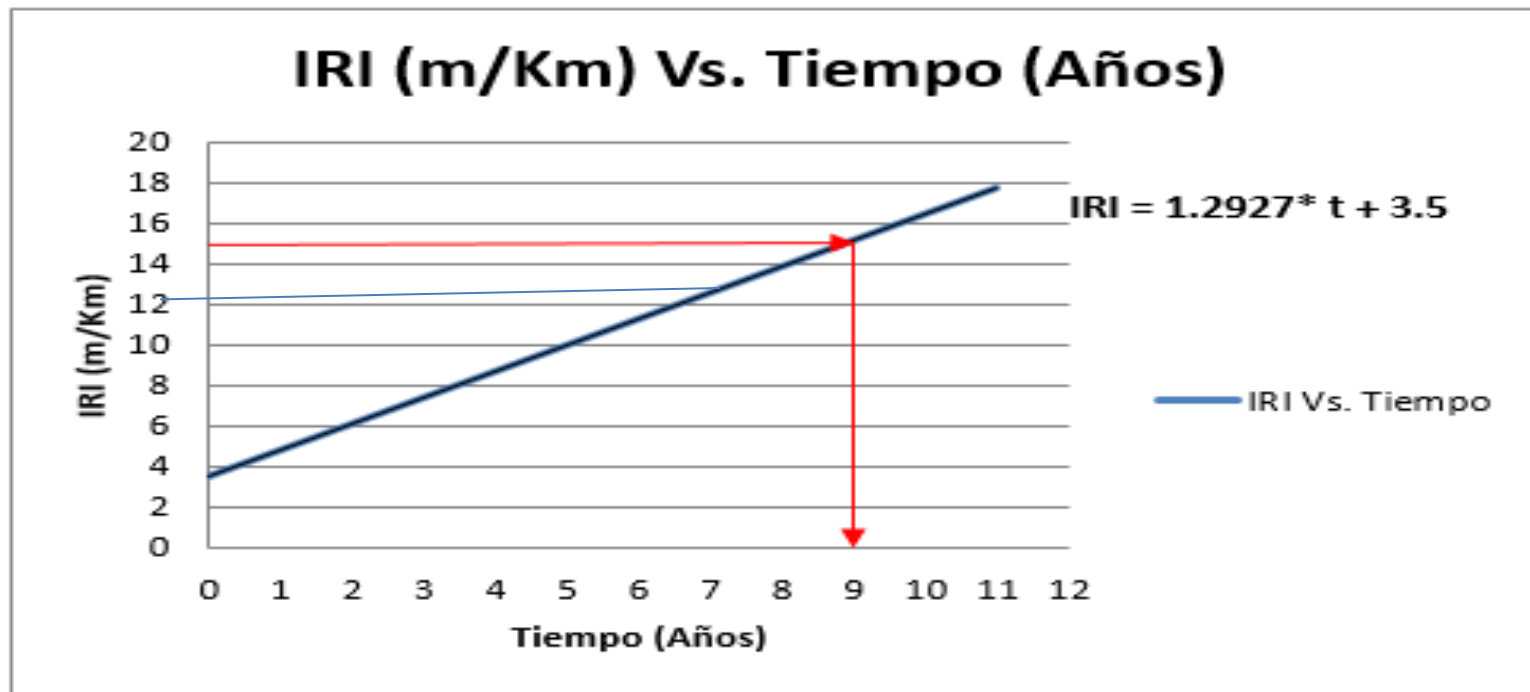
Relación de esfuerzo admisible (SR) vs. Número de Repeticiones de Carga



Consumo de fatiga

Composición Vehicular	Número de Repeticiones Reales de Carga por eje	Número de Repeticiones Admisibles	Consumo Fatiga (%)
Carro	150745	1265729246	0.01
Pick-up	768325	1265729246	0.06
C2	424130	17118014.86	2.48
C3	20440	17118014.86	0.12
		TOTAL	2.67

Evaluación del Confort de la Vía



Daños más Representativos

- En la siguiente tabla se presentan los deterioros críticos en la condición severa, los cuales fueron más determinantes para el cálculo del URCI, ya que registraron los valores de densidad más alto.

	Drenaje Inadecuado	Sección Transversal Inadecuada	Presencia de Baches
Tramo # 1	27.5	0	0.18
Tramo # 2	28.3	10.9	2.0
Tramo # 3	3.5	15.9	0.53
Tramo # 4	29.9	0	0
Tramo # 5	29.97	0	0.71
Σ	119.17	26.8	3.42

- El URCI ponderado es de 68, indicando que la carretera tiene un estado bueno.**

2003 Año de realización a 2016



Se colocó material selecto desde la estación 0+000 – 3+950,



Y desde la estación 3+950 – 4+450 se construyó una base estabilizada con 4.0 % cemento, mas una superficie de rodadura con mezcla asfáltica

Información General

- *La construcción de un pavimento Unicapa es muy similar a la construcción de una base de suelo cemento, construida con material del lugar.*

PASOS DE CONSTRUCCIÓN:

- Verificar la humedad del suelo natural
- Escarificar el suelo del camino
- Aplicar cemento portland
- Mezclar suelo del lugar, cemento, y agua
- Obtener la humedad óptima
- Compactar, Finalizar, y Curar.

El proceso de construcción puede ser realizado con equipo básico o equipo de alta tecnología



Apertura al Tráfico

Inmediatamente a todo el tráfico





NOVIEMBRE 2012



NOVIEMBRE 2012



NOVIEMBRE 2012

LOGROS



206. Pavimentos Unicapa de Alto Desempeño (PUAD)

206.01 Descripción

Este trabajo consistirá en la colocación de una estructura de pavimento formado por el suelo existente en el camino, mezclado con un porcentaje de cemento, según diseño, que forma una sola capa compactada capaz de soportar cargas normales y el desgaste producido por el tránsito, y que proporcione una superficie de rodaje adecuada para caminos rurales y vías secundarias.

Aplicando la experiencia aprendida



Unicapa



- [Pavements Home](#)
- [Pavements Overview](#)
- [Soil-Cement](#)
- [Roller-Compacted Concrete](#)
- [Concrete Pavements](#)
- [Resources](#)
- [Tech Support](#)
- [Stay Informed](#)
- [Find a Cement Supplier](#)
- [Find Help](#)

Frequently Asked Soil-Cement Questions

[Pavements Home](#) > [Soil-Cement](#) > [Soil-Cement FAQs](#) > [Testing of In-place Cores or Beams](#)

Should the acceptance criteria of completed soil-cement be based on compressive or flexural strength test results of in-place cores or beams?

The Portland Cement Association (PCA) does not recommend the use of strength test results from in-place cores or beams as acceptance criteria for completed soil-cement including cement treated base (CTB) and full-depth reclamation (FDR). In addition, acceptance criteria for unconfined compressive or flexural strength test results based on molded specimens in the field are also not recommended.



The problem is the difficulty in obtaining

As an alternative to taking cores or beams, PCA promotes the adherence to quality control during design and construction. The normal steps to ensure that a quality project meeting the required specifications is met are as follows:

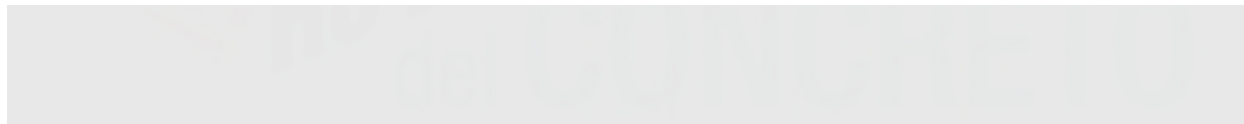
record purposes, and not used as acceptance criteria.

As an alternative to taking cores or beams, PCA promotes the adherence to quality control during design and construction. The normal steps to ensure that a quality project meeting the required specifications is met are as follows:

Soil-Cement Information

- [Soil-Cement Home](#)
- [Related SC Links](#)
- [Conferences and Shows](#)
- [Soil-Cement FAQs](#)
- [Find a Soil-Cement Contractor](#)

1. In the laboratory, determine the proper cement content that will be necessary to adequately stabilize the project materials as well as the optimum moisture content and maximum dry density for these materials.
2. In the field, apply the amounts of cement and water determined in the laboratory to the in-place materials.
3. In the field, thoroughly mix the in-place materials, cement, and water until a homogenous blend is obtained.
4. In the field, thoroughly compact and then shape the soil-cement material to project requirements.
5. In the field, properly cure the completed soil-cement until a final pavement surfacing is applied.



RESULTADOS ASTM C-91 TIPO M.

	Mezcla de suelocemento (cemento ASTM C-91 tipo M)
Modulo de Elasticidad	$\mu_D = 0.029c^{0.872}e^{0.31} - 0.021c^2 + 0.341c + 0.306$
Resistencia a la compresión	$R_C = 33.17c^{0.565}e^{0.071} - \frac{26.588c}{e} + \frac{14.163}{e} - 32.482$

R_C :

c :

e :

Resistencia a la compresión (Kg/cm²).

% de cemento en peso (número entero).

edad (días).

RESULTADOS ASTM C-1157 TIPO HE.

	Mezcla de suelocemento (cemento ASTM C-1157 tipo HE)
Modulo de Elasticidad	$\mu_D = 3.364c^{0.872}e^{0.007} + 0.255e^2 - 2.27c - 0.445$
Resistencia a la compresión	$R_C = 21.57c^{0.692}e^{0.106} - \frac{23.617c}{e} + \frac{2.554}{e} - 8.398$

Donde:

μ_D :

Módulo de elasticidad dinámico (Ex10⁶ psi).

R_C :

Resistencia a la compresión (Kg/cm²).

c :

% de cemento en peso (número entero).

e :

edad (días).

Valores ajustados de Modulo de Elasticidad Dinámico (Ex10⁶ psi)

	% de Cemento	Edad (días)					
		3	7	28	60	90	120
s-c, cemento ASTM C-91 tipo M.	2	0,981	1,004	1,057	1,097	1,123	1,143
	4	1,478	1,519	1,616	1,689	1,736	1,773
	6	1,803	1,862	2,000	2,105	2,172	2,225
	8	1,960	2,036	2,213	2,348	2,434	2,502
s-c, cemento ASTM C- 1157 tipo HE.	2	1,251	1,268	1,328	1,363	1,383	1,396
	4	1,866	1,915	2,029	2,095	2,130	2,155
	6	2,146	2,226	2,390	2,484	2,534	2,570
	8	2,221	2,330	2,543	2,663	2,728	2,774

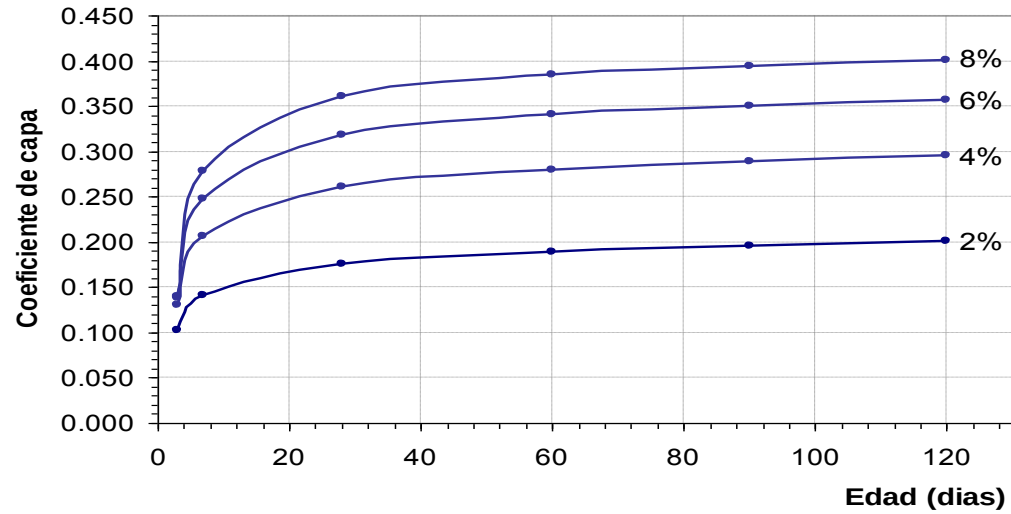
Valores ajustados de Resistencia a la compresión (Kg/cm²)

	% de Cemento	Edad (días)					
		3	7	28	60	90	120
s-c, cemento ASTM C-91 tipo M.	2	7,573	18,297	28,312	32,516	34,652	36,156
	4	15,288	37,720	56,230	63,106	66,458	68,779
	6	17,776	51,592	78,021	87,230	91,608	94,608
	8	17,476	62,502	96,545	107,903	113,207	116,813
s-c, cemento ASTM C- 1157 tipo HE.	2	15,107	27,212	38,619	43,545	46,098	47,918
	4	23,023	46,340	66,887	75,222	79,458	82,455
	6	27,399	61,596	90,673	102,043	107,748	111,765
	8	29,773	74,663	111,925	126,117	133,172	138,121

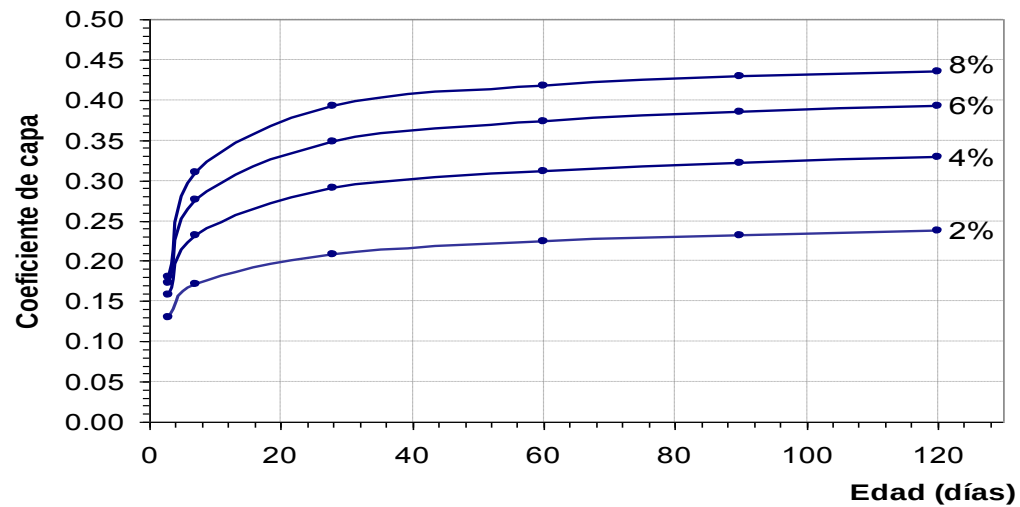
Resumen de resultados de Coeficiente de Capa.

	% de Cemento	Edad (días)					
		3	7	28	60	90	120
s-c, cemento ASTM C-91 tipo M.	2	0,103	0,141	0,175	0,189	0,196	0,201
	4	0,131	0,206	0,261	0,280	0,289	0,295
	6	0,140	0,248	0,319	0,341	0,351	0,357
	8	0,139	0,278	0,361	0,385	0,395	0,401
s-c, cemento ASTM C- 1157 tipo HE.	2	0,130	0,172	0,209	0,224	0,231	0,237
	4	0,158	0,232	0,290	0,312	0,322	0,329
	6	0,172	0,276	0,348	0,373	0,384	0,392
	8	0,180	0,310	0,392	0,417	0,429	0,436

**Evolución del coeficiente de capa con el tiempo.
(s/c cemento ASTM C-91 tipo M)**



**Evolución del coeficiente de capa con el tiempo.
(s/c cemento ASTM C-1157 tipo HE)**





Datos de Entrada.

Módulos de Ruptura o Resistencia a la Flexión

Depende de la granulometría del suelo principalmente del contenido de agregado grueso en el mismo, porcentaje de cemento, y tiempo de vibro compactación por capa.

Valores Típicos* en Suelos Granulares no Plásticos

11 kg/cm² – 23 kg/cm²

Valores Típicos* en Suelos Finos y Plásticos

7 kg/cm² – 15 kg/cm²

Datos de Entrada.

Módulo de Elasticidad

Depende del tipo de suelo y peso volumétrico del mismo, porcentaje de cemento, y resistencia a la compresión del espécimen.

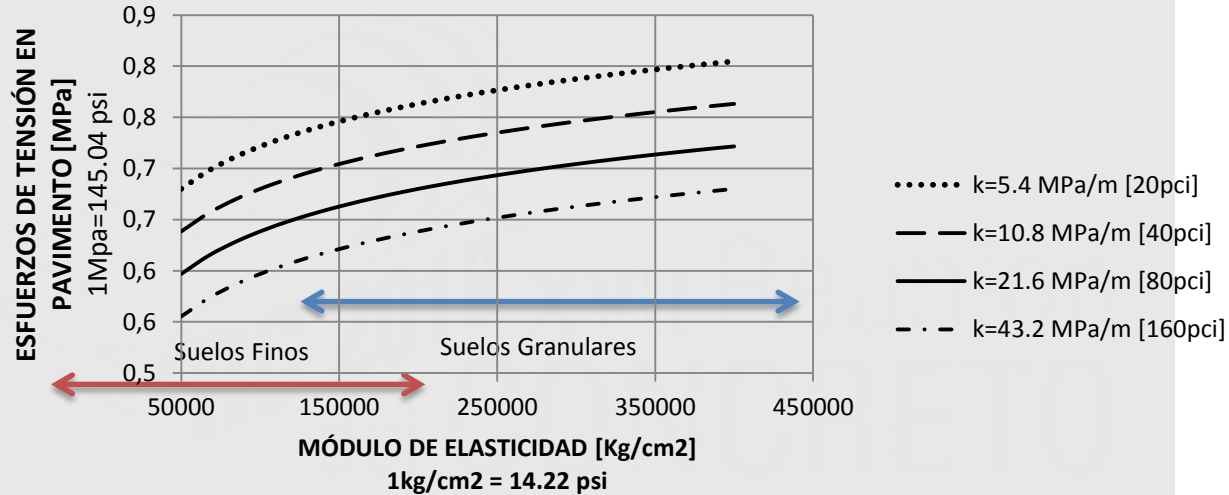
Valores Típicos* en Suelos Granulares no Plásticos

$176,056 \text{ kg/cm}^2 - 422,535 \text{ kg/cm}^2$

Valores Típicos* en Suelos Finos y Plásticos

$56,000 \text{ kg/cm}^2 - 211,267 \text{ kg/cm}^2$

Datos de Entrada. Módulo de Elasticidad



Datos de Entrada. Módulo de Poisson

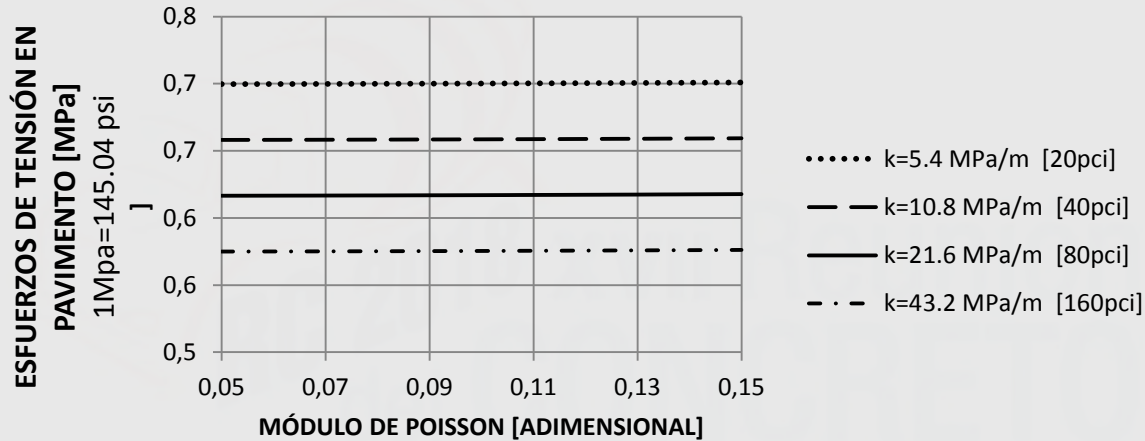
El módulo de Poisson es un parámetro que relaciona la interrelación entre los esfuerzos en una dirección con los esfuerzos en otras direcciones, este parámetro está fundamentalmente influenciado por la homogeneidad del material, específicamente en el PUAD depende de la homogeneidad de la mezcla compactada, forma del espécimen y módulo de elasticidad

Rango de valores* determinados a la fecha en diversos tipos de suelo.

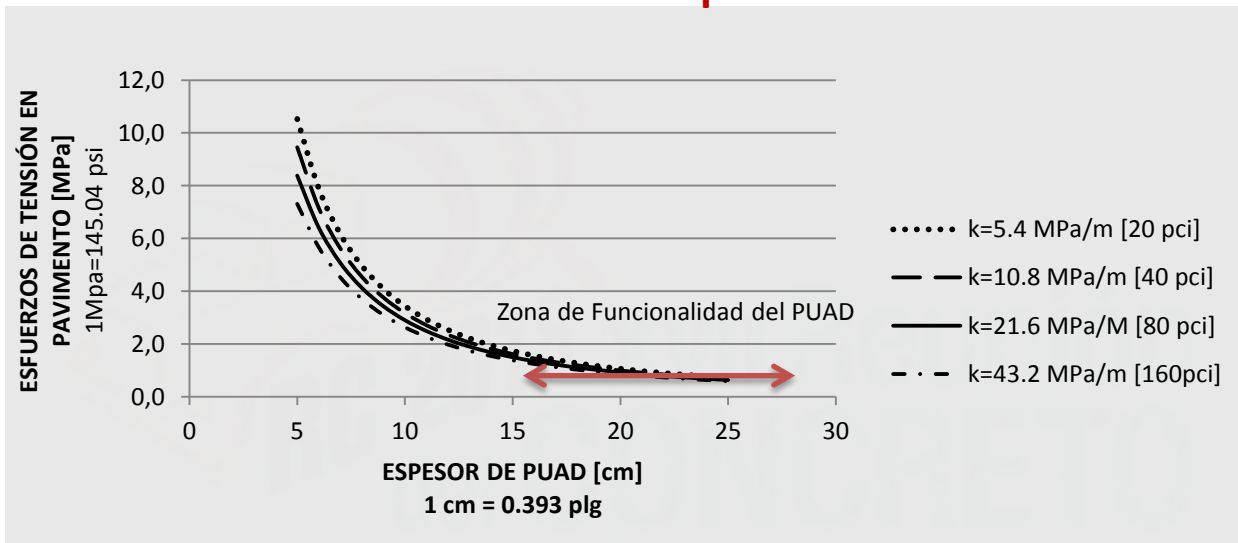
0.06 – 0.10

* De Tipo Dinámico obtenido en especímenes cilíndricos.

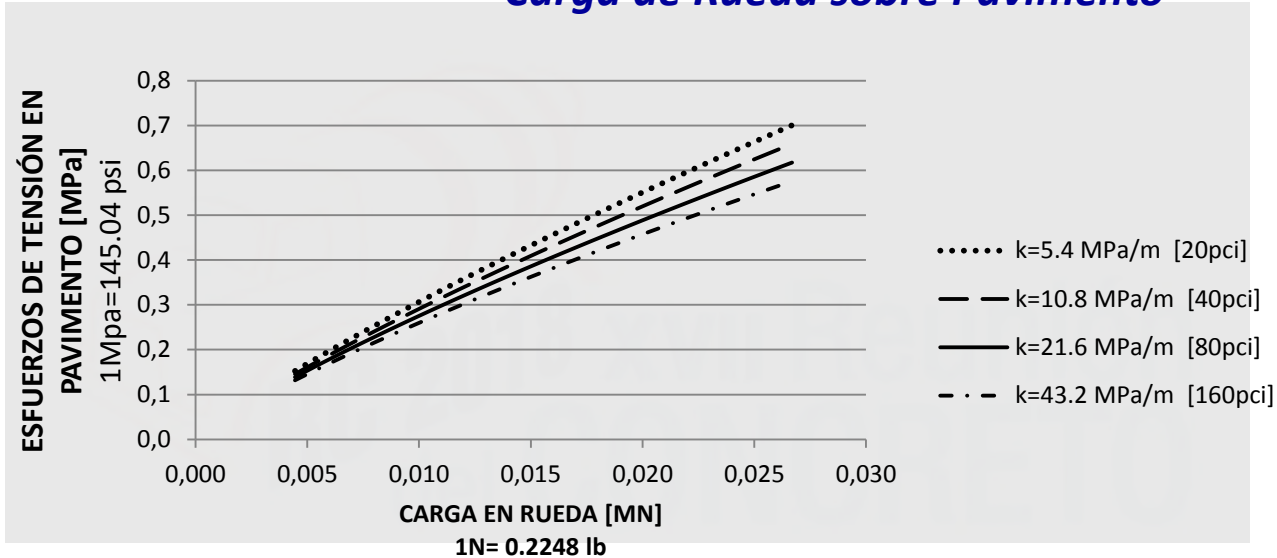
Datos de Entrada. Módulo de Poisson



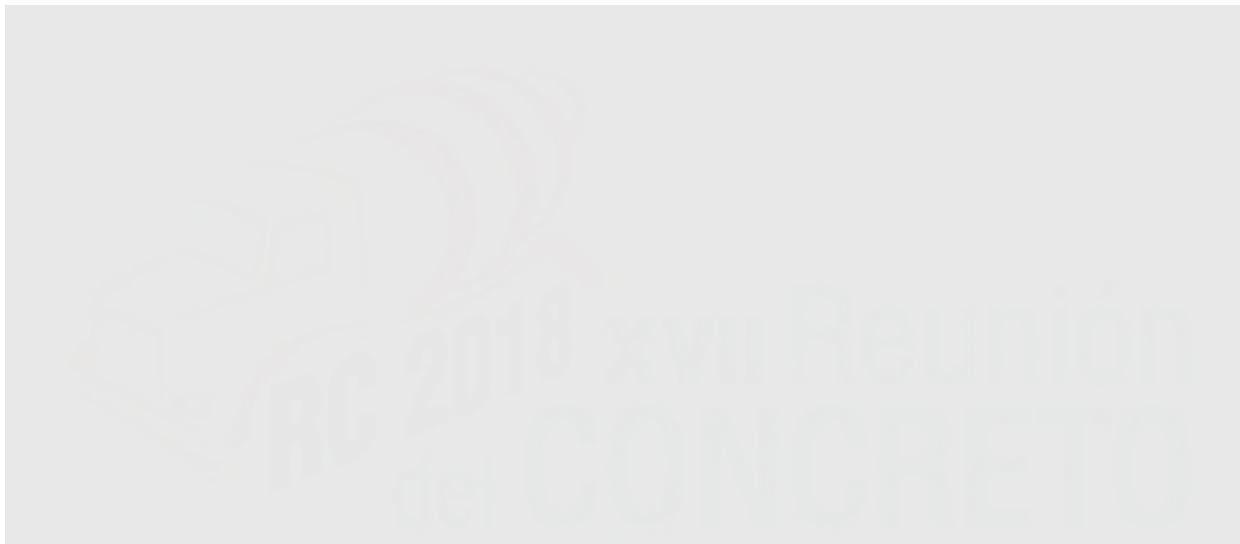
Datos de Entrada. Espesor de PUAD



Datos de Entrada. Carga de Rueda sobre Pavimento



CONFIANZA PARA.....



APLICAR una lista interesante de soluciones



Dependiendo de % y Tipo

- **Suelo Mejorado con Cemento**
- **Suelo Estabilizado con Cemento.**
- **Base Granular Tratada con Cemento.**
- **Suelo Cemento Plástico.**
- **Pavimentos Flexibles Reciclados con Cemento.**
- **Pavimentos Unicapa de Alto Desempeño**

TODO LO ANTERIOR VIAS TERCIARIAS DE BAJO TRAFICO SUELO con CEMENTO

EN NUMEROS PARA LA INGNIERIA



RED VIAL EL SALVADOR



¡MUCHAS GRACIAS!