

Competitividad de los Pavimentos de Concreto en América Latina

Mitos y realidades

Diego A. Jaramillo Porto



- ✓ Gerente Técnico – Cámara Colombiana del Cemento y el Concreto - PROCEMCO
- ✓ Director de Pavimentos e Infraestructura – Federación Iberoamericana del Hormigón Premezclado - FIHP
- ✓ Líder del Comité Internacional de Pavimentos e Infraestructura - FIHP – FICEM



160 años



El PC es competitivo por muchos factores

Algunos muy reconocidos:

- ✓ Gran durabilidad.
- ✓ Se diseña para Períodos altos de diseño (20+).
- ✓ Construcción rápida con equipos de alto rendimiento.
- ✓ Buen desempeño estructural.
- ✓ Soporta muchos ejes y cargas muy altas.
- ✓ Buen desempeño en tráfico altos, medios y bajos.
- ✓ Menor mantenimiento en el tiempo.
- ✓ Menor costo en el ciclo de vida.
- ✓ Menor impacto al usuario de las vías.
- ✓ Tiene un enorme impacto social.
- ✓ Es el más utilizado en zonas urbanas.
- ✓ Es el pavimento preferido en vías terciarias.
- ✓ Permite la autoconstrucción por comunidades.
- ✓ ...

Pero también, algunos poco conocidos:

- ✓ **Menor Costo Inicial** de construcción.
- ✓ **Menor Valor Presente.**
- ✓ Muy buen desempeño en **Sostenibilidad.**
- ✓ Es la mejor opción en **Resiliencia.**



Avenida El Dorado
Bogotá. Colombia
Construida en 2003
12 carriles de concreto

Sin embargo, todavía existen algunos Mitos sobre los PC

Es común escuchar que ...

- Tiene un costo inicial más alto.
- Es difícil de diseñar.
- Es muy difícil de construir.
- Requieren 28 días para abrir al tránsito.
- Es difícil de mantener y reparar.
- Tiene riesgos muy altos.
- Tiene bajo desempeño en sostenibilidad.
- ...

Pero la realidad es muy diferente



Estadísticas de PC en Colombia:

- ✓ **18%** de la malla vial carretera.
- ✓ **51%** de las mallas urbanas.
- ✓ La mayoría en troncales **BRT** y vías **locales**.
- ✓ Malla local construida por las **comunidades**.
- ✓ Alto % de **Placa Huella** urbana y rural.
- ✓ Ciudades de la costa Caribe tienen más del **80%** de sus mallas viales en concreto.

RED TOTAL VIAL				
TIPO DE VÍA	CANTIDAD	%	LONGITUD (Km)	%
ASFALTO	158	33%	3.459	78%
CONCRETO HIDRAULICO	165	34%	373	8%
MIXTO	20	4%	277	6%
PLACA HUELLA	132	27%	316	7%
OTROS	8	2%	14	0%
TOTAL	483	100%	4.438,7	100%

RED TOTAL URBANA				
TIPO DE VÍA	CANTIDAD	%	LONGITUD (Km)	%
ASFALTO	54	25%	316	36%
CONCRETO HIDRAULICO	137	63%	289	33%
MIXTO	16	7%	215	24%
PLACA HUELLA	5	2%	54	6%
OTROS	5	2%	5	1%
TOTAL	217	100%	879	100%

Fuente: Comité TyP - PROCEMCO





14^{vo} Congreso Iberoamericano de Pavimentos de Concreto

2^{do} Congreso Iberoamericano de Pisos Industriales de Concreto

Es muy Competitivo en vías de alto tránsito

Soporta cargas y frecuencias muy altas, con diseños de más de 300 millones de ESAL's en 20 años.



Solo en Colombia, se han construido más de 1.500 km.carril en troncales, estaciones y patios de sistemas BRT en las 7 principales ciudades de Colombia.

Actualmente se están construyendo más de 250 km.carril.

Y es el preferido en vías de bajo tránsito

Es común que las vías de bajo tránsito urbanas y rurales sean construidas por las mismas comunidades, utilizando **Mano de Obra** básica y local.

Calles construidas por la comunidad con el apoyo de las Alcaldías Municipales y el sector privado.

El concreto es una mezcla que permite la manipulación manual por pequeños constructores y comunidades, utilizando equipos menores de colocación de concreto.



Pavimento de Concreto



Placa Huella



Pequeñas obras con gran impacto social

En AL las vías de bajo tránsito son la mayoría

- ✓ La distribución porcentual de las mallas urbanas y carreteras es típica.
- ✓ Muchas son construidas por autogestión y autoconstrucción.
- ✓ En la gestión hay que considerar a la **“Comunidad”**.

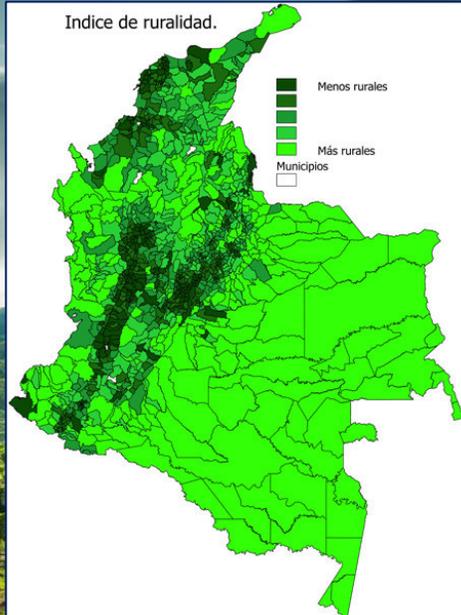


• Caso Perú:

- Vecinal / Rural **69,3%** de bajo tránsito.

• Caso Colombia:

- Carreteras: **69,37%** son vías terciarias.
- Urbanas: **55%** son de bajo tránsito.



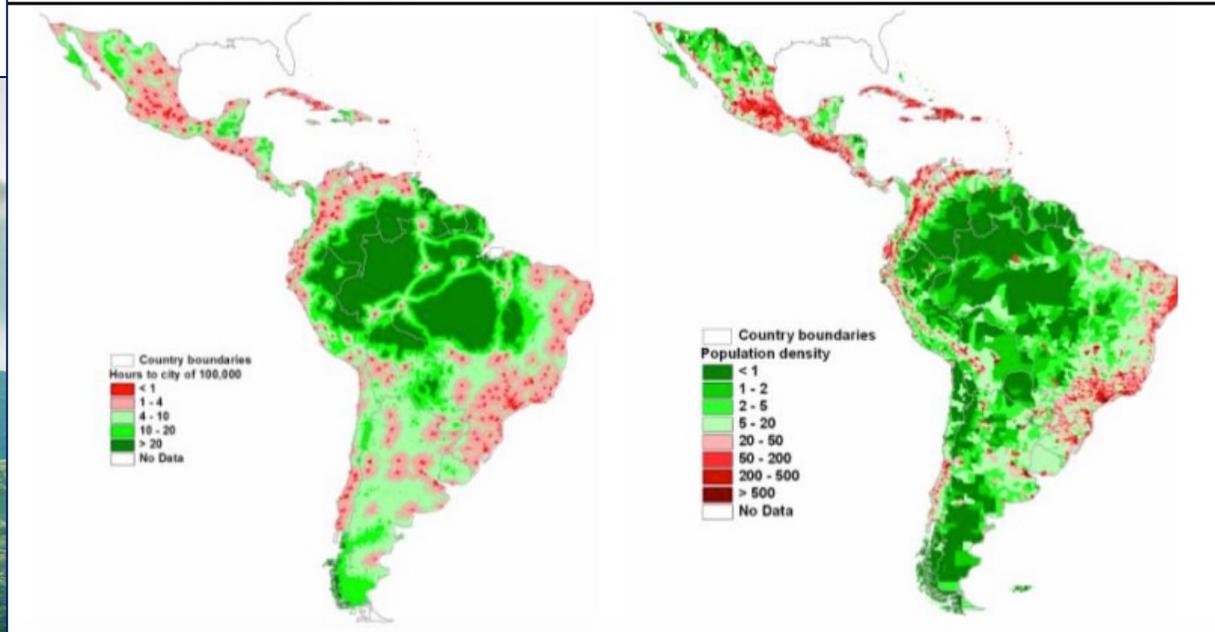
Colombia es un país rural

Más del **30%** de la población reside en el campo, lejos de las grandes ciudades. **76%** de los 1.103 municipios de Colombia tienen menos de 30.000 habitantes.

América Latina y el Caribe: conectividad, densidad de población

Tiempo de traslado a una ciudad de más de 100.000 habitantes^a

Densidad de población (habitantes por km²)^b



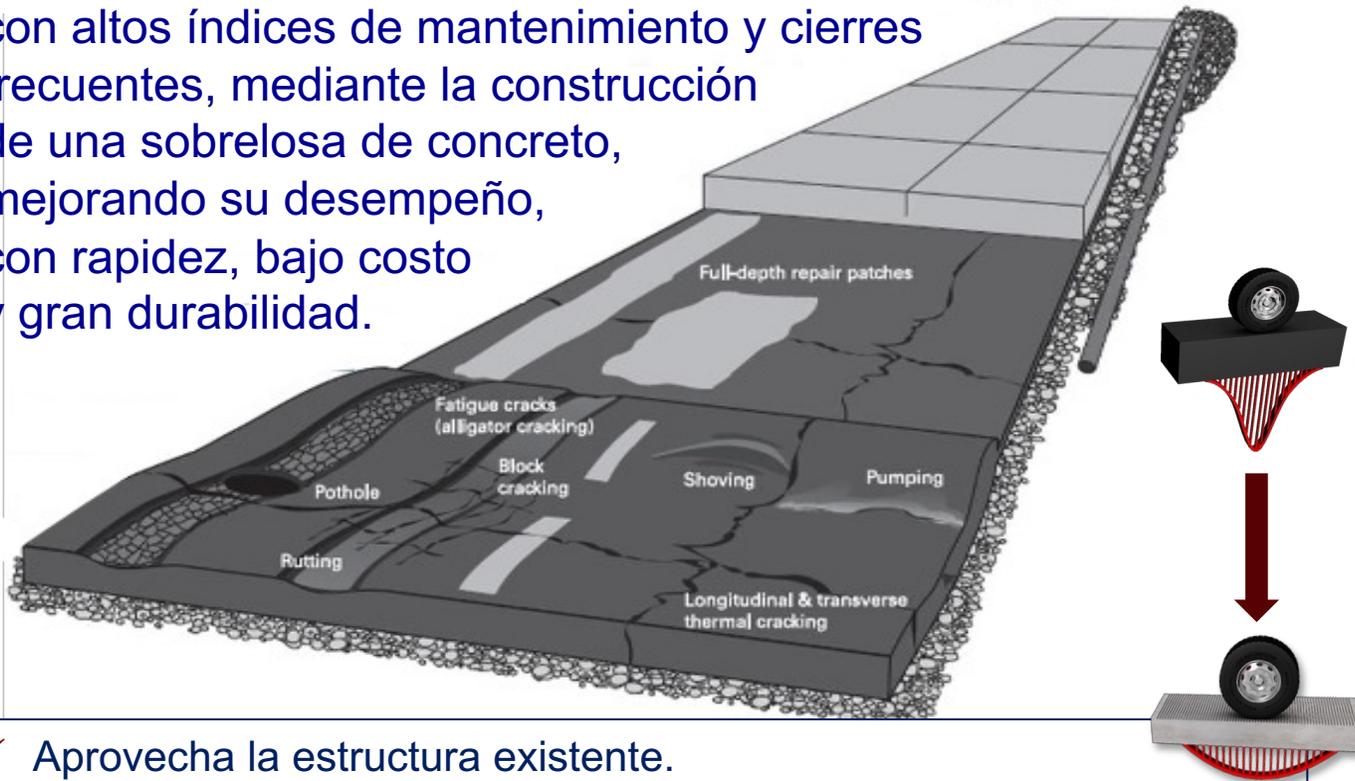


14^{vo} Congreso Iberoamericano
de Pavimentos de Concreto

2^{do} Congreso Iberoamericano de
Pisos Industriales de Concreto

No hay nada más Competitivo que un “Whitetopping”

Repotenciación de pavimentos existentes deteriorados, con altos índices de mantenimiento y cierres frecuentes, mediante la construcción de una sobrelosa de concreto, mejorando su desempeño, con rapidez, bajo costo y gran durabilidad.



- ✓ Aprovecha la estructura existente.
- ✓ No necesita demoliciones ni excavaciones.
- ✓ Reduce la profundidad de los esfuerzos de la estructura existente.
- ✓ Es una intervención muy rápida.
- ✓ Costo bajo por eliminación de ítems como demoliciones y rellenos.
- ✓ Se genera un nuevo periodo de diseño, con durabilidad extendida.



Av. 18 de Noviembre. Puebla. México





14^{vo} Congreso Iberoamericano de Pavimentos de Concreto

2^{do} Congreso Iberoamericano de Pisos Industriales de Concreto

Cambio radical en el esquema de funcionamiento

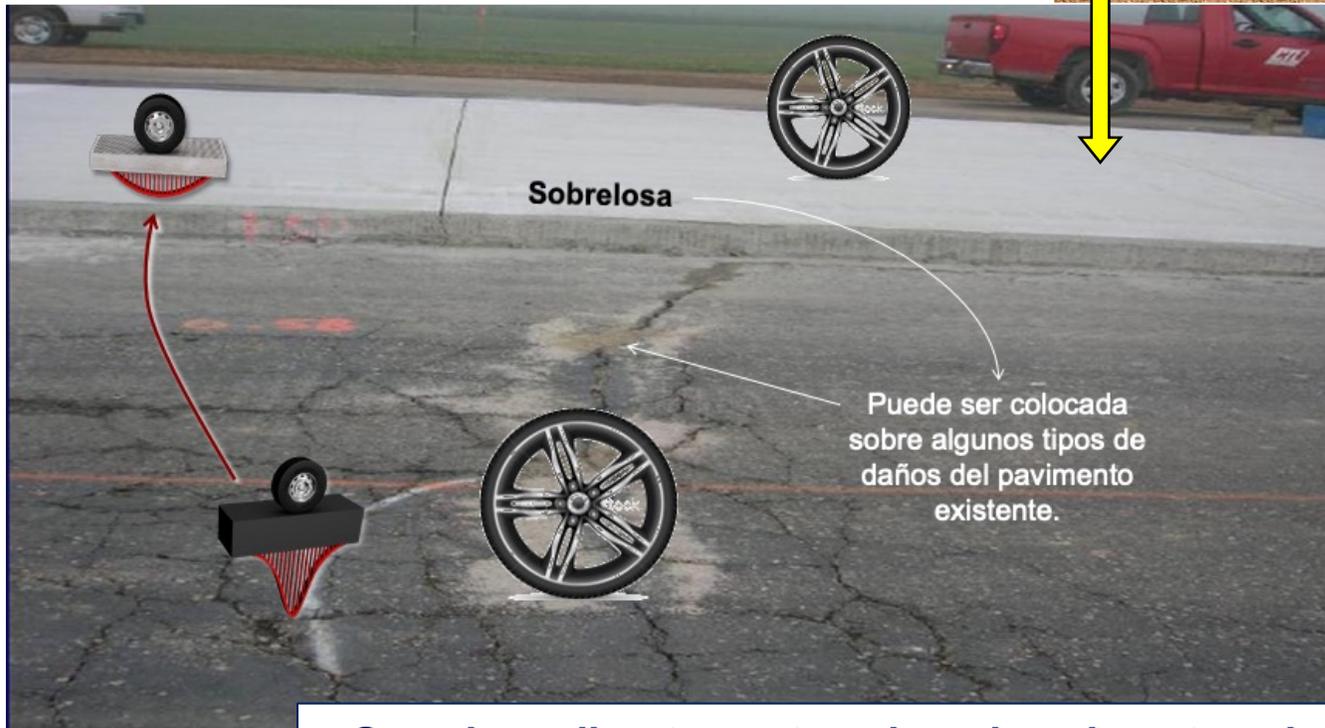
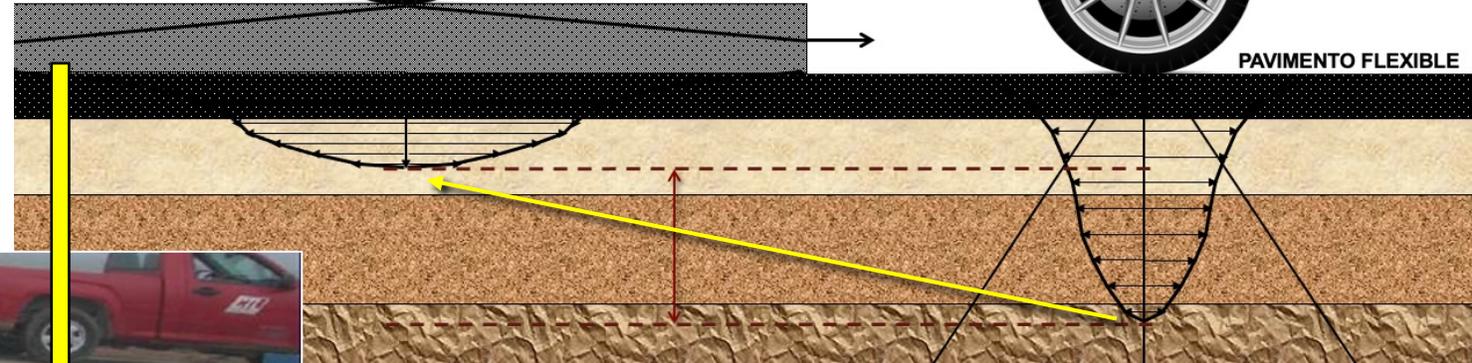
La sobrelosa de concreto redistribuye las cargas en un área más grande (**Efecto Placa**), reduciendo la magnitud de los esfuerzos en la estructura de soporte, con una menor profundidad de disipación de cargas.



SOBRELOSA DE CONCRETO



PAVIMENTO FLEXIBLE



Sobrelosa

Puede ser colocada sobre algunos tipos de daños del pavimento existente.

Se coloca directamente sobre el pavimento existente





Kalamazoo, MI, USA



Carretera La Calera, Colombia



PRC 280, Paraná, Brasil



Ruta 3, Uruguay

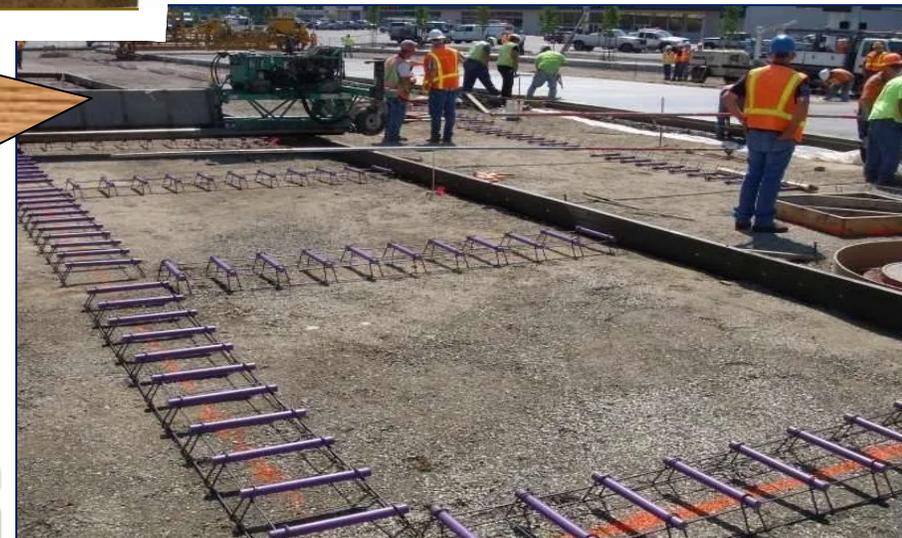
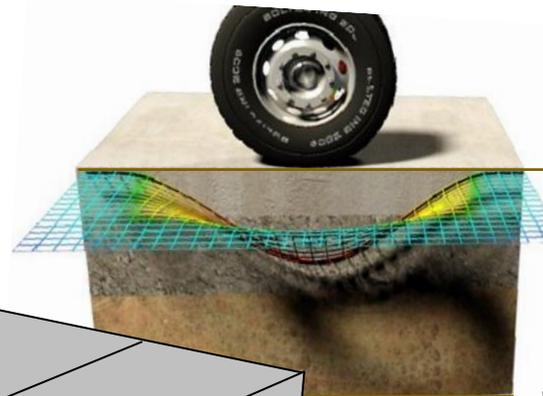


14^{vo} Congreso Iberoamericano
de Pavimentos de Concreto

2^{do} Congreso Iberoamericano de
Pisos Industriales de Concreto

Su competitividad radica en el esquema de funcionamiento

- ✓ Baja deformabilidad del concreto.
- ✓ Distribución de cargas por **Efecto Placa**.
- ✓ Área grande de distribución de cargas.
- ✓ Presión muy baja en el soporte y la subrasante.
- ✓ Disipa esfuerzos a menor profundidad.



**Con elementos que mejoran
el desempeño y la durabilidad**

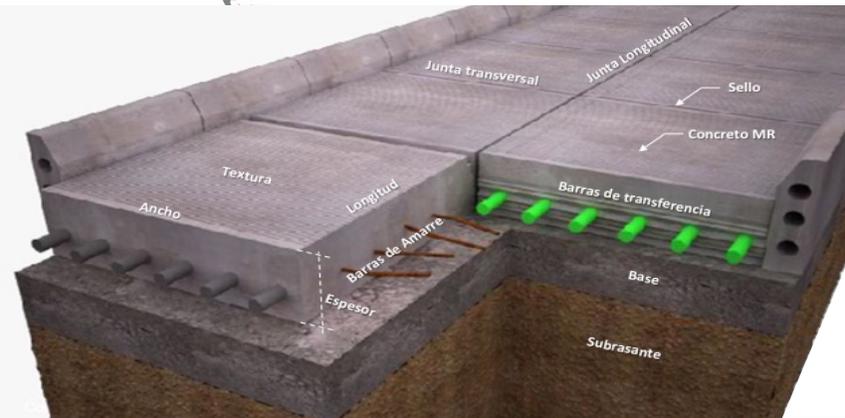
- Sistemas de transferencia de carga: Agregados / Dual.
- Resistencias altas, con MR por encima de los 5,5 MPa.
- Modulación (control de esfuerzos de contracción, alabeos y cargas).
- Soporte lateral para control de deformaciones en los bordes.



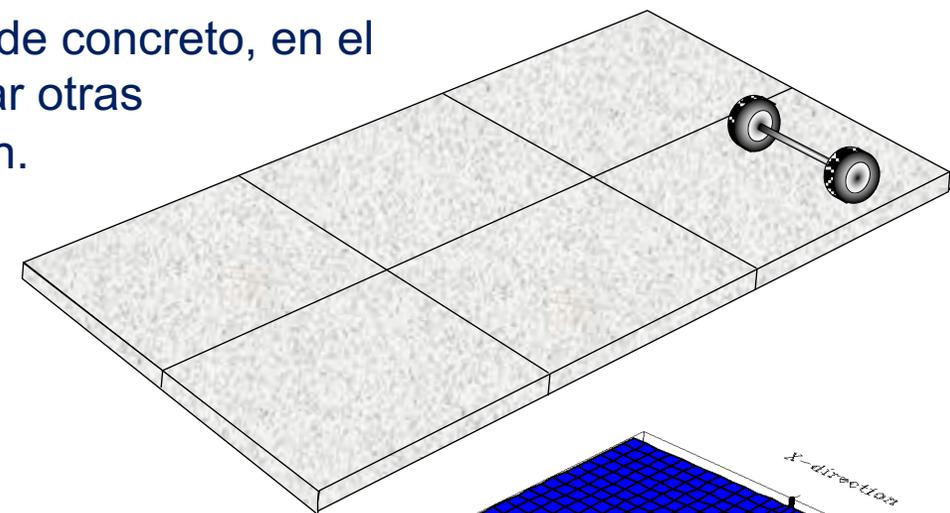
14^{vo} Congreso Iberoamericano
de Pavimentos de Concreto

2^{do} Congreso Iberoamericano de
Pisos Industriales de Concreto

Un PC es mucho más que el espesor de la losa



Además del espesor de la losa de concreto, en el desempeño se deben considerar otras **variables** de diseño y operación.



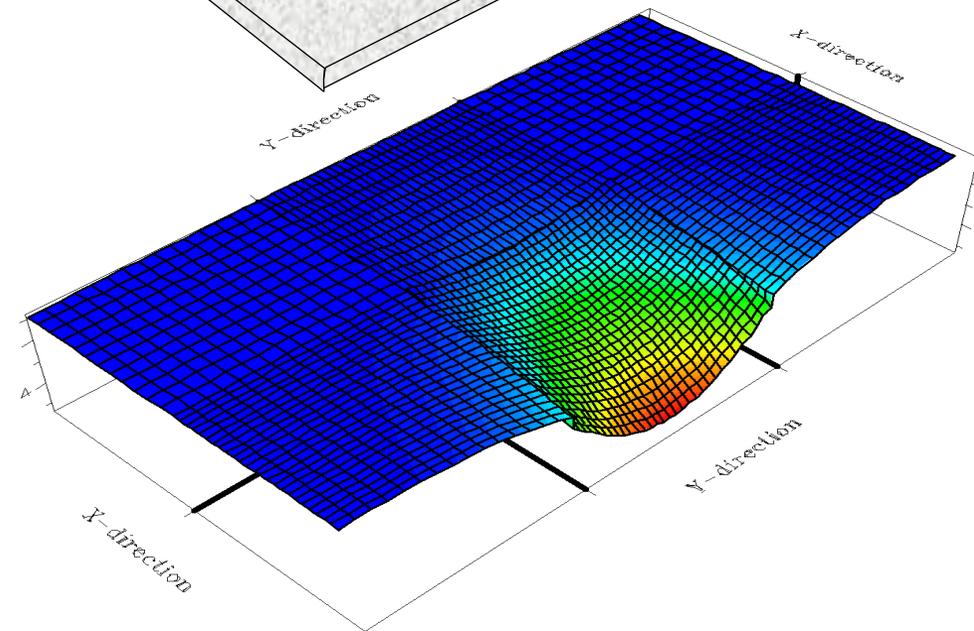
Internas:

- Subrasante
- Soporte
- Concreto
- Resistencia
- **Espesor de la losa**
- Ancho de la losa
- Longitud de la losa
- Esbeltez de la losa (Fe)
- Modulación (JL y JT)
- Transferencia de cargas
- Amarre entre losas
- Soporte lateral
- Acabado superficial (L/T)



Externas:

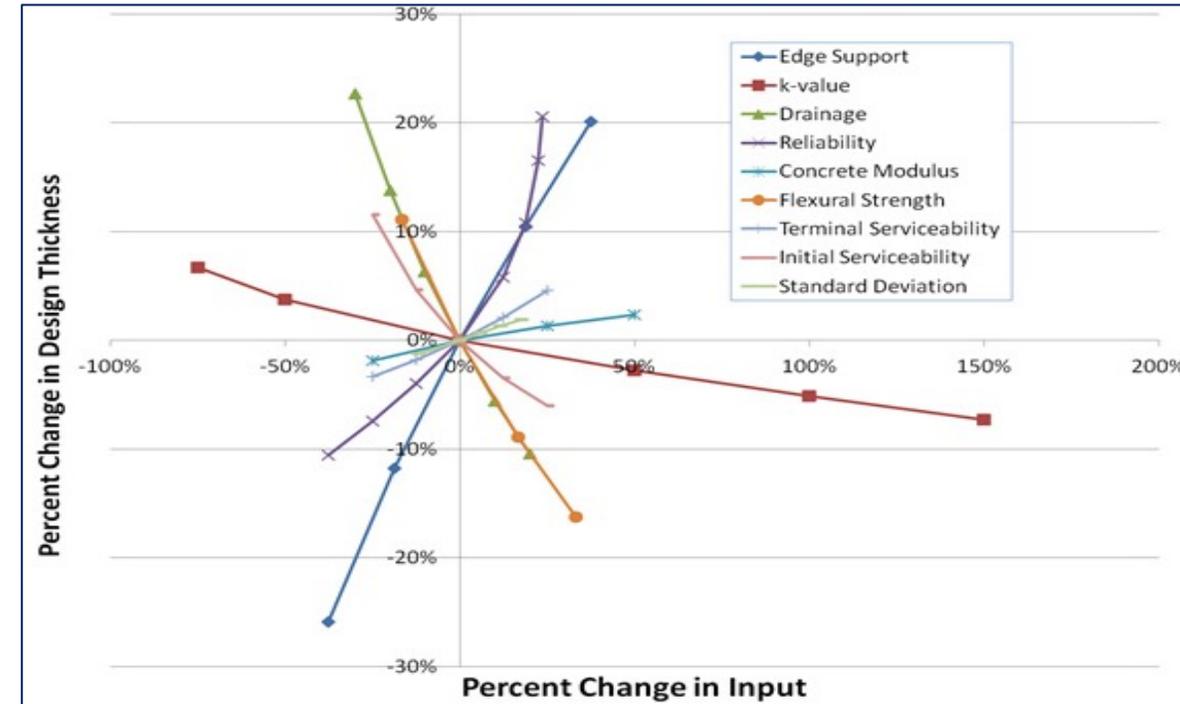
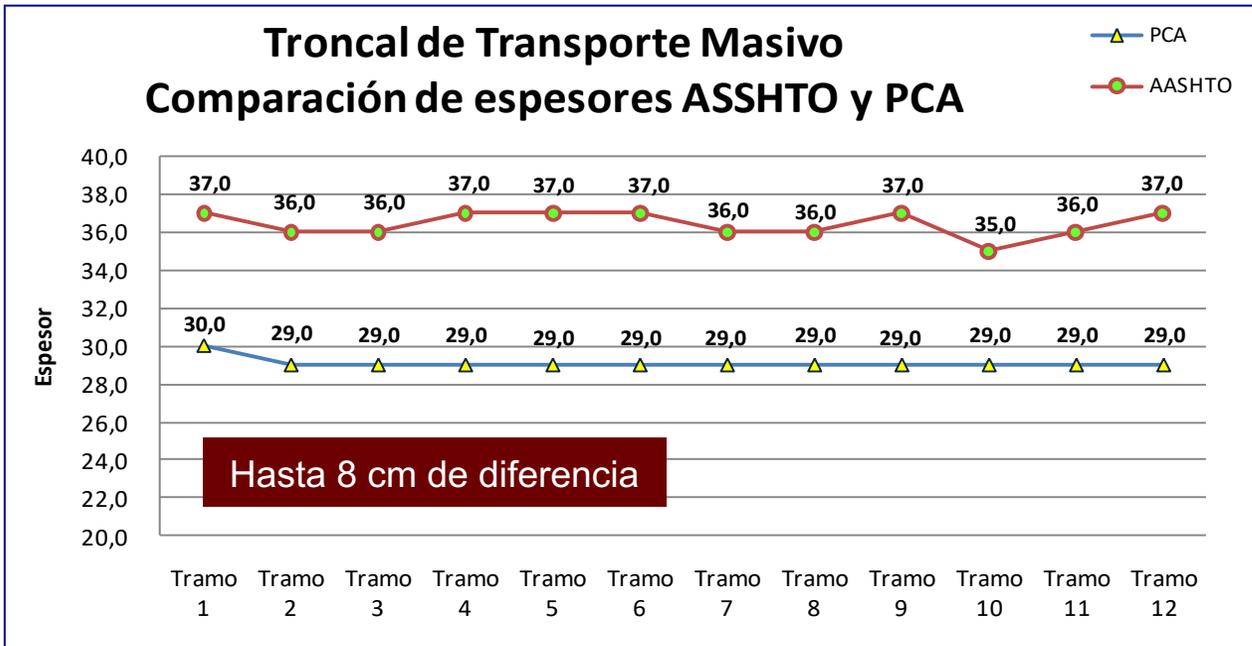
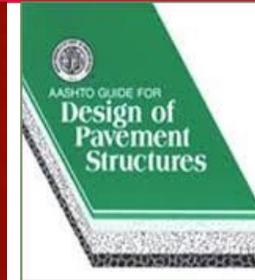
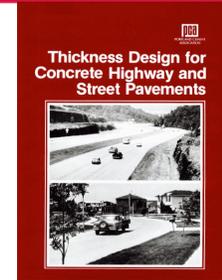
- Magnitud de las cargas
- Frecuencia de cargas
- Ubicación de cargas
- Condiciones ambientales
- Mantenimiento y reparación



Métodos diferentes, espesores diferentes



- ✓ Períodos de diseño altos. Por lo menos **20 años**.
- ✓ Un **Pd** alto aumenta las probabilidades de tener una estructura más durable.
- ✓ A pesar de que se utilicen datos de entrada similares, los espesores entre métodos pueden variar significativamente.



- Cada diseño tiene su propio **registro de sensibilidad**.
- Optimizar variables con **pendientes altas**.

Modulación para control de esfuerzos y deformaciones



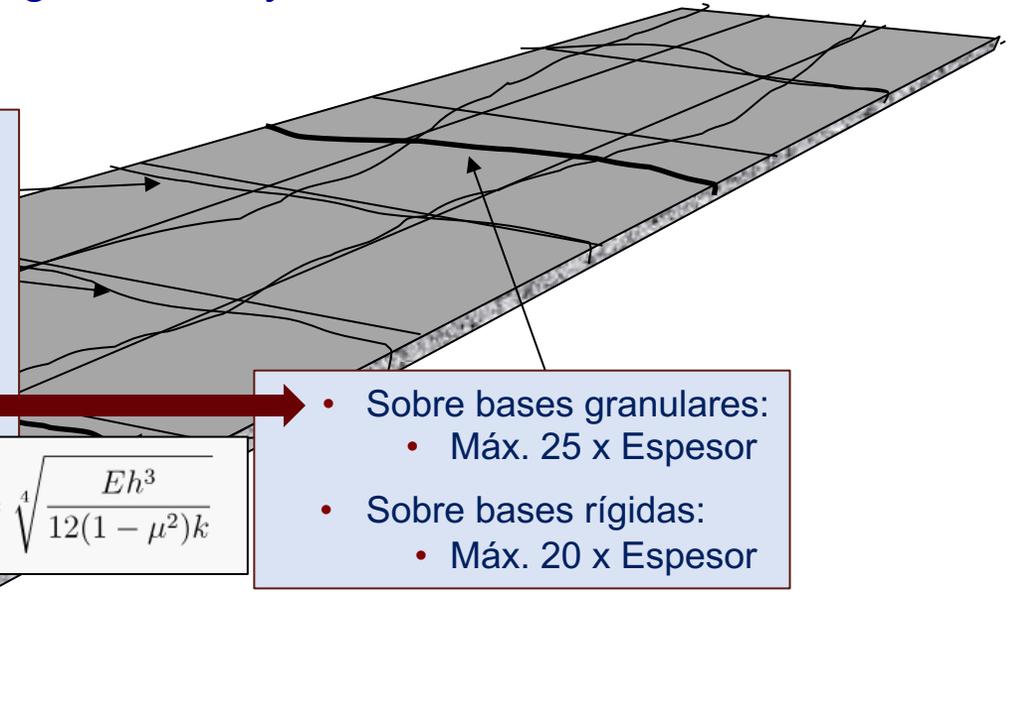
1. Comenzó en 1891 con el "tablero de ajedrez".
2. Al final del Siglo XIX, se hicieron sin juntas. Aparecieron fisuras longitudinales y transversales.
3. Después de 1913, se comenzaron a cortar juntas longitudinales y transversales.

Los tamaños de las losas se han reducido con el tiempo:

- ✓ Control de esfuerzos y deformaciones.
- ✓ En conjunto con transferencia, amarre y soporte lateral.
- ✓ Criterios de modulación de losas:
 - Modulación por criterios de espesor y base.
 - También por radio relativo de rigidez.
 - Factor de Esbeltez (L/A): 1,25 – 1,4 – 1,5.

$$l = \sqrt[4]{\frac{Eh^3}{12(1 - \mu^2)k}}$$

- Sobre bases granulares:
 - Máx. 25 x Espesor
- Sobre bases rígidas:
 - Máx. 20 x Espesor



A 3D perspective rendering of a factory floor showing a highly organized and sequential production line. The machinery is arranged in a clear, linear path from top-left to bottom-right. A worker in a yellow uniform stands near a large truck on the right side of the line. The floor is marked with a grid pattern, and the overall scene is clean and well-lit, emphasizing the structured nature of the construction process.

**Cuenta con un proceso de construcción
estructurado y secuencial**



14^{vo} Congreso Iberoamericano
de Pavimentos de Concreto

2^{do} Congreso Iberoamericano de
Pisos Industriales de Concreto

Basado en 2 sistemas de colocación

FORMALETA FIJA



- Reglas y rodillos vibratorios.
- Anchos entre 2 m y 8 m.
- Avances hasta de 300 m por día.



- Rodillo transversal tipo cercha.
- Utilizado en túneles y plataformas.
- Avances de 300 m por día.

FORMALETA DESLIZANTE



- Anchos entre 2 m y 18 m.
- Avances de más de 1.000 m por día.
- Control de densidad y perfil.

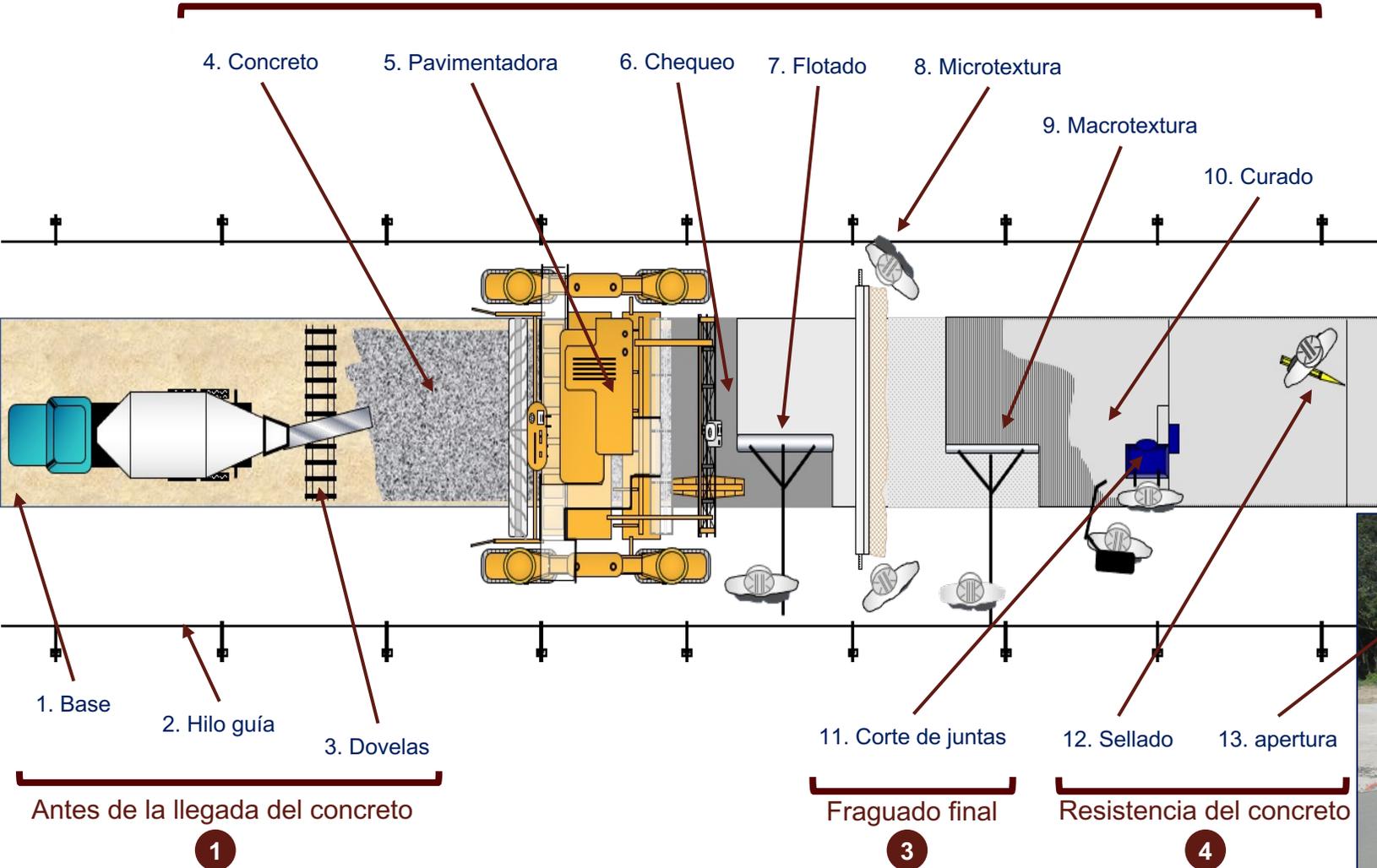


14^{vo} Congreso Iberoamericano de Pavimentos de Concreto

2^{do} Congreso Iberoamericano de Pisos Industriales de Concreto

El concreto marca los tiempos en la obra

2 Tiempo de manejabilidad del concreto



Algunas actividades requieren la definición de “ventanas de tiempo”.

Utilización de concretos especiales de alto valor agregado



CCR – Puerto Kalifa, Abu Dhabi
 Concreto de bajo carbono
 Reducción de 70% en las emisiones



Concreto de color integral



1904



Concreto permeable

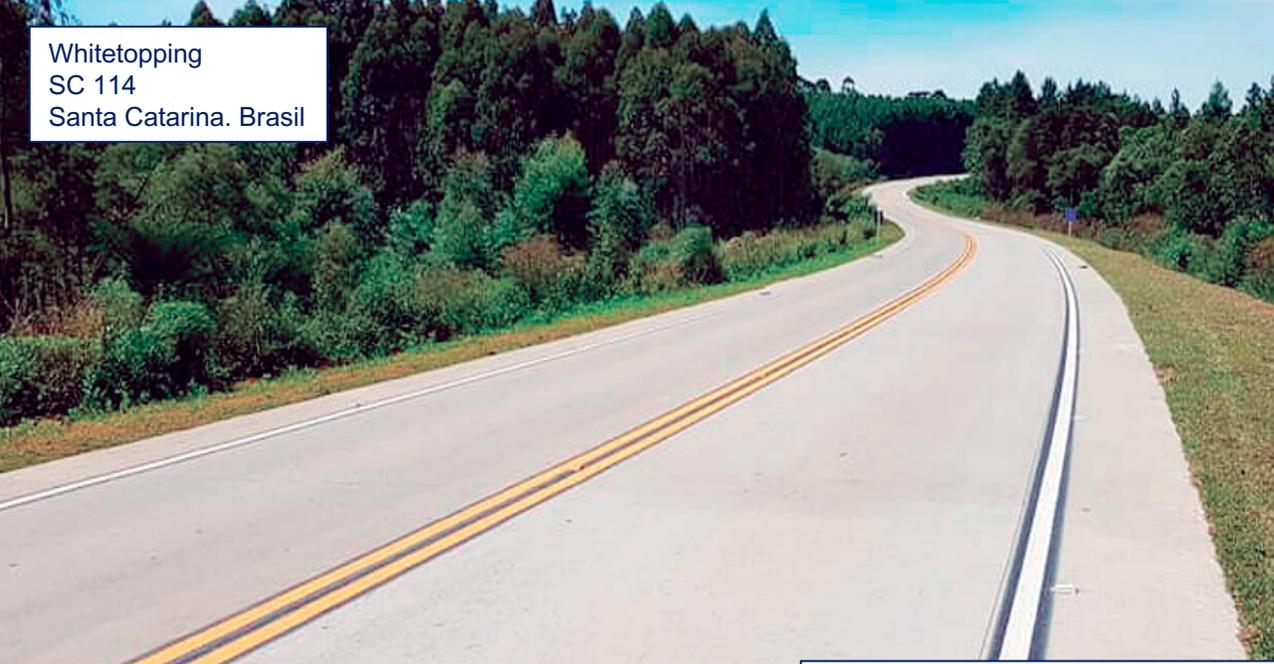


UHPC

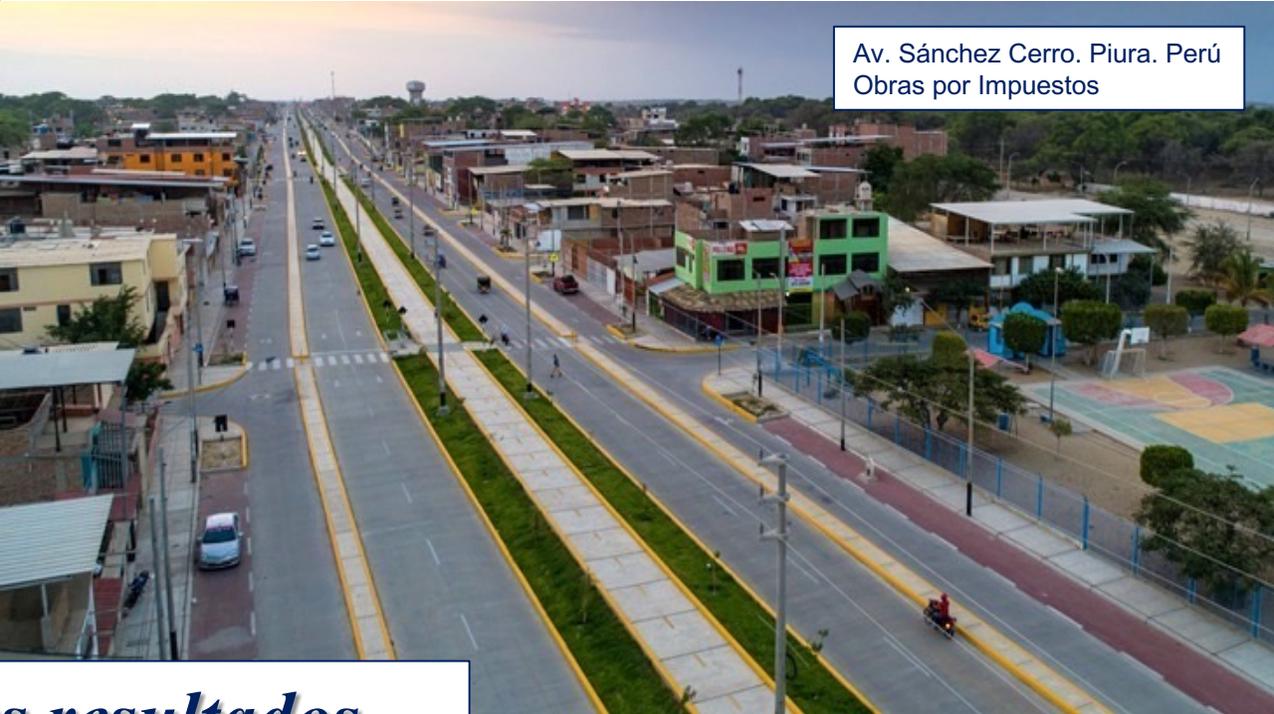


Concreto para control de la "Isla de Calor"

Whitetopping
SC 114
Santa Catarina. Brasil



Av. Sánchez Cerro. Piura. Perú
Obras por Impuestos



Con grandes resultados



Avenida Centenario
Bogotá, Colombia



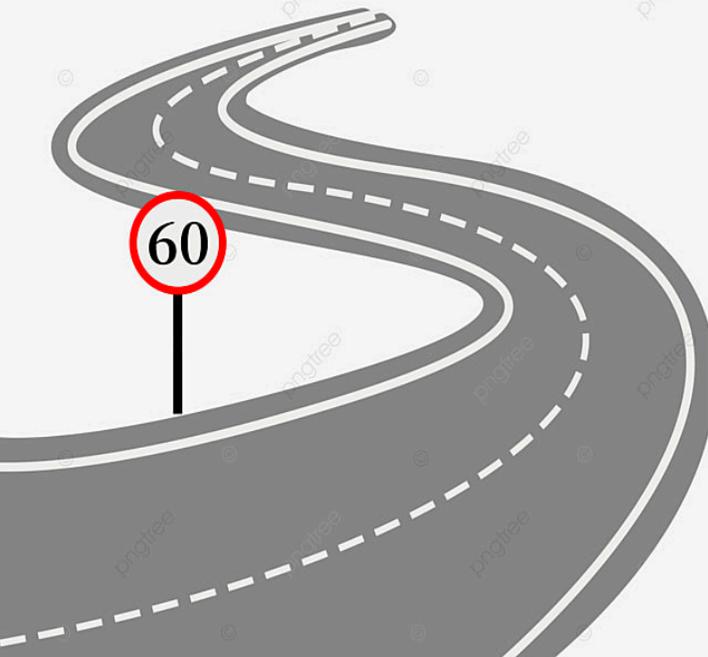
Ruta 60 CH – Subida Los Caracoles
Santiago – Mendoza - Chile

Pero la prueba de fuego es el Desempeño y la durabilidad



Es la manera en que se comporta un pavimento a lo largo del tiempo, en diferentes aspectos como:

- Estabilidad de la estructura.
- Correspondencia del tránsito.
- Condiciones superficiales.
- Seguridad en la circulación.
- Confort para el usuario.
- Sostenibilidad.
- Comportamiento financiero.



- 1. Estabilidad**
- 2. Confort**
- 3. Seguridad**

INDICADORES DE DESEMPEÑO

Capacidad estructural

- Fisuras
- Escalonamientos
- Sellos de juntas
- Desportillamientos
- Eficiencia en la Transferencia de Carga

Capacidad funcional

- IRI
- Fricción
- Textura



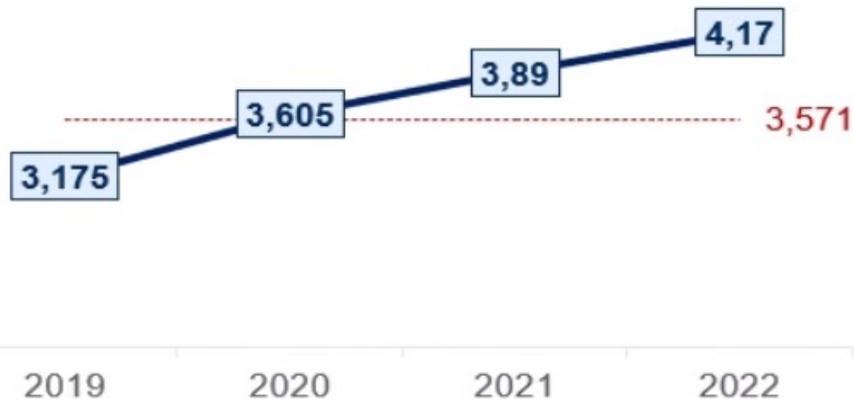
14^{vo} Congreso Iberoamericano de Pavimentos de Concreto

2^{do} Congreso Iberoamericano de Pisos Industriales de Concreto



Midiendo parámetros reales y verificables

Evolución Histórica del Índice de Estado



- Los parámetros **estructurales** pesan **80%**.
- Los parámetros **no estructurales** pesan **20%**.

Parámetros del Cálculo del IE

Ítem	Peso
Rugosidad	35%
Escalonamiento	15%
Estado De Las Juntas	5%
Fisuras Y Grietas	10%
Resistencia Al Deslizamiento	15%
Estado De Los Andenes	5%
Zonas Laterales	5%
Señalización	10%





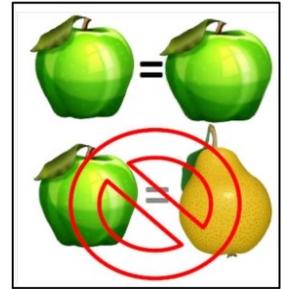
**Pero casi siempre es el análisis de
costos el que marca la diferencia**

Cuidado con los “Costos Ocultos”

El eterno Mito del Costo Inicial del PC



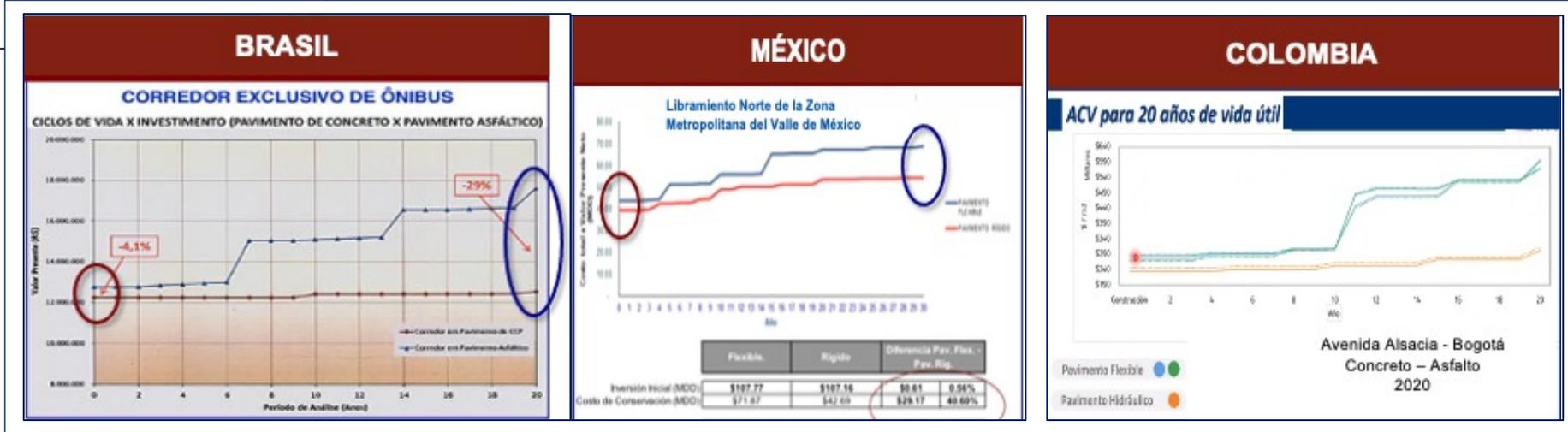
Es común escuchar que el PC tiene un costo inicial más alto. **Mito** motivado por distorsiones en la forma como los pavimentos son diseñados, analizados y comparados.



Si se diseñan con datos equivalentes:

- ✓ Períodos de diseño iguales.
- ✓ Tránsitos de diseño iguales.
- ✓ Métodos bien aplicados.
- ✓ Análisis con precios reales.
- ✓ Criterios objetivos.

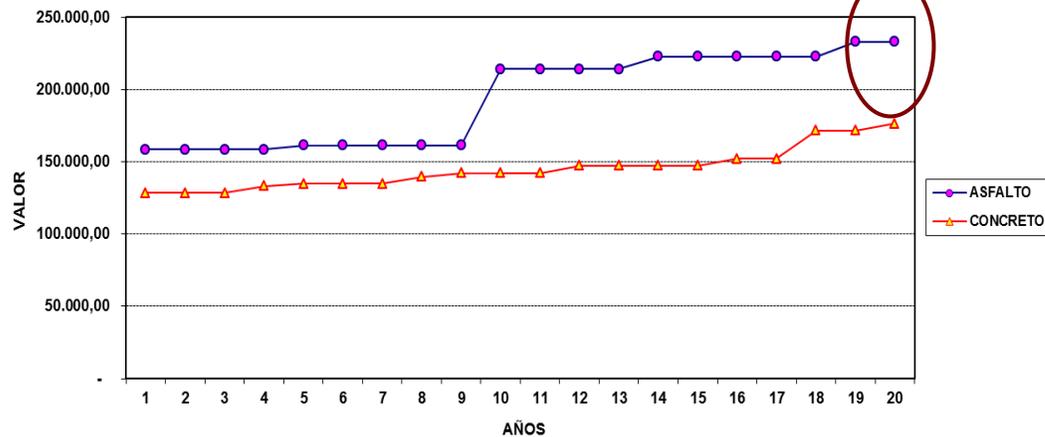
Descubrirán que, en muchos casos, el Pavimento de Concreto tiene un **Menor Costo inicial.**



Esta Avenida se diseñó en asfalto, pero se cambió a concreto

Avenida NQS
Bogotá, Colombia
Construida en 2003
Longitud de 26 km
Entre 10 y 12 carriles
Volumen: 380.000 m³

PROYECTO NQS - BOGOTÁ
- COMPARACIÓN DE ALTERNATIVAS
CONCRETO-ASFALTO
2002



- ✓ Asfalto a 10 años y concreto a 20 años.
- ✓ Concreto MR 45 con 30 cm de espesor.
- ✓ PC con menor Costo Inicial.
- ✓ PC con menor CCV.
- ✓ Está en operación hace 22 años.

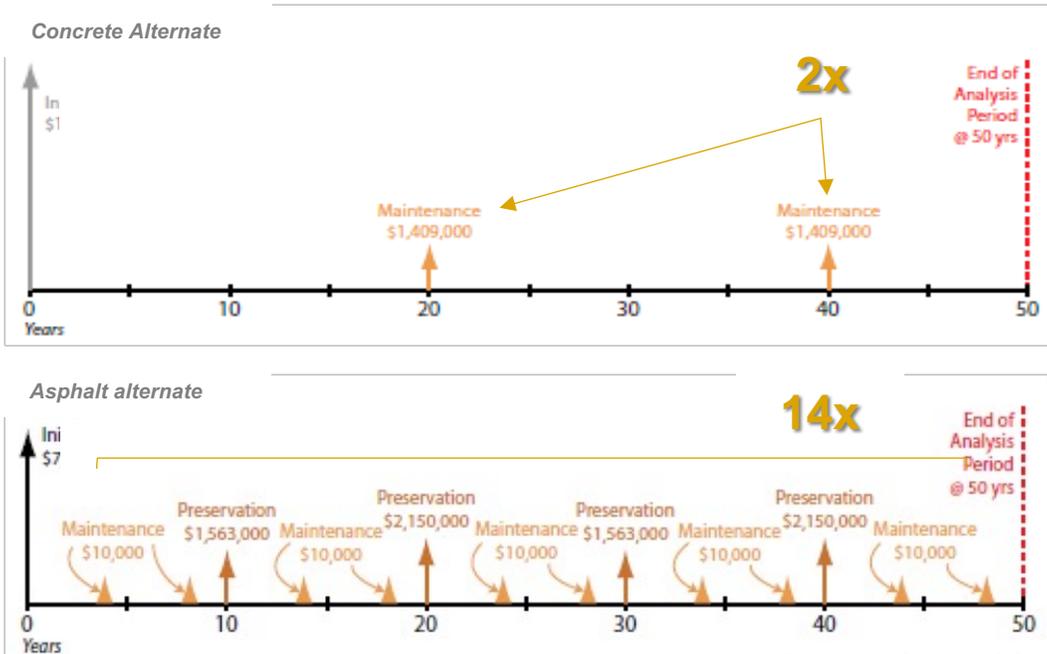


Además, el mantenimiento de un PC es reconocidamente bajo

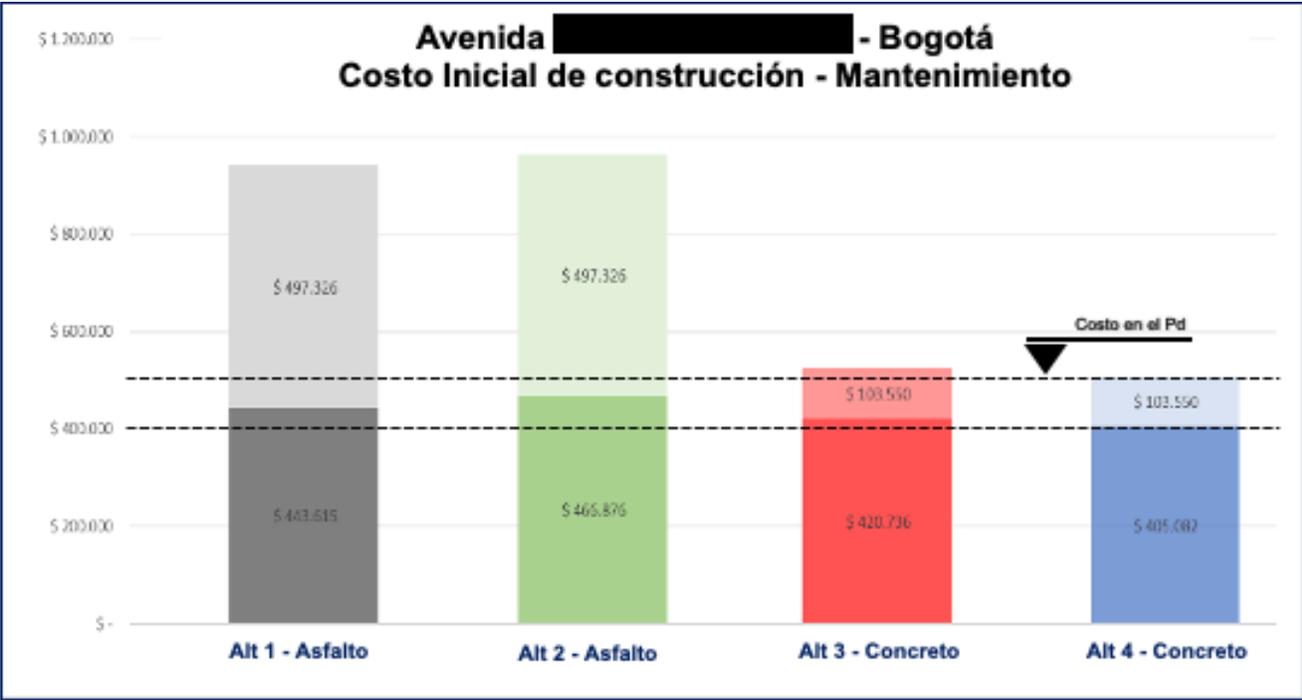


Entre 7 y 10 % del Costo Inicial en 20 años.

La diferencia es significativa en la cantidad y en el costo de las intervenciones.



Fuente: ACPA - LCCA



Cada intervención genera impactos financieros, sociales y ambientales.



Costo Inicial



M&R



Durabilidad

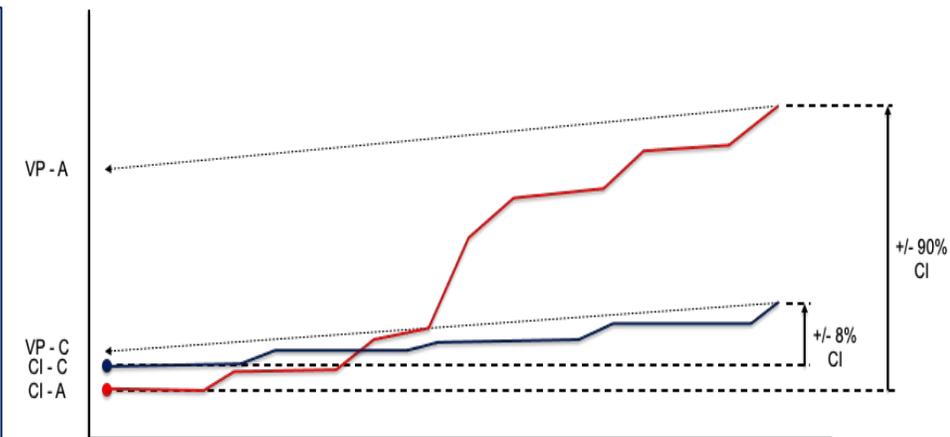
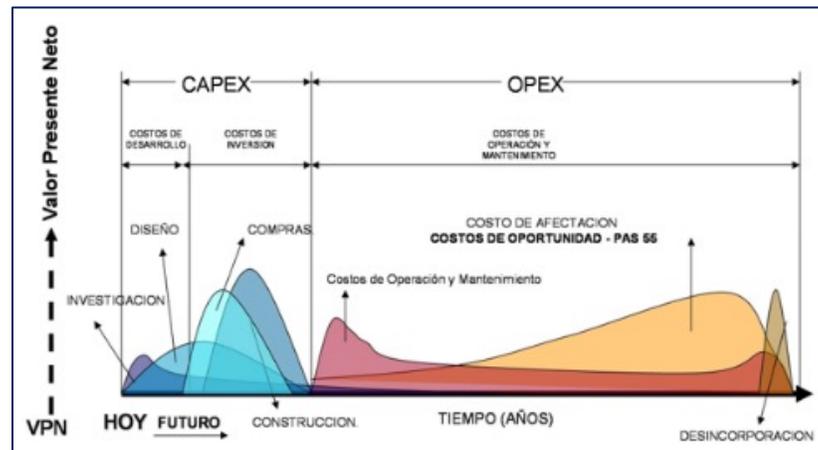
Se debe buscar el menor Valor Presente y no el menor costo inicial

“Los principios económicos nos dicen que si deseamos minimizar el costo de un bien durable que requiera reparación, mantenimiento y reemplazo en el tiempo, **debemos minimizar el valor presente de esos costos y no minimizar los costos iniciales.**”

Si se adopta una estrategia miope para aceptar el menor precio inicial a pesar del mayor valor presente, los compradores saldrán perdiendo.”

Dr. William Holahan

Jefe y Profesor Departamento de Economía
Universidad de Wisconsin - Milwaukee



Pero, es necesario revisar algunos criterios

Las comparaciones de diseños parten de una supuesta **“equivalencia”** entre los tipos de pavimentos, asumiendo que fueron bien diseñados y bien comparados. Pero ...

**A veces se utilizan criterios de diseño
y comparación que “castigan” al
pavimento rígido**



Para evitar esto, es necesario:

- Conocimiento en detalle del funcionamiento de un PC.
- Realizar diseños equivalentes:
- Uso de Períodos de diseño iguales para todas las alternativas.
- Diseños con el 100 % del tránsito y no con % menores.
- Utilizar APU ajustados a la realidad de los proyectos.
- Considerar el costo del mantenimiento en el tiempo.
- Incluir análisis del Costo del Ciclo de Vida (Período de diseño).
- Establecer análisis del Valor Presente de las alternativas.
- Uso de cuadros de comparación equivalentes, con criterios objetivos, reales y que tengan incidencia real en la comparación.
- Incluir análisis de sostenibilidad en los proyectos.

Utilizar Períodos de diseño altos e iguales

En AL es común el uso de Períodos de diseño diferentes para pavimentos rígidos y flexibles.

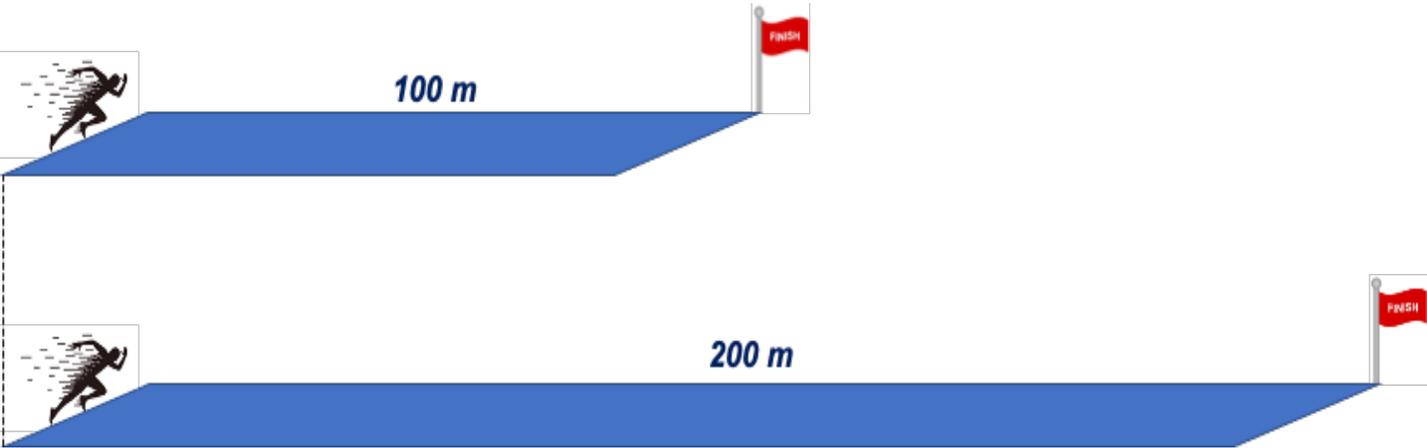
Flexible: 10 años	Rígido: 20 años
	



Esto genera desigualdad en los diseños, en las estructuras resultantes y en los análisis de costos de construcción y mantenimiento. Son difíciles de comparar.

Competencia desigual

Es como comparar una carrera de 100 m contra una carrera de 200 m y exigir que el corredor de 200 m llegue primero a la meta.



La durabilidad comienza con un Pd alto

Aumenta las probabilidades de una estructura más durable.



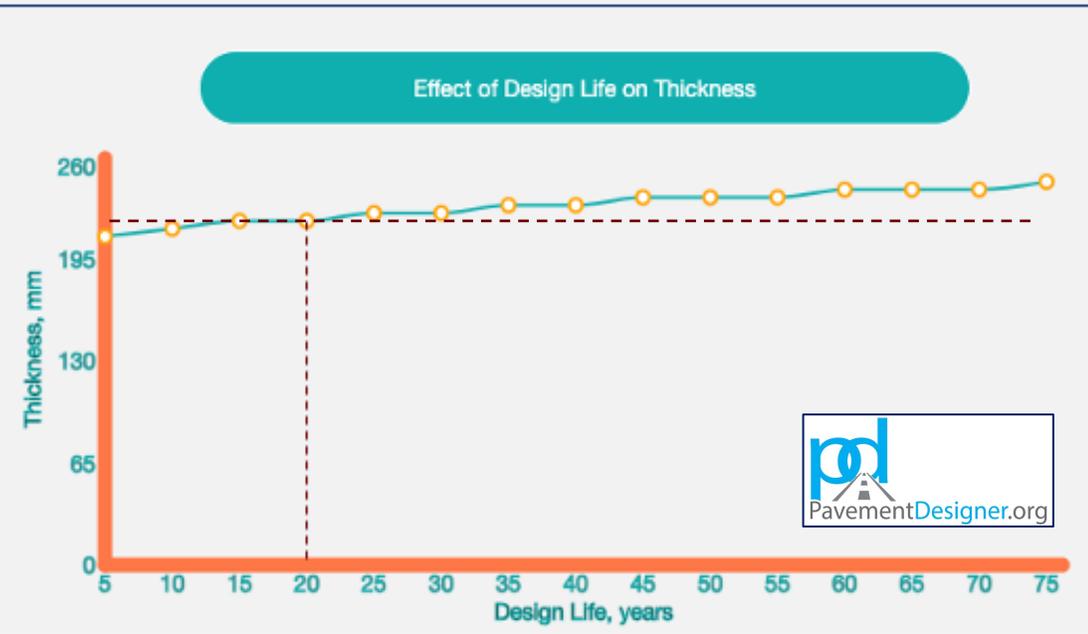
Altos Períodos de diseño
 Estructura más robusta, menos M&R, reduce cierres, aumenta el Ciclo de Vida y reduce el Valor Presente.

Diseñar con Períodos de diseño de **30, 50 o 100 años**, incrementa la durabilidad, con bajo aumento del espesor.

$$\text{Ciclo de Vida} = Pd + VU_R$$

La Vida Útil Remanente (VU_R) debe ser superior o igual al Pd y va en función de la calidad del diseño, construcción, mantenimiento y operación.

Efecto del Período de Diseño en el espesor





14^{vo} Congreso Iberoamericano de Pavimentos de Concreto

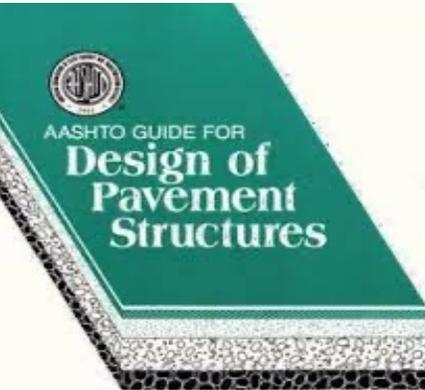
2^{do} Congreso Iberoamericano de Pisos Industriales de Concreto

De hecho, el Método AASHTO establece Períodos de diseño altos para todos

AASHTO, Guide for
Design of Pavement Structures
1993

Part II – Pavement Design Procedures
Chapter 2 - Design Requirements
2.1 Design variables

For high-volume urban freeways, longer analysis periods may be considered



Published by the
American Association of State Highway
and Transportation Officials

444 N. Capitol Street, N.W., Suite 249
Washington, D.C. 20001

© Copyright, 1996, 1993 by the American Association of State Highway and Transportation Officials. All Rights Reserved. Printed in the United States of America. This book, or parts thereof, may not be reproduced in any form without written permission of the publishers.

**Highway
Conditions**

**Analysis Period
(years)**

High-volume urban

30-50

High-volume rural

20-50

Low-volume paved

15-25

Low-volume aggregate

10-20

surface



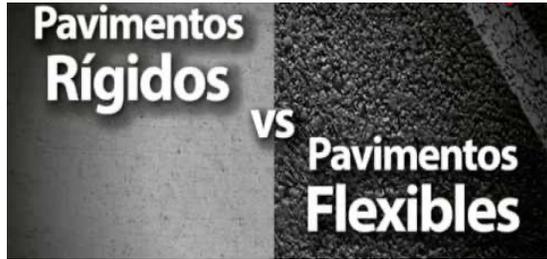
- **Períodos altos** para vías de alto volumen de tránsito, tanto urbanas como carreteras.

- **NO** permite **Períodos de 10 años** en vías pavimentadas y menos en urbanas o carreteras de alto tránsito.

- Solo considera **Períodos de 10 años** en vías **sin pavimentar** (afirmado).

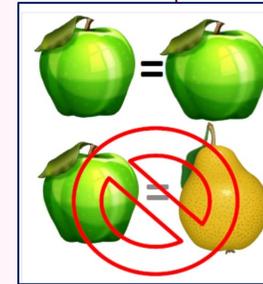
Evitar comparaciones subjetivas

Las matrices de comparación deben tener criterios **objetivos** que permitan identificar y escoger la mejor alternativa para el usuario y para el país.



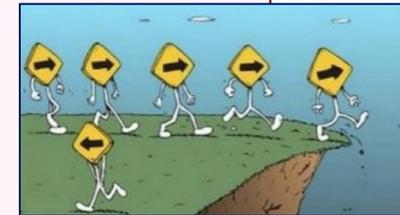
Evitar comparaciones no equivalentes

- Períodos de diseño diferentes (10-20).
- Tránsitos diferentes (100% - 50%).
- Sin mantenimiento o períodos diferentes.



Evitar criterios subjetivos

- Opiniones (Fácil o difícil).
- Emociones (Buena o mala experiencia).
- Cultura (Así me enseñaron, es lo que conozco).
- Gustos (Me parece mejor).
- Escudos (Si todos lo hacen, yo también).
- Intereses (Gano más con esa alternativa).



Evitar comportamientos por fuera de la ética ("Desafío ético")

- Modificar datos, criterios o resultados.
- Hacer ver como bueno o malo algo que no lo es.



Al comparar mal, se corre el riesgo de escoger la alternativa de mayor costo, mayor mantenimiento, mayor valor presente, menor desempeño y menor durabilidad.

El Pavimento de Concreto tiene muy buen desempeño en Sostenibilidad

✓ *Estructural*

Técnico



Mayor **durabilidad**
20-30-40-50 años

Indeformables,
resiliencia
Tráficos altos

Reducción
ESTRUCTURAS,
menores excavaciones



Mayor
Desempeño

✓ *Ambiental*

Ambientales



Hasta **30%** reducción
Consumo de
ENERGÍA

Isla de
calor

100% reciclable



Circularidad

Consumo
Energético

✓ *Social*

Comunidad



Impacto en
usuarios

Visibilidad, reducción en
cierres por mantenimiento

Seguridad
vial



Entorno

✓ *Económico*

Económico



Optimización
recursos +m2

Bajos costos
mantenimiento

Ahorro **\$** en
COMBUSTIBLE



ACV

Análisis de Ciclo
de vida



3

Pavimento de Concreto



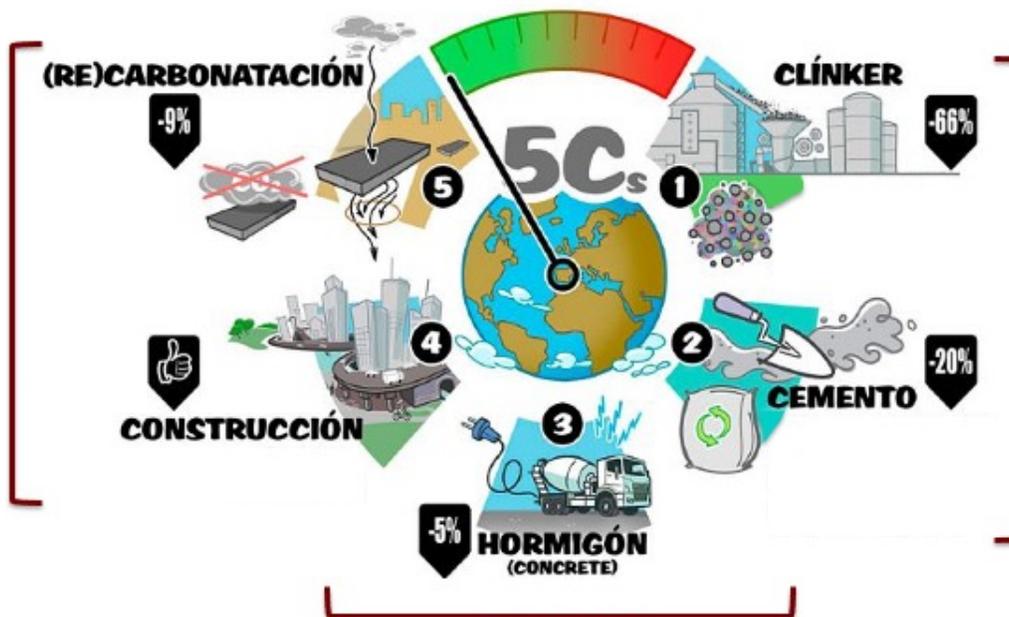
- ✓ Eficiencia diseño y construcción
- ✓ Menores costos de excavación
- ✓ Durabilidad
- ✓ Control de la isla de calor
- ✓ Mayor Albedo
- ✓ Mayor reflectividad
- ✓ Menor consumo de combustible
- ✓ Reutilización del concreto

1

Cemento



- ✓ Hoja de Ruta 2050
- ✓ Adiciones con valor químico
- ✓ Residuos con poder calórico
- ✓ Micronización del Clinker
- ✓ Captura de emisiones



2

Concreto



- ✓ Hoja de Ruta 2050
- ✓ Optimización de mezclas de concreto
- ✓ Producción eficiente
- ✓ Transporte eficiente
- ✓ Concretos especiales
- ✓ Concretos verdes
- ✓ Uso de RCD

La durabilidad es el mayor aporte a la Sostenibilidad



Una obra durable evita reconstrucciones en el tiempo y consumo de materiales adicionales, reduciendo las emisiones.

La historia ha demostrado que los **PC** duran muchos años.

- ✓ Períodos altos de diseño. **20 años o +.**
- ✓ Gran Vida Útil Remanente. **Entre 1 y 2 veces el Pd.**
- ✓ Bajo índice de M&R. **7 a 10% del CI en el Pd.**
- ✓ Buen desempeño en tráficos altos, medios y bajos.



133 años

1891
Bellefontaine, Ohio
Estados Unidos

87 años

1937 – Avenida Centenario (87 años)
Sobrelosa en 2003 (21 años)
Bogotá, Colombia



73 años

1951 - Autopista Acceso Sudeste
Buenos Aires, Argentina



23 años

2001 - Whitetopping Comalapa – Aeropuerto
El Salvador



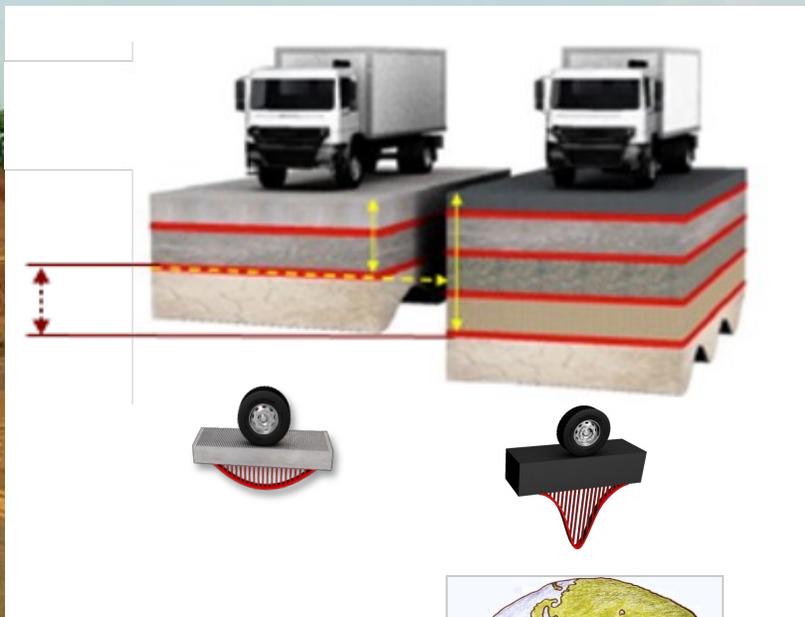


14^{vo} Congreso Iberoamericano
de Pavimentos de Concreto

2^{do} Congreso Iberoamericano de
Pisos Industriales de Concreto

La distribución ampliada de cargas reduce la profundidad de excavación

El **Efecto Placa** disipa los esfuerzos transmitidos a la base de soporte, acortando significativamente la profundidad de **excavación**, reduciendo la explotación, transporte y compactación de **materiales granulares de cantera**.



- < Utilización de materiales de cantera.
- < Transporte de materiales.
- < Costo de la estructura.
- < Impacto ambiental.
- < Emisiones totales de CO₂.
- < Emisiones en el transporte de materiales.
- < Consumo de energía en la excavación.
- < Consumo de energía en la compactación.
- < Impacto urbano.



La baja deflexión ayuda a reducir el sobreconsumo de combustible

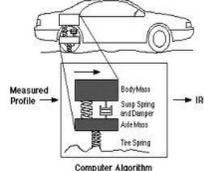
La baja deflexión de las losas de concreto genera menor restricción al movimiento, requiriendo menor potencia del motor, resultando en menor consumo de combustible.

Entre 3% y 12% en función de la carga por eje.

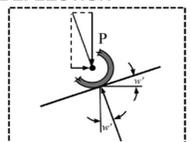
PVI - Pavement Vehicle Interaction

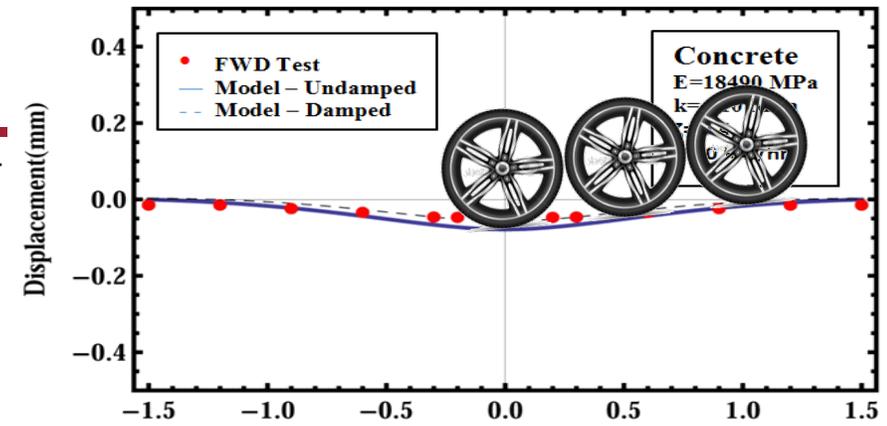
- Pavement Texture: 
- Roughness: 
- Deflection: 

ROUGHNESS/ IRI



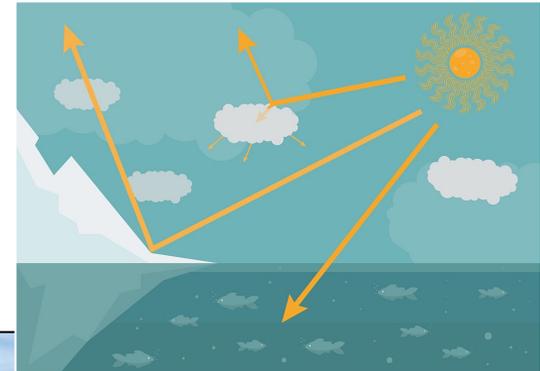
DEFLECTION





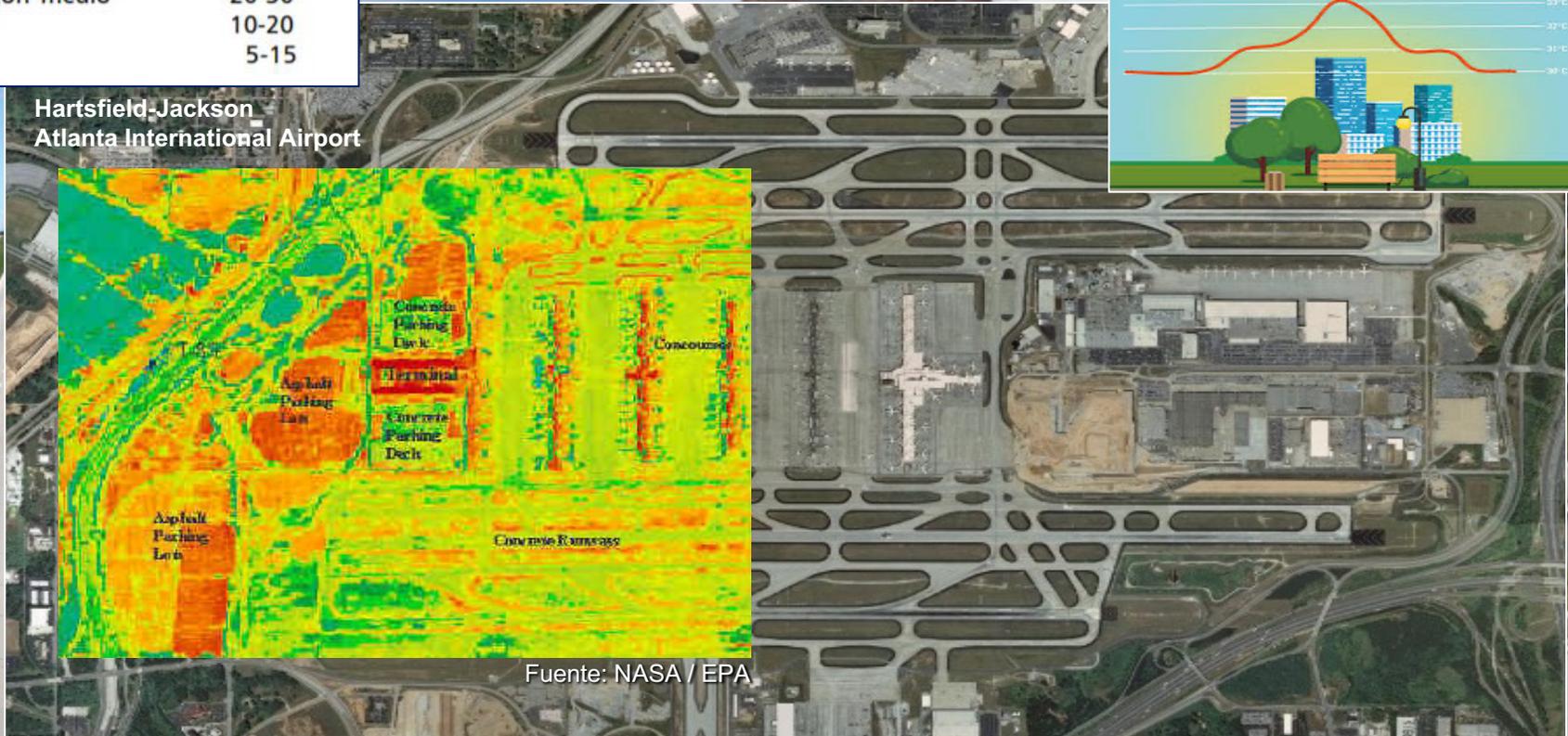
Su alto Albedo ayuda a reducir el efecto "Isla de Calor"

El color más claro del concreto aumenta la cantidad de luz reflejada por la superficie.



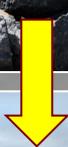
Superficies artificiales	Albedo (%)
Cal, yeso, Aluminio pulido	80-90
Pintura blanca	70-80
Pintura colores claros	60-70
Mármol, Acero inoxidable	50-60
Pintura colores medios y grises	40-50
Hormigón claro, Acero galvanizado	30-40
Ladrillo rojo, Hormigón medio	20-30
Pinturas oscuras	10-20
Asfalto	5-15

- ✓ Mayor % de Albedo del concreto.
- ✓ Aumenta la visibilidad, mejorando la seguridad.
- ✓ Reduce la temperatura de las losas, hasta en 12°C menos.
- ✓ Reduce el efecto **"Isla de Calor"**.



El uso de RCD es una realidad en América Latina

- ✓ Demolición de 68.000 m³ de pavimento existente.
- ✓ Estabilización con cemento de 105.000 m³ de base.
- ✓ Se utilizaron 3 equipos de Tecnología de Alto Rendimiento.
- ✓ Nuevo espesor de 44 cm.
- ✓ 105.000 m³ de concreto.
- ✓ Resistencia del concreto de 5,0 MPa.
- ✓ El proyecto fue planeado durante 1 año y se **construyó en solo 28 días.**



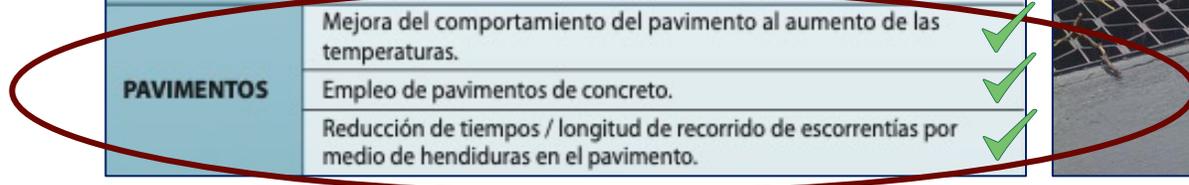
Aeropuerto Jorge Newbery
Buenos Aires, Argentina
Construido en 1947
Rehabilitado en 2021

La Resiliencia también hace parte del desempeño

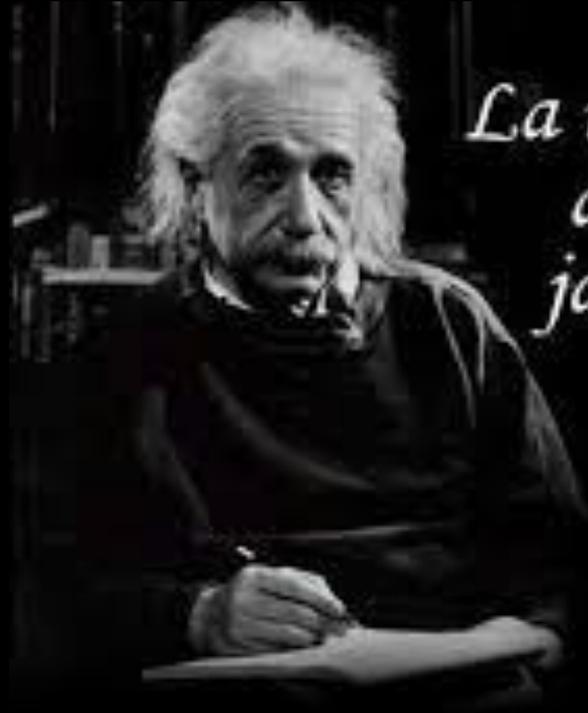


GUÍA DE BUENAS PRÁCTICAS PARA LA ADAPTACIÓN DE LAS CARRETERAS AL CLIMA

ÁMBITO	MEDIDA
GEOTECNIA Y TALUDES	Mejora de la estabilidad de taludes: tendido de taludes y plantaciones.
	Mejora de la estabilidad de taludes: muros de escollera en pie de talud de desmonte.
	Mejora de la estabilidad de taludes: muros de escollera en pie de talud de rellenos.
	Mejora de la estabilidad de taludes: soluciones alternativas a desmontes y terraplenes (túneles y viaductos).
	Mejora de la estabilidad de taludes: desplazamiento del eje de la carretera.
	Mejora de la estabilidad de taludes: ejecución de falso túnel.
	Mejora de la protección de taludes: concreto hidráulico proyectado.
	Mejora de la protección de taludes: solución combinada entre medidas de bioingeniería y drenaje superficial.
	Mejora de la protección de taludes: protección de rellenos inundables.
HIDROLOGÍA Y DRENAJE	Plan de monitoreo del estado de los taludes.
	Estudio de detalle en cuencas y microcuencas.
	Mejora de drenaje en bajantes: areneros y disipadores de energía.
	Mantenimiento del cauce natural y protección de cauces y riberas: solución conjunta con obras de drenaje transversal, encauzamiento y sistemas de protección.
ESTRUCTURAS	Mejora del sistema de desagüe y control de caudales en cuencas aguas abajo: estanques de laminación.
	Mejora del sistema de desagüe y control del arrastre de sólidos (azudes de retención).
	Mejora del análisis dinámico del cauce / estructura: estudios de socavación en cimentaciones.
PAVIMENTOS	Mejora del drenaje de las estructuras en los tableros.
	Implantación de obras de drenaje transversal de tipo preventivo en estribos de estructuras ejecutadas en terraplén.
	Mejora del comportamiento del pavimento al aumento de las temperaturas.
	Empleo de pavimentos de concreto.
	Reducción de tiempos / longitud de recorrido de escorrentías por medio de hendiduras en el pavimento.



- ✓ *Diseñar con Períodos de diseño altos.*
- ✓ *Utilizar Periodos equivalentes.*
- ✓ *Diseños con tráficos iguales.*
- ✓ *Menor valor presente.*
- ✓ *Menor costo inicial.*
- ✓ *Criterios objetivos.*
- ✓ *Más sostenibles.*
- ✓ *Más resiliente.*
- ✓ *...*
- ✓ *...*



*La mente que se abre
a una nueva idea,
jamás volverá a su
tamaño original*

Albert Einstein



14^{vo} Congreso Iberoamericano
de Pavimentos de Concreto
2^{do} Congreso Iberoamericano de
Pisos Industriales de Concreto



GRACIAS

Diego A. Jaramillo Porto
PROCEMCO – FIHP

diegojaramillo@procem.co

