



14^{vo} Congreso Iberoamericano de Pavimentos de Concreto

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



Federación Iberoamericana
del Hormigón Premezclado
Fihp



FICEM
FEDERACIÓN INTERAMERICANA
DEL CEMENTO



ICCYC
INSTITUTO COSTARRICENSE
DEL CEMENTO Y DEL CONCRETO

Consideraciones técnicas para la planificación y desarrollo de un proyecto de pavimentación con concreto

MAURICIO SALGADO TORRES
GESPAP Ingeniería & Certificación
CHILE / COLOMBIA

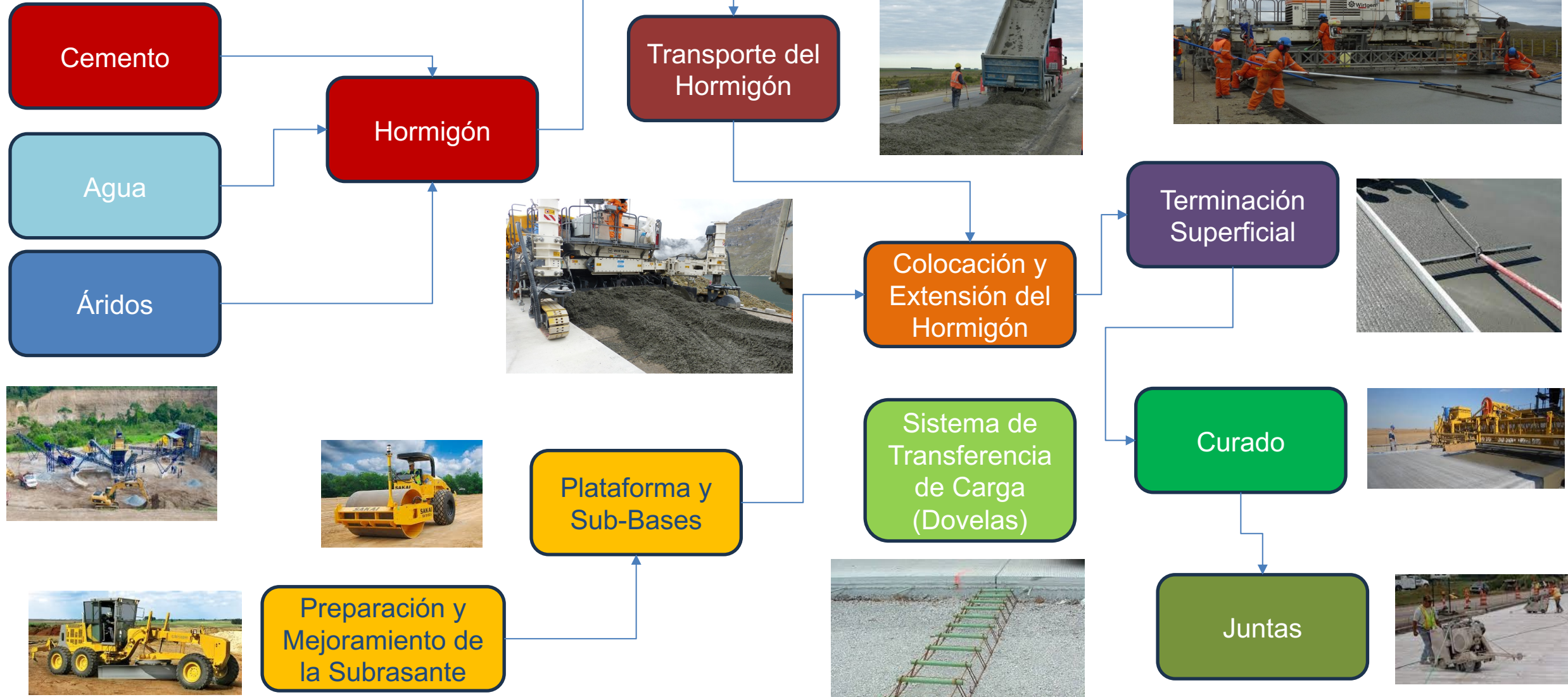


Consideraciones técnicas para la planificación y desarrollo de un proyecto de pavimentación con concreto

- Aspectos a claves a considerar en la planificación de un proyecto de pavimentación con concreto.
- Factores que determinan la eficiencia e inciden en el costo de ejecución de un proyecto.



¿Cómo se Construye un Pavimento de Hormigón?



Consideraciones técnicas para la planificación y desarrollo de un proyecto de pavimentación con concreto

ASPECTOS A CLAVES A CONSIDERAR EN LA PLANIFICACIÓN DE UN PROYECTO DE PAVIMENTACIÓN CON CONCRETO.

Aspectos a claves a considerar en la planificación de un proyecto de pavimentación con concreto.



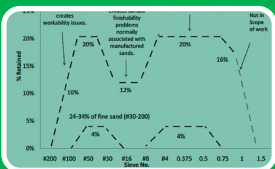
1. Planificación y puesta en marcha de la planta de concreto.



2. Definición y planificación de los frentes de trabajo para la adecuación de la plataforma y la ejecución la pavimentación con concreto.



3. Puesta en marcha de la ejecución de trabajo con pavimentadora de molde deslizante.



4. Tecnología de hormigón para pavimentos requerida para la adecuada trabajabilidad en la colocación y optimo desempeño a futuro de los pavimentos de concreto.



5. Seguimiento cotidiano de la ejecución de los trabajos de pavimentación con concreto.

Aspectos a claves a considerar en la planificación de un proyecto de pavimentación con concreto.

1. Planificación y puesta en marcha de la planta de concreto.



Evaluación de las condiciones particulares del emplazamiento del proyecto de pavimentación



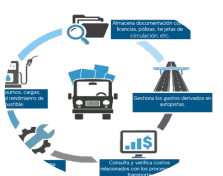
Evaluación de sitios potenciales para la localización optima y eficiente de la planta de concreto



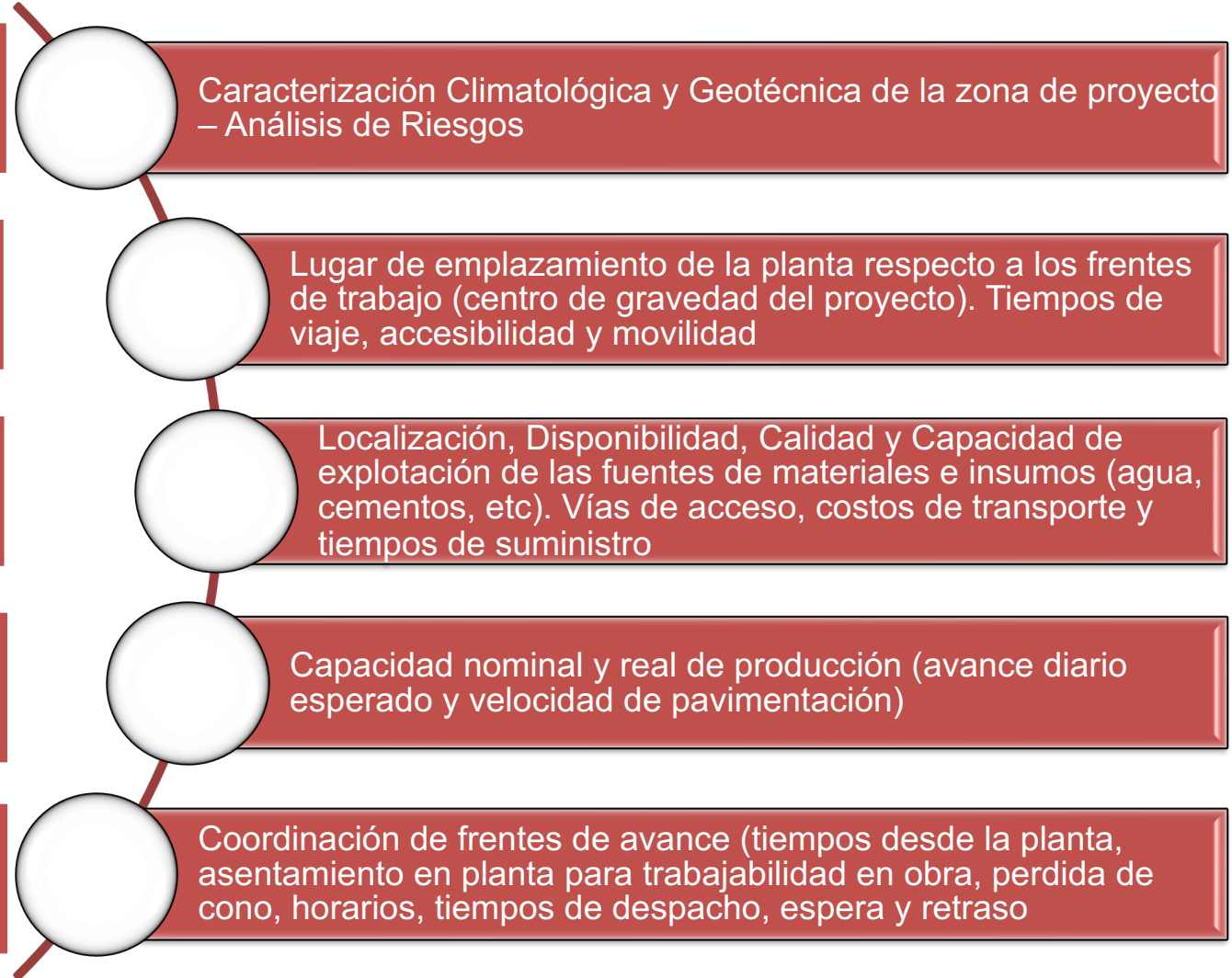
Localización de fuentes de insumos y materiales & canales de suministro



Capacidad de producción de concreto conforme a la demanda



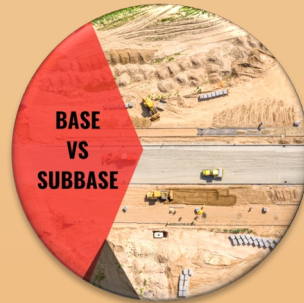
Análisis de Tiempos y Movimientos al sitio de colocación del concreto



2. Definición y planificación de los frentes de trabajo para la adecuación de la plataforma y la ejecución la pavimentación con concreto.



Análisis para el aprovechamiento de los materiales y capas de pavimento existentes y/o mejoramiento de suelos de subrasante



Programación de los trabajos de adecuación de la plataforma y colocación de la subbase



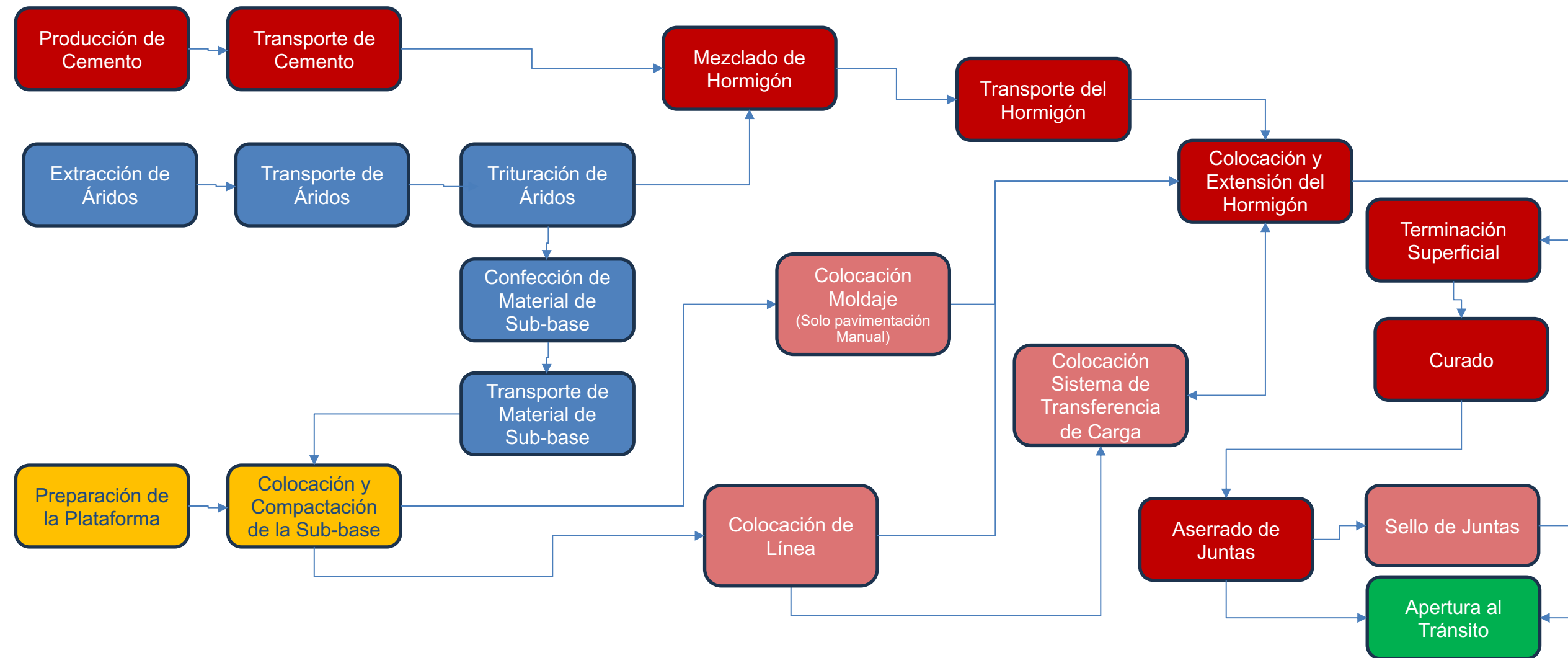
Definición y planificación de los frentes de trabajo en función de la forma de trabajo (calzada o carril) y longitud de zona de trabajo disponible



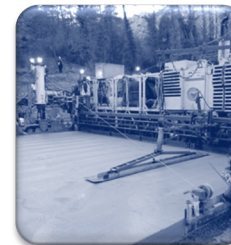
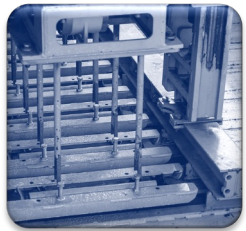
Cronogramas y planes de trabajo de personal y maquinaria



¿Cómo se Construye un Pavimento de Hormigón?



3. Puesta en marcha de la ejecución de trabajo con pavimentadora de molde deslizante.



Selección de Pavimentadora de molde deslizante (con/sin guía, con/sin DBI)

Identificación de hitos clave del programa de pavimentación (relocalización de la planta, encuentro de frentes de trabajo, inicio/fin de temporada climática)

Pruebas preliminares y/o tramos de prueba con planta instalada y equipos a emplear

Coordinación para cumplimiento de zonas de trabajo disponible para para pavimentar

Análisis de rendimientos y avances de los frentes de trabajo

Ajustes de jornadas por temas de eficiencia y/o condiciones atípicas en uno o varios procesos

El Uso de Equipos de Molde Deslizante pueden proporcionar un mejor IRI si se garantiza una continuidad en la pavimentación y la minimización de interrupciones y juntas de construcción, lo cual a su vez impacta en la reducción de costos



Entre 400 a 750 m por jornada
(500 m³ por día aprox.)

Uso de Pavimentadoras de molde deslizante

México



Nicaragua

Costa Rica



Guatemala



Peru



Bolivia



Argentina



Uruguay



Brasil



Chile



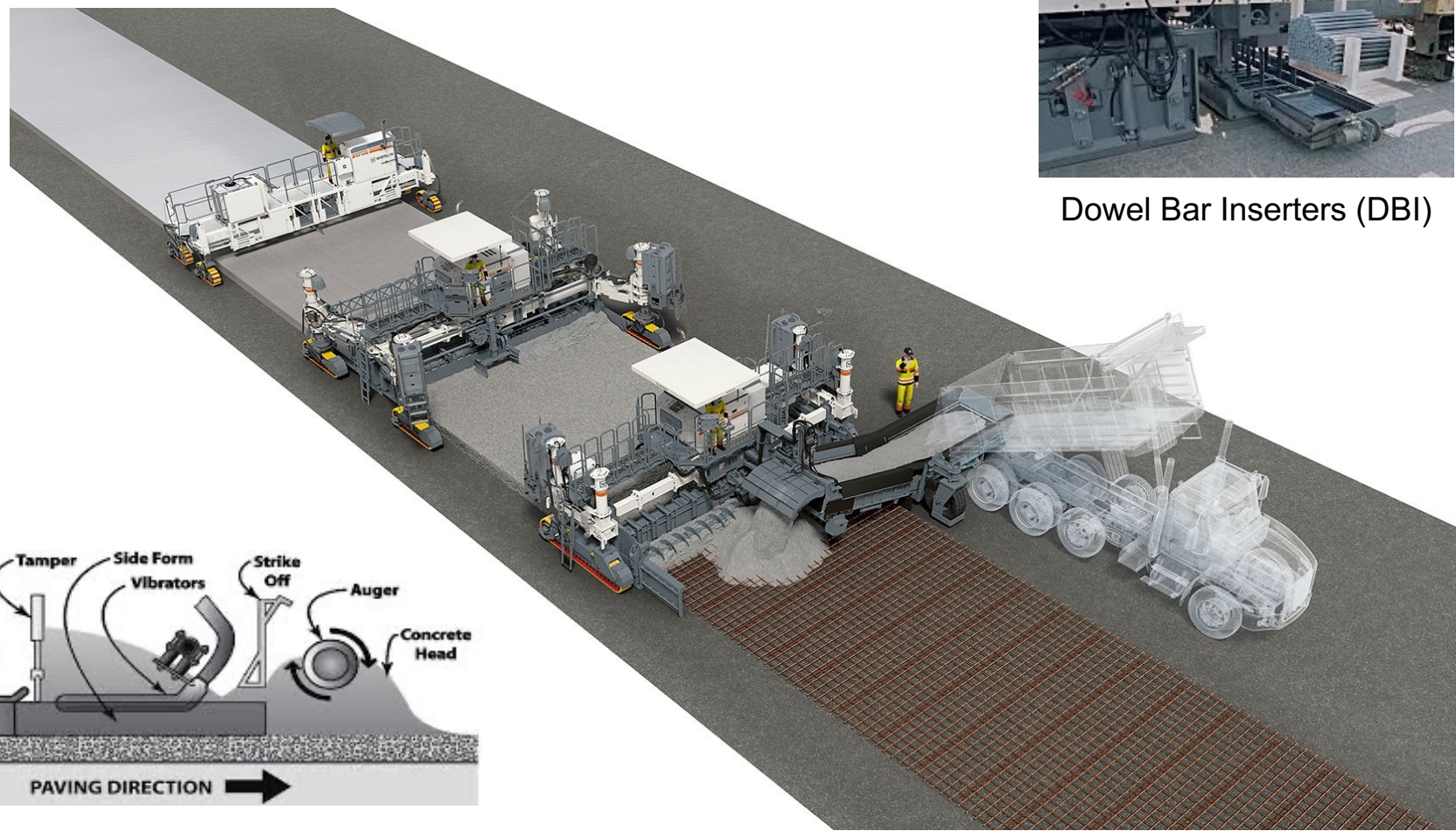
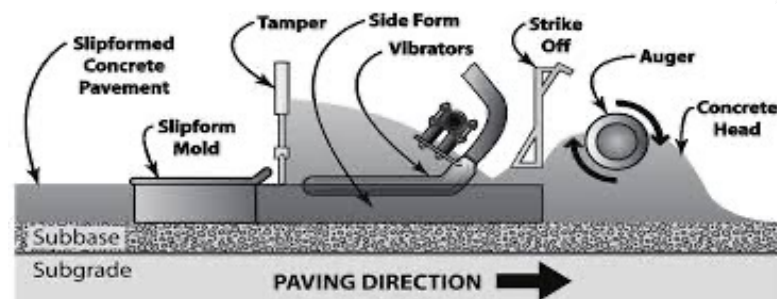
Tren de pavimentación: compuesto por colocador/distribuidor en combinación con una pavimentadora de encofrado deslizante y una máquina de curado de texturas cuando se pavimenta con barras de refuerzo de acero colocadas previamente.

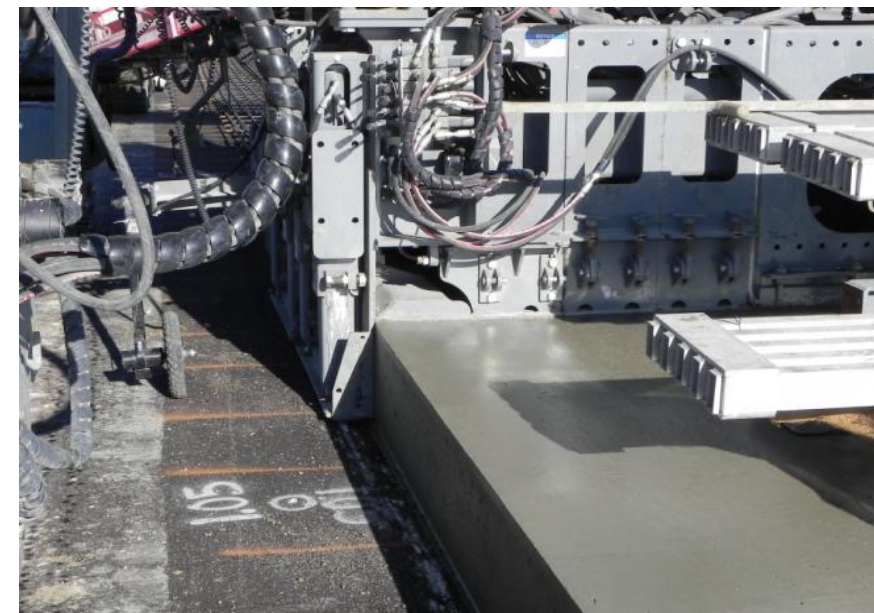
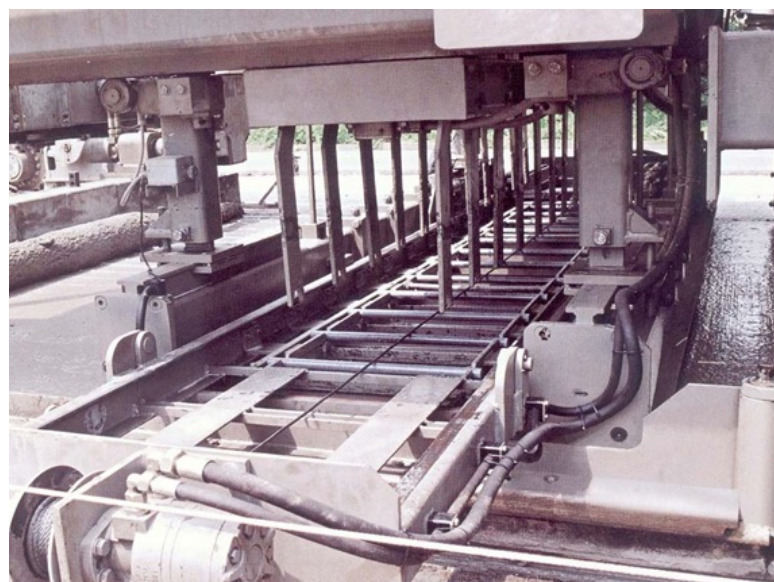
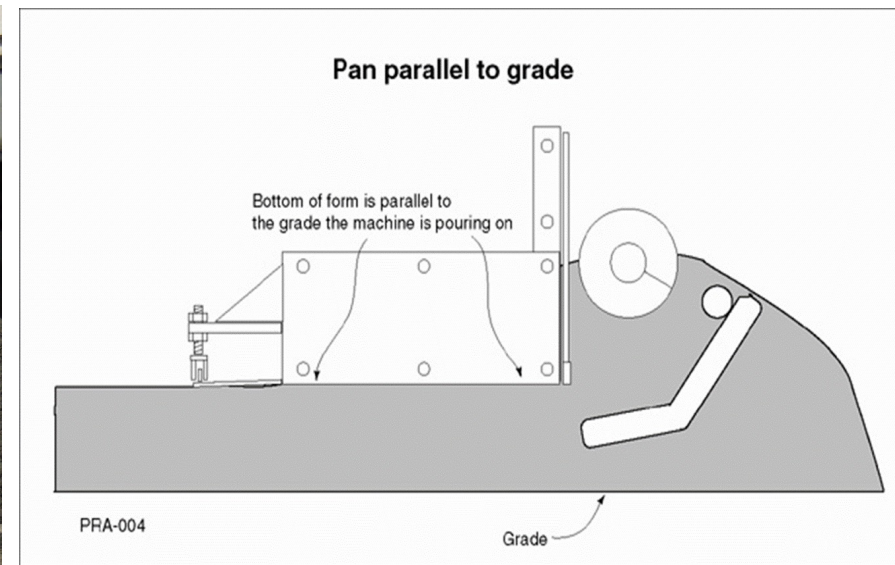


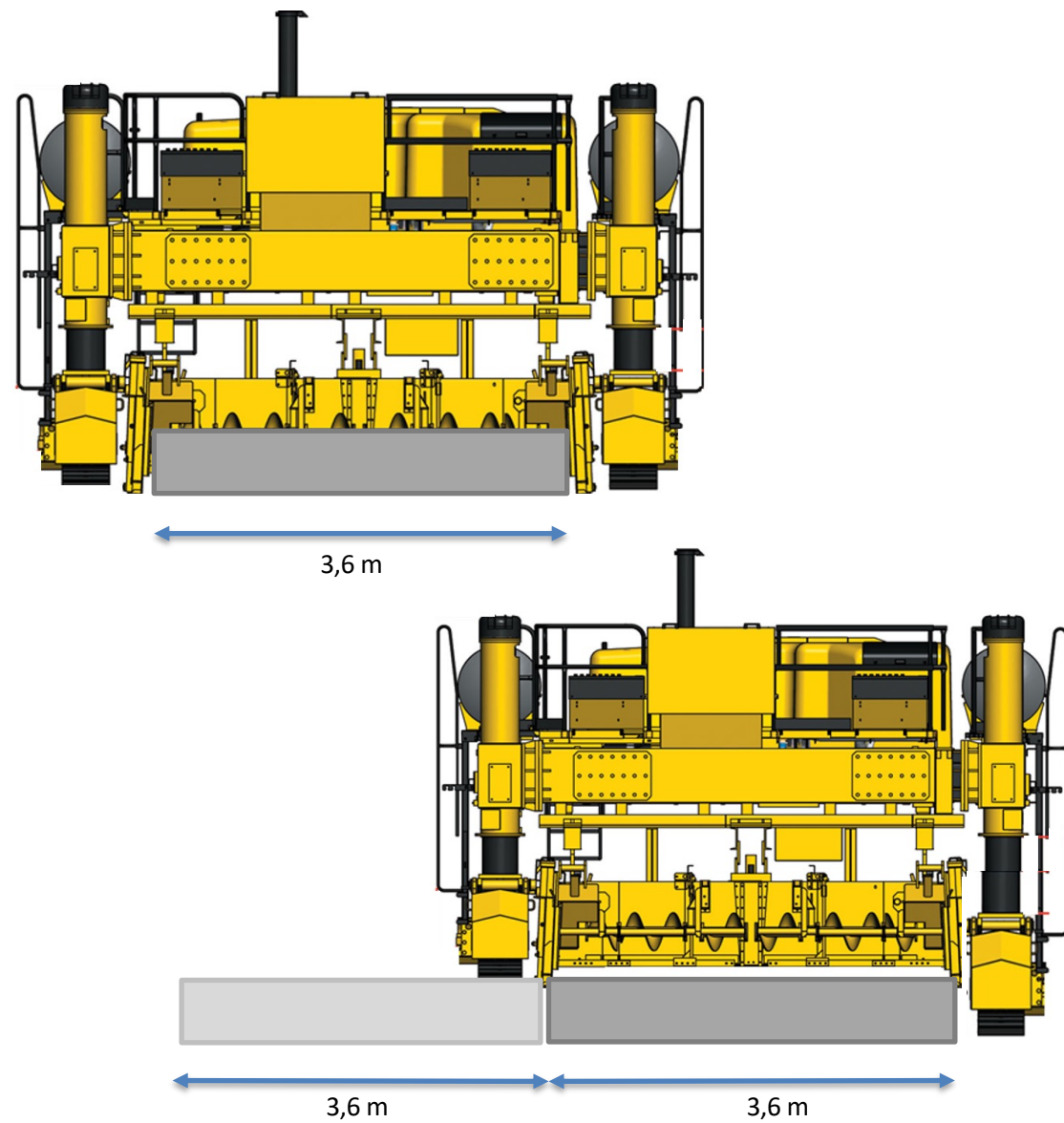
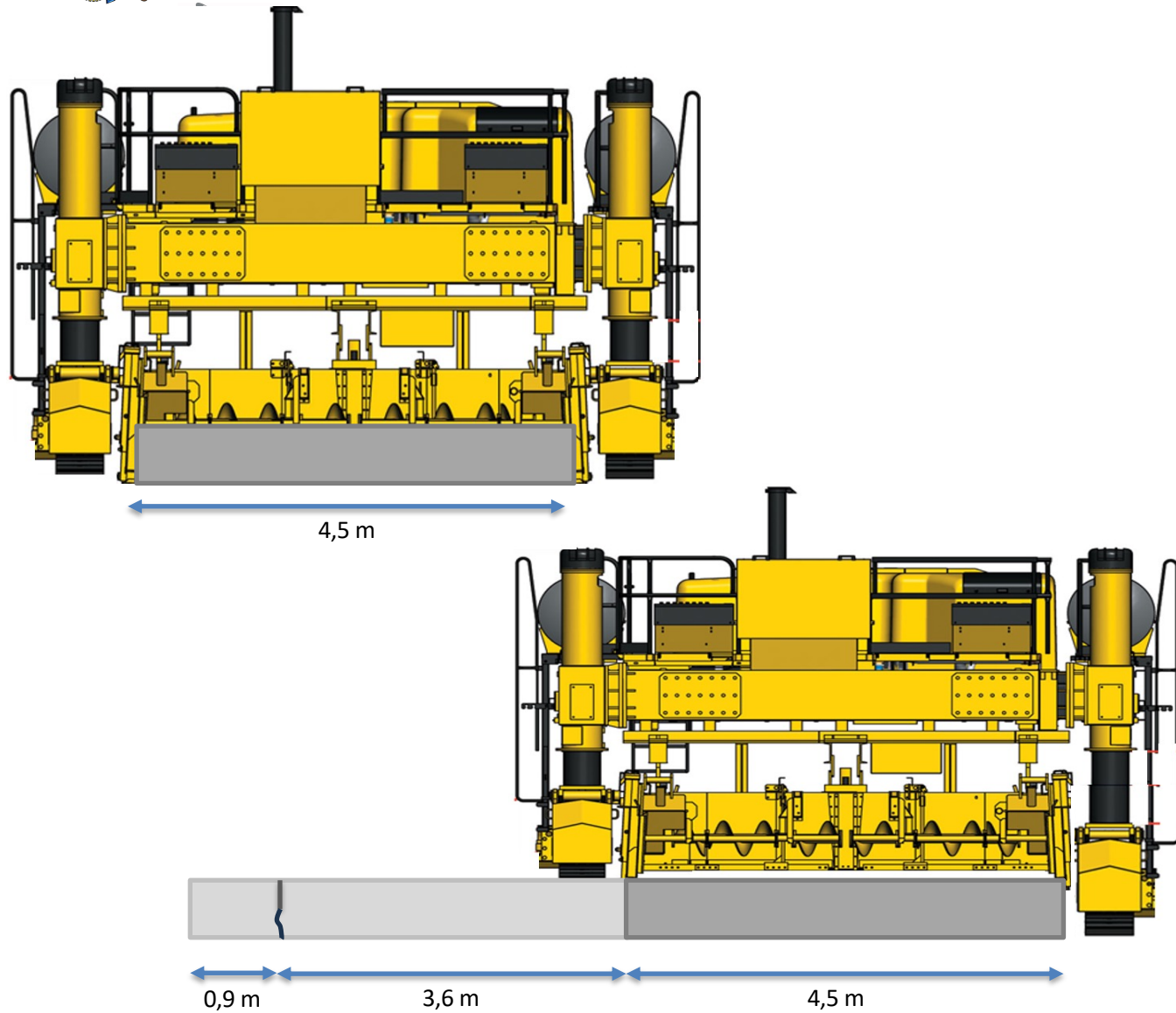
máquina de curado de texturas

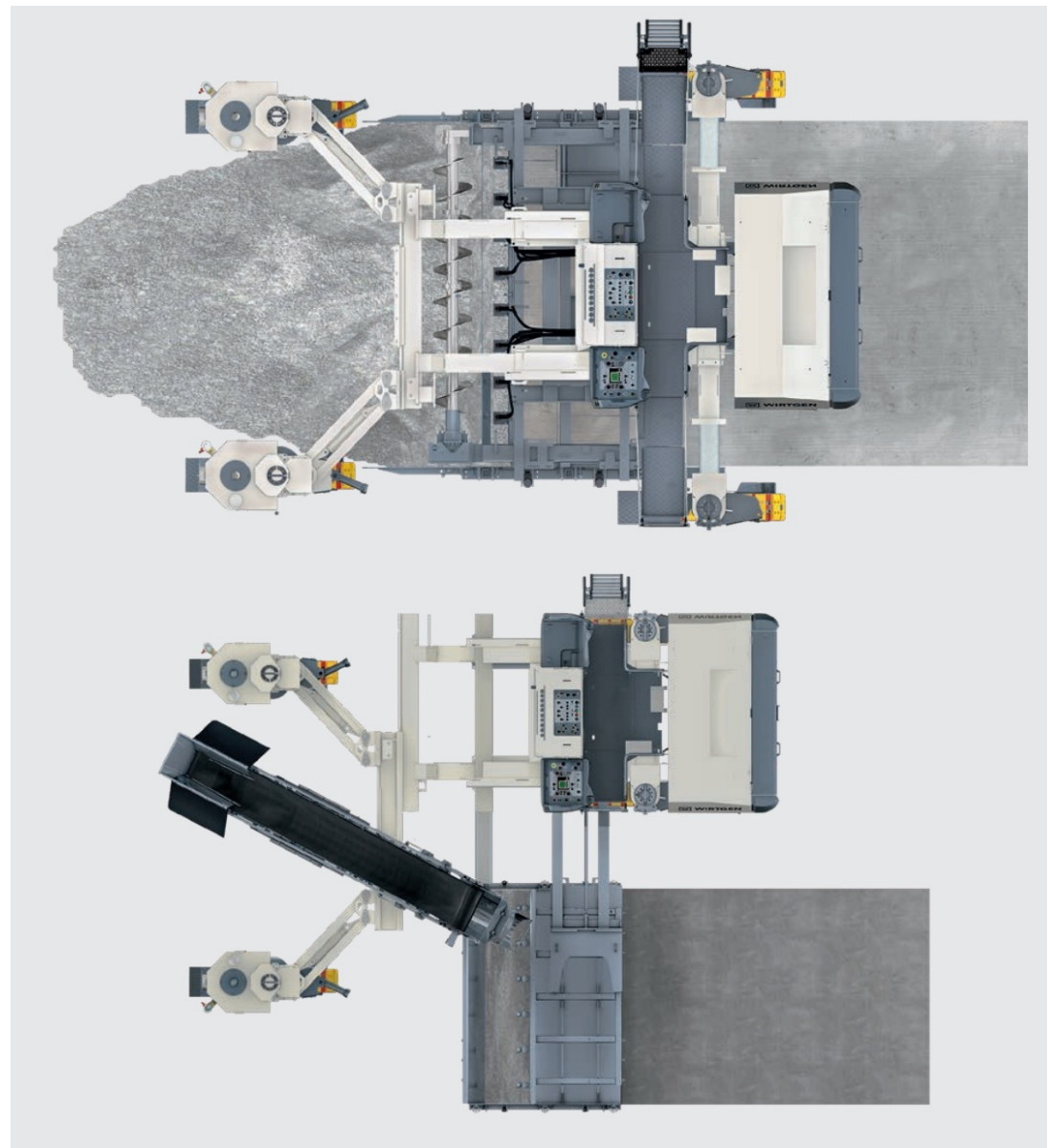
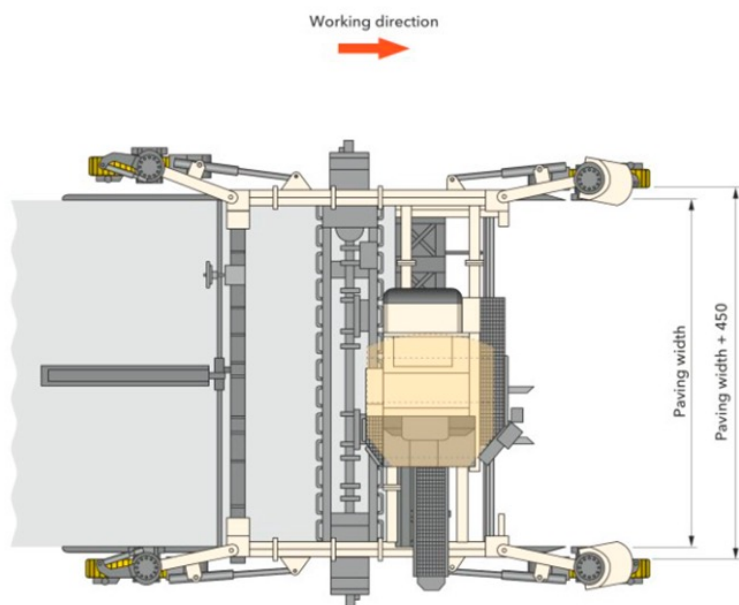
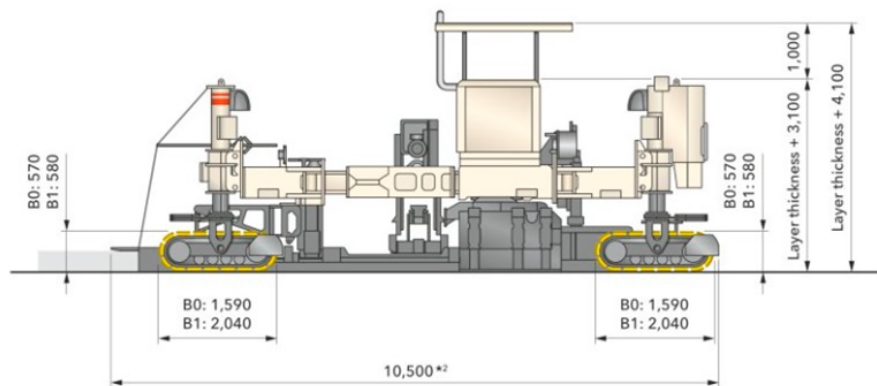


Dowel Bar Inserters (DBI)









Velocidad de Suministro del hormigón



Descargar 6 m³ desde camión
mezclador tarda entre 12 a 15
minutos aprox.



Descargar entre 8 y 12 m³ desde volqueta
tarda entre 45 segundos y un minuto y
medio aprox. sin causar segregación

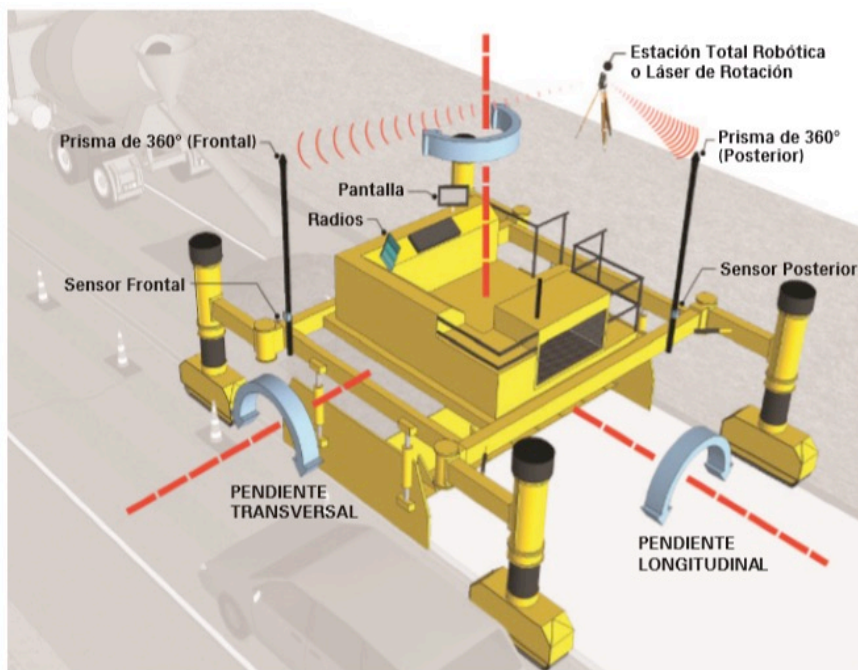
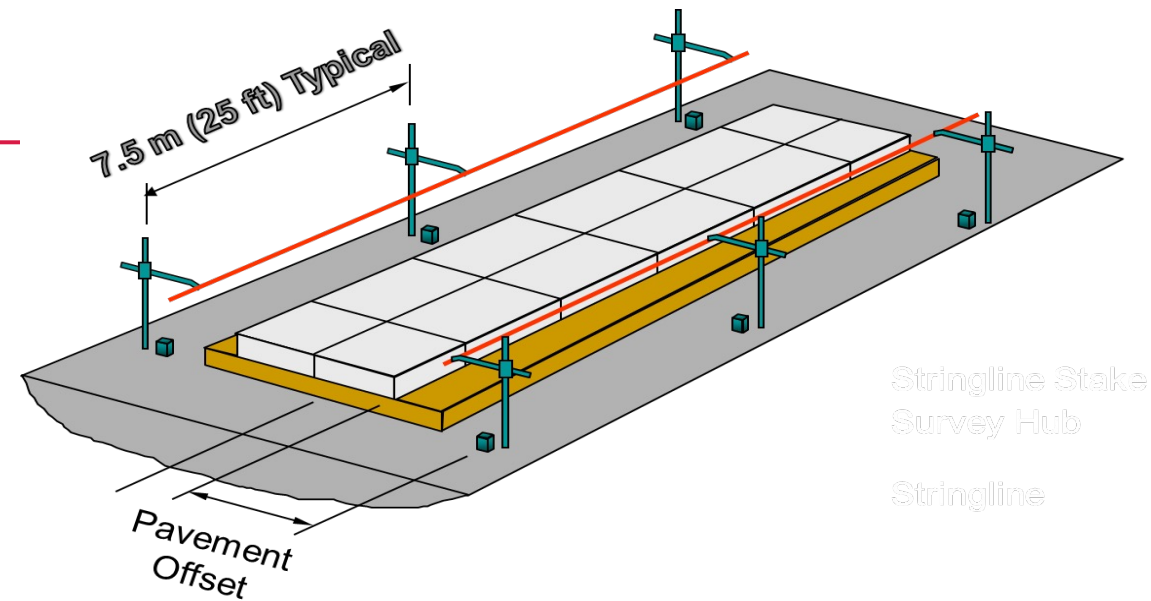
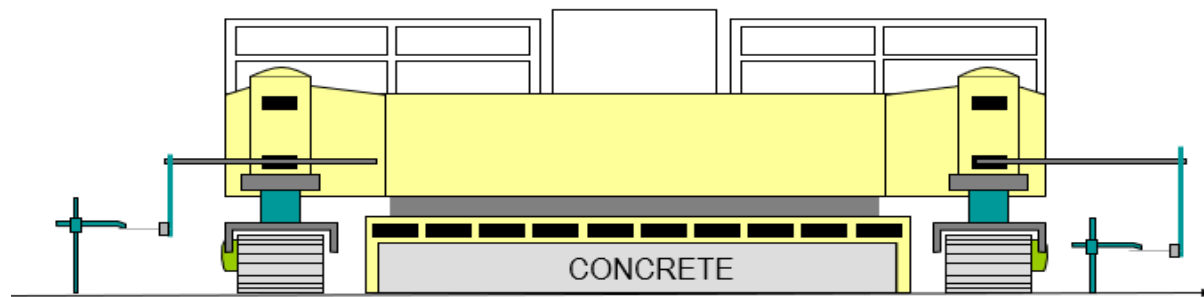
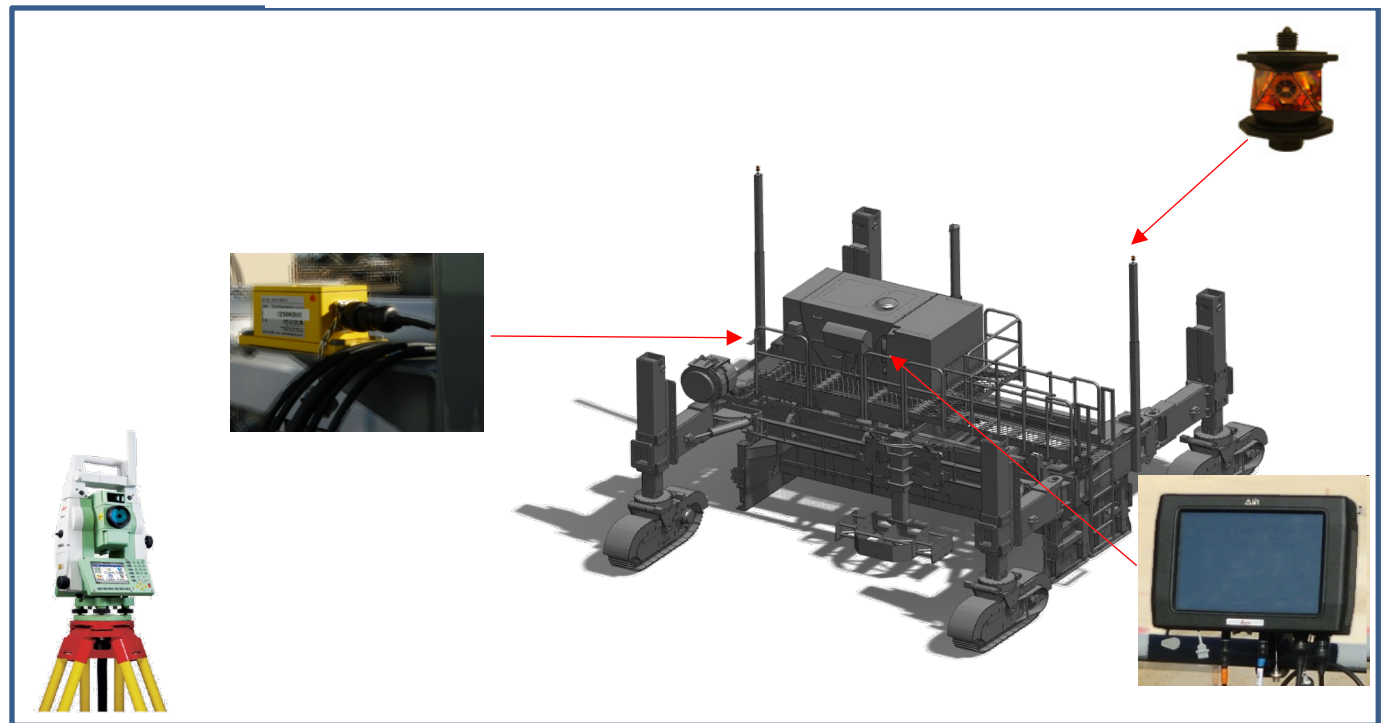
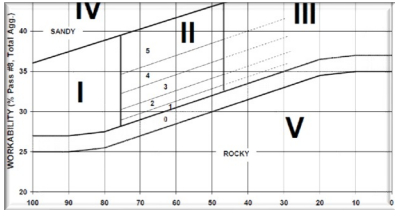


Figura 133. Controles de una pavimentadora



4. Tecnología de hormigón para pavimentos requerida para la adecuada trabajabilidad en la colocación y optimo desempeño a futuro de los pavimentos.



Ajuste a Dosificaciones

- Por disponibilidad de insumos
- Cambios en condiciones climatológicas
- Ajustes logísticos por eficiencia
- Correcciones para mejorar la trabajabilidad



Monitoreo de Concreto en planta

- Asentamiento a la salida de planta para trabajabilidad deseada en obra
- Monitoreo de parámetros que aseguren durabilidad y control de condiciones propias de edades tempranas

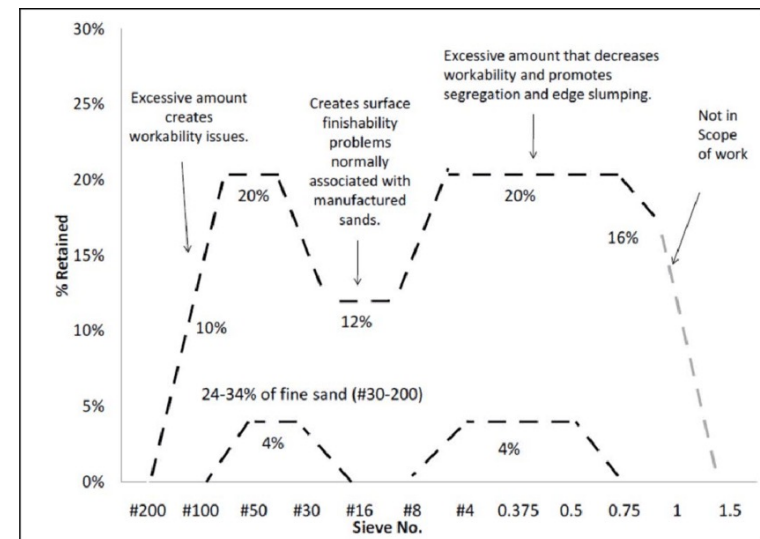
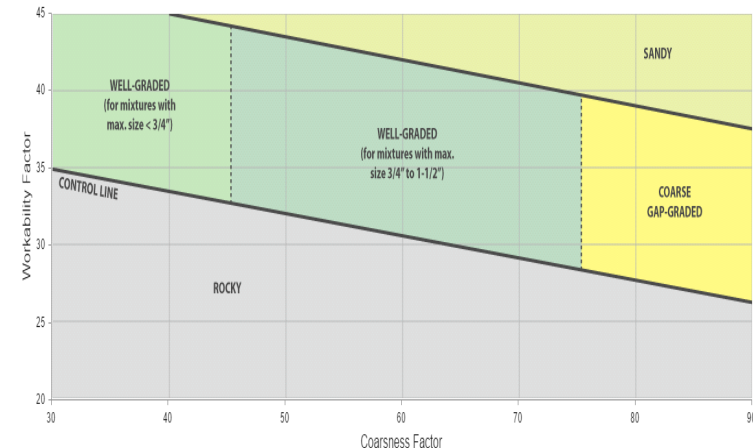


Ajustes particulares por situaciones excepcionales

- Sectores con geometría compleja
- Sectores con dificultad de acceso y/o suministro del concreto
- Sectores puntuales de pavimentación manual

Optimización de las Dosificaciones

WORKABILITY CHART



- Dosificación – Trabajabilidad
- Especificación por desempeño
- Evitar Alabeo de Construcción

Pasta de cemento: Agua + Cemento

Calidad → Razón A/C

Cantidad:

- Cubrir superficie arenas
- Llenar espacios entre arena
- Separar las partículas de arena

Mortero: Pasta de cemento + arena

Cantidad:

- Cubrir superficie de la árido grueso
- Llenar espacios entre árido grueso
- Dar un medio fluido para que el arrido se pueda desplazar entre si con facilidad

Concreto : Mortero + Árido Grueso

Adecuada Dosificación

Característica	Factor Incidente	Trabajabilidad	Transporte	Resistencia	Soportar Climas Fríos	Retracción	Estabilidad del Agregado
Sistema de Agregados	Gradación y Tipo de Áridos	✓✓					✓✓
Calidad de la Pasta	Aire, A/C, Vacíos, Dosificación	✓	✓✓	✓✓	✓✓	✓	✓
Cantidad de Pasta	Vp/Vv	✓				✓✓	



9 - 15%
Cemento



15 - 16%
Agua



25 - 35%
agregado fino



30 - 45%
agregado grueso

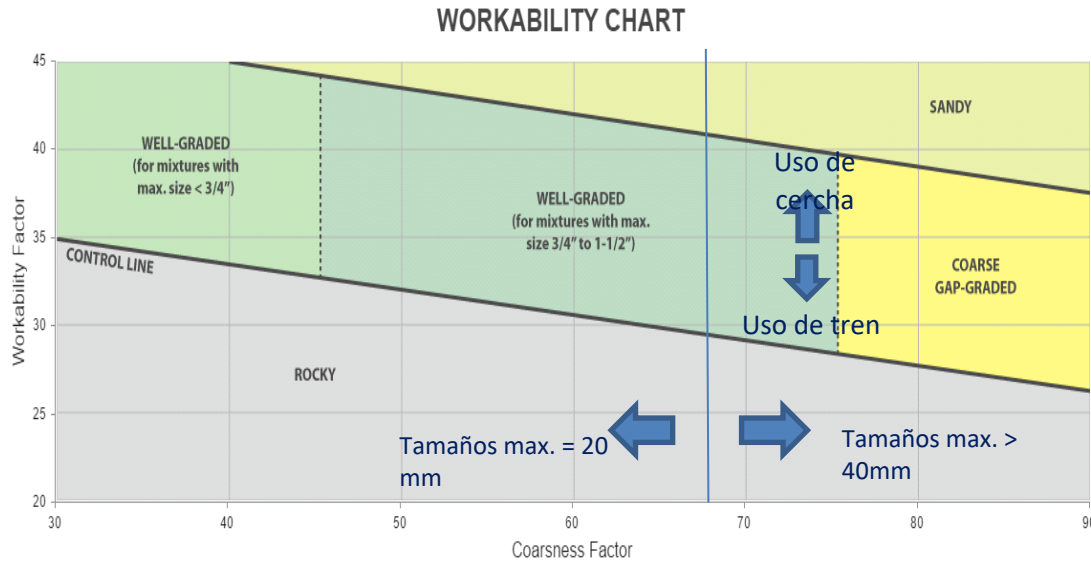
Pasta
(cemento + Agua)

Mortero
(pasta + agregado fino)

Hormigón
(mortero+ agregado grueso)

Buena graduación del agregado combinado:

- Reducir la demanda de agua
- Baja contracción por secado
- Aumentar la trabajabilidad
- Mejorar la resistencia



Determinado por la cantidad de arena

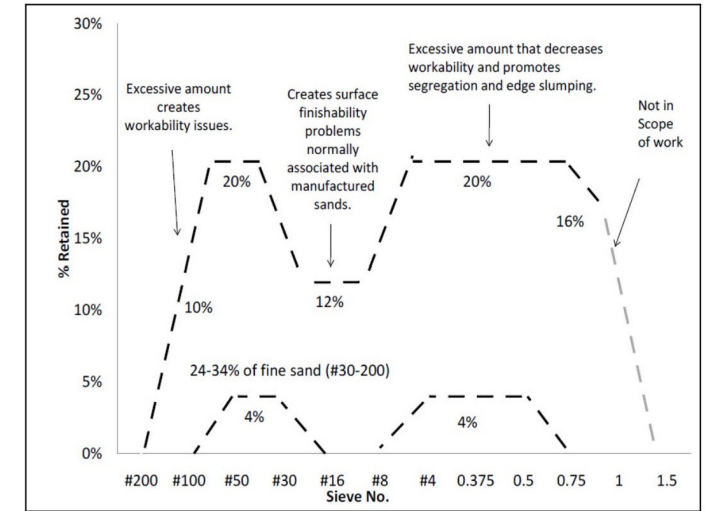


Figure 2 - Recommended limits for aggregate gradation (adapted from Cook et al. 2013)

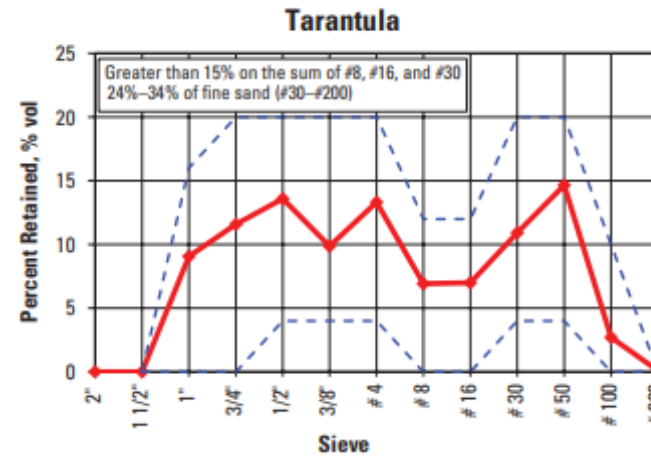
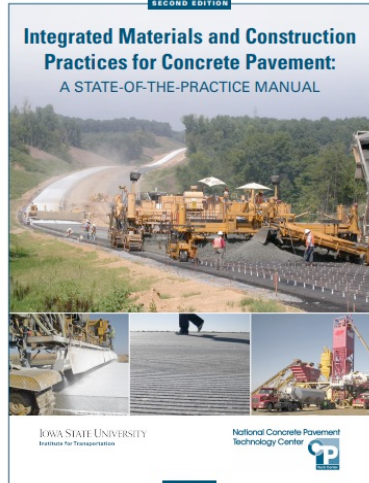


Figure 7-2. Sample combined gradation (solid center line) inside the Tarantula envelope (outer dotted lines)

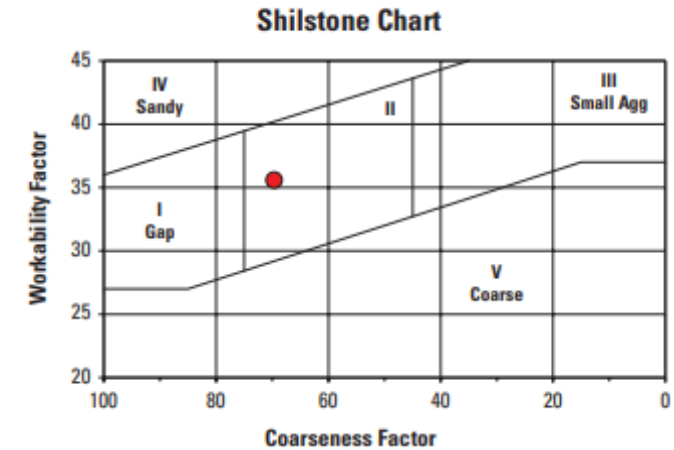
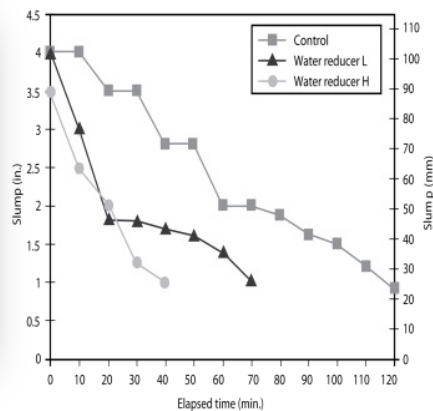


Figure 7-3. Modified coarseness factor chart



La mezcla no debe contar con la dosis de agua justa y precisa

!Ni tan Seca ni tan húmeda!!!



TRABAJABILIDAD

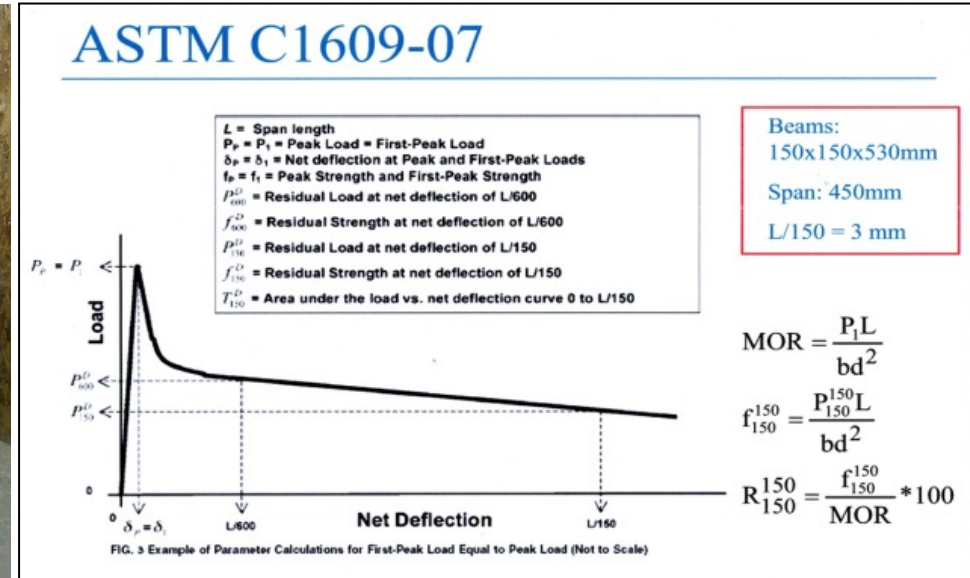


Especificar un determinado cono puede no ser suficiente!!

El uso de macrofibras además de contribuir al desempeño del pavimento mejorando sus propiedades, permite también la optimización de espesores



Uso de Macrofibras



Fiber-Reinforced Concrete
for Pavement Overlays:
Technical Overview

Final Report

April 2019

Sponsored by

Federal Highway Administration

Technology Transfer Concrete Consortium (TTCC) Pooled Fund TFF-93313

(Part of Interagency Project 15-532)

IOWA STATE UNIVERSITY

Institute for Transportation

National Concrete Pavement
Technology Center





Residual Strength Estimator for Fiber-Reinforced Concrete Overlays

Instructions:

Run an overlay design software to determine the design inputs. Select design choices from the drop-down menus below to narrow down the recommended performance requirement of FRC for the proposed overlay pavement. Determine the effective flexural strength to input into overlay design software instead of design concrete flexural strength. Prepare specifications to achieve design residual strength of FRC material.

Design Input Choices

Type of Overlay Road

Arterial

Millions of ESALS in Design Life

0.01 to 5.0 million ESALS

Asphalt Pre-Condition*

Fair

*refer to Tech Report to example estimates of asphalt pre-condition

Desired New Concrete Thickness

4.5 to 6 inch PCC thickness

Remaining HMA Thickness after Milling

4.5 to 6 inches HMA remaining

Overlay Slab Size

6ft joint spacing

Desired Performance Enhancements

basic FRC overlay

(this will generate a higher residual strength, but not included in effective flexural strength)

Plain Unreinforced Concrete Flexural Strength (MOR)

550

psi

based on 28 day Four Point Bending (ASTM C78 or ASTM C1609)

Design Suggestions/Warnings:

Recommended Residual Strength (f_{rs})

Use value within this range for the Material Specification:

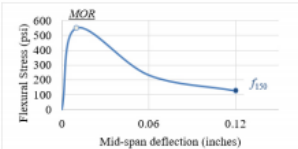
125 to 175 psi (target value from ASTM C1609 test results of FRC)

Effective Flexural Strength (f_{ef})

Replace the MOR from the Pavement Design Software with this value:

650 psi

NOTE: Actual fiber dosage rates are dependent on fiber type, fiber dimensions, concrete mixing/placement technique, cement content and fiber content or volume fraction. The intended fiber and dosage rate should be verified by ASTM C1609 test method. These recommended values are based off of previous field and laboratory testing of fibers used in concrete overlay pavements. Refer to the Tech Guide or Tech Report for more details.



Developed by Amanda Bordelon, Ph.D., P.E. and Jeffery Roesler, Ph.D., P.E.

Version 1.0, January 2019

Acknowledgments:

The software was created with the funding, promotion, and guidance of the National Concrete Consortium (NCC), the National Concrete Pavement Technology Center (CP Tech Center), Stryder & Associates, and a state DOT pooled fund technical advisory committee.



Disclaimer:

The contents of this spreadsheet do not necessarily reflect the official views or policies of the developers' employers, funding agencies, or technical advisory committee members. The spreadsheet developers assume no responsibility, warranty, or liability for any errors, omissions, or inaccuracies of this spreadsheet. This spreadsheet does not constitute a standard, specification, or regulation.



Autoguardado

Residual-Strength-Estimator-for-FRC-Overlays-April-19-2019_public - Excel

Mauricio Salgado

Archivo

Inicio

Insertar

Disposición de página

Fórmulas

Datos

Revisar

Vista

Ayuda

Buscar

Pegar

Times New Roma

11

A⁺

A⁻

N

K

S

U

V

W

X

Y

Z

Combinar y centrar

Portapapeles

Fuente

Alineación

Número

Estilos

Celdas

F15

X

✓

f_x

Residual Strength Estimator for Fiber-Reinforced Concrete Overlays

Instructions:

Run an overlay design software to determine the design inputs. Select design choices from the drop-down menus below to narrow down the recommended performance requirement of FRC for the proposed overlay pavement. Determine the effective flexural strength to input into overlay design software instead of design concrete flexural strength. Prepare specifications to achieve design residual strength of FRC material.

Design Input Choices

Type of Overlay Road

Local Road Street

Millions of ESALS in Design Life

0.01 to 5.0 million ESALS

Asphalt Pre-Condition*

Fair

*refer to Tech Report to example estimates of asphalt pre-condition

Desired New Concrete Thickness

4.5 to 6 inch PCC thickness

Remaining HMA Thickness after Milling

3 to 4.5 inches HMA remaining

Overlay Slab Size

6ft joint spacing

Desired Performance Enhancements

basic FRC overlay

(this will generate a higher residual strength, but not included in effective flexural strength)

Plain Unreinforced Concrete Flexural Strength (MOR)

550

psi

based on 28 day Four Point Bending (ASTM C78 or ASTM C1609)

Design Suggestions/Warnings:

FRC Estimator Tool

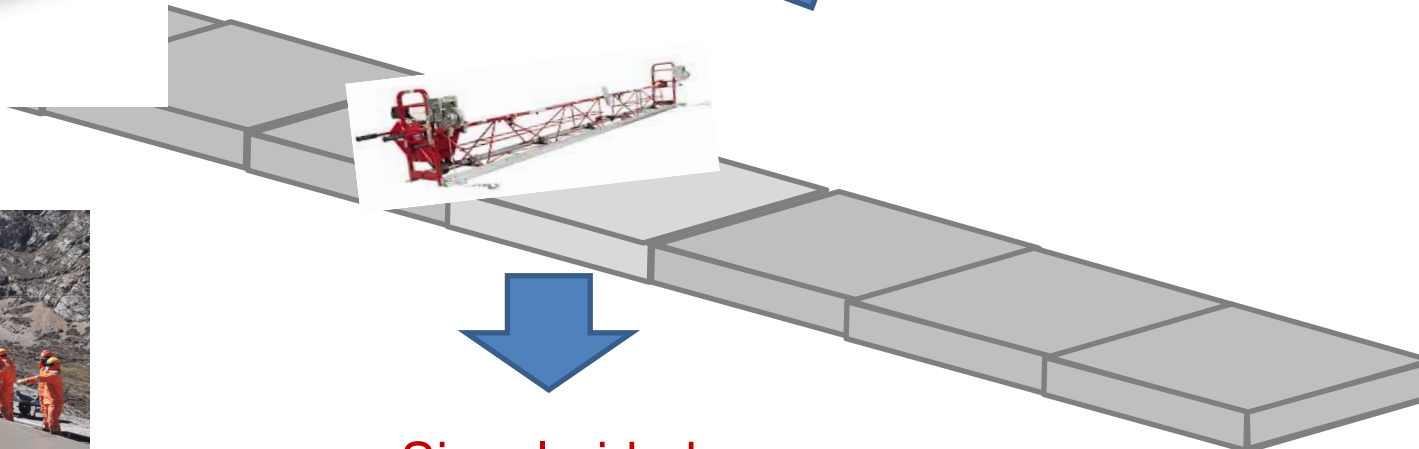
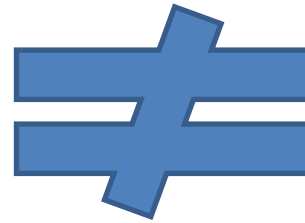
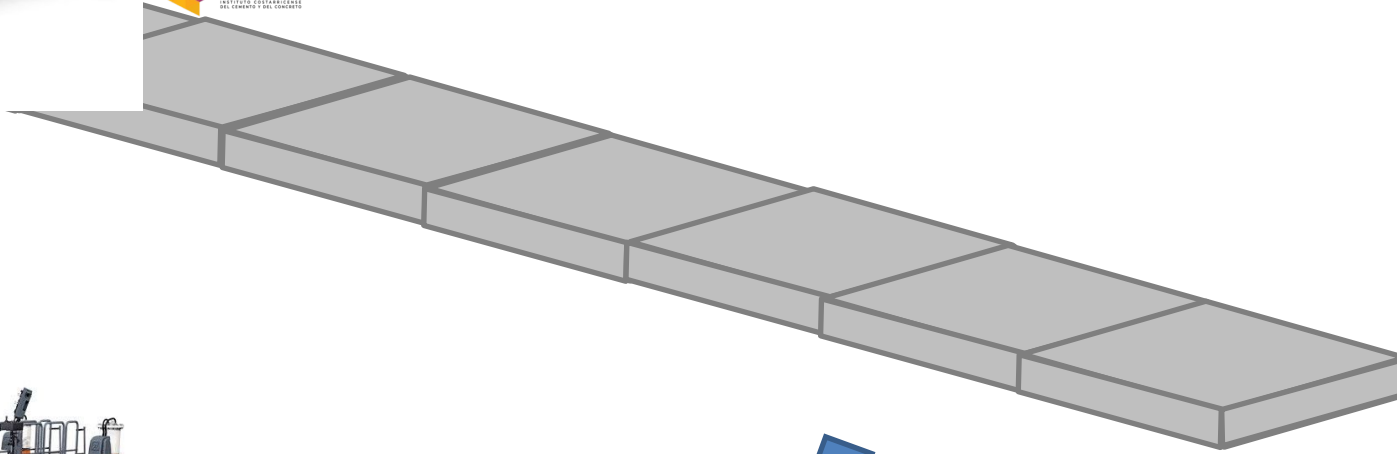


Proyecto Ambo – Oyon (Perú)

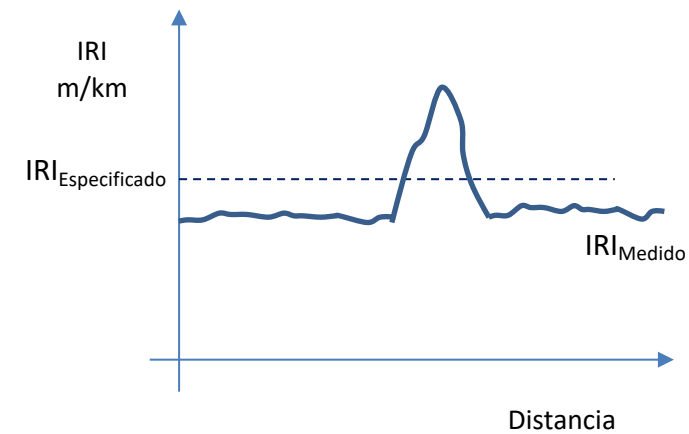
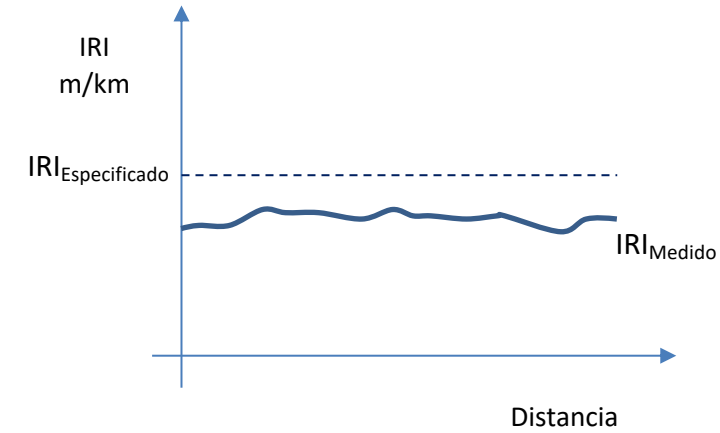
Efecto de la falta de continuidad en la pavimentación y la materialización de algunas losas de forma manual



americano
de Concreto
americano de
de Concreto



Singularidad

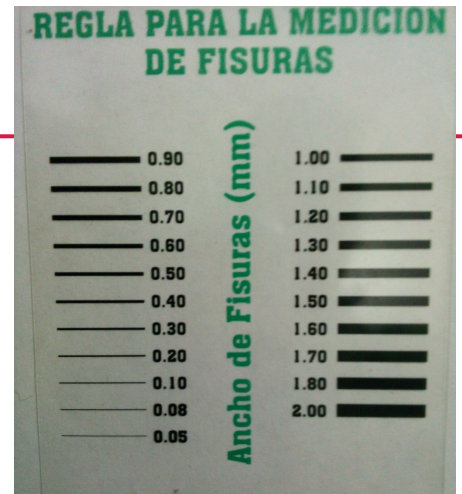




Ruta 24 (Uruguay)



Medidas Preventivas para evitar los problemas de retracción



Instalación de barreras de viento y/o sol.

Definir jornadas de trabajo en horarios con temperatura ambiente más bajas.

Iniciar las actividades de curado tan pronto finalice la terminación superficial.

Utilizar membranas de curado o retardantes de evaporación, según EETT.



Ruta 24 (Uruguay)



5. Seguimiento cotidiano de la ejecución de los trabajos de pavimentación.



Seguimiento a los trabajos de preparación de la plataforma



Ensayos de concreto en estado fresco y endurecido



Monitoreo de parámetros climatológicos durante la colocación



Verificación de la regularidad superficial

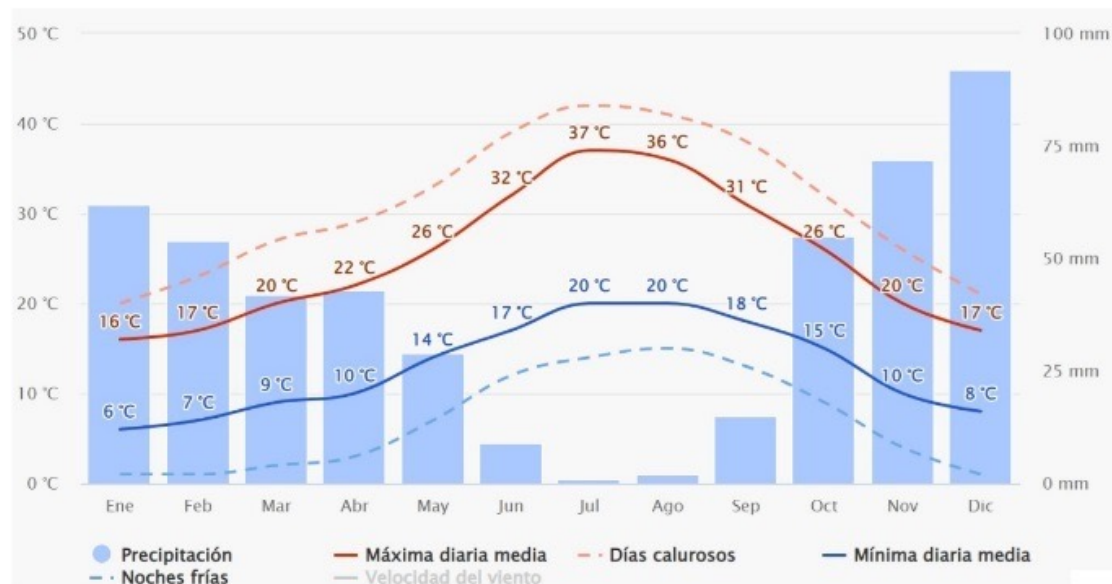


Inspección Visual de la calidad del trabajo terminado



Control de madurez para agilizar la apertura al tránsito

Temperaturas medias y precipitaciones



Medidor de temperatura para concreto



Termómetro digital láser



Medidor de humedad para concreto



Anemometro digital

¿Por qué es recomendable monitorear el IRI durante la etapa de construcción?

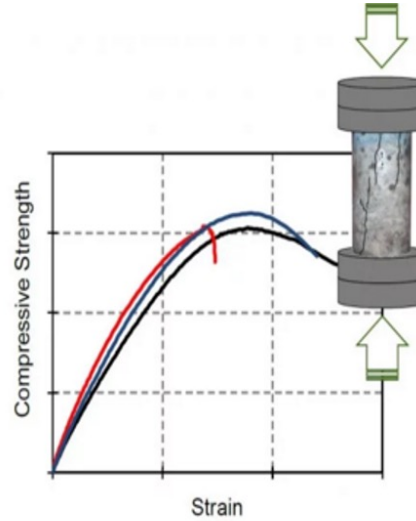
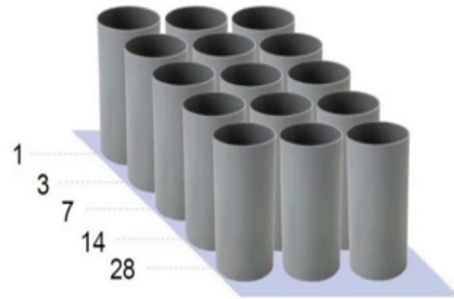
Existen diferentes formas de monitorear el IRI una vez se va avanzando en la pavimentación, uno de los equipos que resulta muy versátil para esta labor es el Dipstick, el cual permite identificar y acotar los sitios que puedan estar elevando el valor promedio del IRI, especialmente en los casos que no están dentro de una zona a considerar como singularidad y que eventualmente pudieran llegar a ser sectores a revisar o corregir si fuese realmente necesario.



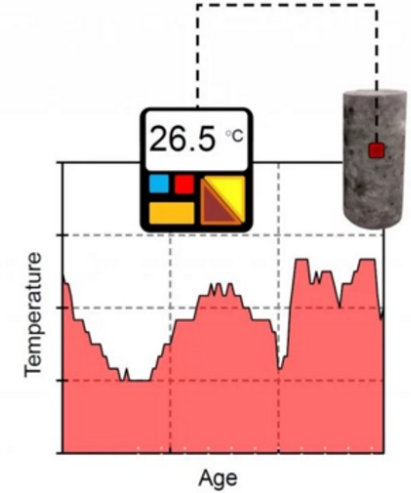
Método para estimar la resistencia a la compresión del hormigón a partir de la madurez



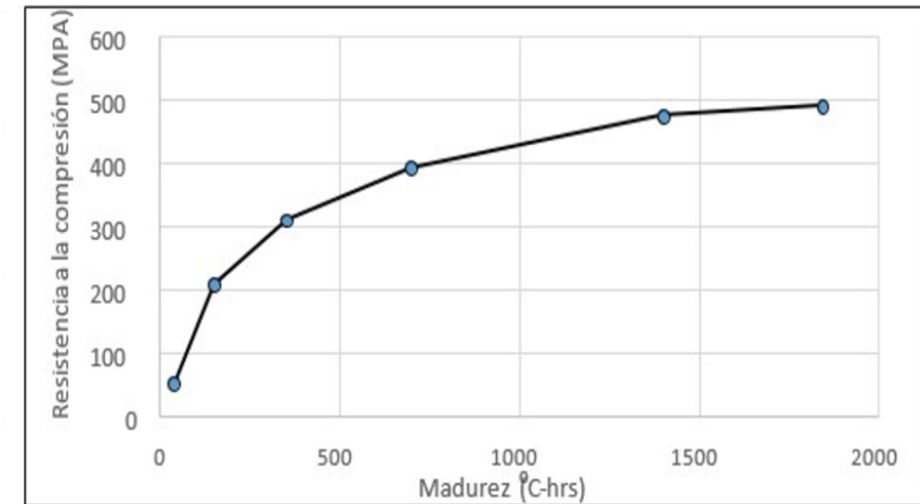
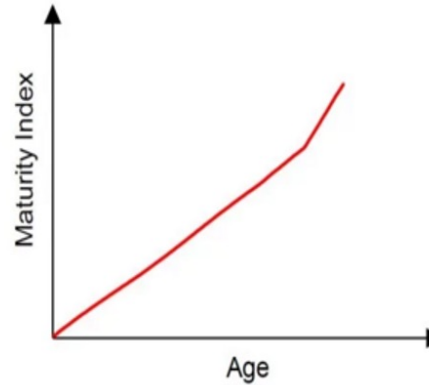
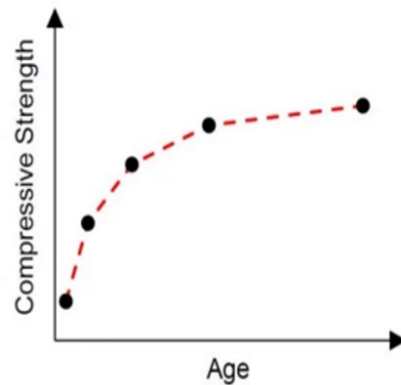
Strength Monitoring



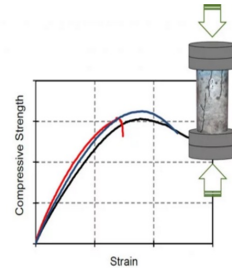
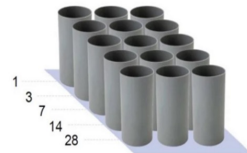
Temperature Monitoring



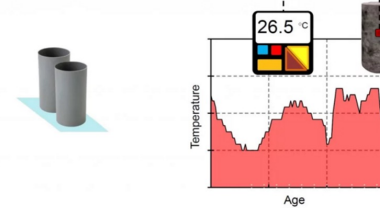
Develop Maturity Curves



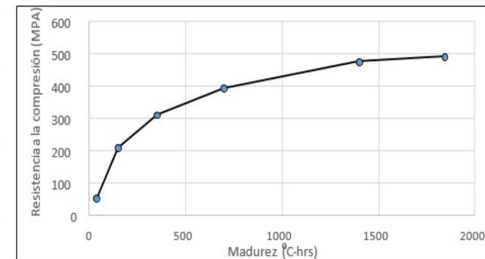
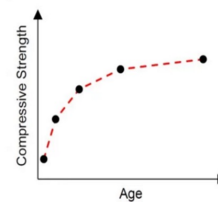
Strength Monitoring



Temperature Monitoring



Develop Maturity Curves



El uso del concepto de la madurez puede contribuir a agilizar los procesos de apertura al tránsito y a la reducción de costos

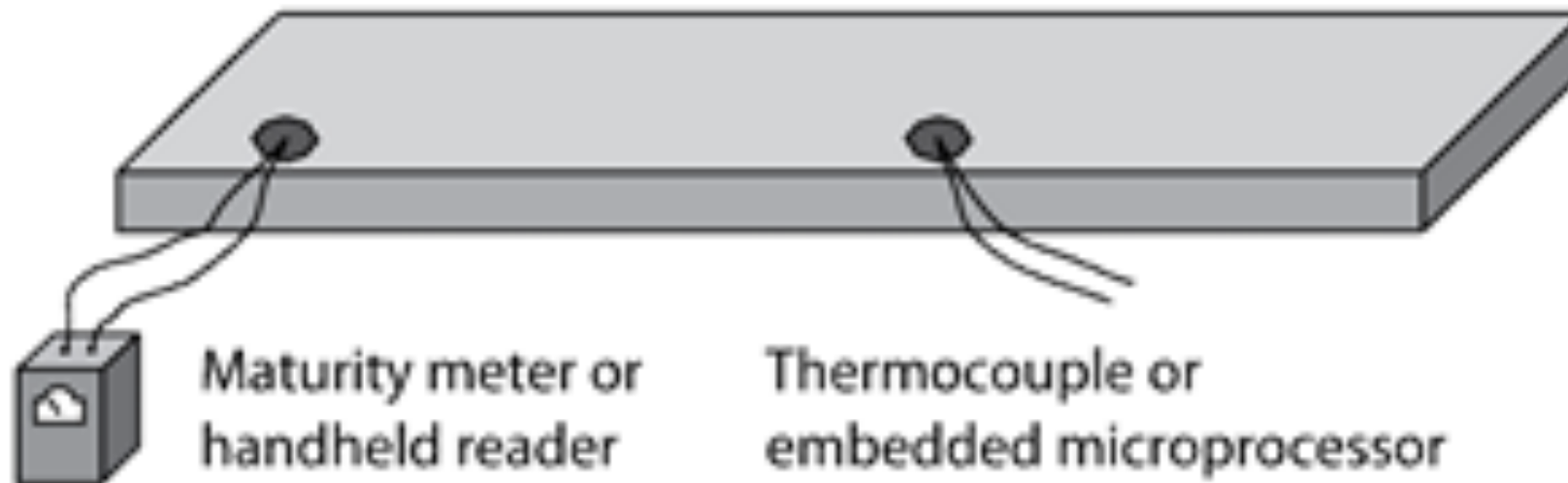


Tabla 16. Espesor de la Losa y Resistencia de Apertura al Tránsito

Espesor de la Losa	Resistencia de Apertura al Tránsito	
	Compresión	Flexotracción
150 mm (6 in.)	24 MPa (3.600 psi)	3,7 MPa (540 psi)
175 mm (7 in.)	19 MPa (2.700 psi)	2,8 MPa (410 psi)
200 mm (8 in.)	15 MPa (2.150 psi)	2,3 MPa (340 psi)
230 mm (9 in.)	14 MPa (2.000 psi)	2,0 MPa (300 psi)
250 mm (10 in.) +	14 MPa (2.000 psi)	2,0 MPa (300 psi)

**Economía y
Sustentabilidad**

Extracción y
Transporte de
Áridos

Trituración de
Áridos

**Trabajabilidad y
Durabilidad**

Mezclado de
Hormigón

**Trabajabilidad y
Rendimiento**

Transporte del
Hormigón

Colocación y
Extensión del
Hormigón

**Trabajabilidad
Rendimiento y
Performance**

Terminación
Superficial

**Performance y
Confort**

**Performance y
Durabilidad**

Curado

**Performance
y Estética**

Aserrado de
Juntas

**Rendimiento y
Eficiencia**

Apertura al
Tránsito

**Aspectos Claves en un Proyecto
de Pavimentación con concreto**

Error Tipo

**FANTASY
ISLAND**



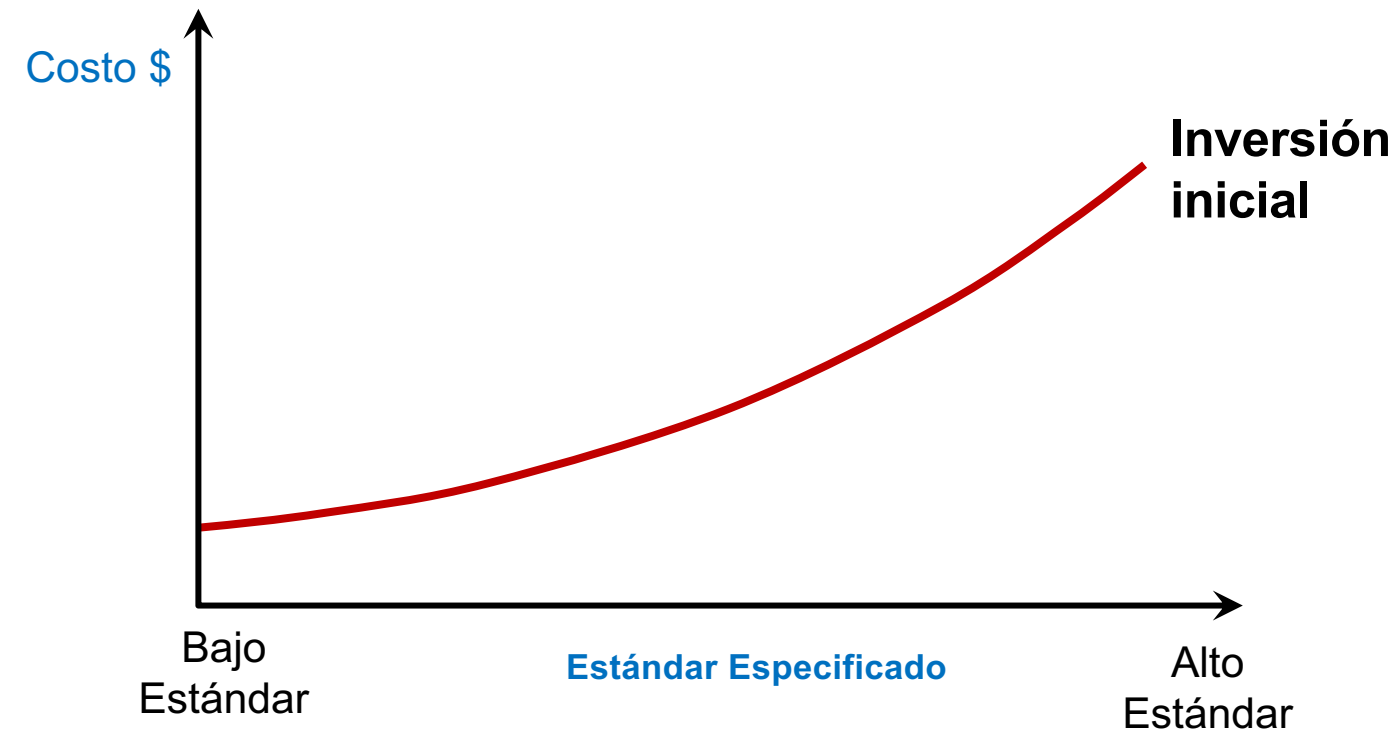
El Camión!
El Camión!



Consideraciones técnicas para la planificación y desarrollo de un proyecto de pavimentación con concreto

FACTORES QUE DETERMINAN LA EFICIENCIA E INCIDEN EN EL COSTO DE EJECUCIÓN DE UN PROYECTO.

Calidad & Estándar



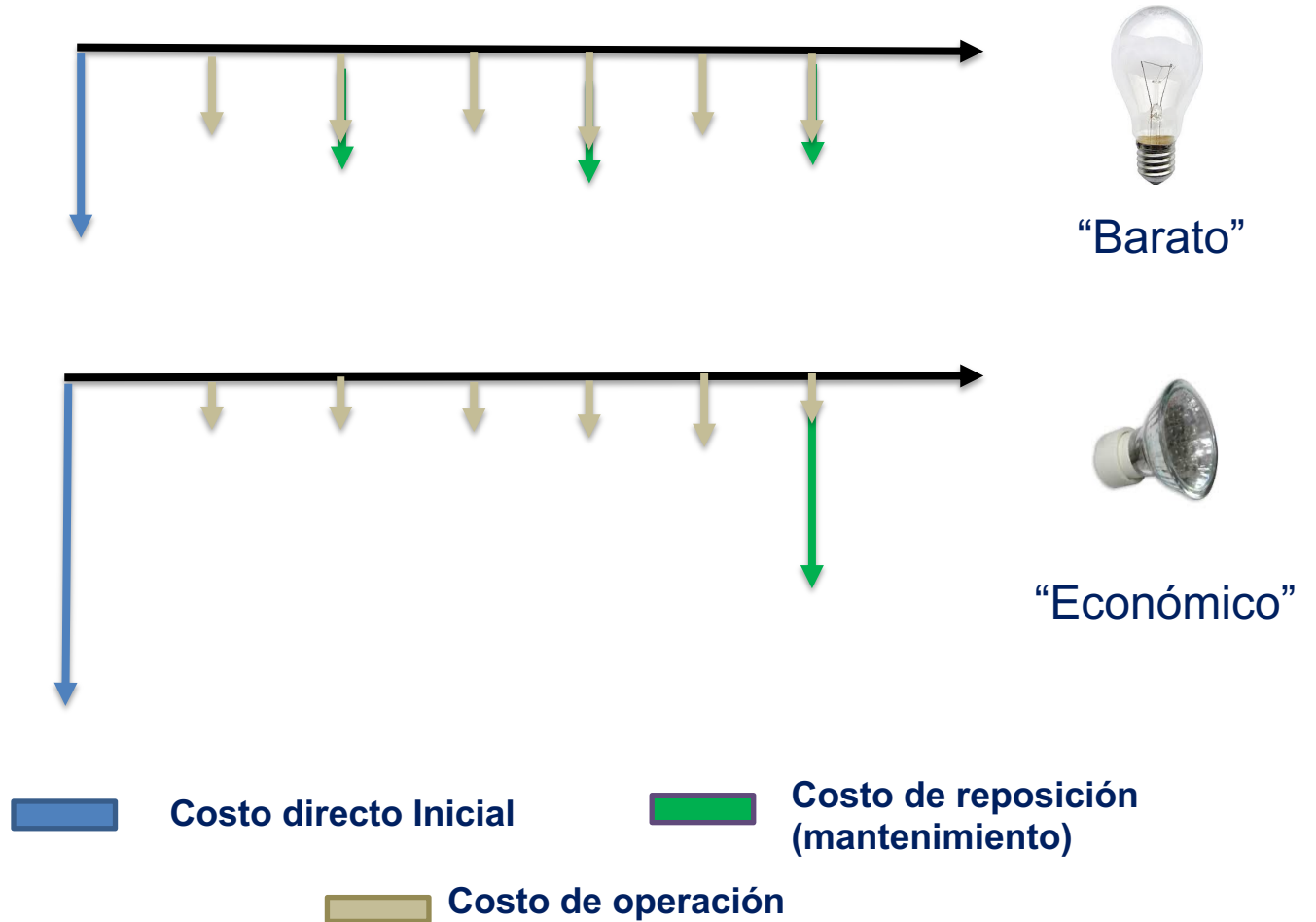
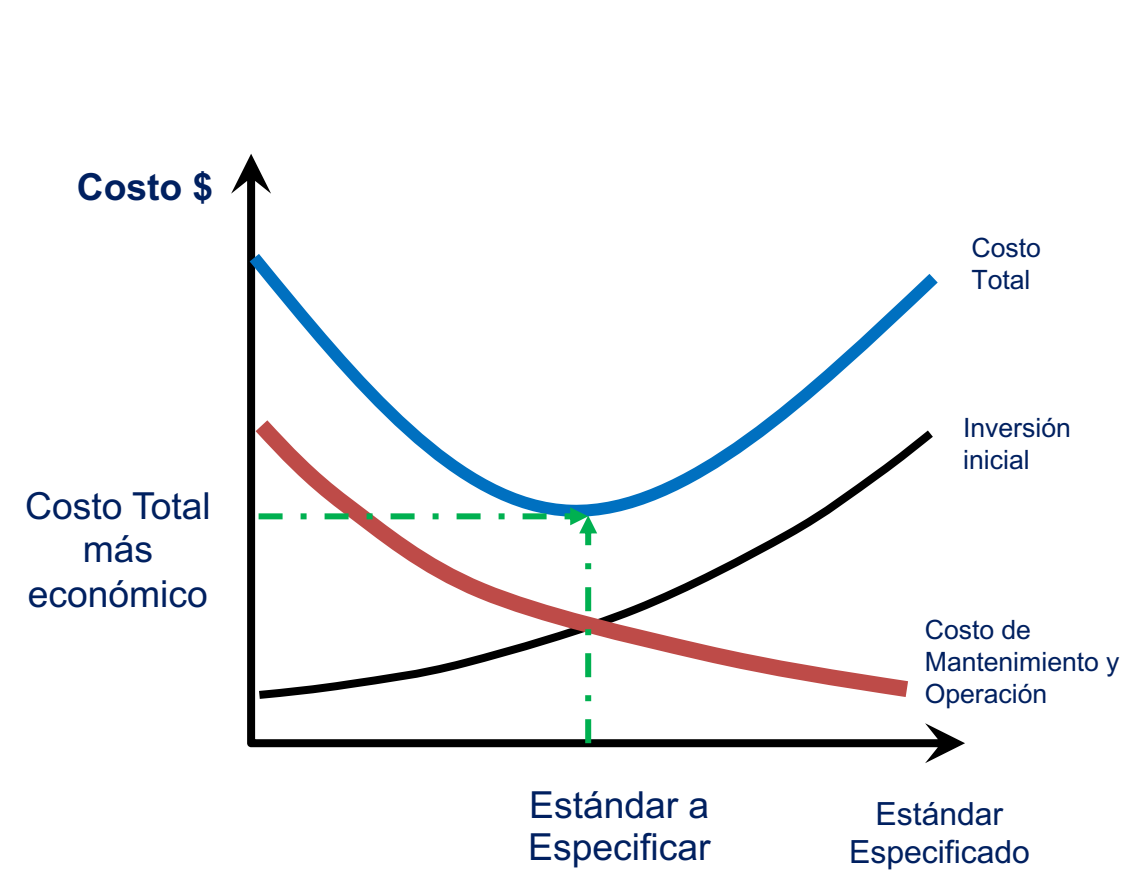
Bajo Estándar $\neq$ Mala Calidad

Identificación del Estándar
“Adecuado”

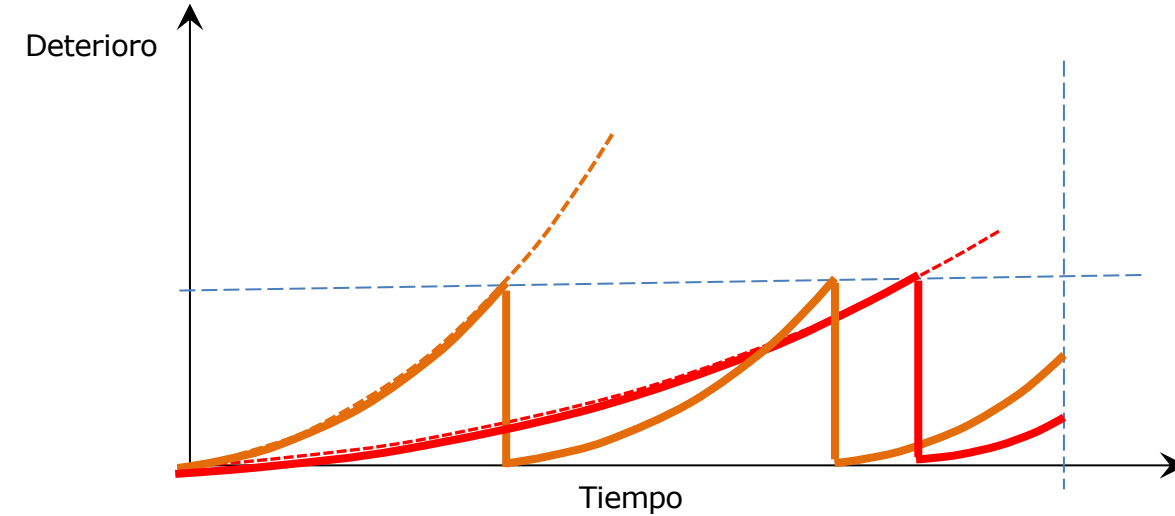
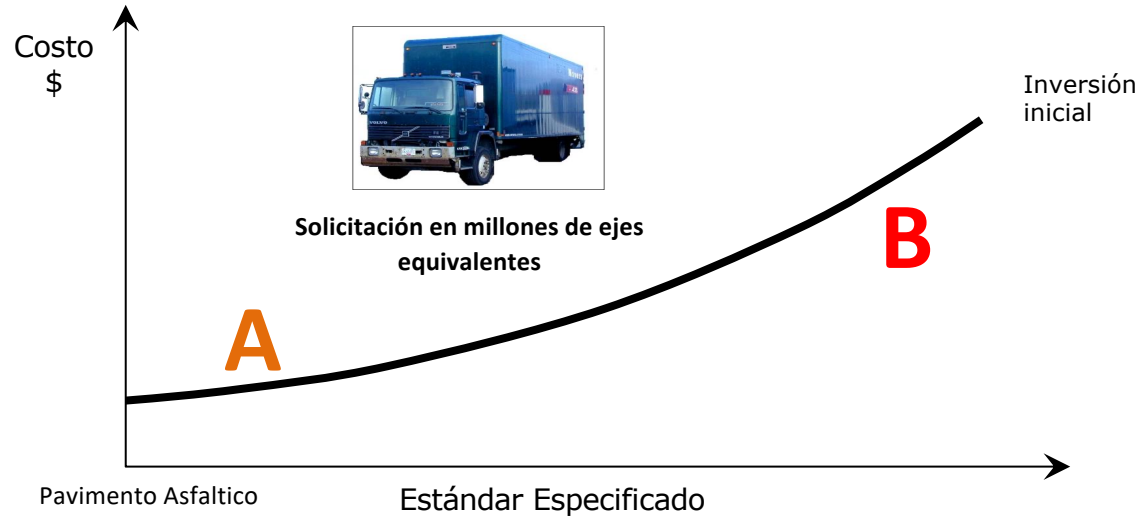


**La decisión del estándar a adoptar
es función de la necesidad y la
disposición a pagar**

¿Cuál debería ser el Estándar a adoptar?



Análisis de costos directos iniciales de un pavimento



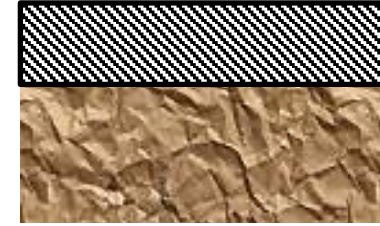
- Calidad de Materiales
- Propiedades de Materiales
- Procesos Constructivos

A



\$

B



\$

Comparaciones de Hormigón y Asfalto

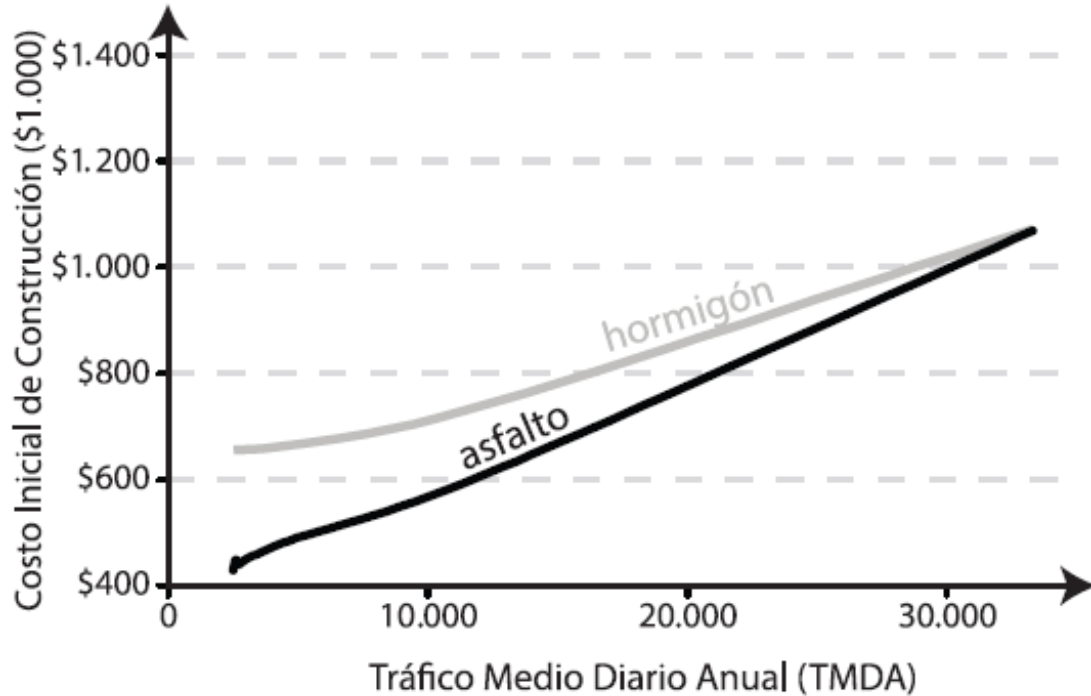


Figura 1-2. Tendencia general de los costos iniciales de construcción de pavimentos de hormigón y de asfalto según el Departamento de Transporte de Louisiana (Temple et al. 2004).

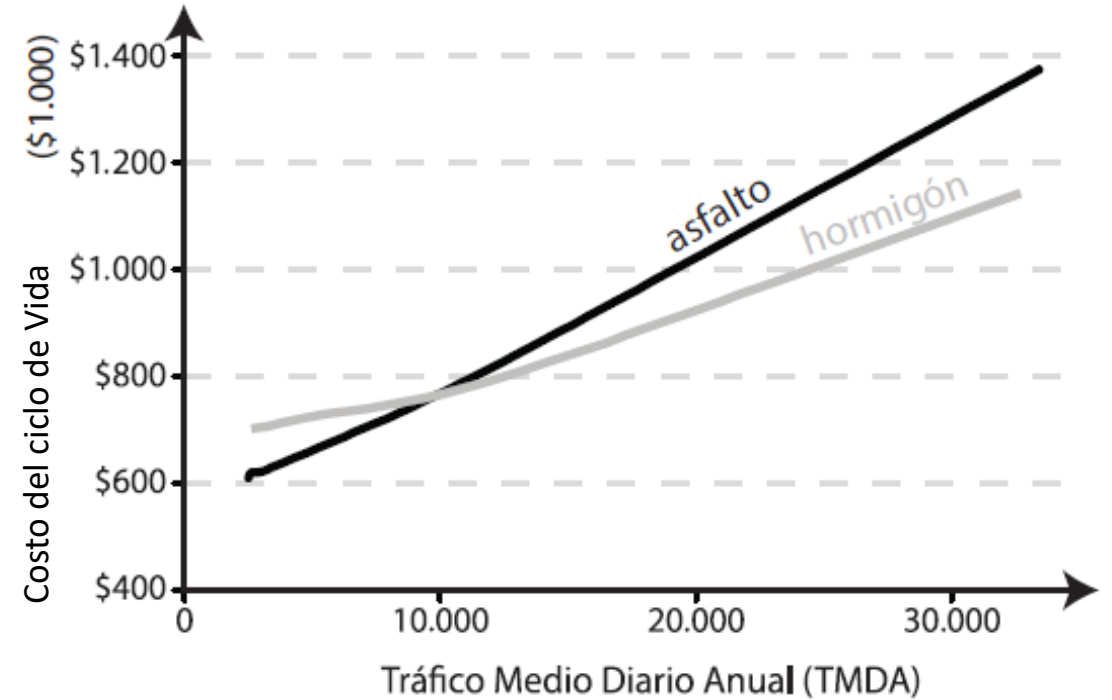
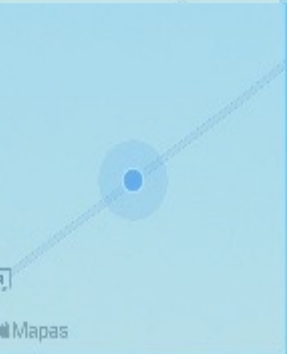


Figura 1-3. Tendencia general del costo del ciclo de vida de los pavimentos de hormigón y de asfalto según el Departamento de Transporte de Louisiana (Temple et al. 2004).

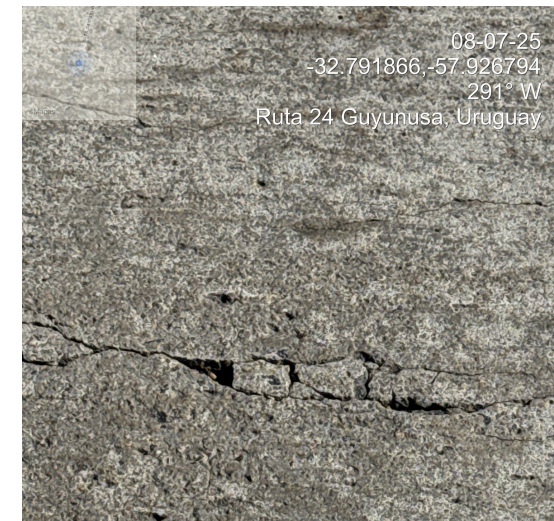
Fuente: ACPA Análisis del Costo del Ciclo de Vida



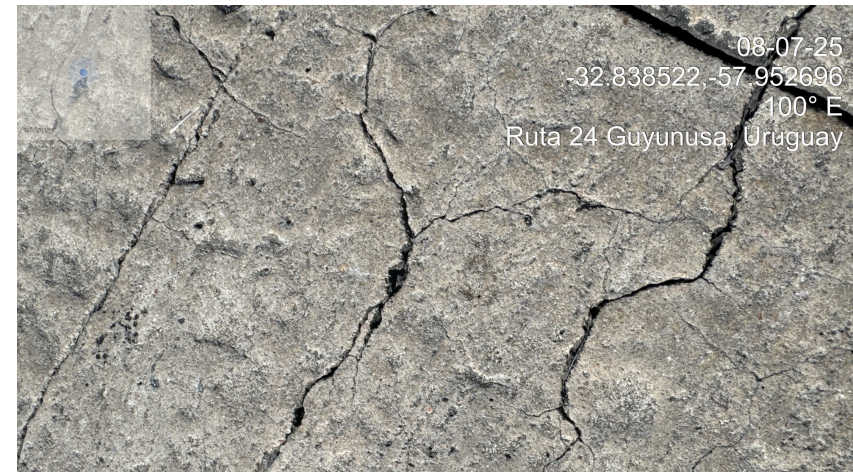
08-07-25
-33.164036,-58.169424
133° SE
Ruta 24 Guyunusa, Uruguay



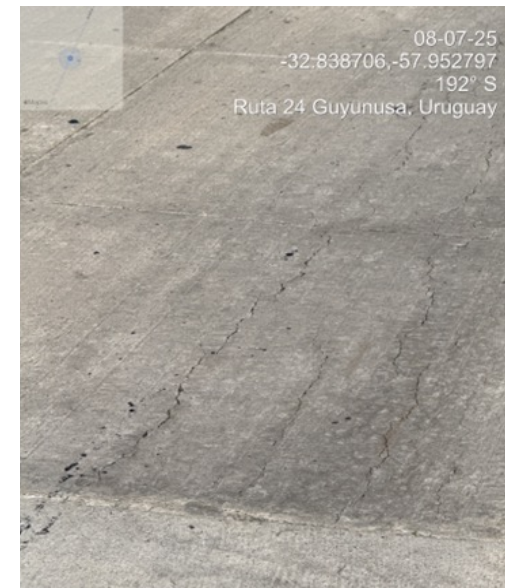
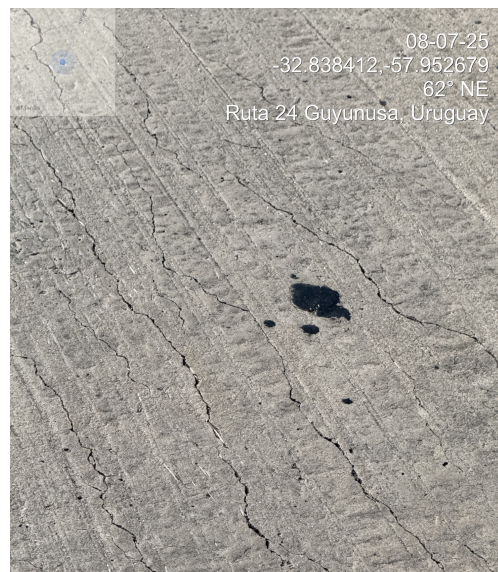
Losas de Concreto Dimensión Tradicional sin Fibras



Whitetopping – Concreto con fibra (12 años de servicio)

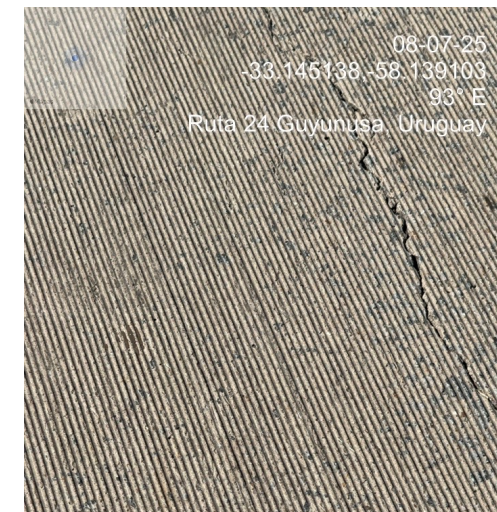
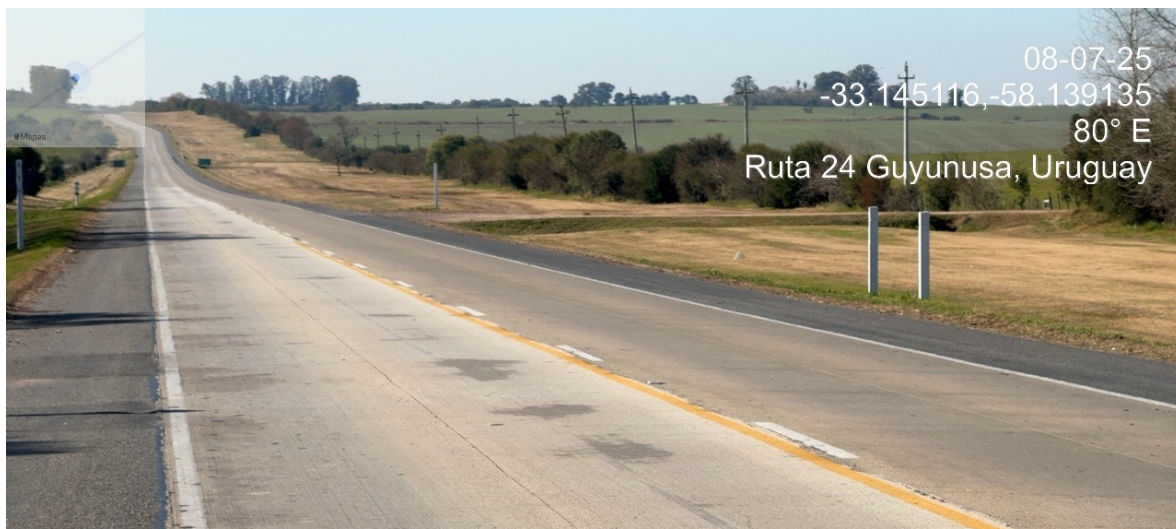


Whitetopping – Concreto con fibra (14 años de servicio)



Whitetopping – Concreto con fibra

(14 años de servicio con cepillado hace un año)



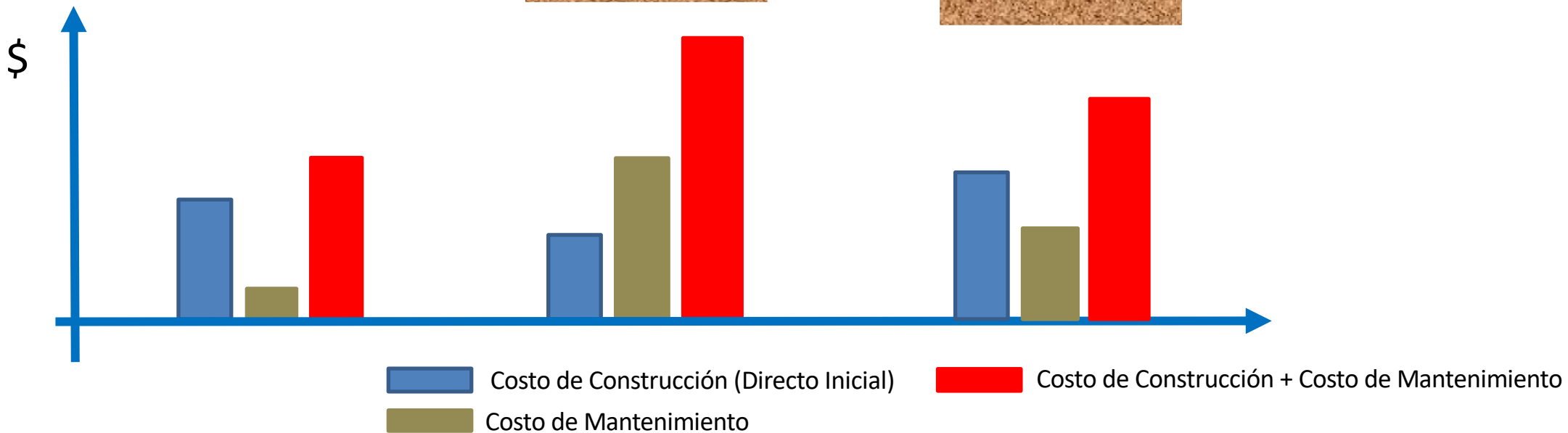
Pavimento de Hormigón

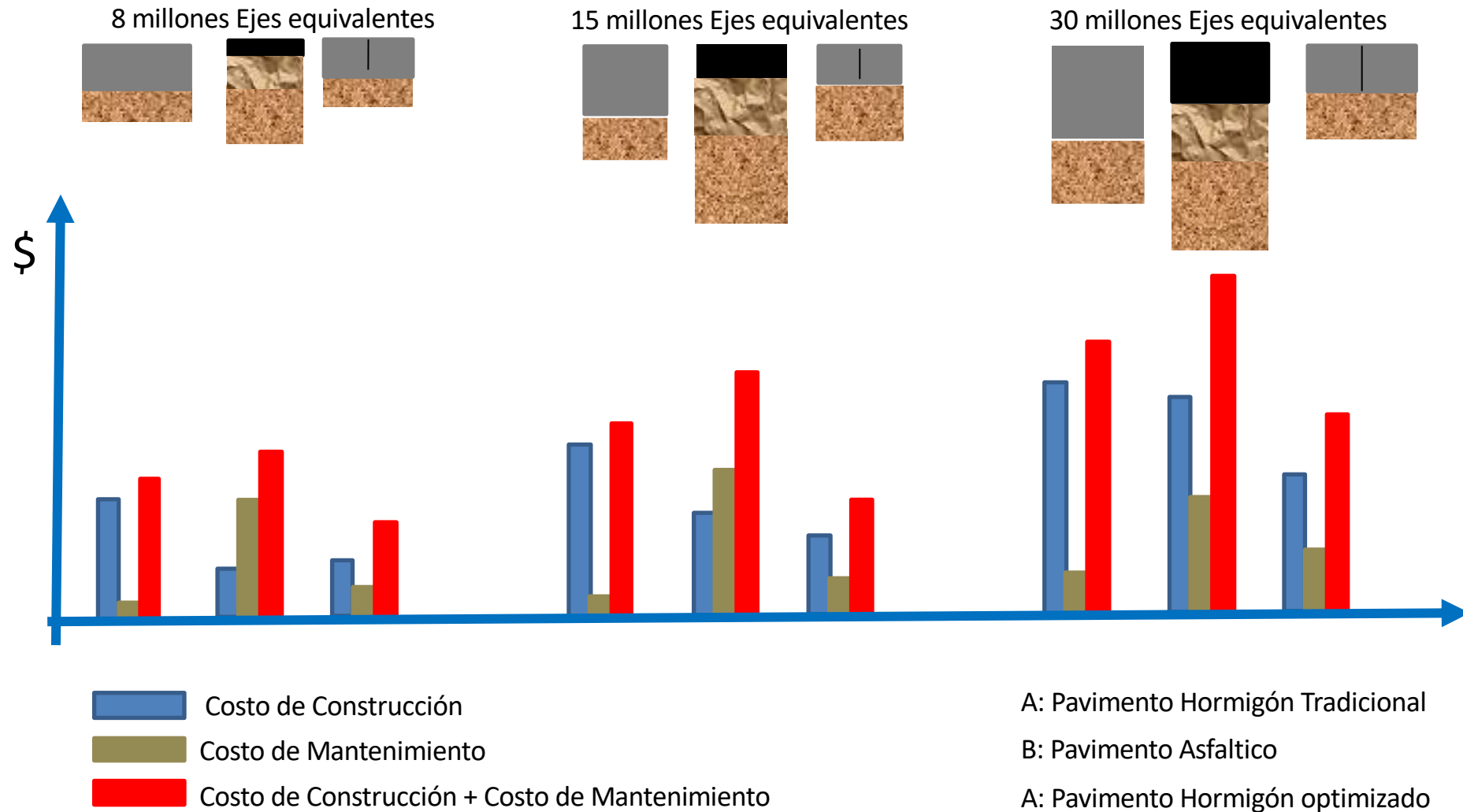


Pavimento Asfáltico



Pavimento Asfáltico “equivalente real”







Pavimento de Hormigón Tradicional + Cepillado ½ vida



Pavimento de Hormigón Tradicional

15 millones Ejes equivalentes



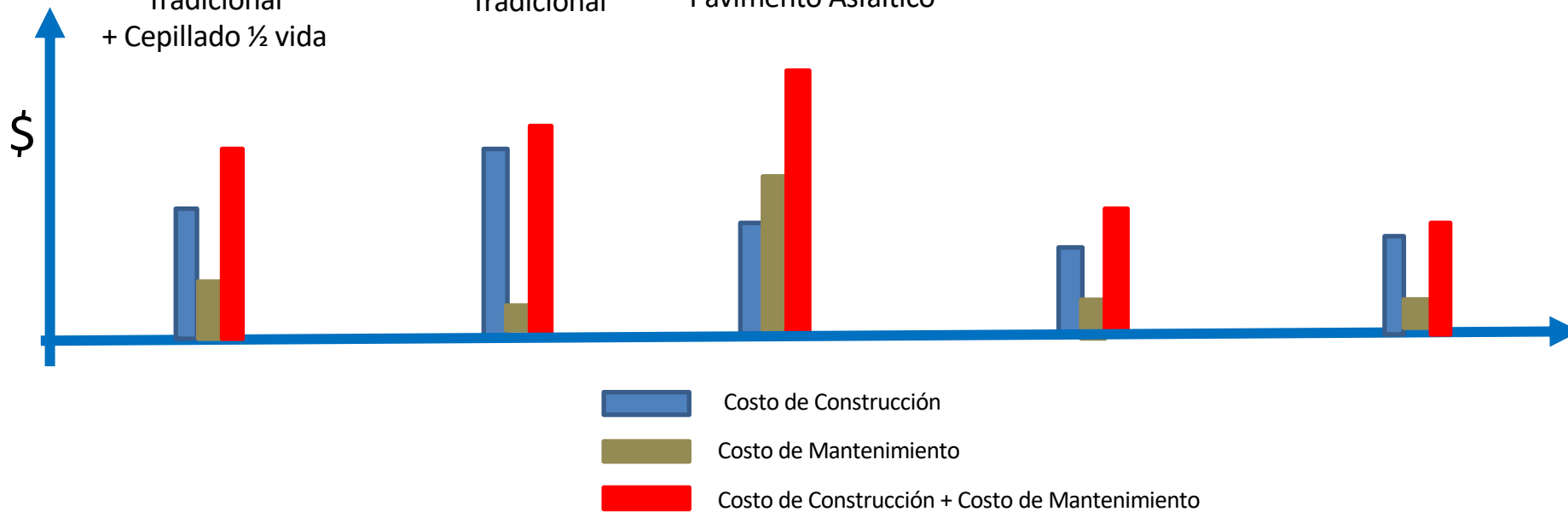
Pavimento Asfaltico



Pavimento de Hormigón Losas cortas



Pavimento de Hormigón Losas cortas + fibras





Umbral de IRI para diferentes velocidades de operación

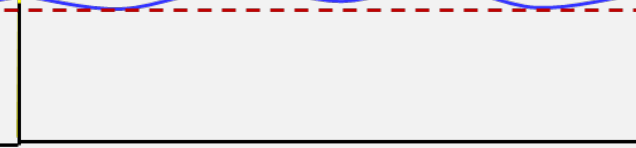
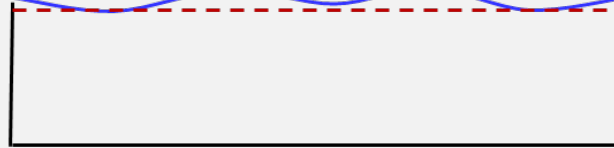
Fuente: Abudinen D. et al. Development of Thresholds for Travel Quality Assessment In Colombian Urban Roads. Conference: 2nd IRF Asia Regional Congress & Exhibition Kuala Lumpur, Malaysia, 2016

Thresholds for International Roughness Index at different operational speeds.

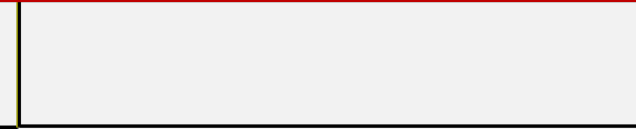
Requerimientos funcionales (IRI) acordes al contexto



Antes de cepillar



Después de Cepillar





Cepillado de Pavimentos – Diamond Grinding

Cepillado



Antes



Después

Conclusiones - Recomendaciones

- La planificación y el seguimiento de los proyectos de ejecución de construcción de pavimentos de concreto no solamente es indispensable sino que exige compromiso real para hacer permanente el registro de información y la documentación de TODOS los eventos e incidencias del proyecto.
- Poder hacer trazabilidad es la única forma posible de identificar y corregir eventuales problemas, por ello el seguimiento y retroalimentación, idealmente de un ente externo a la cotidianidad contribuye al éxito del proyecto.
- La prevención así como la documentación y registro constante de las incidencias es la mejor herramienta frente a las controversias.



Jacob "Jake" Hiller
QEPD





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



GRACIAS

Mauricio Salgado Torres
GESPAP Ingeniería & Certificación –
GESINFRA Consultores – Chile / Colombia
msalgado@gespap-ic.com msalgado@gesinfra.cl