

# El desafío de Caminos de Todo Tiempo en Paraguay

(Hacia una *Infraestructura Vial Resiliente*)



**FERNANDO PANIAGUA**  
MSc. Ingeniero Civil

15 de ENERO 2021  
Canal Pro

# Infraestructuras en General



Caminos



Habitacional



Energía y Aguas



Puertos



Puentes

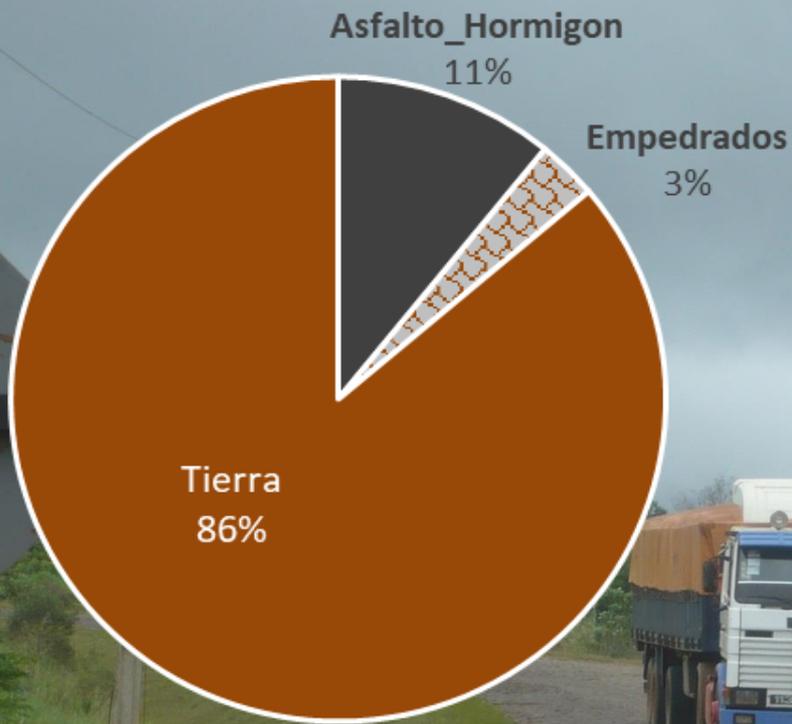


Cárceles

Hospitales \_ Escuelas \_ Conectividad.....

# CONTEXTO (1/3)

## Infraestructura Vial\_Paraguay



Red Vial_PARAGUAY		
Tipo	%	km
Asfalto_Hormigon	10,9%	8.573
Empedrados	3,0%	2.343
Tierra	86,1%	67.894
<b>TOTAL</b>	<b>100%</b>	<b>78.811</b>

MOPC\_julio 2020



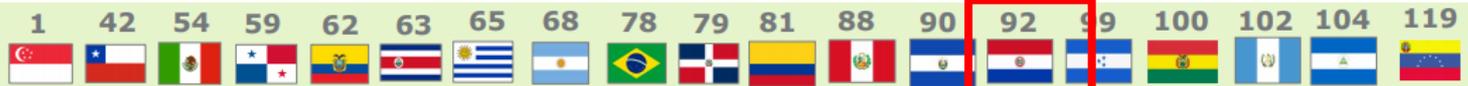
# CONTEXTO (2/3)

## Infraestructura Vial\_Paraguay

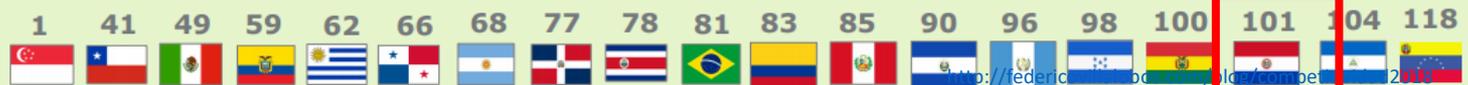


### Reporte Global de Competitividad 2020 Pilar Infraestructura

Calidad Global  
Infraestructura 2019



Calidad Global  
Infraestructura 2018

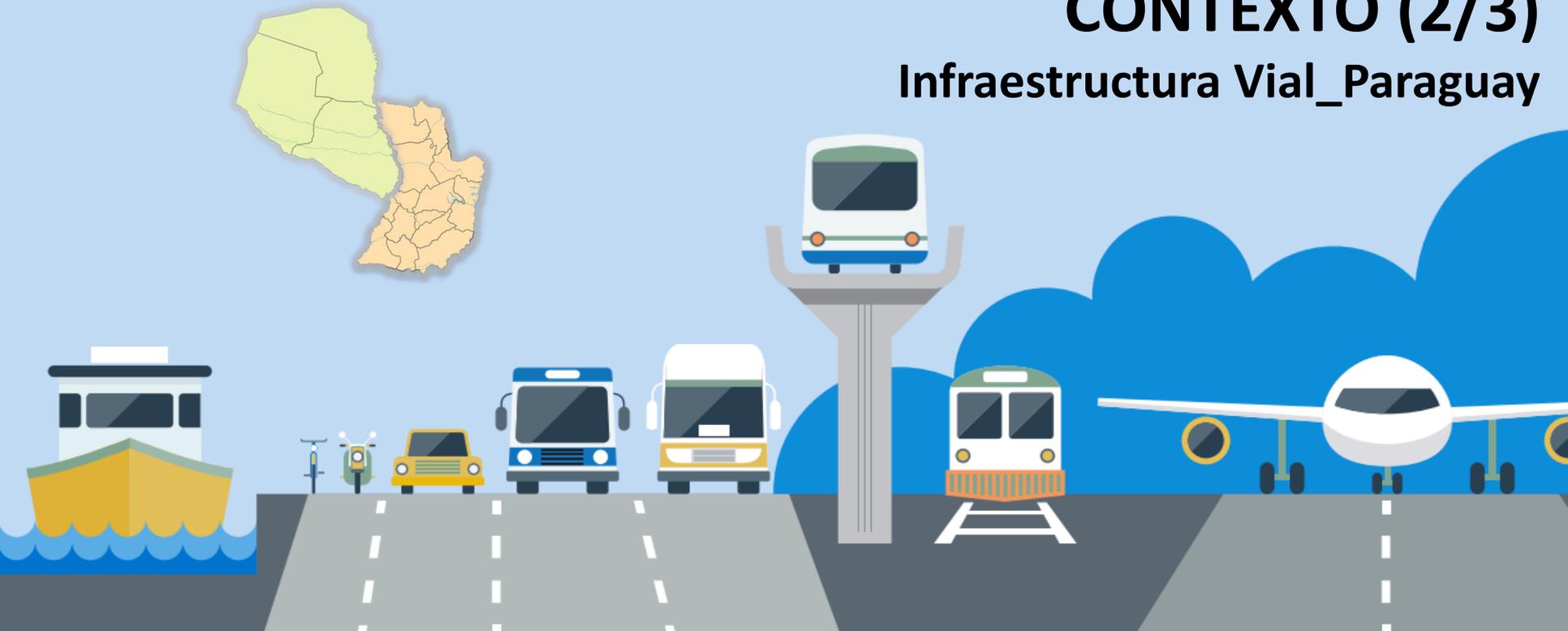


#### Componentes y pilares evaluados en Infraestructura

- Carreteras
- Aeropuertos
- Puertos
- Ferrocarriles
- Agua
- Energía

# CONTEXTO (2/3)

## Infraestructura Vial\_Paraguay



PARAGUAY según WEF 2020

Calidad de las carreteras



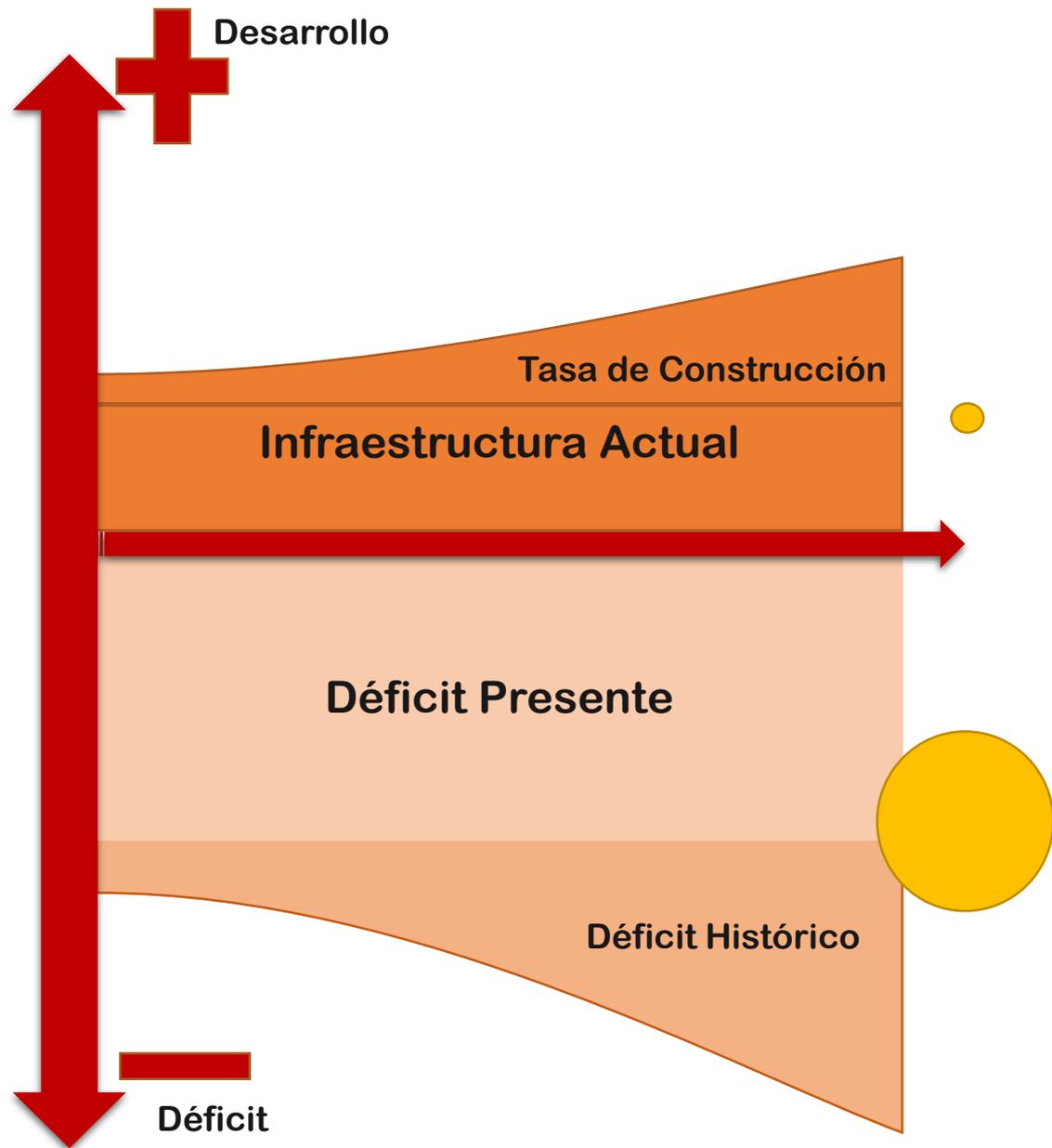
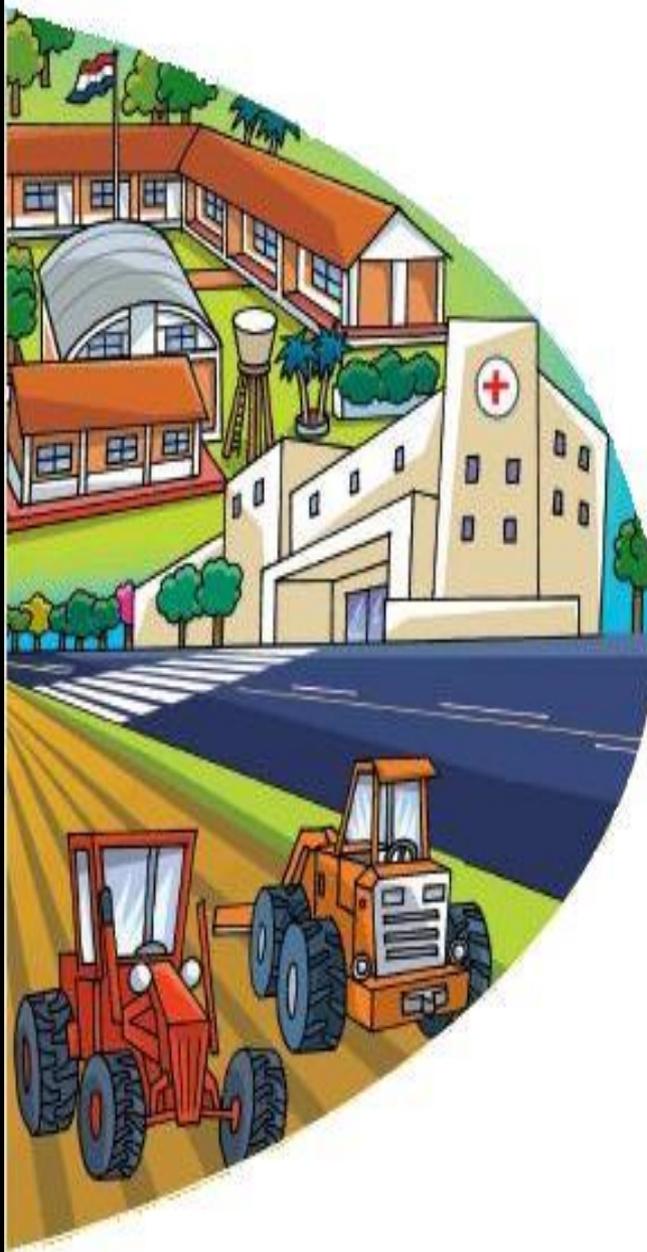
PUESTO: 127 de 141

CALIFICACION: 2.6 de 7.0

13 DE OCTUBRE DE 2019 - 01:00



# Recursos en Infraestructura



# Contexto (3/3)



≈ 86 % de los Caminos\_Py

TIERRA



BARRO



POLVO



INTRANSITABILIDAD

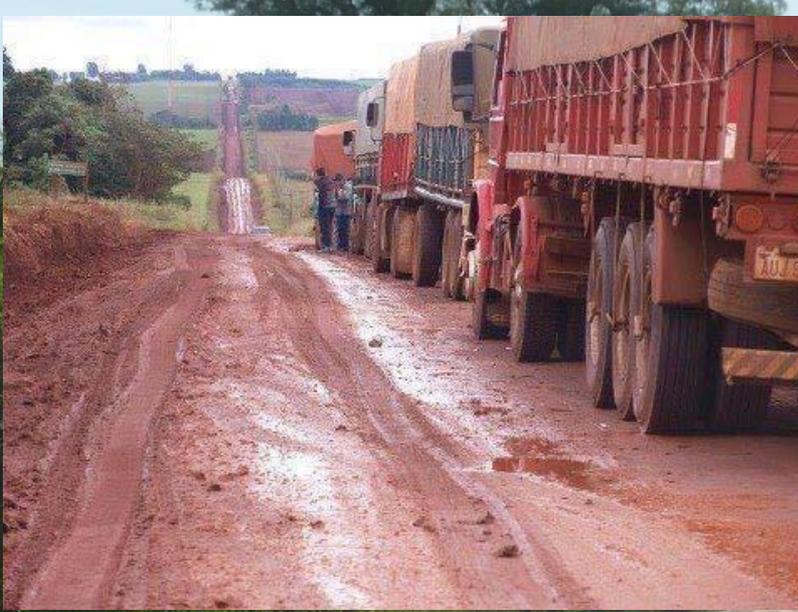
\* Mantenimiento constante /  
intransitable en t mpora de lluvias





Ambulancia!

Problemática: intransibilidad  
(personas-productos)



# Necesidad de Pavimentar

## 8.4 Road Level

### 8.4.1 Crown height

The crown height of a LVSR, i.e. the vertical distance from the bottom of the side drain to the finished road level at the centre line, is a critical parameter that correlates well with the in-service performance of pavements constructed from naturally occurring materials. This height must be sufficiently great to prevent moisture ingress into the potentially vulnerable outer wheel track of the carriageway for which a minimum value of 0.75 m is recommended.

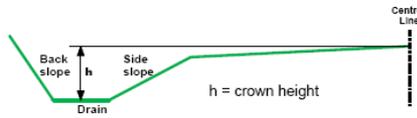


Figure 8-1: Crown height for LVSR



Existe un Costo Social!





**POLVO**



POLVO



<https://vm.tiktok.com/ZMJ76kMQY/>

Fernando Paniagua

Las cargas se  
repiten y  
aumentan!



# Necesidad de Pavimentar MATERIALES FIABLES



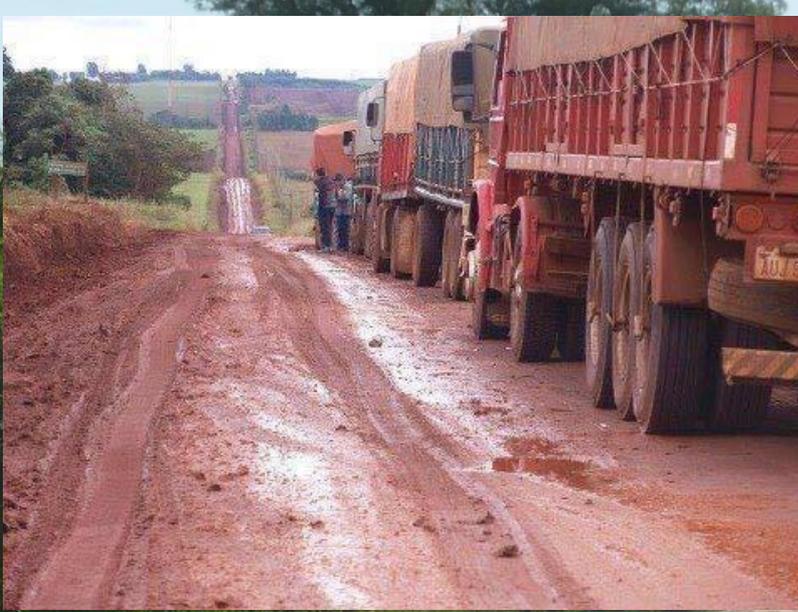
Las cargas o  
sobrecargas  
aumentan!



Las cargas no  
cruzan!



Problemática: intransibilidad  
(personas-productos)

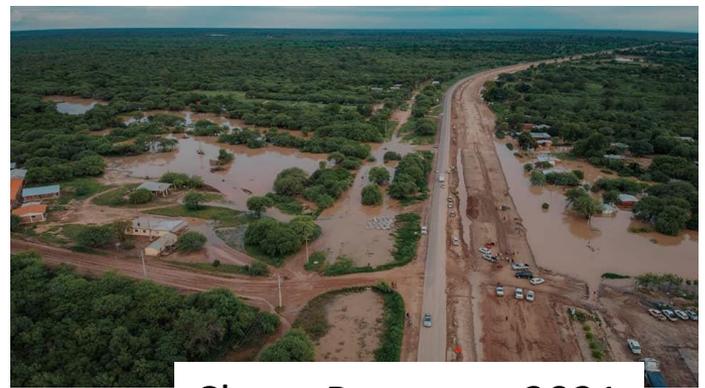




PRINCIPAL  
DE LA VILLA



# Eventos Naturales CADA VEZ +++



Chaco Py\_enero 2021



San Pedro\_2013



# RESILIENCIA DE LAS REDES VIALES

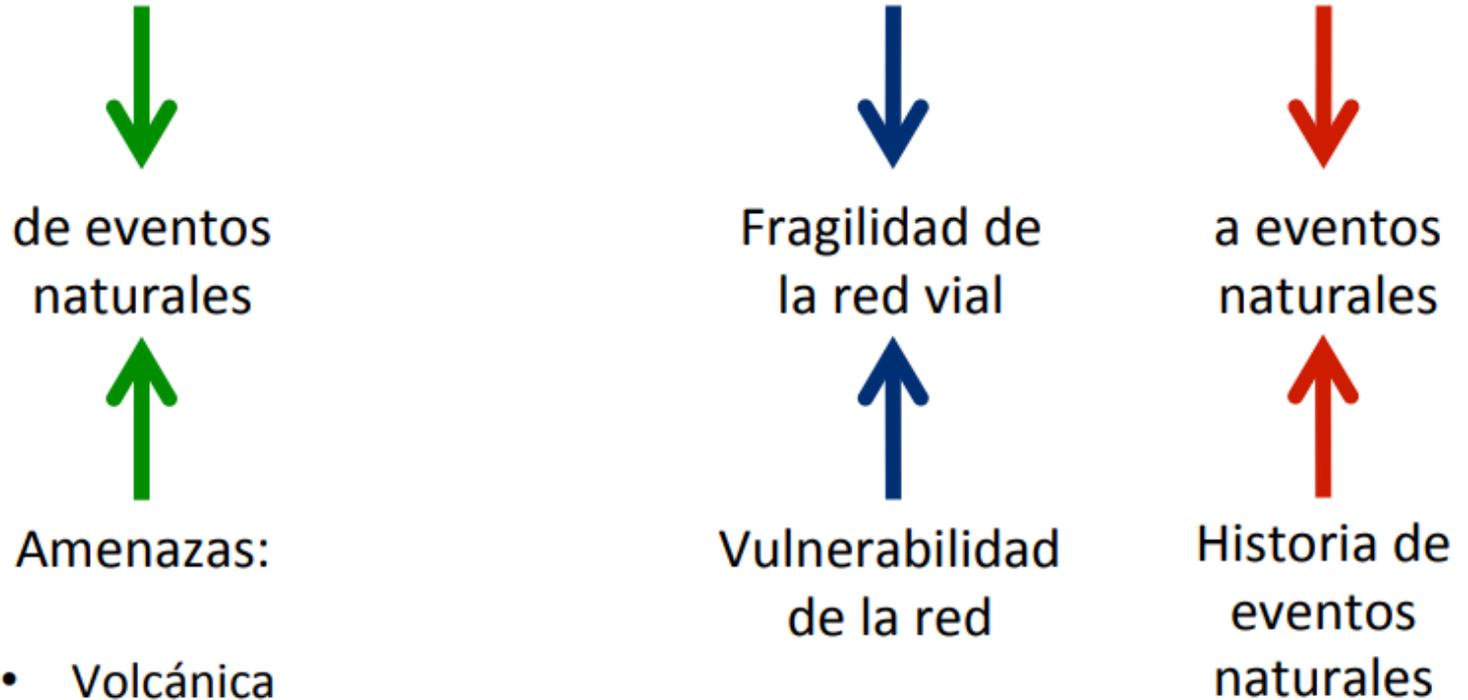


“ Capacidad de un sistema, persona, comunidad o país expuestos a una amenaza de origen natural, para **resistir, absorber, anticiparse, adaptarse y recuperarse** de sus efectos de manera **oportuna y eficaz**, para lograr la preservación, restauración y mejoramiento de sus estructuras, funciones básicas e identidad ”



## EL CONCEPTO DE RIESGO

$$\text{Riesgo} = (\text{Probabilidad de Ocurrencia}) \times (\text{Consecuencias}) \times (\text{Exposición})$$



- Amenazas:
- Volcánica
  - Sísmica
  - Climática
  - Antrópica



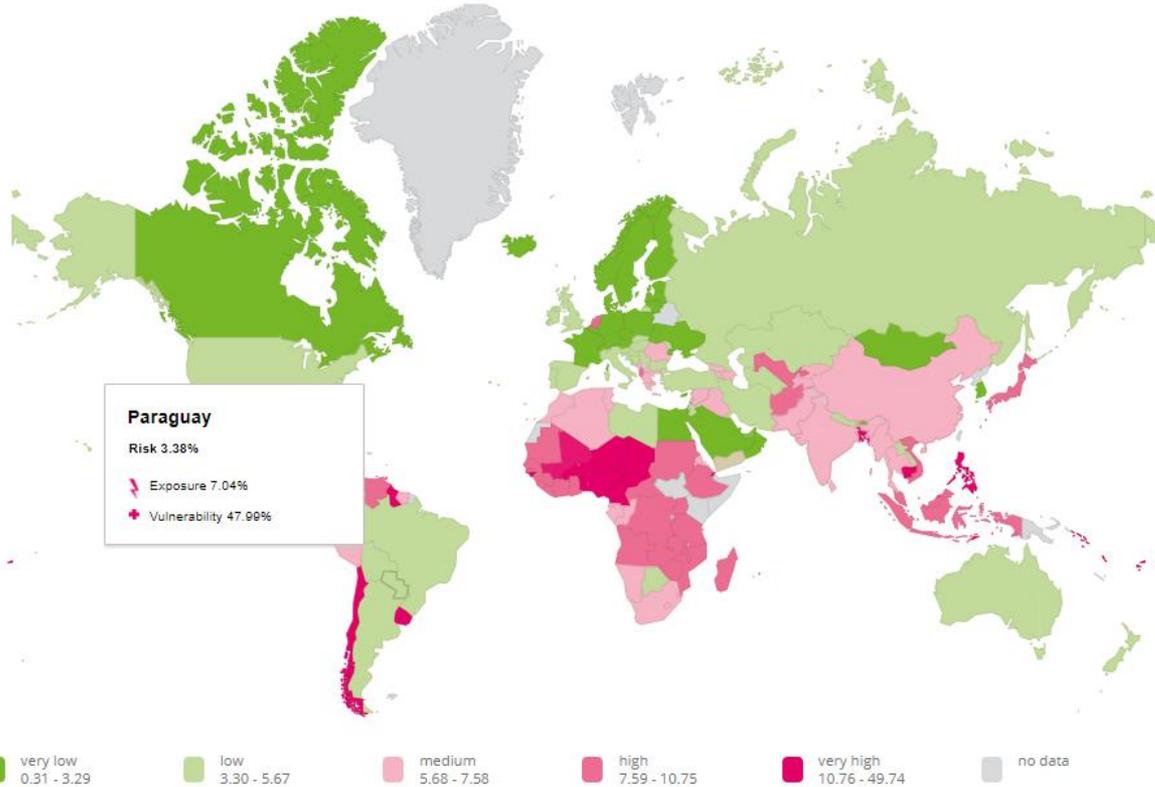
sufre la **naturaleza** por causa de la [acción humana](#).



# RESILIENCIA DE LAS REDES VIALES

Worldmap of Risk

2020



[www.entwicklung-hilft.de](http://www.entwicklung-hilft.de)

## GESTION DE RIESGOS

- **Vulnerabilidad:** Susceptibilidad de una estructura, infraestructura o red a perder total o parcialmente su **nivel de servicio** debido a la acción de eventos naturales.
- Es posible **predecir y estimar las consecuencias (Ej. Probabilidad pérdida de desempeño)** en infraestructura crítica dada la potencial amenaza de un evento natural en un sitio dado si conozco su vulnerabilidad

Capacidad de recuperarse o reaccionar ante eventos que hayan dañado la Infraestructura



# Ciclo de Vida del Pavimento. Caso Py



1. Camino de acceso



2. Tierra con Mayor Transito



3. Empedrado



5. RUTA



4. Recapados/Empedrado



# Necesidad Pavimentar



**Tierra**



**Empedrado**



**Asfalto**

Fernando Paniagua

# Alternativas de Materiales \_Pavimentos

Tierra



Asfalto



Empedrado



Hormigón



Adoquín



Cemento

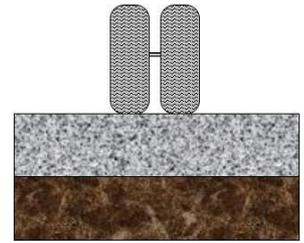


Capas Inferiores

Cal



Químicos



## Criterios

- Técnico \_ Factible
- Durable
- Económico
- Construible
- Industrial/No Artesanal
  
- Beneficioso al Usuario

# El empedrado!

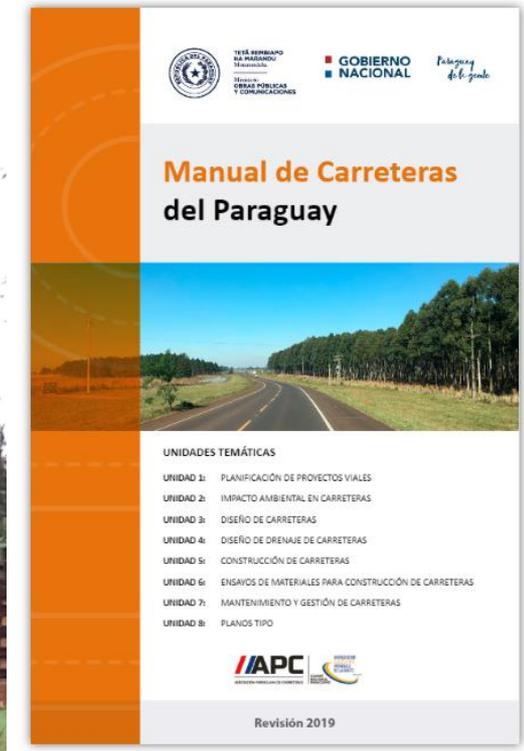
## *VENTAJAS - DESVENTAJAS*

- ❖ *Seguridad.... ok!*
- ❖ *Acceso y Movilidad ..... Ok! y no ok!*
- ❖ *Confort.... No ok!*
- ❖ *Tiempo de viaje.....!?*
- ❖ *Consumo/Economía.....!?*

*Sustentable!!! ... no se RECICLA*

# MUNICIPIOS\_GOBERNACIONES

Necesidad de Uso de Norma Técnicas



 **TES SEMBRADO EN PARAGUAY**  
MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS Y COMUNICACIONES

 **GOBIERNO NACIONAL** *Paraguay de la grande*

## Manual de Carreteras del Paraguay

**UNIDADES TEMÁTICAS**

- UNIDAD 1: PLANIFICACIÓN DE PROYECTOS VIALES
- UNIDAD 2: IMPACTO AMBIENTAL EN CARRETERAS
- UNIDAD 3: DISEÑO DE CARRETERAS
- UNIDAD 4: DISEÑO DE DRENAJE DE CARRETERAS
- UNIDAD 5: CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS
- UNIDAD 6: ENSAYOS DE MATERIALES PARA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS
- UNIDAD 7: MANTENIMIENTO Y GESTIÓN DE CARRETERAS
- UNIDAD 8: PLANOS TIPO

Revisión 2019

# Caminos Py \_ Históricamente Pavimento Económico

Asfalto

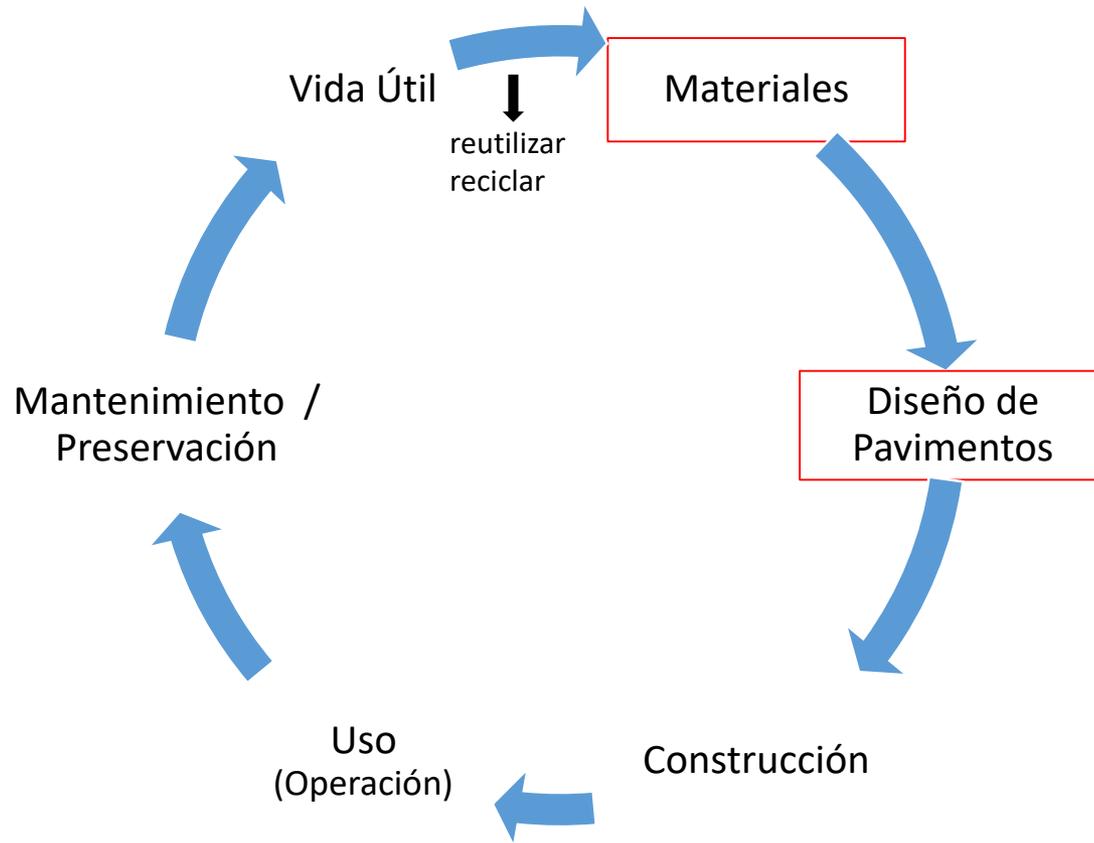


Tierra



Fernando Paniagua

# Ciclo de Vida del Pavimento (LCCA)



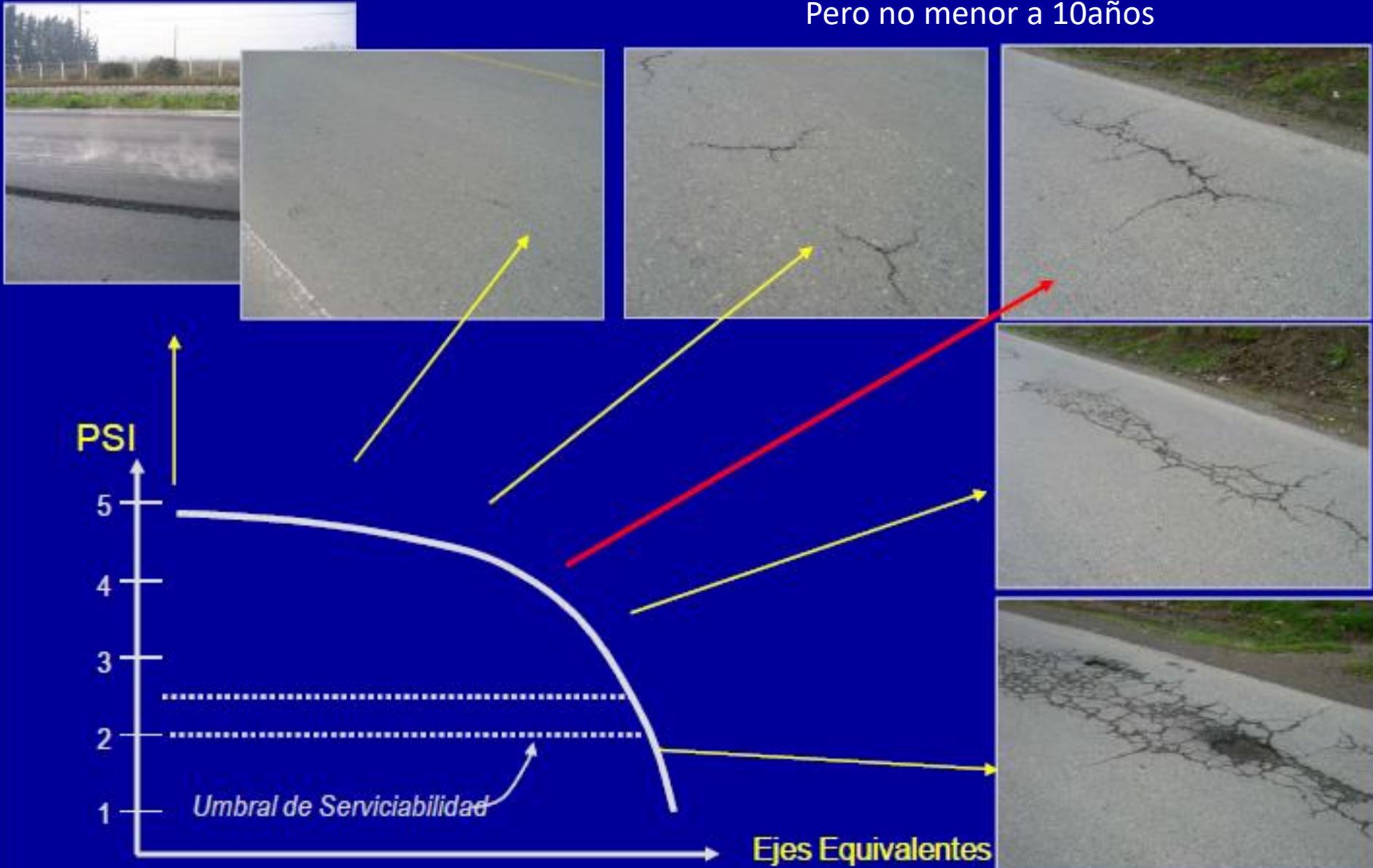
Evitando el enfoque  
"de la cuna a la tumba"



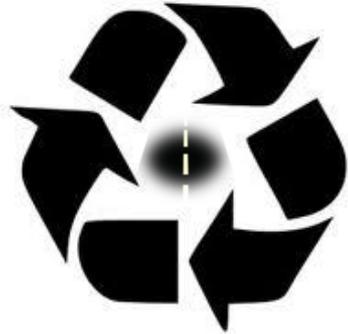
# Evolución del Deterioro

Guillermo Thenoux

Pero no menor a 10 años



# Reconstruir caminos en mal estado Reciclando los Materiales



Hormigón y Asfalto

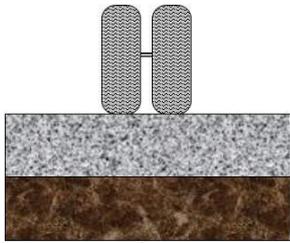


(Thenoux et al, 2007)

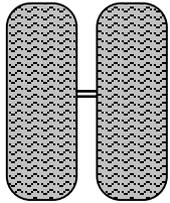
# Evaluación Económica (us\$/km \_ vida útil)

<p><b>Empedrado</b></p>		<p>140.000 us\$/km 180.000 us\$/km Duración 5-10 años (si dispone de buena Subbase)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Construcción lenta/f(M.O.)</li> <li>▪ Alto costos al usuario             <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Fiable si esta bien hecha</li> <li>✓ Técnica conocida local</li> </ul> </li> </ul>
<p><b>Adoquín</b></p>		<p>170.000 us\$//km 250.000 us\$/km Duración 5-10 años (si dispone de buena Subbase)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Construcción lenta/f(M.O.)</li> <li>▪ Alto costos al usuario (&lt;empedrado)             <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Técnica conocida local</li> </ul> </li> <li>✓ f(precio del cemento y disponibilidad)</li> </ul>
<p><b>Mantenimiento Camino Tierra</b></p>		<p>40-80 mil us\$/km Duración 2-3 años</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ dependiente disponibilidad equipos/malas practicas</li> <li>▪ Intransitable con lluvias</li> <li>▪ Malas y buenas experiencias (PNCR)</li> </ul>
<p><b>Macadam</b></p>		<p>Evaluar! \$...??</p>	<p>Acompañar desempeño (cuestionar apoyo, permeabilidad y acomodamiento, permeabilidad)</p>
<p><b>Suelo Piedra</b></p>		<p>80 – 90 mil us\$/km Duración 1/2-2 años</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ necesidad de mantenimiento</li> <li>▪ poco confort             <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Estable estructuralmente</li> </ul> </li> </ul>

# Evaluación Económica (us\$/km \_ vida útil)

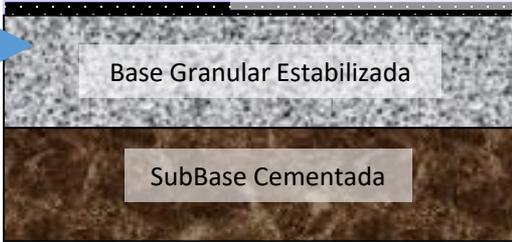
<p><b>Suelo Cemento</b></p>		<p><b>90 – 100mil us\$/km</b> (25cm) Duración 3-5 años</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Presencia de Fisuras (2 ciclos)</li> <li>▪ vida útil debe usarse con subbase (no como base) <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Estructuralmente se transforma</li> </ul> </li> </ul>
<p><b>Pavimento Rígido con Losa Optimizada</b></p>		<p><b>250-330 mil us\$/km</b> Duración 8-15 años (base tratada y homogénea)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Uso de Cemento Local</li> <li>▪ Componente Varillas/Fibras (disponibilidad?)</li> <li>▪ Debe incentivarse el Uso de Tecnología</li> </ul>
<p><b>Ripio Cemento + Cobertura Económica</b></p>		<p><b>130-150 mil us\$/km</b> Duración 3-5 años</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ En caminos estructuralmente ok, pero superficialmente deteriorados</li> <li>▪ Necesidad de una cobertura mínima</li> </ul>
<p><b>Estabilización Química (NT)</b></p>	 <p>Pavimentación Transitoria</p>	<p><b>Evaluar!</b> \$...??</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Tres pasos necesarios</li> <li>1. Comparación Precio Gs/m3 _ Estabilización Q. vs Uso de Piedra</li> <li>2. Paso 1 (Pasa/No Pasa): Laboratorio (Protocolo 1)</li> <li>3. Paso 2: Pista de prueba (Protocolo 2)</li> <li>▪ Definir Vida útil</li> <li>▪ Evitar la Evaluación Empírica</li> </ul>

# Alternativas Tradicionales (Py)

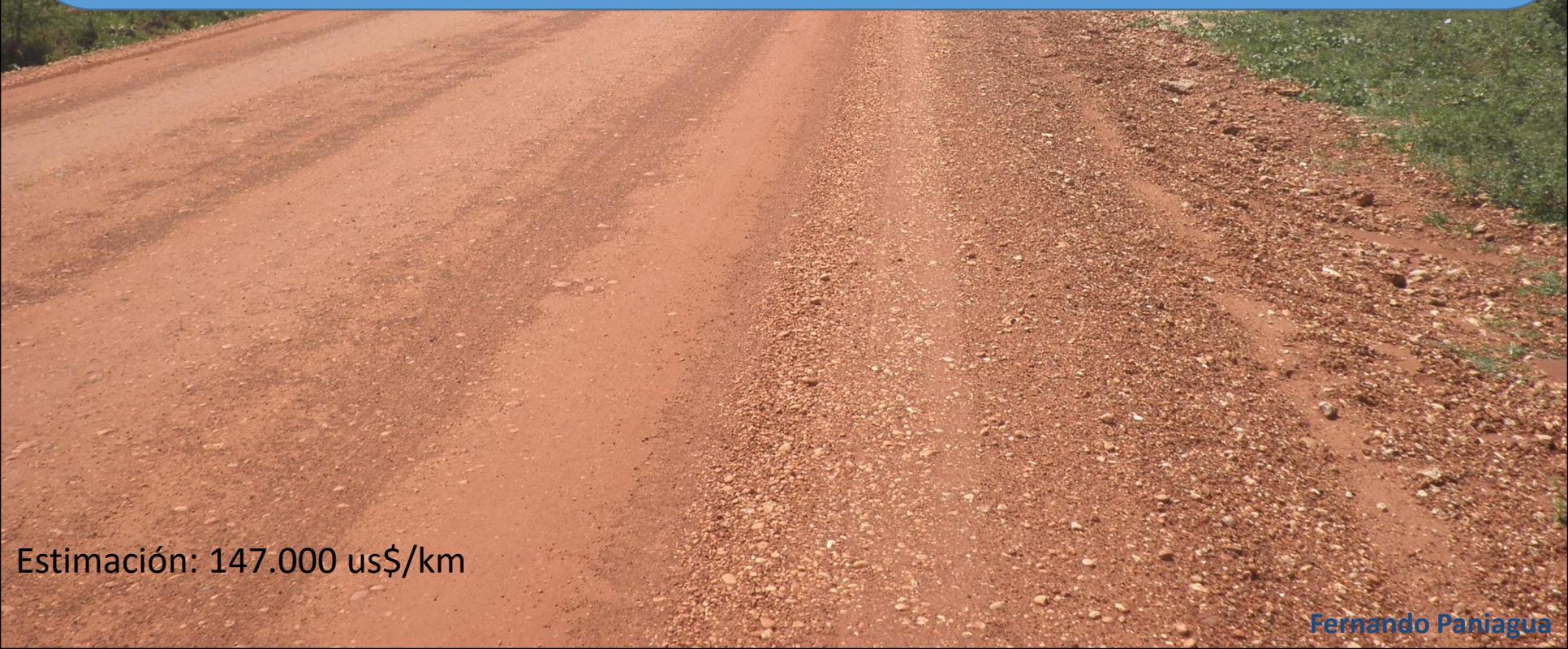


Estimación: 260.000 us\$/km

Cobertura: Cape Seal



# Alternativas No Tradicionales (Py)



Estimación: 147.000 us\$/km

*Los responsables de la Infraestructura debemos tener la sensibilidad hacia las necesidades de las personas y la capacidad transmitir que la mejor ingeniería es la que generara una mejor calidad de vida (nuestra y la de nuestros hijos)*

Fernando Paniagua



**Investigación + Desarrollo:**

- CONACYT
- Universidades
- Entres Privados/Públicos



**GRACIAS!!**

Fernando Paniagua  
rfpaniagua@uc.cl

