



CONGRESO NACIONAL
DE **INGENIERÍA**

RETOS Y PARADIGMAS EN LA INGENIERÍA



BARRANQUILLA | 1 AL 3 DE MARZO DE 2023

El eterno mito del costo inicial de los pavimentos de concreto

Karina Zambrano

Procemco





CONGRESO NACIONAL
DE INGENIERÍA

RETOS Y PARADIGMAS EN LA INGENIERÍA



BARRANQUILLA | 1 AL 3 DE MARZO DE 2023

PAVIMENTOS DE CONCRETO EN COLOMBIA





CONGRESO NACIONAL
DE INGENIERÍA

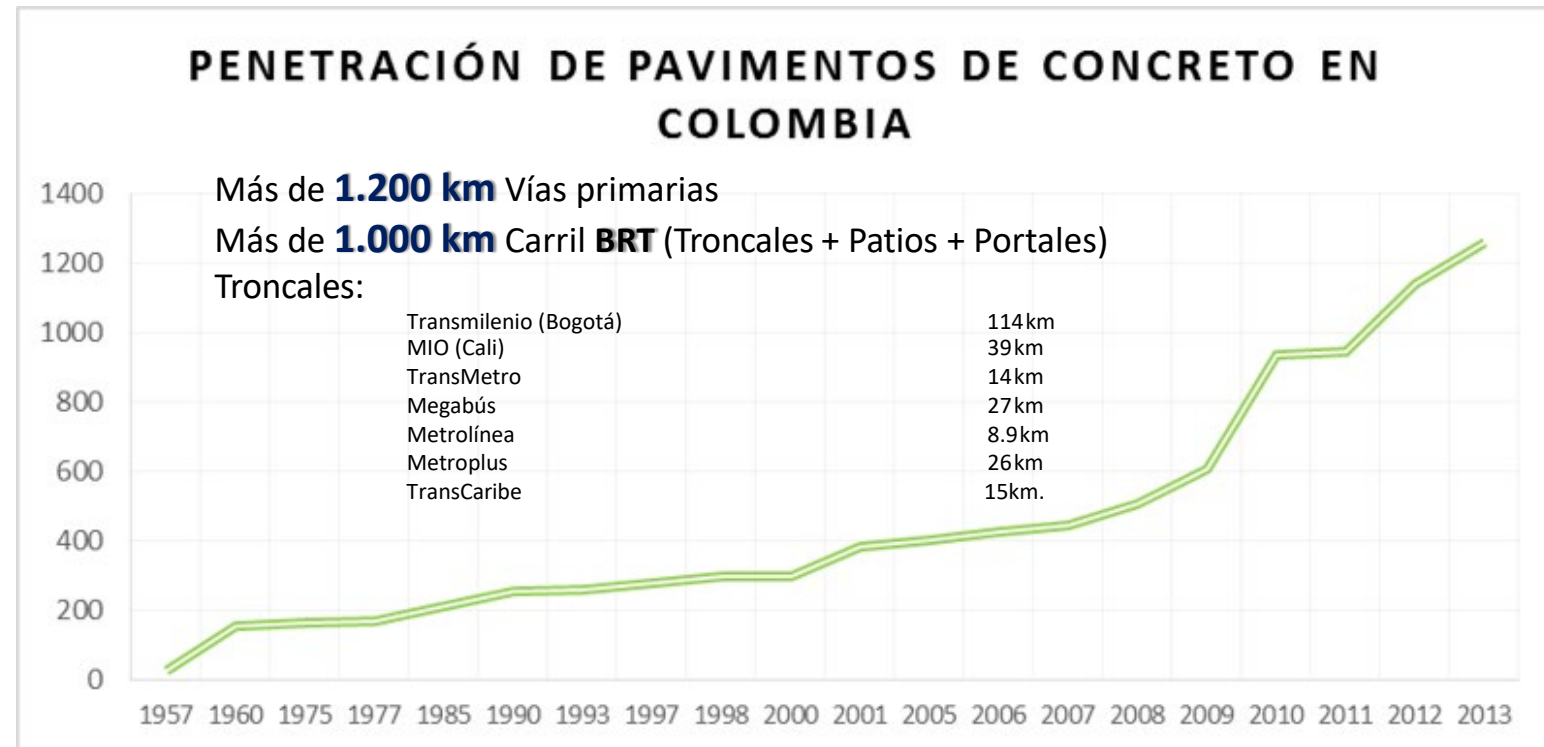
RETOS Y PARADIGMAS EN LA INGENIERÍA

BARRANQUILLA | 1 AL 3 DE MARZO DE 2023



Cultura formada hacia el Asfalto

- 1960 – 1990: Pavimentación de vías en asfalto, muy poco uso de concreto.
- Participación pavimentos de concreto en la Red Nacional de Carreteras:
 - 2008: 1%
 - 2012: 4%
 - 2022: 6%





CONGRESO NACIONAL
DE INGENIERÍA

RETOS Y PARADIGMAS EN LA INGENIERÍA

BARRANQUILLA | 1 AL 3 DE MARZO DE 2023



Competitividad en riesgo...

- Diseños menores a cinco (5) años
- Estructuras reducidas, altamente vulnerables, incapaces de soportar crecimiento de tráfico
- Inversión recurrente en las mismas vías por gobiernos diferentes.

... **Competitividad = Pavimentos de Concreto**



CONGRESO NACIONAL
DE INGENIERÍA

RETOS Y PARADIGMAS EN LA INGENIERÍA

BARRANQUILLA | 1 AL 3 DE MARZO DE 2023



Pavimento de Concreto

- Mayor durabilidad
- Seguros y confortables
- Menores costos de operación
- Costos de mantenimiento 1/8 parte con respecto a soluciones flexibles
- Competitivo desde los costos iniciales
- Menor impacto ambiental (Validación Emisiones por m², análisis de ciclo de vida, EPD de productos, menor demanda de energía en la operación, menor demanda de combustibles en la operación, otros)



CONGRESO NACIONAL
DE INGENIERÍA

RETOS Y PARADIGMAS EN LA INGENIERÍA

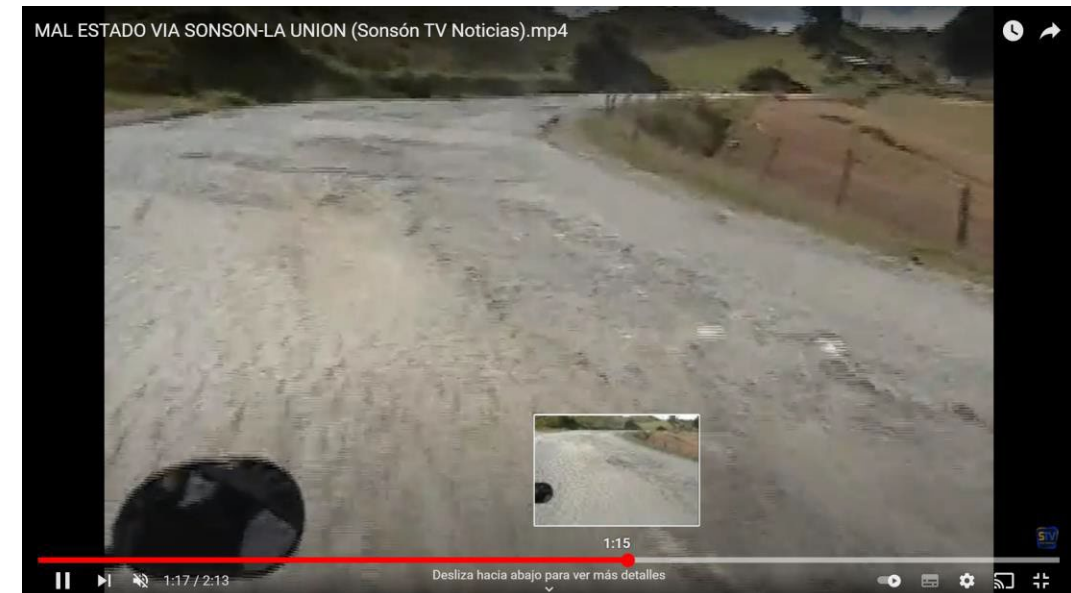
BARRANQUILLA | 1 AL 3 DE MARZO DE 2023



Muchos casos ratifican las bondades



- PAVIMENTO FLEXIBLE
- 22 km vía Mesopotamia – Sonsón (Antioquia)
- Pavimentada 2002 + 2 repavimentaciones





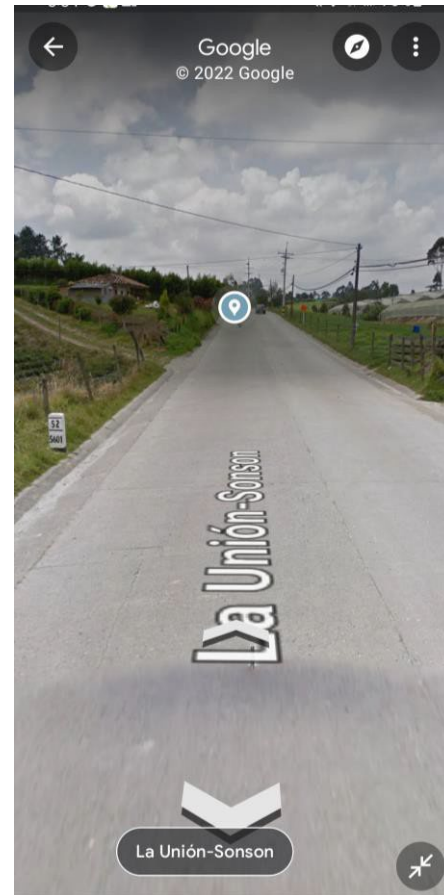
CONGRESO NACIONAL
DE INGENIERÍA

RETOS Y PARADIGMAS EN LA INGENIERÍA

BARRANQUILLA | 1 AL 3 DE MARZO DE 2023



Muchos casos ratifican las bondades



PAVIMENTO RÍGIDO

20 km vía La Unión - Mesopotamia (Antioquia)

Pavimentada 2002 (Sin mantenimientos en la estructura)



CONGRESO NACIONAL
DE INGENIERÍA

RETOS Y PARADIGMAS EN LA INGENIERÍA

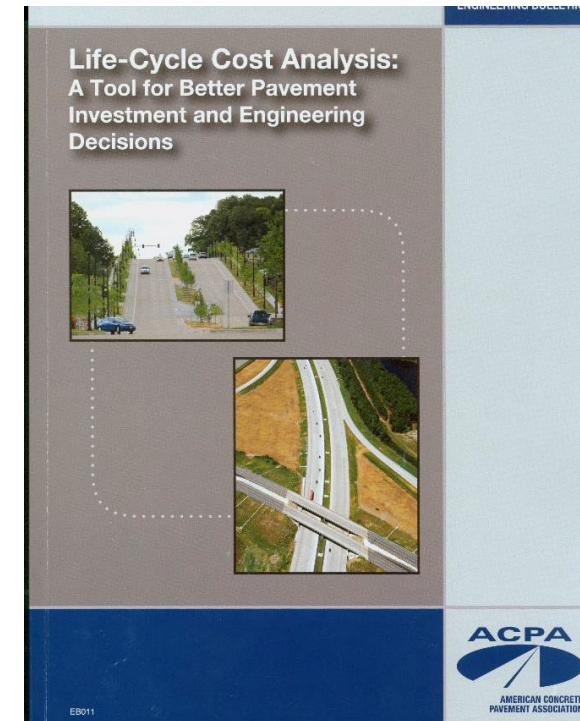


BARRANQUILLA | 1 AL 3 DE MARZO DE 2023

ROMPIENDO PARADIGMAS

- **La competitividad se debe definir a partir de LCCA (Análisis del Costo de Ciclo de Vida)**

“Los principios económicos nos dicen que si deseamos minimizar el costo de un bien durable que requerirá 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.”



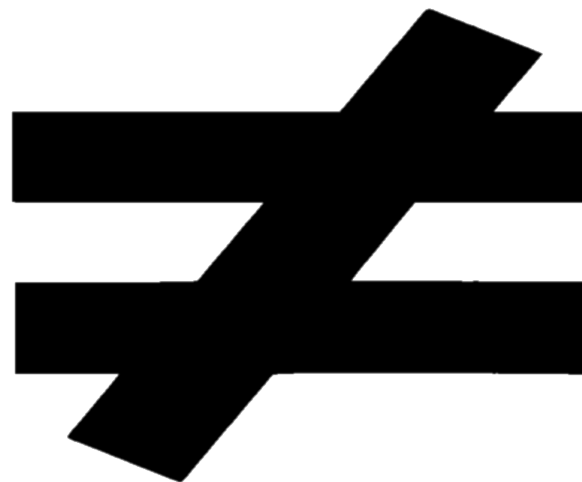
Y los costos por alternativa?



CONGRESO NACIONAL
DE INGENIERÍA

RETOS Y PARADIGMAS EN LA INGENIERÍA

BARRANQUILLA | 1 AL 3 DE MARZO DE 2023

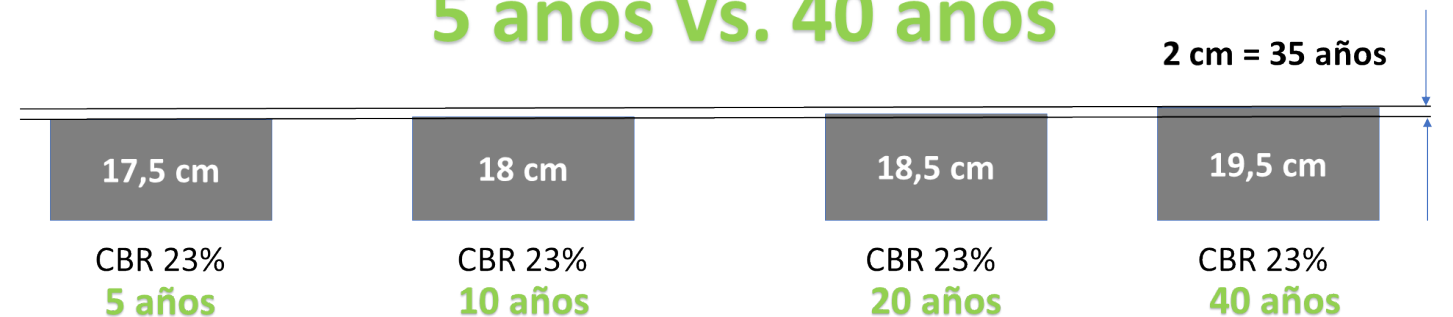


Periodo de Análisis

- Es comparable un pavimento de concreto con uno de asfalto sin considerar costos de mantenimiento?
- Cuánto dura un pavimento de asfalto?
- Cuánto varía el espesor de un pavimento de concreto según el periodo de diseño?...
20 años = X, entonces 10 años = 1/2X? ó 40 años = 2X?

No es regla de Tres!

5 años Vs. 40 años



Costos comparativos en Colombia hoy...





CONGRESO NACIONAL
DE INGENIERÍA

RETOS Y PARADIGMAS EN LA INGENIERÍA



BARRANQUILLA | 1 AL 3 DE MARZO DE 2023

- Cartillas de diseño

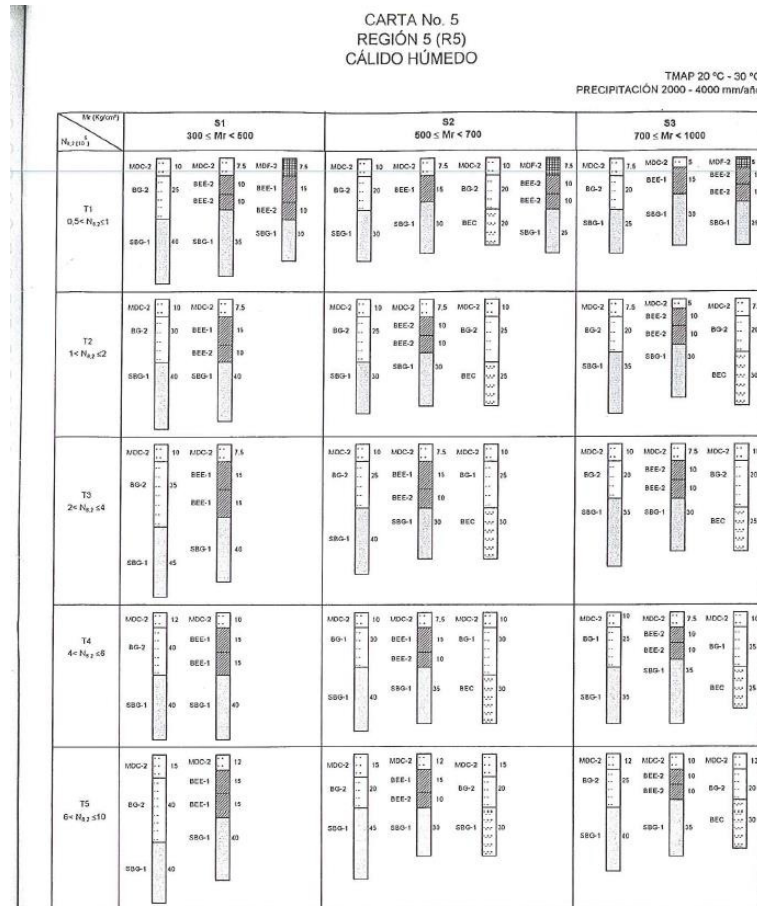


- APU's

- <https://www.invias.gov.co/index.php/informacion-institucional/hechos-de-transparencia/analisis-de-precio-unitarios>



Aproximación a estructuras equivalentes



		ESPESORES DE LOSA DE CONCRETO (cm) DE ACUERDO CON LA COMBINACIÓN DE VARIABLES																			
		Tránsito T3																			
		S1				S2				S3				S4				S5			
		D y B	D y no B	No D y B	No D y no B	D y B	D y no B	No D y B	No D y no B	D y B	D y no B	No D y B	No D y no B	D y B	D y no B	No D y B	No D y no B				
SN	MR1	29	34	31		28	32	30		26	30	27	30	25	29	26	29	24	28	26	28
	MR2	28	32	31		27	31	30		25	29	27	29	24	28	26	28	24	27	26	27
	MR3	27	31	31		26	30	30		24	28	27	28	23	27	26	28	23	26	26	27
	MR4	26	30	31		25	29	30		23	26	27	28	22	25	26	28	22	25	26	27
BG	MR1	27	32	29		27	31	28		25	29	26	29	24	28	26	27	24	28	25	28
	MR2	26	31	29		26	30	28		24	28	26	28	24	27	26	27	23	27	25	27
	MR3	26	30	29		25	29	28		23	27	26	28	23	26	26	27	22	26	25	27
	MR4	24	28	29		24	27	28		22	26	26	28	22	25	26	27	21	25	25	27
BEC	MR1	24	28	25	28	24	27	25	27	22	25	24	26	22	25	24	25	21	24	23	25
	MR2	23	27	25	27	23	26	25	26	21	24	24	26	21	24	24	25	21	23	23	25
	MR3	22	26	25	27	22	25	25	26	21	24	24	26	20	23	24	25	20	23	23	25
	MR4	21	24	25	27	21	24	25	26	20	22	24	26	20	22	24	25	19	22	23	25

Tabla 4-4. Espesores de losa de concreto (cm) de acuerdo con la combinación de variables y T3 como factor principal



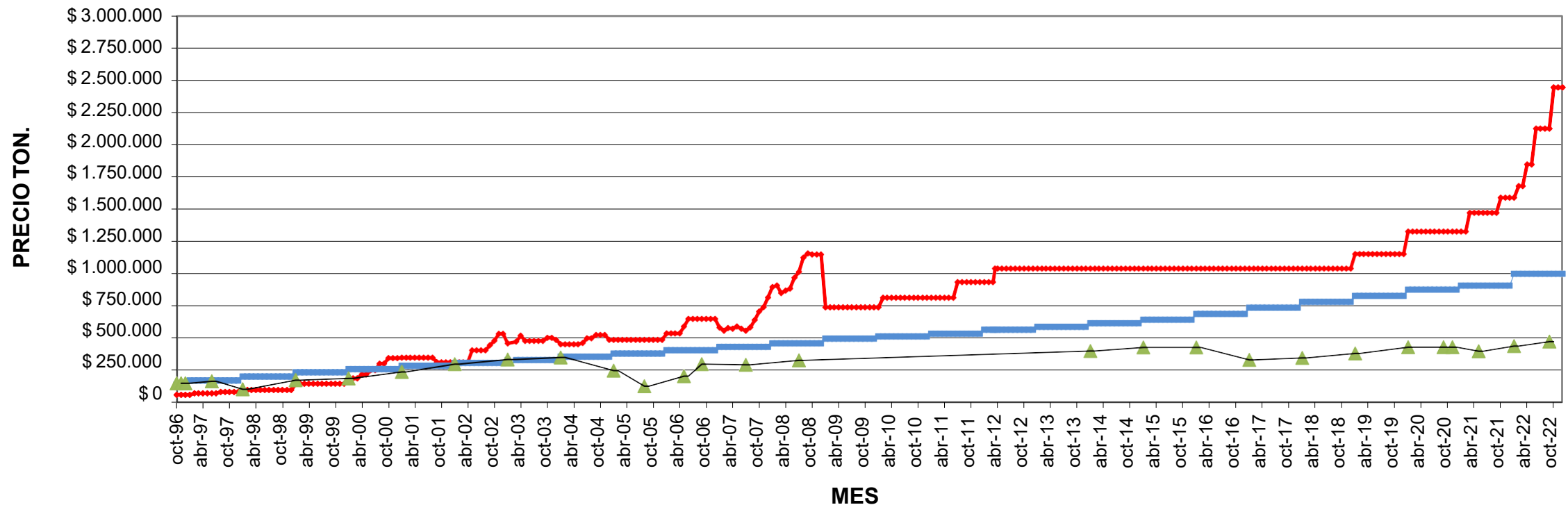
CONGRESO NACIONAL
DE INGENIERÍA

RETOS Y PARADIGMAS EN LA INGENIERÍA



BARRANQUILLA | 1 AL 3 DE MARZO DE 2023

VARIACIÓN PRECIO ASFALTO - SMMLV - CEMENTO 1996-2022



PARA LOGRAR COMPETITIVIDAD, SE REQUIERE...

- Soluciones de largo plazo
- Costos estables en el tiempo.



EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE PAVIMENTO PARA VÍAS DE PRIMER Y SEGUNDO ORDEN INCLUYENDO COSTOS ESTIMADOS DE MANTENIMIENTO

VARIABLES BÁSICAS PARA LOS ANÁLISIS

Ancho vía [m]	7,3
Longitud [m]	1000
Tránsito	9.000.000
CBR	2 < CBR <= 3
Departamento	Atlántico
Provincia	Norte
Municipios	Barranquilla, Soledad, Malambo, Galapa, Puerto Colombia

VARIABLES ADICIONALES PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES

Clima	Cálido seco y cálido semihúmedo
Temperatura	20 - 30
Precipitación anual	< 2000

VARIABLES ADICIONALES PARA PAVIMENTOS DE CONCRETO

Dovela	Sí
Berma	Sí
MR	42

DISTANCIAS DE ACARREO [km]

Materiales granulares	90	Transporte material de demolición	30
Materiales asfálticos	90		
Concretos	10		

Datos adicionales

Ancho de cuneta [m]	1,2
Espesor cuneta [m]	0,2
Conformar la superficie de apoyo de la cuneta?	Sí



CONGRESO NACIONAL
DE INGENIERÍA

RETOS Y PARADIGMAS EN LA INGENIERÍA

BARRANQUILLA | 1 AL 3 DE MARZO DE 2023





BARRANQUILLA | 1 AL 3 DE MARZO DE 2023

ALTERNATIVAS DE ESTRUCTURAS

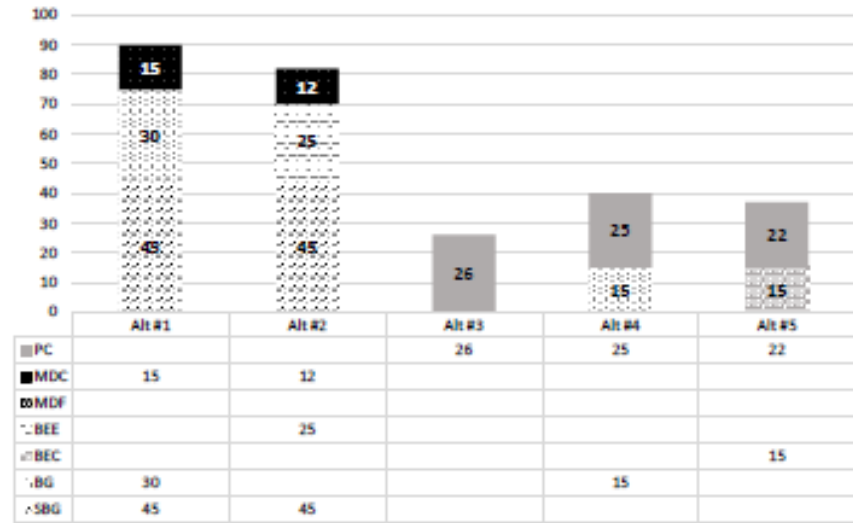
FLEXIBLE

Posibles Alternativas	Capa #1	Capa #2	Capa #3	Capa #4
Alternativa #1	SBG-1;45	BG-2;30	MDC-2;15	
Alternativa #2	SBG-1;45	BEE-2;10	BEE-1;15	MDC-2;12
Alternativa #3				
Alternativa #4				

RÍGIDO

Sustrato de soporte	Espesor Concreto [cm]
SN	26
BG (15 cm)	25
BEC (15 cm)	22

Estructuras de Pavimento





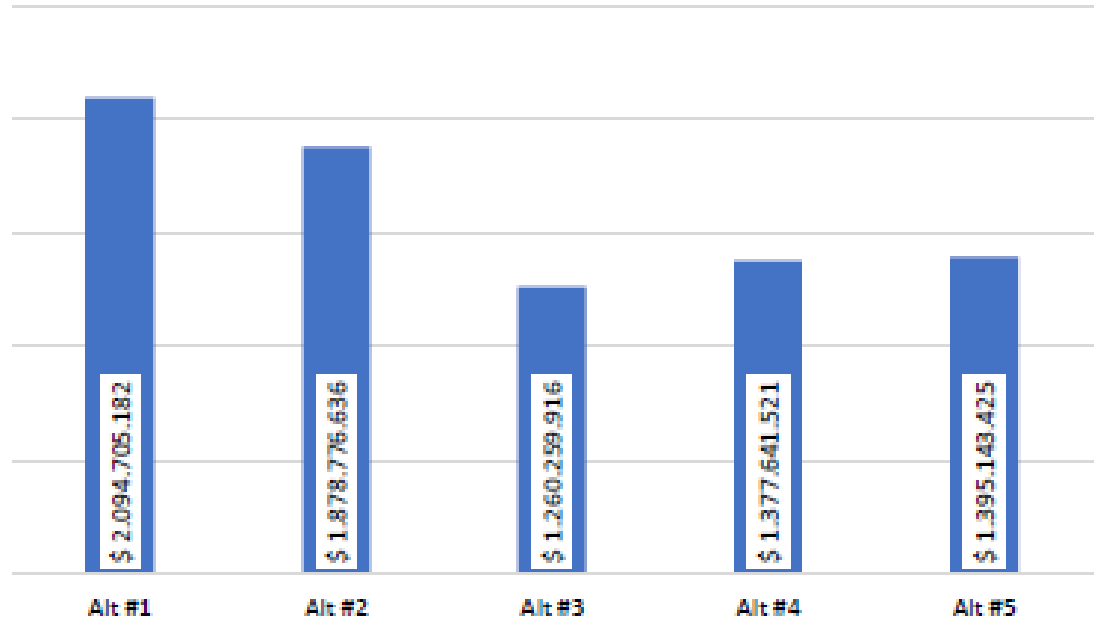
CONGRESO NACIONAL
DE INGENIERÍA

RETOS Y PARADIGMAS EN LA INGENIERÍA



BARRANQUILLA | 1 AL 3 DE MARZO DE 2023

Costo estructuras



DATOS PARA EVALUACIÓN DE MANTENIMIENTO

Período de diseño (años)	20
Inflación	7,0%
Costo de Oportunidad	12,0%

TIPO DE INTERVENCIÓN	Año de inicio	Frecuencia	% Intervención
PAVIMENTOS FLEXIBLES			
Sello de fisuras	3	1	5%
Bacheo	3	1	5%
Sobrecarpeta (5 cm)	6	6	100%
PAVIMENTOS RÍGIDOS			
Reemplazo Sello Juntas	2	1	10%
Reemplazo Losas	15	15	15%

Alternativa de pavimentación	Costo Directo	Mantenimiento	Costo Total	Dif Costo Directo	Dif Total
Alt #1	\$ 2.094.705.182	\$ 1.580.415.339	\$ 3.675.120.521	0%	0%
Alt #2	\$ 1.878.776.636	\$ 1.252.186.690	\$ 3.130.963.327	-10%	-15%
Alt #3	\$ 1.260.259.916	\$ 521.998.080	\$ 1.782.257.995	-40%	-52%
Alt #4	\$ 1.377.641.521	\$ 517.119.169	\$ 1.894.760.690	-34%	-48%
Alt #5	\$ 1.395.143.425	\$ 507.792.752	\$ 1.902.936.178	-33%	-48%



CONGRESO NACIONAL
DE **INGENIERÍA**

RETOS Y PARADIGMAS EN LA INGENIERÍA

BARRANQUILLA | 1 AL 3 DE MARZO DE 2023



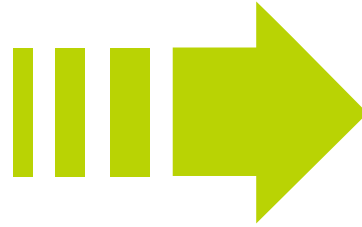
ADEMÁS...

VENTAJAS AMBIENTALES

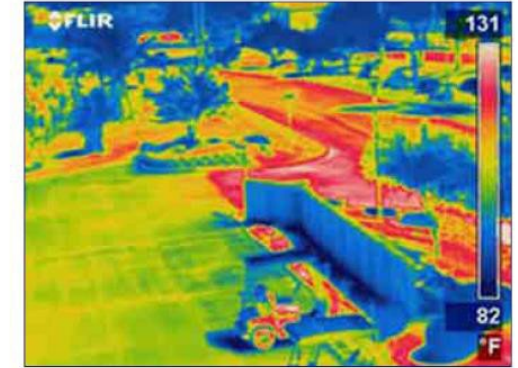


CONGRESO NACIONAL
DE INGENIERÍA

RETOS Y PARADIGMAS EN LA INGENIERÍA

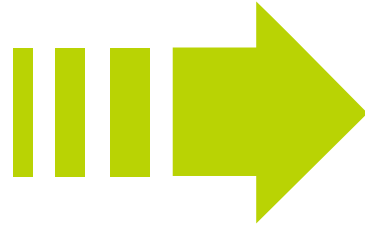


La imagen térmica muestra diferencias de 6 a 12 ° C.



- Menor consumo de energía en la etapa de construcción
- Menores excavaciones y movimientos de tierra
- Menos material de desecho a disponer en zonas no nativas
- Menos cantidad de material a ser explotado en las fuentes de materiales
- Pavimentos totalmente reciclables.
- Efecto isla de calor

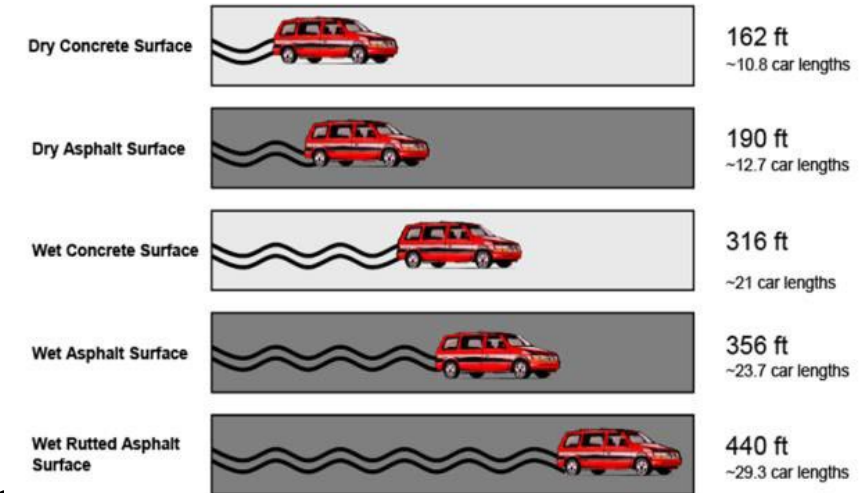
SEGURIDAD



CONGRESO NACIONAL
DE INGENIERÍA



How Quickly Can You Stop?



Source: Chevrolet stopping data (not anti-lock brakes) from report "Safety Considerations of Rutting and Washboarding Asphalt Road Surfaces," Department of General Engineering, University of Illinois, 1989.

La textura superficial de los pavimentos de concreto permite

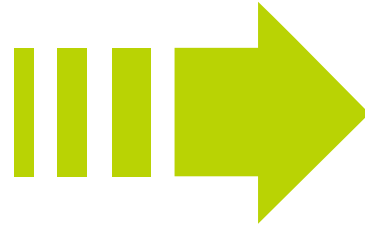
- Reducir la distancia de frenado en condiciones húmedas y secas
- Mejorar el agarre en curvas
- Evitar el hidroplaneo dinámico, garantizando el contacto entre la superficie y llanta del vehículo
- Aumentar la velocidad de evacuación del agua
- Mejor tracción entre pavimento y llanta

PROCESO CONSTRUCTIVO



CONGRESO NACIONAL
DE INGENIERÍA

RETOS Y PARADIGMAS EN LA INGENIERÍA



Los pavimentos de concreto son de fácil construcción, pueden ejecutarse con equipos y recursos adaptables a las condiciones del país.

Aunque el estado del arte de esta tecnología presenta equipos de alto rendimiento y sumamente tecnificados, en general, en gran parte de los proyectos, no son requeridos la mano de obra especializada ni los equipos sofisticados

COSTOS DE OPERACIÓN



CONGRESO NACIONAL
DE INGENIERÍA

RETOS Y PARADIGMAS EN LA INGENIERÍA

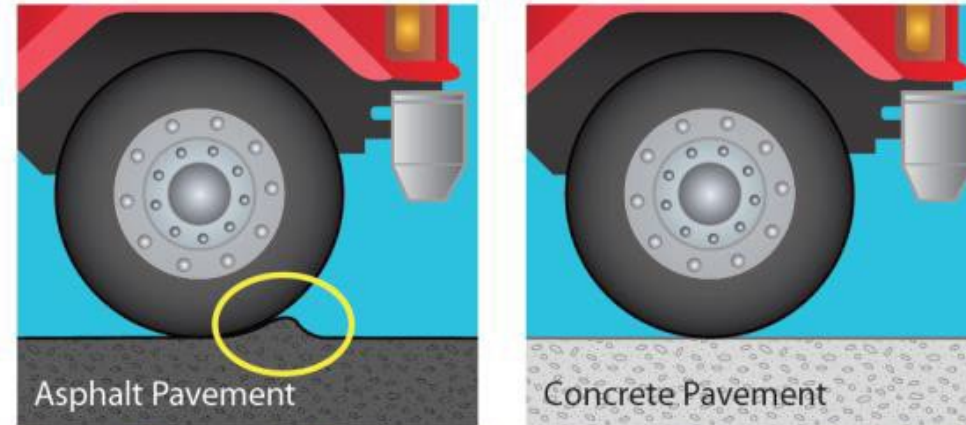
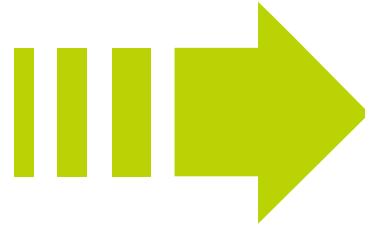
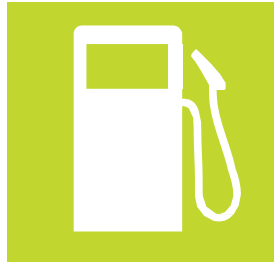


Figure 2. Exaggerated depiction of a truck tire rolling on asphalt (left) and concrete (right)

En lo relacionado al consumo de combustible, que finalmente es asumido por el usuario, puede concluirse que:

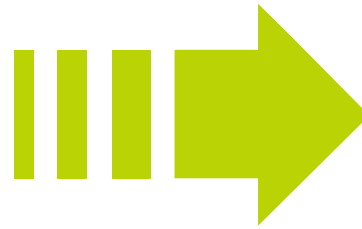
- Según estudio de Zajkowski, para tráficos pesados, se tiene un ahorro del 20%
- Las investigaciones de la PCA, indican que cuando la velocidad de los camiones supera los 30km/h, el consumo de combustible es menor cuando los vehículos circulan sobre pavimentos de concreto

COSTOS DE ILUMINACION



CONGRESO NACIONAL
DE INGENIERÍA

RETOS Y PARADIGMAS EN LA INGENIERÍA

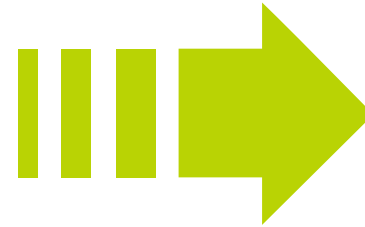


Según estudio de Richard Stark, por cada metro de separación de luminarias en superficie oscura, puede separarse en la clara hasta 1,5m, lo cual permite obtener un 30% de economía en los costos de iluminación en la vía. Se dice que la utilización de pavimentos de concreto puede ahorrar 36 millones de pesos por kilómetro en la instalación de medios de iluminación y casi 2 millones de pesos por kilómetro en mantenimiento y energía

CONCLUSIONES

LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO SON UNA SOLUCIÓN EXITOSA....

1. Menor costo del ciclo de vida
2. Bajo costo de mantenimiento
3. Menor costo de operación
 - Menor consumo de combustible
 - Menor consumo de CO₂
 - Menor costo de iluminación
 - Menos accidentes



- Siempre evaluar la alternativa, materias primas, ubicación, tipos de suelos etc.
- Seguir la normativa de construcción

“Los pavimentos de concreto funcionan no como se diseñan sino como se construyen” Cipriano Londoño



CONGRESO NACIONAL
DE **INGENIERÍA**

RETOS Y PARADIGMAS EN LA INGENIERÍA

BARRANQUILLA | 1 AL 3 DE MARZO DE 2023



MUCHAS GRACIAS

Karina Zambrano