

12^o Congreso Iberoamericano de Pavimentos de Concreto

MAYO 10 AL 13 DE 2023 - Barranquilla, Colombia
Centro de Convenciones Blue Gardens

LA NUEVA REALIDAD DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO



Cortesía: Diego Jaramillo

Organizan:



Nota legal:

- Las informaciones y conceptos expresados en esta conferencia tienen el propósito de divulgar e informar de manera general sobre los temas relacionados con el concreto, NO son asesoría para una obra en particular.
- PROCEMCO NO es ni pretende ser asesor de proyectos específicos. Cualquier duda con relación a una obra determinada debe ser consultada por el interesado con los respectivos diseñadores e interventores de la misma.
- El uso que se haga de la información y conceptos aquí expresados no implica responsabilidad alguna para PROCEMCO ni para el conferencista; debe ser utilizada por personas idóneas bajo su responsabilidad y criterio.
- Esta información no sustituye las funciones y obligaciones de las personas contractualmente responsables de la concepción, ejecución y vigilancia de los respectivos proyectos.
- PROCEMCO no asume ningún tipo de responsabilidad por la información que divulguen los patrocinadores y por tanto cualquier reclamación relacionada con la calidad, idoneidad y seguridad de los bienes y servicios ofrecidos deben ser atendidos por cada anunciante.

12^o Congreso Iberoamericano de Pavimentos de Concreto

MAYO 10 Al 13 DE 2023 - Barranquilla, Colombia
Centro de Convenciones Blue Gardens

LA NUEVA REALIDAD DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO

Organizan:



La nueva realidad de los Pavimentos de Concreto

Diego A. Jaramillo Porto

- Gerente Técnico - PROCEMCO
- Director de Pavimentos e Infraestructura - FIHP





158 años de evolución

Primer Pavimento de Concreto moderno
1865
Inverness, Escocia



1924
Pavimentación San Salvador



1910
Estados Unidos



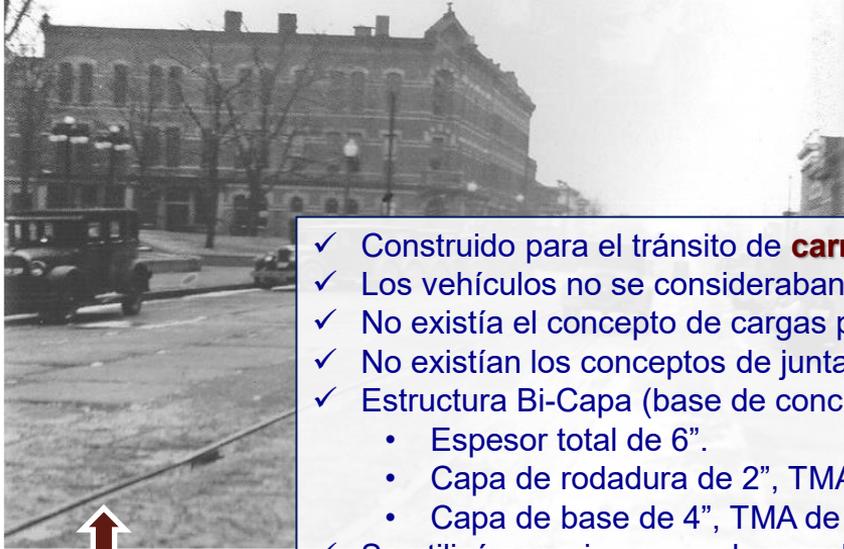
2018
Daytona Beach



Al comienzo eran para otro uso

LA NUEVA REALIDAD DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO

1891 - Bellefontaine, Ohio, USA

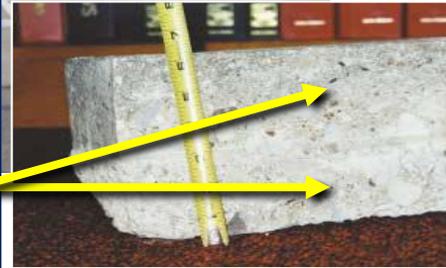


- ✓ Construido para el tránsito de **carretas y caballos**.
- ✓ Los vehículos no se consideraban en la planeación de las estructuras.
- ✓ No existía el concepto de cargas por eje.
- ✓ No existían los conceptos de juntas, transferencia o amarre.
- ✓ Estructura Bi-Capa (base de concreto + rodadura en concreto).
 - Espesor total de 6”.
 - Capa de rodadura de 2”, TMA de ½” y relación a/c de 0,45.
 - Capa de base de 4”, TMA de 1 ½” y relación a/c de 0.60.
- ✓ Se utilizó por primera vez la mezcla de concreto 1:2:3.
- ✓ Se construyó mediante la técnica del “Tablero de ajedrez”.
- ✓ Acabado superficial para el tránsito de carretas y caballos:
 - Colocación de agregado duro en la superficie para evitar desgaste.
 - Ranuras de ¼” de ancho con ½” de profundidad.
- ✓ 2 semanas de curado con una capa de arena húmeda de 2” de espesor.



132 años

Después de 132 años las dos capas de concreto todavía están adheridas.





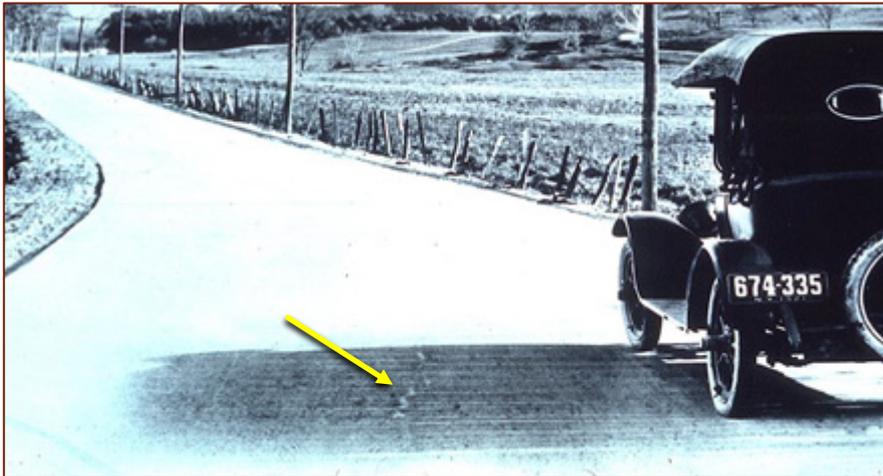
Cambios y patologías llevaron a su evolución

LA NUEVA REALIDAD DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO

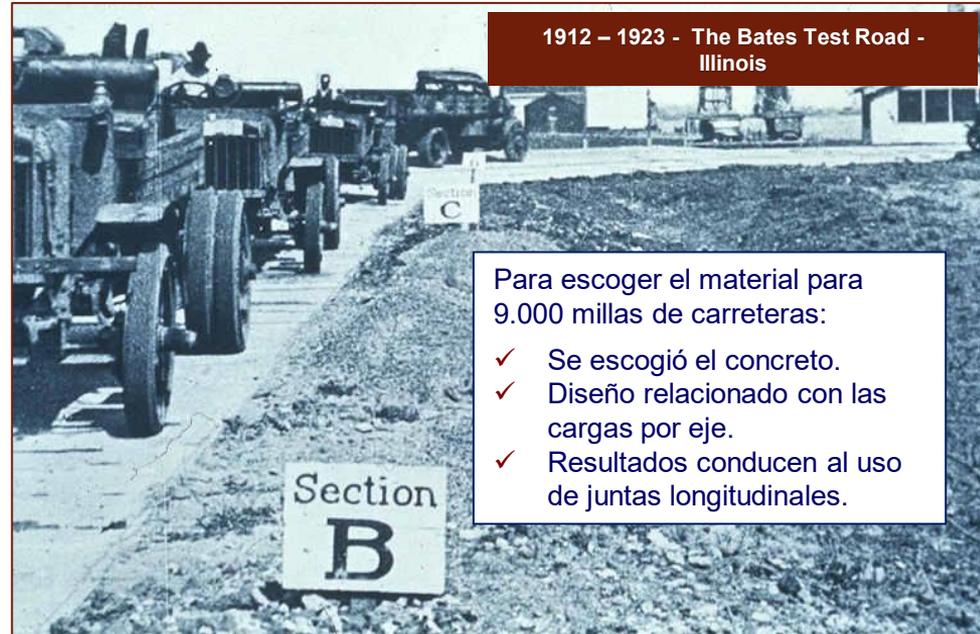


1908 - Ford Modelo T

- Cambio del vehículo de diseño. De carretas a vehículos.
- Aumento de las cargas vehiculares.
- Patologías en los primeros pavimentos.
- Desarrollo de formulas y métodos de diseño.
- Control de daños.
- Innovación y desarrollo.



Todo esto generó avances en juntas, sistemas de transferencia y amarre, métodos de diseño, acabado superficial, concretos, y mucho más.



1912 – 1923 - The Bates Test Road - Illinois

Para escoger el material para 9.000 millas de carreteras:

- ✓ Se escogió el concreto.
- ✓ Diseño relacionado con las cargas por eje.
- ✓ Resultados conducen al uso de juntas longitudinales.



Hasta convertirse en el Pavimento de Concreto
que conocemos hoy

Una nueva realidad

Adicional a la gran durabilidad que tiene el pavimento de concreto, se han sumado algunos factores que lo han convertido en una alternativa muy competitiva en desempeño, costos e impacto social.

- **Evolución** del concreto.
- Desarrollo y **mejora continua** de la tecnología.
- Consumidor más **profesional**.
- Soporta **tránsitos** muy altos.
- Análisis comparativos más **reales**.
- “Descubrimiento” del costo inicial más **bajo**.
- Uso masivo en pavimentos **urbanos**.
- Desarrollo de concretos con **valor** agregado.
- BRT, **Whitetopping**, terciarias, bajo tráfico.
- Es el preferido en pavimentación **comunitaria**.
- Cumple con altos estándares de **sostenibilidad**.
- Es la mejor opción en “**resiliencia**”.



Los PC tienen aspectos muy llamativos

Gran durabilidad

- Períodos de diseño altos (20+).
- Ciclos de vida muy superiores al Período de diseño.
- Múltiples alternativas estructurales.
- Soportan cargas y frecuencias muy altas.
- Uso masivo en vías urbanas.
- Es ideal en sistemas BRT.
- Es el preferido en pavimentos comunitarios.

Fácil de construir

- Construcción industrializada o manual.
- Disponibilidad de concretos especiales.
- Genera mano de obra masiva y local.

Grandes beneficios de sostenibilidad

- Reduce excavaciones y uso de material de cantera.
- Emisiones bajas en construcción y el ciclo de vida.
- Menos consumo de combustible por baja deflexión.
- Reduce el efecto de Isla de Calor.
- + seguridad por + reflectividad.
- Se puede reciclar al final del ciclo de vida.
- Es resiliente.

Menor costo inicial y en el ciclo de vida

- Menor costo inicial de construcción.
- Menor costo del mantenimiento.
- Menor costo en el Período de diseño y ciclo de vida.

Menos cierres e impactos al usuario

- Bajo mantenimiento.
- Muchos sistemas de mantenimiento y reparación.

Avenida El Dorado, Bogotá
12 carriles
Espesor de 30 cm
Construida en 2007

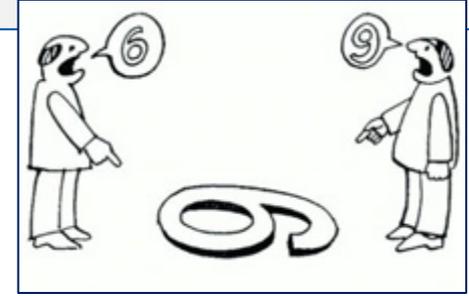




La historia de los PC ha estado llena de ...

LA NUEVA REALIDAD DE LOS PAVIMEN

MITOS - PARADIGMAS SUBJETIVIDAD



Son solo eso: Paradigmas
Porque la realidad es muy
diferente.

- Que casi no se construyen.
- Costo inicial más alto.
- Difícil de diseñar.
- Difícil de construir.
- Difícil de reparar.
- Riesgos altos.
- No es sostenible.
- Entre otros.



Su mayor rasgo es la gran durabilidad

LA NUEVA REALIDAD DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO

La historia ha demostrado que los PC duran muchos años.

Influenciado por: ➡

- ✓ Períodos de diseño de 20 años o +.
- ✓ Vida útil remanente superior al Pd.
- ✓ Bajo índice de M&R.



Hay pavimentos de concreto que han durado muchísimo:





Se usan más de lo que se cree

LA NUEVA REALIDAD DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO

Es común escuchar que es un pavimento marginal, para usos muy específicos y que casi no es utilizado.

En AL hay mucho concreto en urbanos y carreteros.

Colombia:

- ✓ El **11%** de la malla vial nacional está en PC.
- ✓ El **45%** de la malla vial urbana está en PC.
- ✓ La Placa Huella ha tenido un gran avance.
- ✓ El Whitetopping está creciendo.
- ✓ Barranquilla, Colombia, tiene más del **80%** en PC.

En algunos usos es la primera opción:

- ✓ Sistemas BRT.
- ✓ Avenidas de alto tráfico.
- ✓ Pavimentos en túneles.
- ✓ Calles de barrios.
- ✓ Plataformas en aeropuertos.
- ✓ Plataformas en puertos.

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%





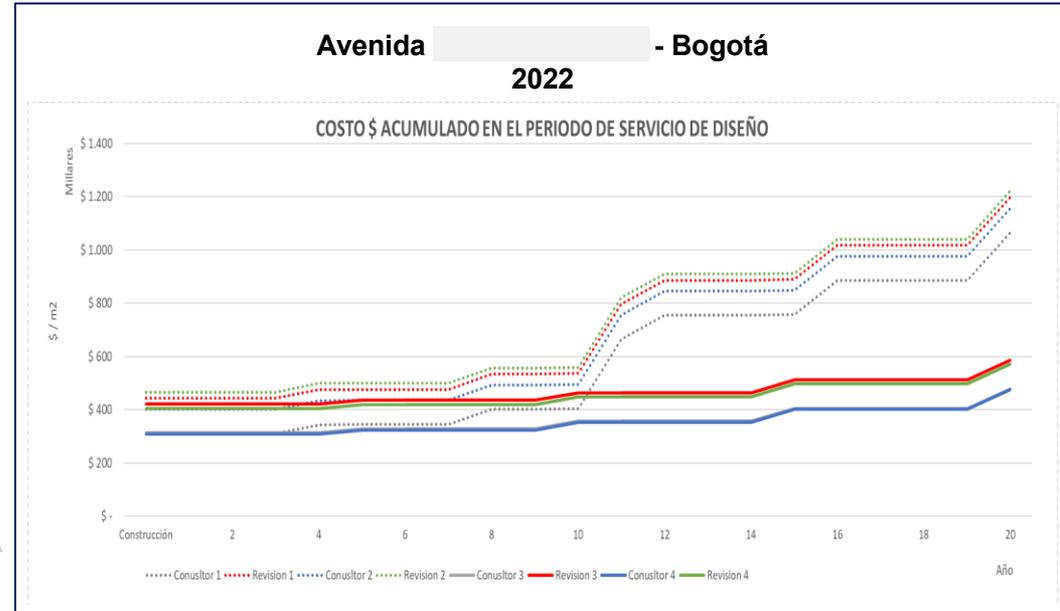
El eterno mito del costo inicial

LA NUEVA REALIDAD DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO

Los cambios que se han venido percibiendo en los últimos años con el costo inicial de construcción, obedecen a la manera de enfocar las comparaciones y en la realidad de los costos de los materiales:

Algunas variables han cambiado:

- ✓ Uso de períodos de diseño equivalentes.
- ✓ Análisis de estructuras equivalentes.
- ✓ Mayores exigencias de las entidades.
- ✓ Optimización y racionalización en el uso de materiales.
- ✓ Actualización de métodos de diseño.
- ✓ Aumento en los precios de materiales.



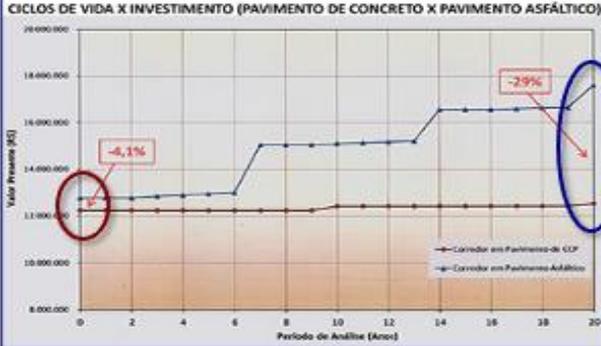


Y esta tendencia ya se ve en muchos países

LA NUEVA REALIDAD DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO

BRASIL

CORREDOR EXCLUSIVO DE ÔNIBUS



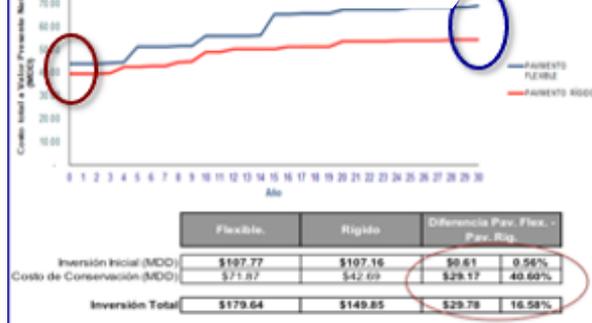
PAVIMENTO RODOVIÁRIO



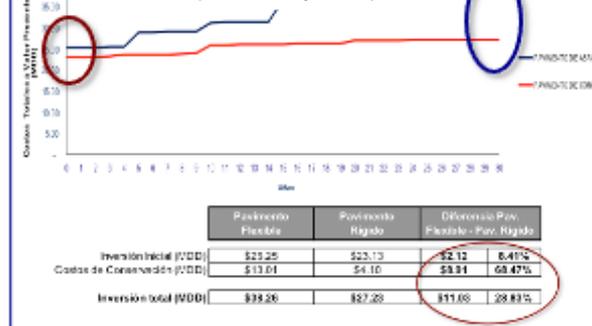
Fuente: Vías concretas/ABCP

MÉXICO

Libramiento Norte de la Zona Metropolitana del Valle de México

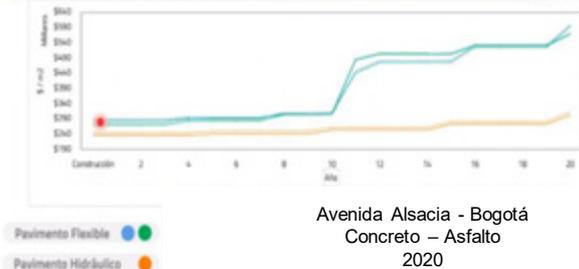


Autoista Guadalajara - Tepic Autopista Guadalajara - Tepic

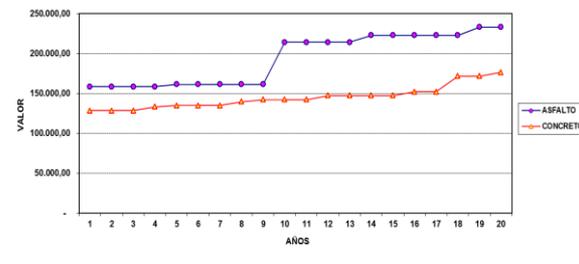


COLOMBIA

ACV para 20 años de vida útil



PROYECTO NQS - BOGOTÁ COMPARACIÓN DE ALTERNATIVAS CONCRETO-ASFALTO 2002





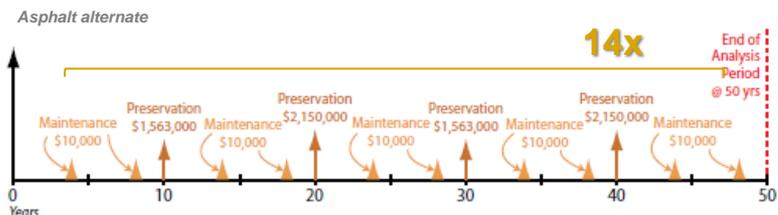
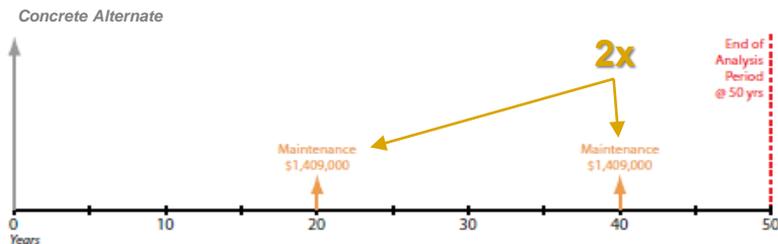
Menos CI – Menos M&R – Más durabilidad

LA NUEVA REALIDAD DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO

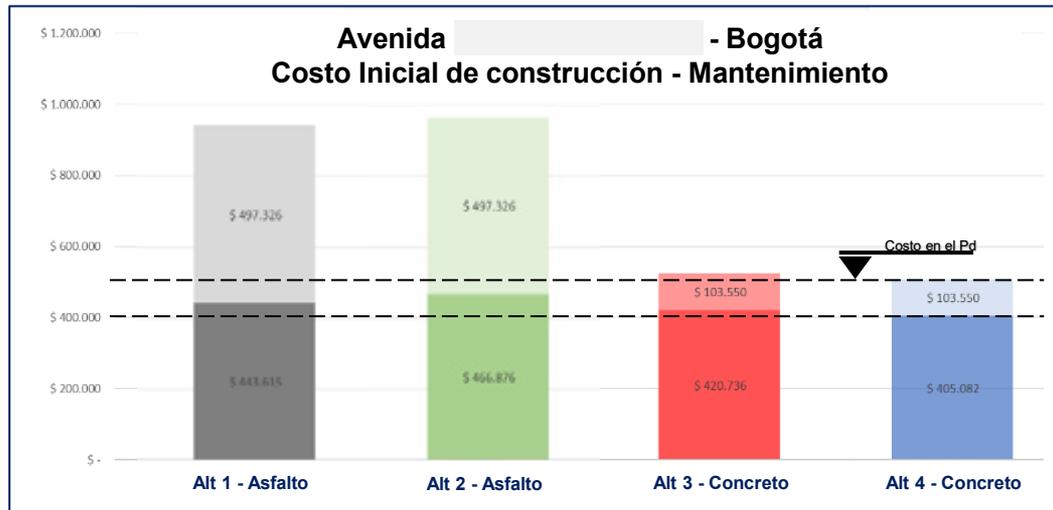
El índice de mantenimiento y reparación de un PC es mucho más bajo

Entre 7 y 10 % del CI.

Cada intervención tiene impactos financieros, sociales y ambientales.



Fuente: ACPA - LCCA





Su durabilidad es el mayor aporte a la sostenibilidad

Ambientales



Hasta **30%** reducción
Consumo de
ENERGÍA

Isla de
calor

100% reciclable

Circularidad



Consumo
Energético

Comunidad



Impacto en
usuarios

Visibilidad, reducción en
cierres por mantenimiento

Seguridad
vial

Entorno



Técnico



Mayor
durabilidad
20-30-40-50 años

Indeformables,
resiliencia
Tráficos altos

Reducción
ESTRUCTURAS,
menores excavaciones

**Mayor
Desempeño**



Económico



Optimización
recursos +m2

Bajos costos
mantenimiento

Ahorro \$ en
COMBUSTIBLE

ACV



Análisis de Ciclo
de vida



Ayuda a reducir el consumo de combustible

LA NUEVA REALIDAD DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO

La deformación de la estructura y la rugosidad superficial generan esfuerzos excesivos en el tránsito de vehículos pesados, ocasionando un sobreesfuerzo en los motores, que llevan a un mayor consumo de combustible.

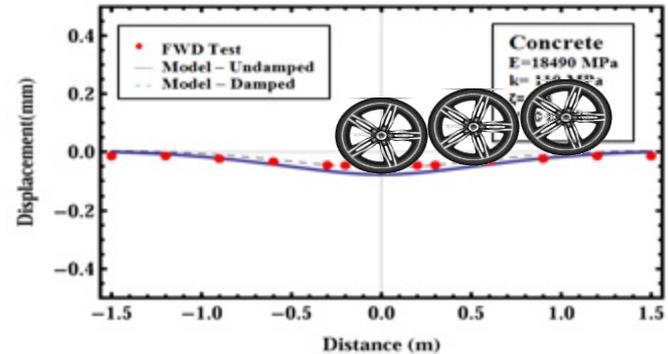
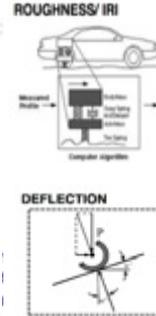
PVI - Pavement Vehicle Interaction



• Pavement Texture:

• Roughness:

• Deflection:



El PC presenta una **menor deflexión estructural**, generando una reducción en el sobreconsumo de combustible, principalmente en cargas elevadas. **Entre 3% y 12%.**



El uso de RCD es una realidad en AL

Aeroparque Jorge Newbery
Buenos Aires, Argentina (2021)

68.000 m³ de demolición de pavimento

Trituración + cemento

62.000 m³ de bases cementadas



Durabilidad De la mano de Diseños, Especificaciones y Buenas Prácticas

- ✓ **Diseños** completos.
- ✓ **Contratar** pensando en el Usuario.
- ✓ **Entender** la tecnología de los PC.
- ✓ **Contar** con diseños completos.
- ✓ **Diseñar** de acuerdo con los criterios de diseño.
- ✓ **Reproducir** el diseño en la obra.
- ✓ **Entrenar** a “**todo**” el personal.
- ✓ **Aplicar** el estado del arte.
- ✓ **Cumplir** las especificaciones.
- ✓ **Implementar** sistemas de calidad.
- ✓ **Evitar** falsos ahorros.
- ✓ **Actualizar** conocimientos y avances.

Av. Chulucanas - Piura - Perú
Fuente: Carolina García - Unicón



INSTITUTO DEL CEMENTO
PORTLAND ARGENTINO

ICPA

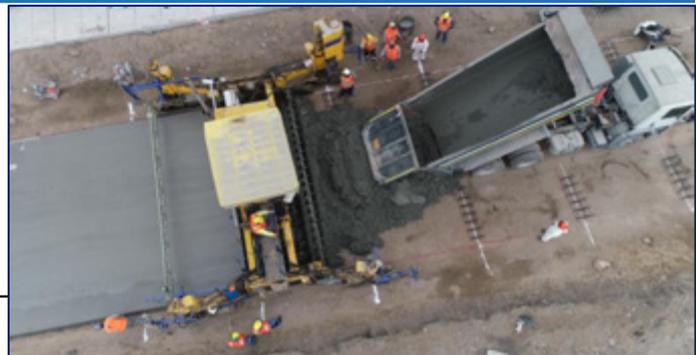
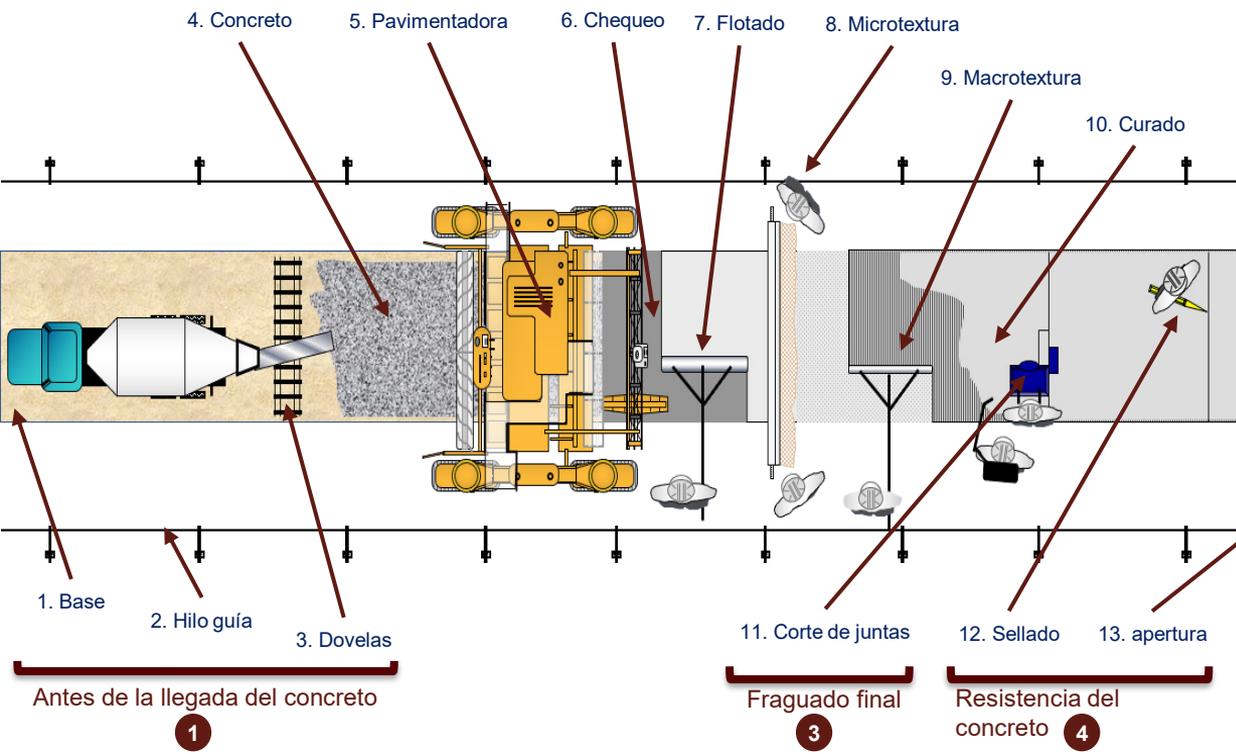


Proceso estructurado y secuencial

LA NUEVA EFICIENCIA DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO

2

Tiempo de manejabilidad del concreto



Antes de la llegada del concreto

1

Fraguado final

3

Resistencia del concreto

4

Algunas actividades requieren la definición de "ventanas de tiempo".



Con tiempos para cada actividad

Toda la atención se centra en la “ventana de corte”, pero también hay que definir otros tiempos:



Corte

Curado

Macrotextura

Microtextura

Flotado

VENTANAS

1. Base
2. Formaleta
3. Hilo guía
4. Transferencia ?
5. Refuerzo
6. Barras de amarre ?
7. **Concreto**
8. Conformación
9. Chequeo
10. Flotado
11. Microtextura
12. Macrotextura
13. Curado
14. Corte de juntas
15. Sellado de juntas
16. Apertura al tránsito



Tiempos condicionados por:

- Tipo de concreto.
- **Manejabilidad** del concreto.
- Asentamiento del concreto.
- Temperatura del concreto.
- Temperatura ambiente.
- Humedad en el entorno.
- Viento en el entorno.

Las ventanas pueden variar, inclusive en un mismo proyecto.



Un pavimento con muchas variantes

LA NUEVA REALIDAD DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO

La selección del tipo adecuado de PC ayuda en la obtención del menor costo, la gran durabilidad y el bajo mantenimiento.

- ✓ Pavimento de concreto convencional con juntas.
- ✓ Pavimento de concreto con juntas y refuerzo.
- ✓ Pavimento de concreto con refuerzo continuo.
- ✓ Whitetopping adherido.
- ✓ Whiteopping no adherido.
- ✓ Pavimento de concreto estampado.
- ✓ Pavimento de Concreto Compactado con Rodillo.
- ✓ Pavimento con placas prefabricadas.
- ✓ Pavimento de concreto ultradelgado.
- ✓ Placa huella.
- ✓ Placas cortas.
- ✓ Placas hexagonales.



Todos tienen concreto como elemento principal, pero pueden tener grandes diferencias.





Es ideal en sistemas BRT

Soporta el tránsito de más de 300 millones de ejes equivalentes en 20 años, con ejes de 12,5 toneladas.



Soporta cargas y frecuencias muy altas



El PC es el más utilizado en sistemas BRT en AL



Belo Horizonte - Brasil



Guatemala



Transmilenio - Bogotá



Mio - Cali



Lima - Perú



DF - México



Buenos Aires - Argentina



Quito - Ecuador

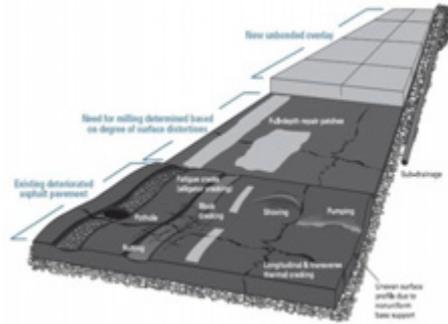


Santiago - Chile



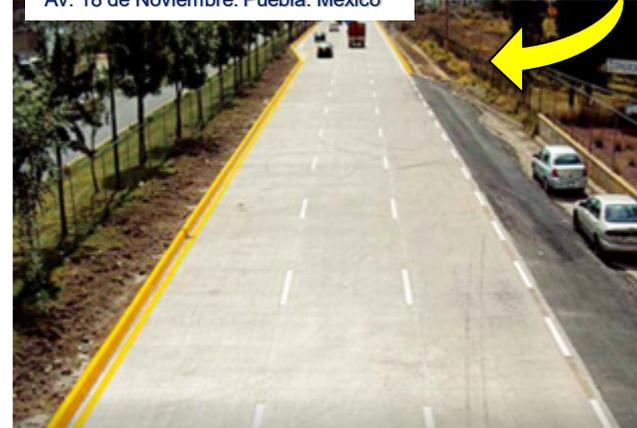
La oportunidad del Whitetopping

Rehabilitación de pavimentos existentes deteriorados mediante la construcción de una sobrelosa de concreto, mejorando su desempeño, con bajo costo y gran durabilidad.



Av. 18 de Noviembre. Puebla. México

Solución a pavimentos deteriorados y con altos índices de mantenimiento, proyectando un nuevo Ciclo de Vida de más de 50 años.



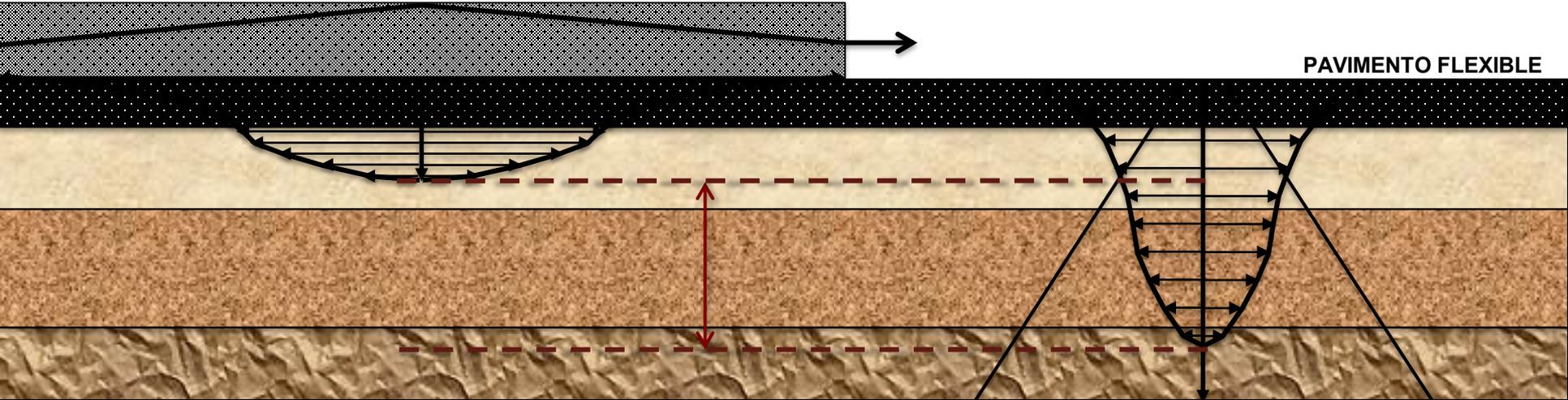


Cambio radical en el esquema de funcionamiento



SOBRELOSA DE CONCRETO

PAVIMENTO FLEXIBLE



Vía a La Calera,
Bogotá, Colombia
Construida en el año 2000
23 años

Whitetopping
Sobrelosa de concreto sobre pavimento flexible



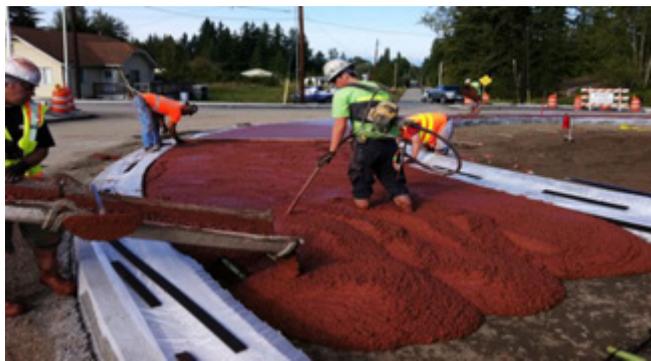
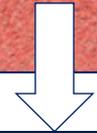


El concreto ha tenido una gran evolución

Desde la mezcla 1:2:3 que se utilizó en 1891, hasta la producción actual de concretos a flexión, con Módulos de Rotura por encima de 5,5 MPa.



O el uso de
concretos especiales
con alto valor
agregado.





La permeabilidad como elemento de competitividad

LA NUEVA REALIDAD DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO

Concreto con discontinuidad granulométrica, bajo contenido de arena y alto contenido de vacíos, para permitir el paso del agua a través de la losa. →

- Recargar niveles freáticos.
- Almacenamiento para usos no potables (Riegos y lavados).
- Evitar el hidroplaneo.





Es el preferido en pavimentos comunitarios

LA NUEVA REALIDAD DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO

El **55%** de la mallas viales urbanas, corresponde a la malla vial local:

- ✓ Mejora en la calidad de vida.
- ✓ Reducción de los tiempos de transporte.
- ✓ Mayor movilidad (peatón, vehículos, bicicletas, patinetas, transporte público, taxis, servicios, etc.).
- ✓ Aumento en el valor de las casas.
- ✓ Otros desarrollos: andenes, fachadas, pisos.



El poder de lo simple.



Es el preferido en pavimentos comunitarios

LA NUEVA REALIDAD DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO

La **Placa Huella** es un Pavimento de Concreto para vías rurales terciarias, caminos comunitarios o de bajo tránsito, que consiste en un entramado estructural, que combina varios elementos:

- Placas esbeltas en concreto reforzado.
- Concretos ciclópeos para tránsito eventual.
- Vigas riostras de integración estructural.
- Sistema de drenajes con cunetas y filtros.



Colombia:

- 7% de la malla vial nacional.
- 6% de la malla vial urbana.





Es común comparar diferentes tipos de pavimentos con el fin de seleccionar la mejor alternativa





Cuidado con las comparaciones “no equivalentes”

LA NUEVA REALIDAD DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO

Los diseños “equivalentes” deben ser:

- Diseñados con criterios iguales. →
- Se deben comparar con criterios:
 - Técnicos.
 - Económicos.
 - Conceptuales. →

Criterios más vulnerados:

- Período de diseño (10 – 20).
- Tráfico de diseño (40% - 100%).
- Confiabilidad (50 – 95).

Importante:

- Objetividad.
- Imparcialidad.
- Evitar la subjetividad.



OBJETIVA

El autor no da su opinión ni las sensaciones que le produce lo descrito.



Imparcialidad





Comparar y escoger con criterio

LA NUEVA REALIDAD DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO

- Técnicos de la obra
- Económicos de la obra
- Conceptuales

Criterio

Regla o norma conforme a la cual se establece un juicio o se toma una determinación.

Falta de criterio

Cuando se realiza una acción o un juicio de valor sin tener mucha idea de lo que hace o dice.

- Período de diseño.
- Tránsito de diseño.
- Espesor total de la estructura (Excavación).
- Distancias de acarreo de materiales.
- Análisis de sostenibilidad del proyecto.

Cuidado con estos dos

- Costo inicial de construcción.
- Mantenimiento y reparación en el período de diseño.
- Costo en el período de diseño.
- Valor residual al final del Pd.

- Distribución de cargas de tránsito.
- Diversidad de tipos y opciones de pavimentos.
- Rugosidad.
- Distancia de frenado.
- Reflectividad (Albedo).
- Costos de iluminación.
- Isla de calor.
- Resiliencia.
- Sostenibilidad.
- Resistencia a agentes químicos.
- Uso de materiales RCD.



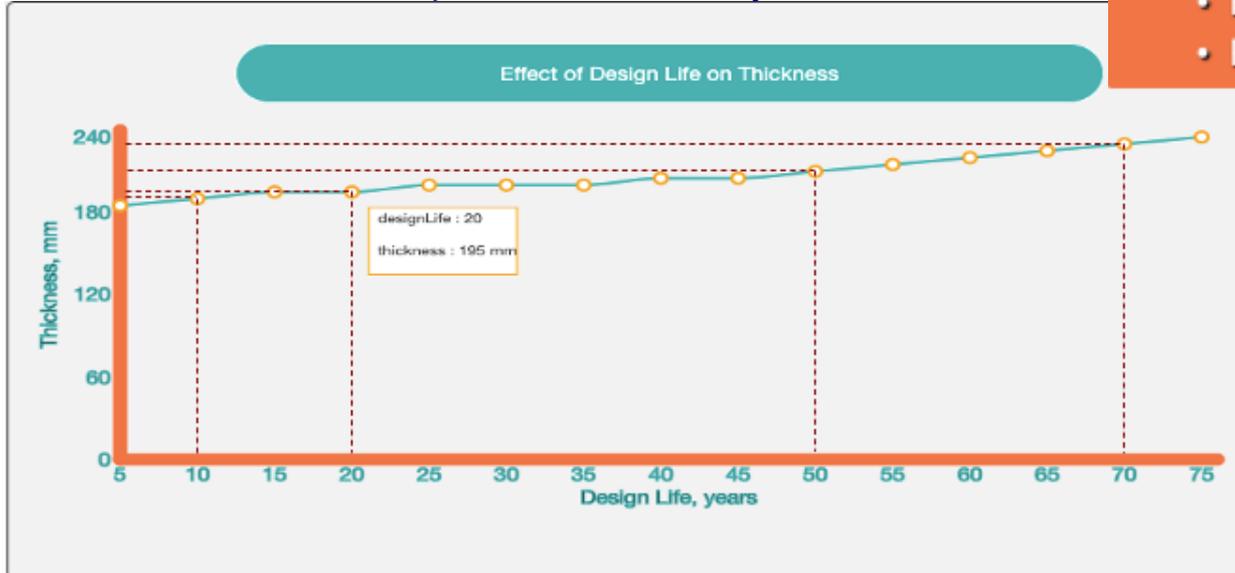


En PC no se justifican períodos de diseño bajos

LA NUEVA REALIDAD DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO

Diseñar pavimentos con Períodos de Diseño altos:
20 años o +.

En un PC la curva de espesor vs Pd es muy horizontal.



En un PC la diferencia entre un Pd de 20, 50, o más años, es de apenas unos milímetros.

- Pd: 10 años e= 190 mm
 - Pd: 20 años e= 195 mm
 - Pd: 50 años e= 210 mm
 - Pp: 70 años e= 230 mm
- } 15 mm

Diseños con bajos **Pd** son aparentemente baratos.

- Baja durabilidad.
- M&R más rápido y frecuente.
- Aumenta el costo del M&R.
- Aumento en el CCV.

En esta nueva realidad, el PC:

- ✓ Tiene una gran durabilidad.
- ✓ Diseñado para períodos altos.
- ✓ Ideal para cargas y tránsitos altos.
- ✓ Más económico en el Gasto Inicial.
- ✓ Costo más bajo en el CV.
- ✓ Fácil de construir, con equipos básicos y avanzados.
- ✓ El mantenimiento es muy bajo.
- ✓ Múltiples sistemas de mantenimiento y reparación.
- ✓ Grandes atributos de sostenibilidad.
- ✓ Es muy resiliente.
- ✓ Se puede reciclar y reutilizar.
- ✓ Líder en pavimentación comunitaria.
- ✓ Opciones de concretos con valor agregado.

12^o Congreso Iberoamericano de Pavimentos de Concreto

MAYO 10 Al 13 DE 2023 - Barranquilla, Colombia
Centro de Convenciones Blue Gardens

LA NUEVA REALIDAD DE
LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO

Organizan:



La nueva realidad de los Pavimentos de Concreto

Diego A. Jaramillo Porto

- Gerente Técnico - PROCEMCO
- Director de Pavimentos e Infraestructura - FIHP



Gracias

diegojaramillo@procem.co