

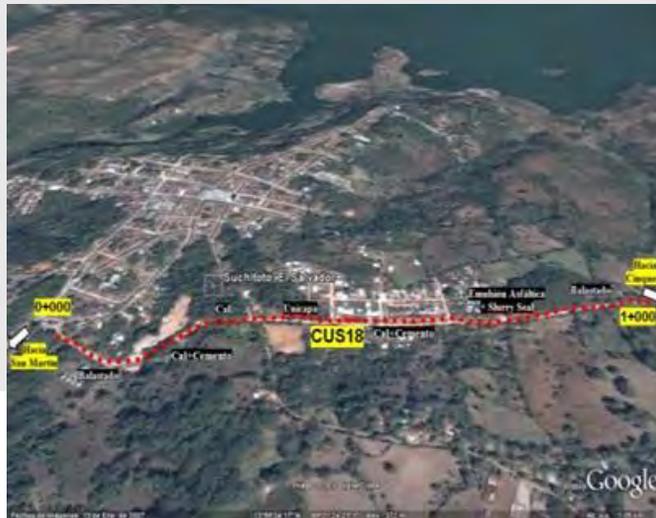
## ***RENTABILIDAD EN LA CONSTRUCCION DE VIAS TERCARIAS DE BAJO TRAFICO***

*Rafael Alejandro González Magaña  
El Salvador*

- Carreteras Terciarias: Aquellas cuya intensidad de tránsito está comprendida entre cien y quinientos vehículos promedio por día, con seis metros de plataforma, revestimiento de materiales locales selectos y un mínimo de seis metros cincuenta centímetros de rodaje en los puentes .....

A inicios del año 2010, el Fondo de Conservación Vial (FOVIAL) realizó la construcción de tramos de prueba para el tratamiento de suelos con plasticidad en vías no pavimentadas.

## Tramos de Prueba Suchitoto – Cinquera



Ubicación:

Ruta CUS18, tramo entre las ciudades de Suchitoto y Cinquera, Departamento de Cuscatlán, entre las estaciones 0+000 a 1+105.

**Vías No  
Pavimentadas**



## ***Objetivo de los tramos de prueba***

Estudiar procesos constructivos no tradicionales en El Salvador, evaluando su desempeño por un período de tiempo mínimo de 3 años. Y determinar la viabilidad técnica y económica de la estabilización de suelos plásticos., para la ejecución en los proyectos de mantenimiento rutinario o periodico

## Caracterización del Suelo a Estabilizar

Para la caracterización del suelo, se realizaron pozos a cielo abierto y muestreo del material, determinándose las características granulométricas y plásticas.



Se detectaron variaciones en las características del suelo a lo largo del tramo de prueba, siendo uno de los factores principales, las intervenciones de mantenimiento rutinario realizadas por FOVIAL en años anteriores (recargas de balasto).

## Caracterización del Suelo a Estabilizar



Características Plásticas  
Límite Líquido entre 45%  
y 59% Índice de  
Plasticidad entre 12 y 25



Características  
Granulométricas  
Cantidad de finos  
(pasante de malla No.200 entre 50% y 90%)

Clasificación de los suelos

Limo de Alta Compresibilidad (MH)

Limo Arenoso con finos de media a alta plasticidad (ML)



## Técnicas de Estabilización



**CAL**

**CAL-CEMENTO**



**UNICAPA**

**EMULSIÓN** ASFALTICA



**BALASTADO**



Las técnicas de estabilización llevadas a cabo en la ruta CUS18, fueron ejecutadas entre el 16 de febrero y el 18 de marzo de 2010.

Técnica Empleada	Longitud (m)	Estacionamiento (m)	Espesor (m)	Estabilizante
Balastado	240	0+000 a 0+240	0.20	--
Estabilización de Suelo con Cal y Cemento.	60	0+240 a 0+300	0.20	2.5% de cal y 3% de cemento
Estabilización de Suelo con Cal.	100	0+300 a 0+400	0.20	3.5% de cal
Estabilización de Suelo con Cemento (UNICAPA).	200	0+405 a 0+605	0.20	18% de cemento
Estabilización de Suelo con Cal y Cemento.	40	0+605 a 0+645	0.20	3% de cal y 3% de cemento
Estabilización de Balasto con Emulsión Asfáltica y rodaje (Slurry Seal).	200	0+645 a 0+845	0.14	4% de emulsión asfáltica
Balastado	260	0+845 a 1+105	0.20	--

El tránsito promedio diario anual (TPDA) es de **175 vehículos**, de los cuales **50 son vehículos pesados**.

## Control de Calidad durante la Ejecución



Control de espesores, humedad y homogeneidad del mezclado.



Verificación de densidades de campo.



Fabricación de especímenes para verificación de resistencias.



### *Metodología para evaluar desempeño*

#### Índice de Condición de Caminos No Pavimentado

El URCI proporciona una medición de las condiciones del pavimento basada en las fallas o deterioros de la superficie, proporcionando una base objetiva y racional para determinar las necesidades y prioridades de mantenimiento y rehabilitación.

Rango URCI	Clasificación
100 - 85	Excelente
85 - 70	Muy Bueno
70 - 55	Bueno
55 - 40	Regular
40 - 25	Malo o Pobre
25 - 10	Muy Malo o Muy Pobre
10 - 0	Fallado

## Seguimiento del Desempeño

**Daños observados:**  
Sección transversal  
inadecuada.  
Drenaje inadecuado.  
Pérdida de  
agregado.  
Corrugación.  
Ahuellamiento.  
Baches.  
Polvo.



## Seguimiento del Desempeño

Seguimiento 36  
meses  
Longitud de  
muestreo 20 m



-Al finalizar el estudio, se analiza el desempeño de cada una de las técnicas empleadas, tomando en cuenta los costos de construcción, costos de mantenimiento, particularidades existentes y la geometría de la vía.

## Estabilización con cal



## Unicapa



## Estabilización con emulsión asfáltica



## Estabilización con cal y cemento



Abril, 2010



Junio, 2010



Septiembre, 2010



Diciembre, 2010



Septiembre, 2011

Septiembre 2011



Octubre 2012

# Desempeño a 18 meses



**CAL**



**CAL-CEMENTO**



**UNICAPA**



**EMULSIÓN ASFÁLTICA**



# Desempeño a 32 meses



**CAL**



**CAL-CEMENTO**



**BALASTADO**

**UNICAPA**



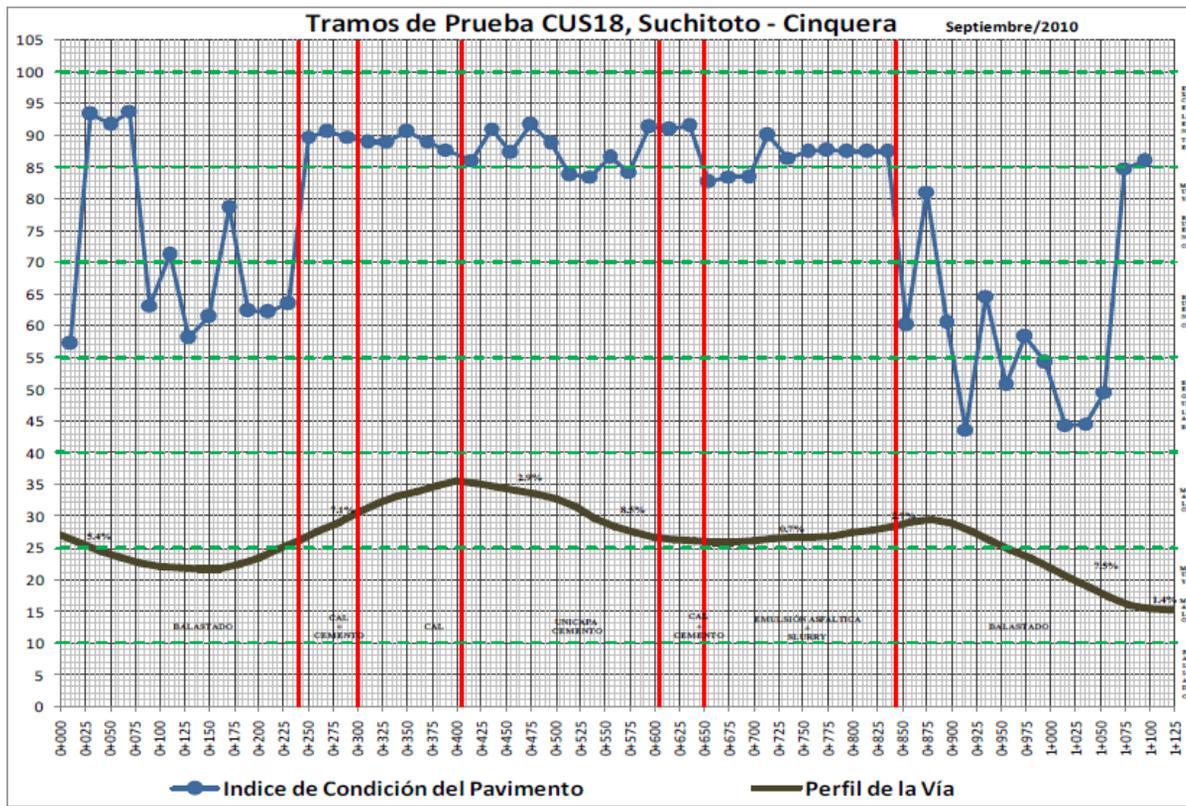
**EMULSIÓN ASFALTICA**



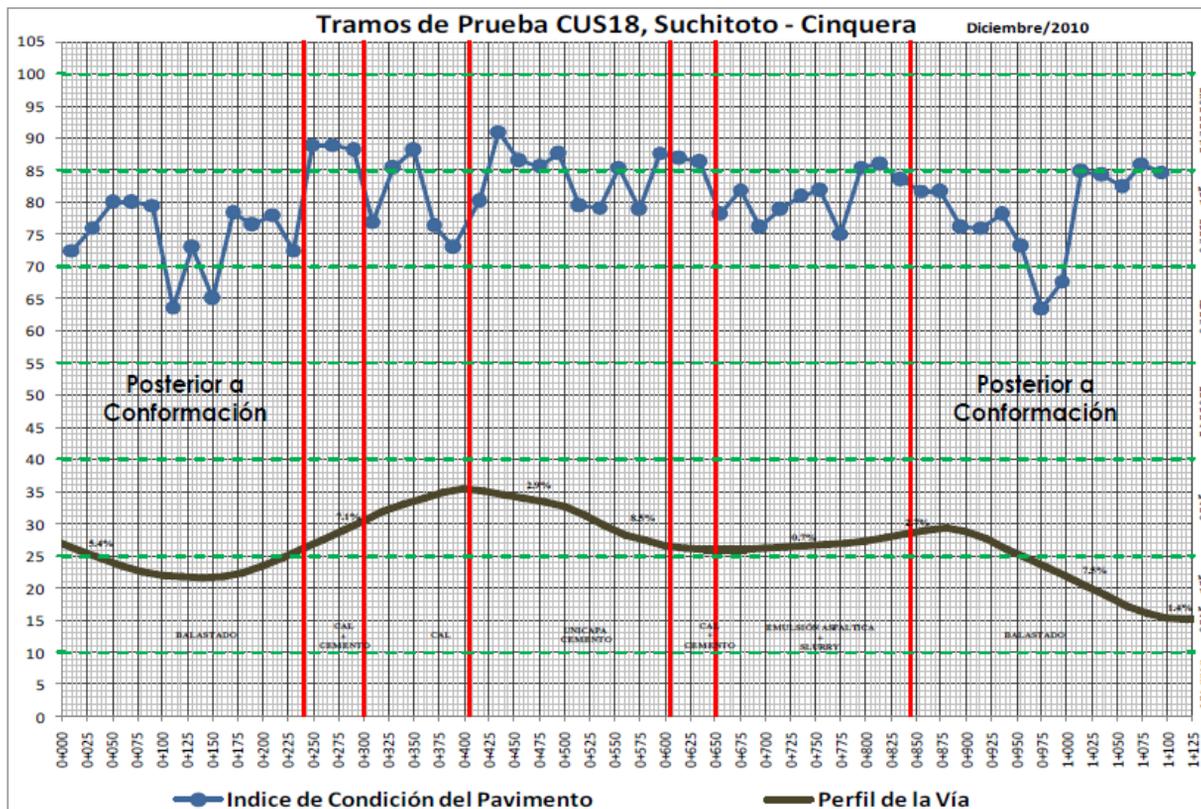
## Cuadro Resumen de Condición del Pavimento

Tipo de Tratamiento	Estación (m)	URCI Sept./2010 (6 meses)	URCI Dic./2010 (9 meses)	URCI Mar./2011 (12 meses)	URCI Jun./2011 (15 meses)	URCI Sept./2011 (18 meses)	URCI Feb./2012 (23 meses)	URCI Oct./2012 (32 meses)
Balastado 1.	0+000 a 0+240	71 Muy bueno	75 Muy bueno	73 Muy bueno	61 Bueno	91 Excelente	62 Bueno	40 Regular
Estabilización de Arcilla con Cal y Cemento 1.	0+240 a 0+300	90 Excelente	89 Excelente	88 Excelente	88 Excelente	86 Excelente	71 Muy Bueno	56 Bueno
Estabilización de Arcilla con Cal.	0+300 a 0+400	89 Excelente	80 Muy Bueno	77 Muy Bueno	72 Muy Bueno	71 Muy Bueno	50 Regular	35 Malo
Estabilización de Arcilla con Cemento (UNICAPA).	0+405 a 0+605	87 Excelente	84 Muy Bueno	83 Muy Bueno	77 Muy Bueno	76 Muy Bueno	69 Bueno	61 Bueno
Estabilización de Arcilla con Cal y Cemento 2.	0+605 a 0+645	91 Excelente	87 Excelente	86 Excelente	75 Muy Bueno	74 Muy Bueno	56 Bueno	48 Regular
Estabilización de Balasto con Emulsión Asfáltica y rodaje (Slurry Seal).	0+645 a 0+845	86 Excelente	81 Muy Bueno	80 Muy Bueno	74 Muy Bueno	72 Muy Bueno	63 Bueno	55 Regular
Balastado 2.	0+845 a 1+105	60 Bueno	78 Muy Bueno	72 Muy Bueno	53 Regular	86 Excelente	59 Bueno	30 Malo

## Condición del Pavimento a 6 meses



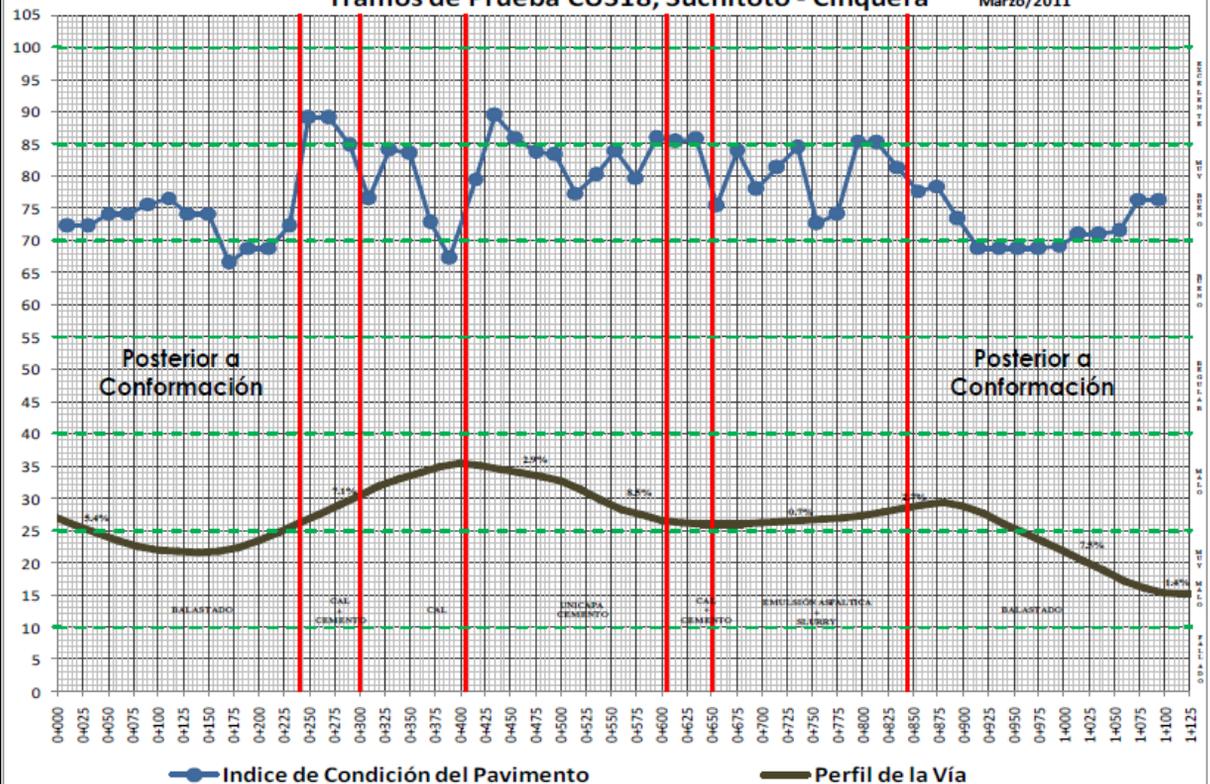
## Condición del Pavimento a 9 meses



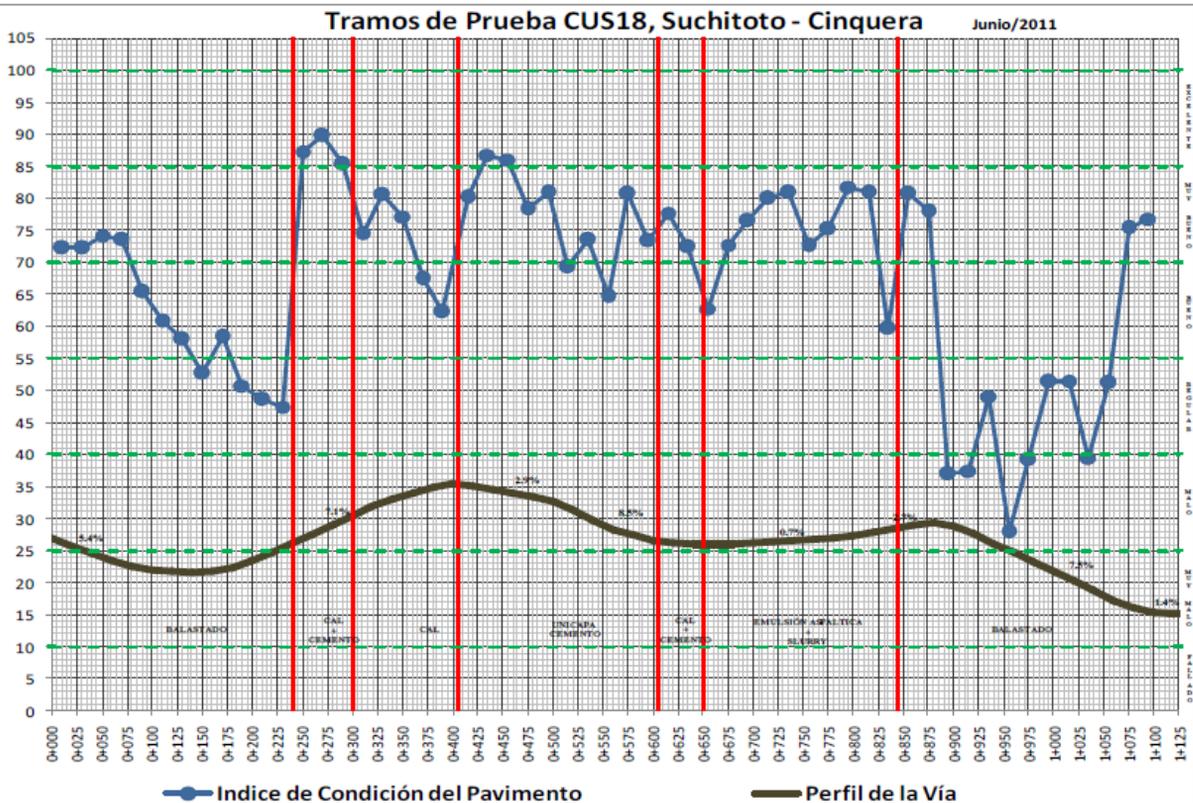
## Condición del Pavimento a 12 meses

Tramos de Prueba CUS18, Suchitoto - Cinquera

Marzo/2011



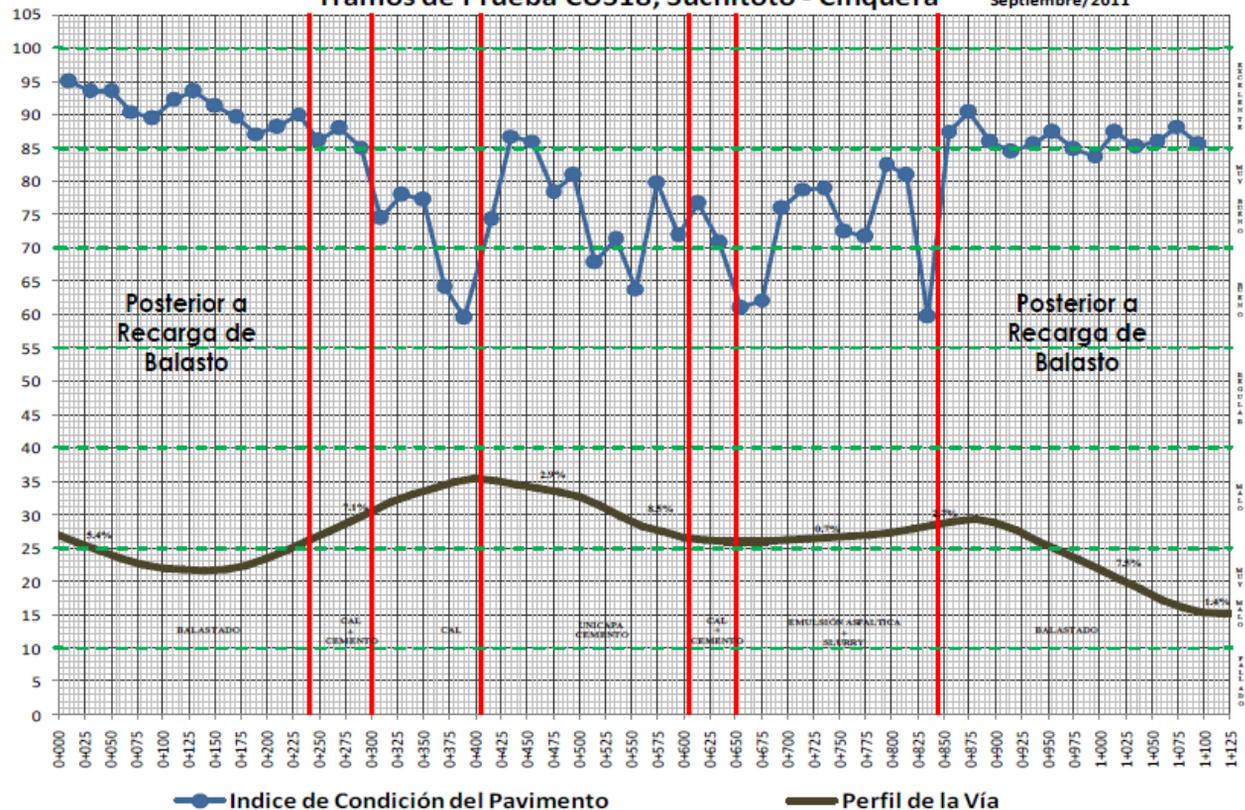
## Condición del Pavimento a 15 meses



## Condición del Pavimento a 18 meses

Tramos de Prueba CUS18, Suchitoto - Cinquera

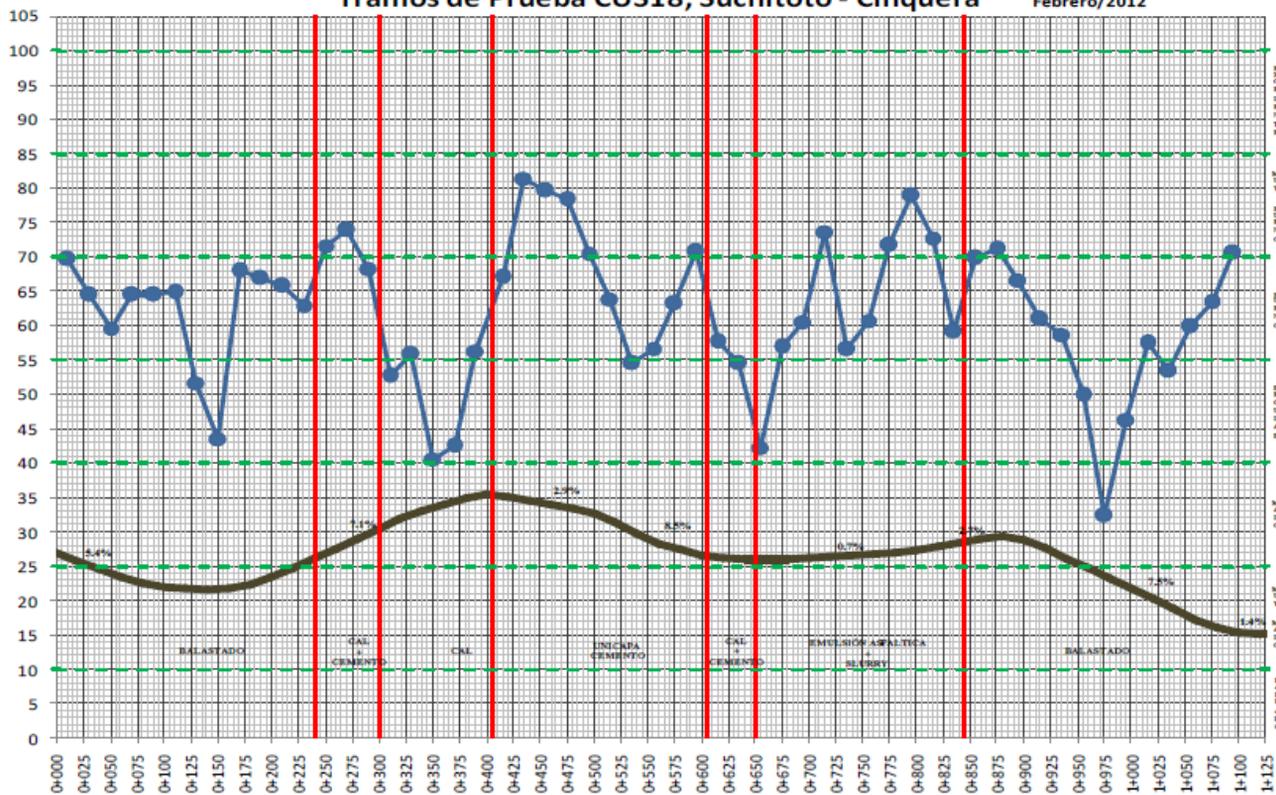
Septiembre/2011



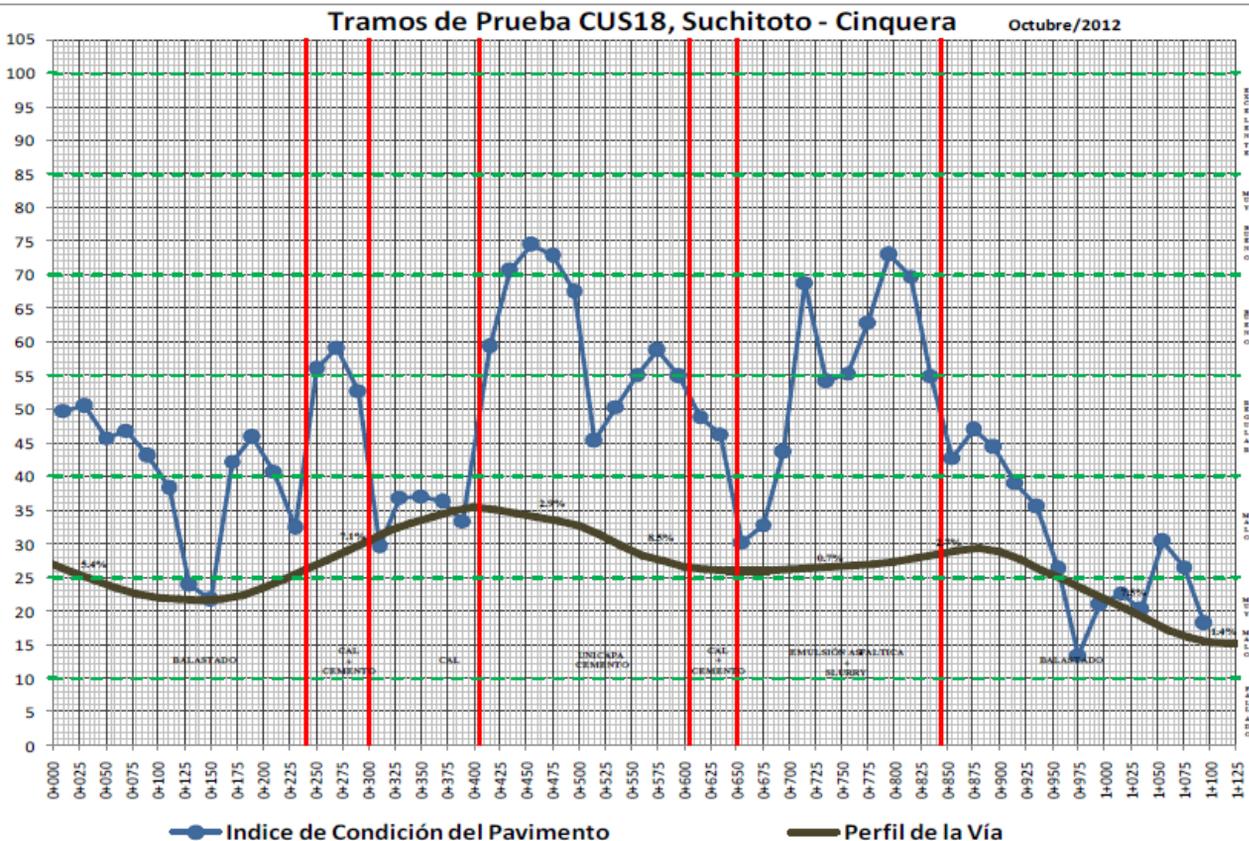
# Condición del Pavimento a 24 meses

Tramos de Prueba CUS18, Suchitoto - Cinquera

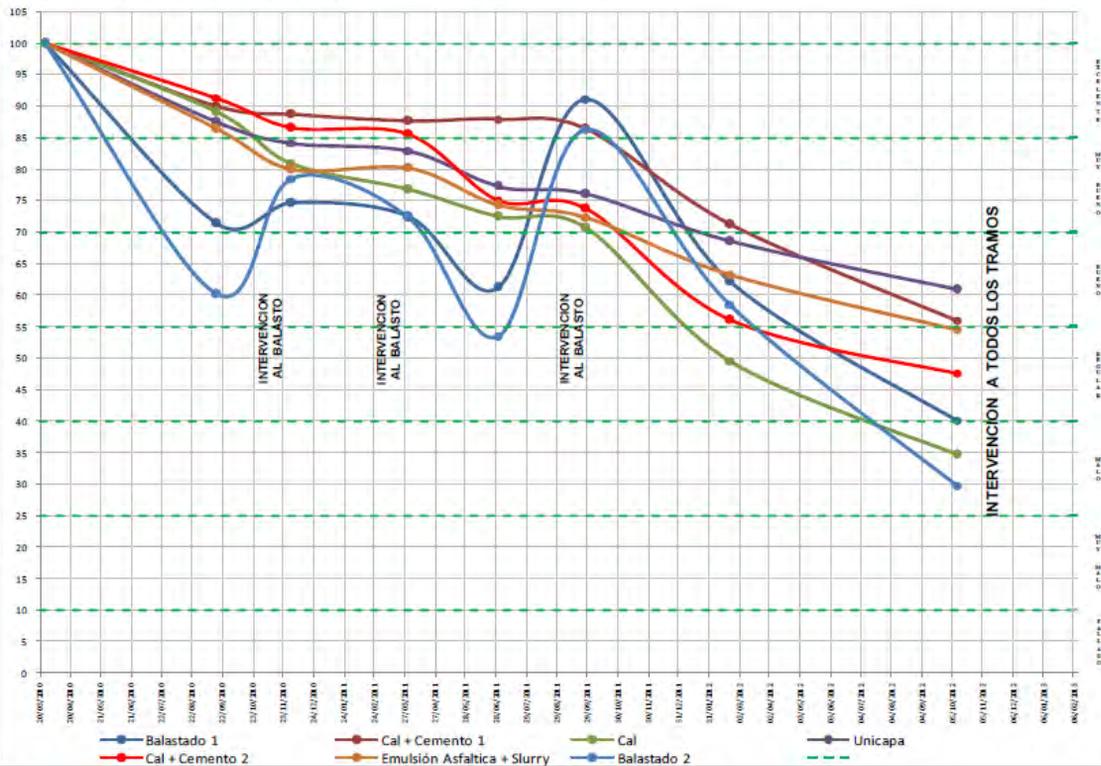
Febrero/2012



# Condición del Pavimento a 32 meses



## Desempeño vrs Edad 32 meses



- UNICAPA**
- CAL CEMENTO 1
- EMULSION ASFALTICA + SLURRY
- CAL + CEMENTO 2
- BALASTADO 1
- CAL
- BALASTADO 2

# Costos de Construcción y Mantenimiento

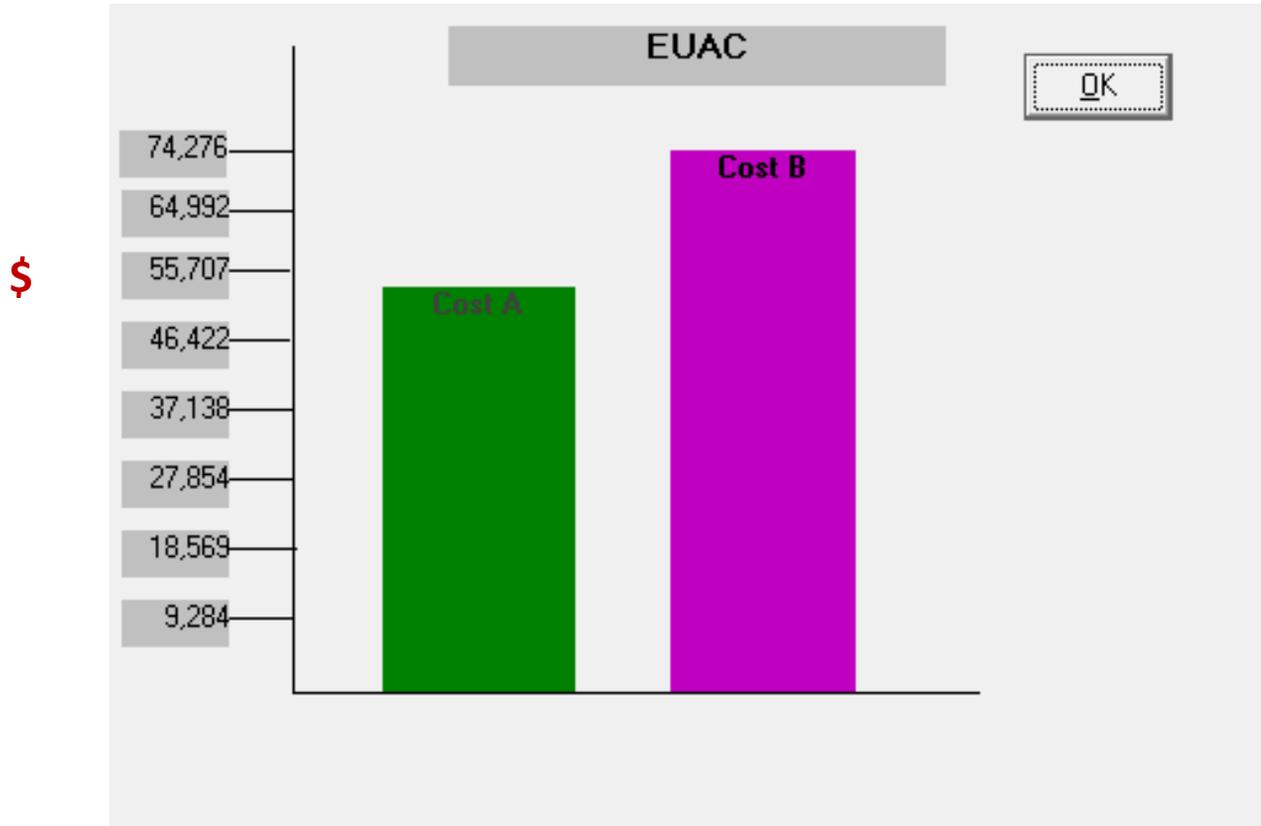
PARTIDAS	Porcentaje relacionado al balasto. Costos de Construcción + Mantenimiento 17 meses	Porcentaje relacionado al balasto. Costos de Construcción + Mantenimiento 32 meses
ESTABILIZACION CON CAL (3.5% de cal)	118%	97%
ESTABILIZACION CON CEMENTO + CAL (3% cemento y 2.5% cal)	146%	106%
SLURRY SEAL + ESTABILIZACION CON EMULSION ASFALTICA (4% emulsión asfáltica + balasto)	225%	181%
PAVIMENTOS UNICAPA DE ALTO DESEMPEÑO (18% cemento)	214%	146%
BALASTADO	100.0%	100.0%

La última evaluación de la condición del pavimento se realizó a 32 meses de edad.

Durante este período, las intervenciones de mantenimiento se realizaron únicamente al balasto, siendo la última intervención realizada a los 17 meses.

Posterior a la evaluación realizada a los 32 meses, se procedió a intervenir todos los tramos.

# ANALISIS CICLO DE VIDA



Equivalent Uniform anual cost

Graphs

### Initial Costs

OK



# ANALISIS

## Life Cycle Cost Analysis

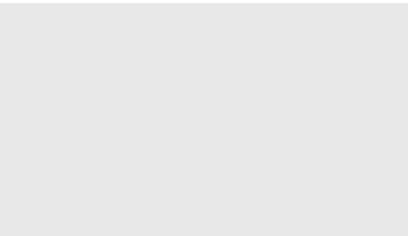
Analysis Method	UNICAPA	BALASTADO	Difference A- B
	Pavement A	Pavement B	
Initial Costs	<b>151,947</b>	<b>149,186</b>	<b>2,761</b>
Maintenance and Rehabilitation Costs	<b>0</b>	<b>58,928</b>	<b>-58,928</b>
Total Expenditures	<b>151,947</b>	<b>208,114</b>	<b>-56,167</b>
Present Worth	<b>151,947</b>	<b>202,824</b>	<b>-50,877</b>
Annual Cost	<b>55,644</b>	<b>74,276</b>	<b>-18,631</b>

OK

# Conclusiones

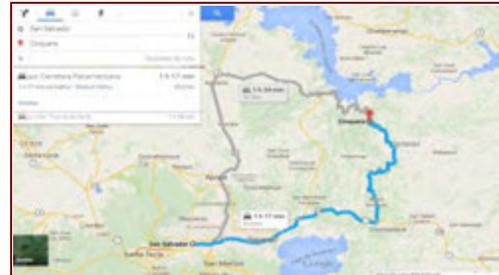
1. A casi 3 años de servicio, todas las técnicas de estabilización han superado en desempeño a la técnica de balastado utilizada tradicionalmente en El Salvador.
2. La sumatoria de los costos de Construcción y mantenimiento para la alternativa de balasto es mayor que los costos de las otras alternativas de estabilización de suelos arcillosos sin mantenimiento. No obstante lo anterior, indudablemente existe una disminución de los gastos relacionados al tratamiento de enfermedades ocasionadas por el polvo en las vías no pavimentadas, así como en los gastos de operación de los vehículos que transitan por los tramos estabilizados.
3. Es importante indicar que para lograr que la alternativa de balasto mantenga una condición de confort similar a la presentada por las otras técnicas de estabilización, sería necesario incrementar la frecuencia de intervenciones de mantenimiento, situación que no se concibió para este proyecto de investigación; sin embargo, de haberlo hecho, los costos de mantenimiento de la alternativa tradicional de balastado, se hubieran incrementado mucho más.

## Aplicando la experiencia aprendida



## EN VIAS TERCARIAS





## ***RENTABILIDAD EN LA CONSTRUCCION DE VIAS TERCARIAS DE BAJO TRAFICO***

*Rafael Alejandro González Magaña  
El Salvador*





**MUCHAS GRACIAS**

