



PAVIMENTOS DE HORMIGÓN CON TECNOLOGÍAS DE ALTO RENDIMIENTO

Ing. Álvaro González
SERVIAM Paraguay

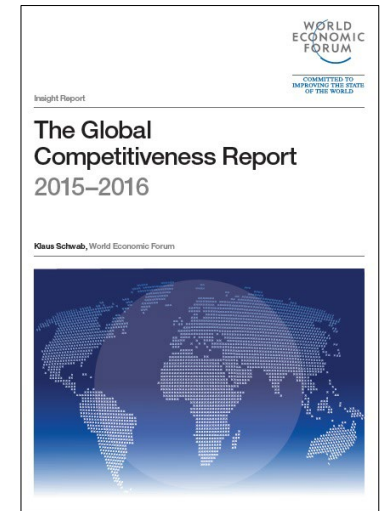
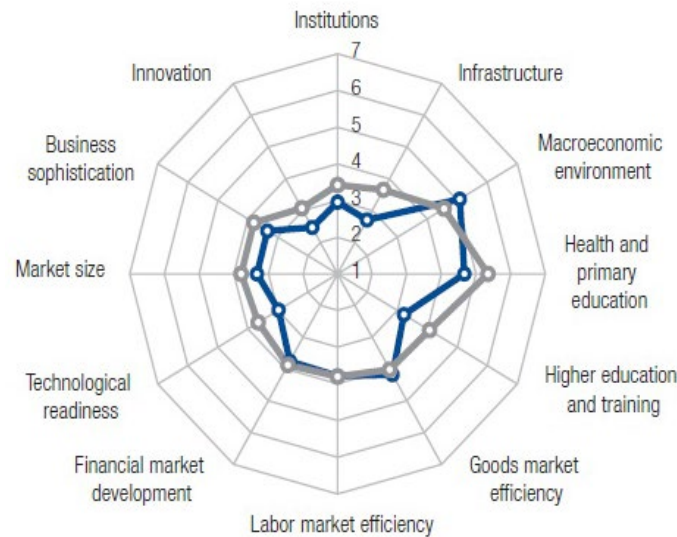
Ing. Mariano Pappalardi
Cementos Avellaneda





WORLD ECONOMIC FORUM GLOBAL COMPETITIVENESS INDEX 2015-2016

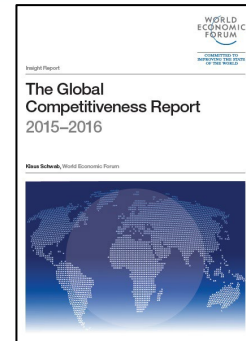
- Calificación a **140 países**
- **COMPETITIVIDAD** de cada uno determinada por 12 variables



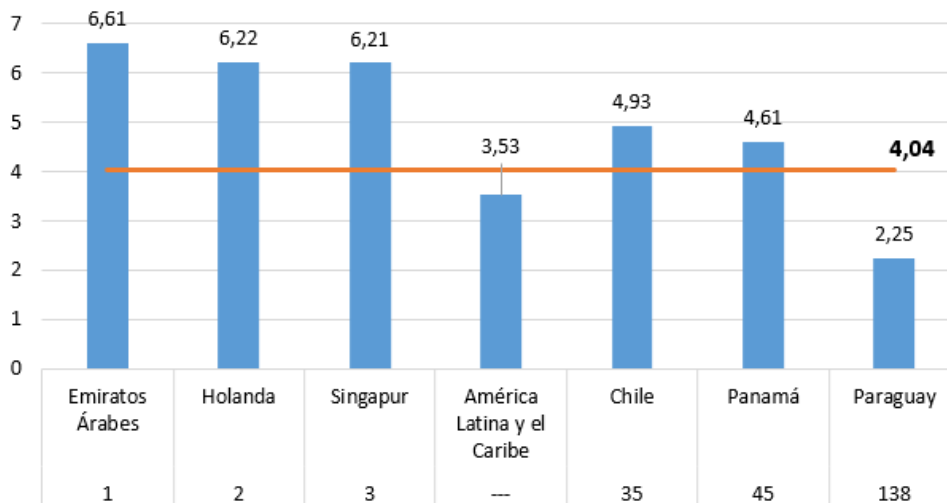
GLOBAL COMPETITIVENESS INDEX 2015-2016

INFRASTRUCTURE

Quality of roads



Indicador de CALIDAD DE RUTAS 2015-2016



**LAS RUTAS DE CALIDAD
CONTRIBUYEN POSITIVA
O NEGATIVAMENTE EN LA
COMPETITIVIDAD DE UN
PAÍS**

ELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA MÁS CONVENIENTE

Evaluar cada proyecto con todas las alternativas posibles

NO todas las enfermedades se curan con la misma medicina

***Los Pavimentos de Hormigón son convenientes en muchos
Proyectos Viales***



Se produce una **sana competencia** que genera:

- ✓ **Reducción de costos y precios** de los proyectos
- ✓ **Mejoras en la calidad** de los pavimentos de **AMBAS** alternativas

COMPARAR SOLUCIONES COMPARABLES

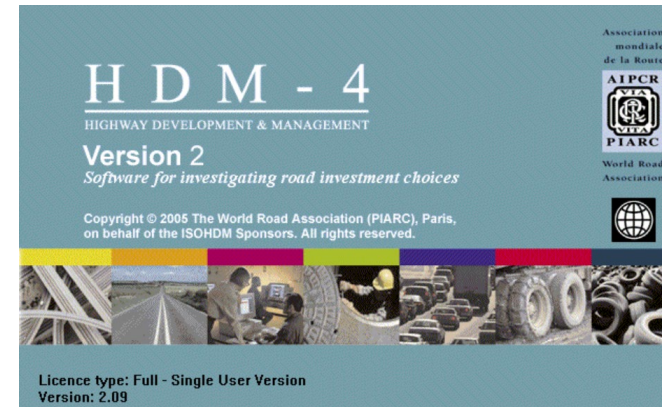
*Evaluar los costos de las soluciones a lo largo de su “Ciclo de Vida”
mediante HDM - 4*

Diseñar pavimentos de LARGA VIDA ÚTIL

Tendencia internacional: 50 años

Mayoría de países latinoamericanos: 10,15 o 20 años

**Más del 70% del presupuesto destinado a vialidad se destina a
mantenimiento de corta vida útil y no en NUEVOS Y MEJORES proyectos**



MITOS SOBRE LOS PAVIMENTOS DE HORMIGÓN

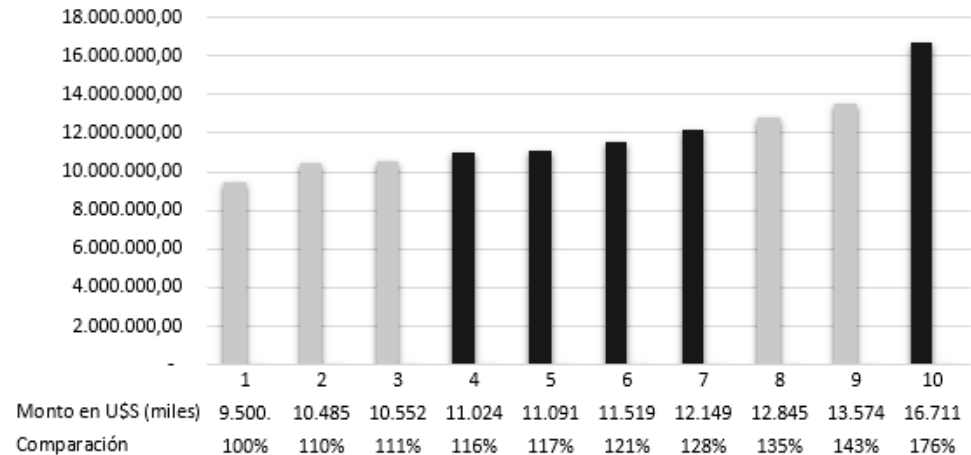
- Son **MÁS CAROS**

Ruta 24, Uruguay

Tramo de 53 kms.

- **Whitetopping** adherido con macro fibras
- 15.000.000 ESALs
- e = 15 cm
- Losas 1,80 x 1,80 mts.
- Sin barras de transferencia ni barras de unión

Comparación de ofertas Ruta 24



Los montos de comparación son para el contrato básico de 26,2 km, que fue ampliado en 100%.

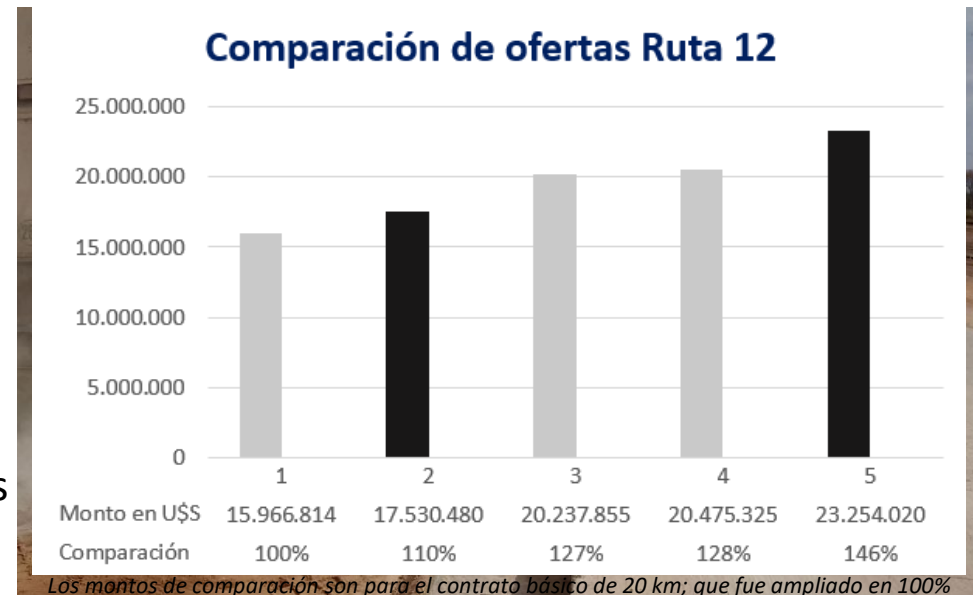
MITOS SOBRE LOS PAVIMENTOS DE HORMIGÓN

- Son **MÁS CAROS**

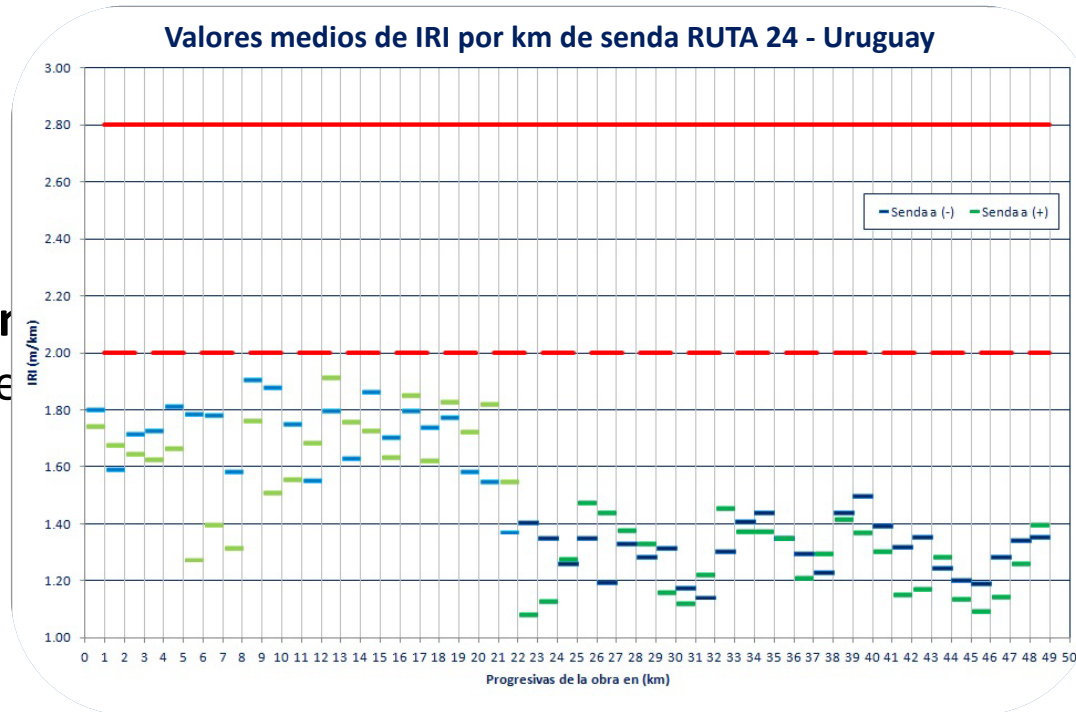
Ruta 12, Uruguay

Tramo de 50 Km (en ejecución)

- Período de diseño **25 años**
- e = 20 cm
- Losas 4,50 x 4,50 mts.
- Con barras de transferencia de carga y barras de unión
- Bases cementadas recicladas in situ e = 15 cms



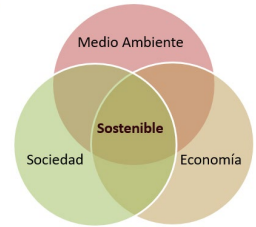
MITOS SOBRE LOS PAVIMENTOS DE HORMIGÓN



Con las técnicas de

se consiguen mantener niveles

LOS PAVIMENTOS DE HORMIGÓN SON UNA SOLUCIÓN SOSTENIBLE



Beneficios Económicos

- ✓ Costo de **construcción**
- ✓ Costo del **ciclo de vida**
- ✓ Menor consumo de **combustibles**
- ✓ Menos costos por **accidentes**
- ✓ Menor costo de **iluminación**
- ✓ Todos los **insumos nacionales**
- ✓ Facilidad de **rehabilitación**

Beneficios Sociales

- ✓ Menos **excavaciones**
- ✓ Mayor **confort**
- ✓ **Más seguridad:**
 - Mayor adherencia
 - Sin ahuesos
 - Menor distancia de frenado
 - Reducción de aquaplaning
 - Menos **interferencias** al tránsito

Beneficios Ambientales

- ✓ Larga **vida útil**
- ✓ Ahorro de combustible
- ✓ Reducción de **isla de calor**
- ✓ Menos emisiones de **CO₂**
- ✓ **Resistente a derrames**
- ✓ Menor **consumo de energía**
- ✓ Posibilidad de **reciclado**
- ✓ Menor consumo de **materiales** de cantera



PAVIMENTOS DE HORMIGÓN:

Una alternativa inteligente y sostenible

PUBLICADO POR:

- Asociación Europea de Pavimentos de Concreto
- Agrupación de Fabricantes de Cemento de España
- Instituto Español del Cemento y sus Aplicaciones

URL: https://www.oficemen.com/show_doc.asp?id_doc=190



LOS PAVIMENTOS DE HORMIGÓN SON UNA SOLUCIÓN SOSTENIBLE



- Incremento de **VIDA ÚTIL**
 - ✓ Menor consumo de **materiales y energía**
 - ✓ Menos intervenciones para reconstrucción: **reducción de accidentes**
- 100% de los insumos de **ORIGEN NACIONAL**
Contribuye favorablemente a la **Economía Nacional**
- **PRECIOS más estables**
Independencia de la **volatilidad** del precio del **petróleo y derivados**



LOS PAVIMENTOS DE HORMIGÓN SON UNA SOLUCIÓN SOSTENIBLE

Facilidad de rehabilitación: Pulido, Diamond grinding

RUTA 66

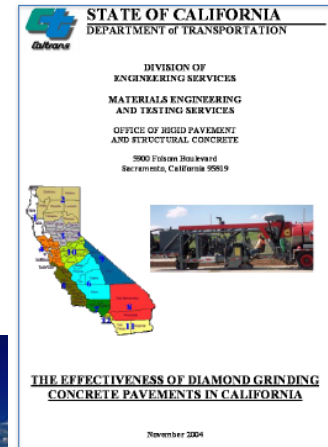
Construcción en 1946

Pulido en 1965

Repulido en 1984

Nuevo repulido en 1997

**Hoy en día circulan 240.000 vehículos
diarios**





- Disminuye el **CONSUMO DE COMBUSTIBLE**

Según National Research Council of Canada, circular sobre pavimentos de hormigón genera una disminución **entre 0,8% y 6,9%**



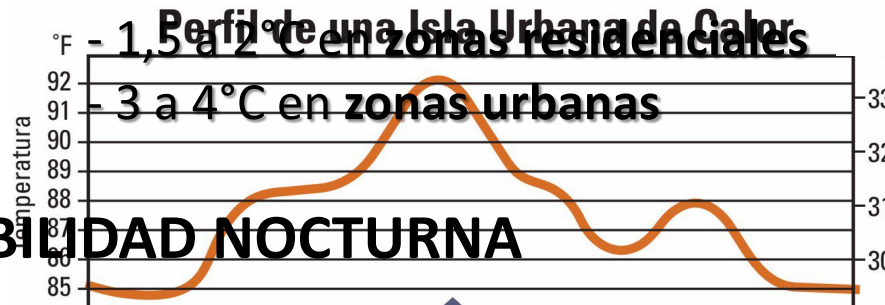
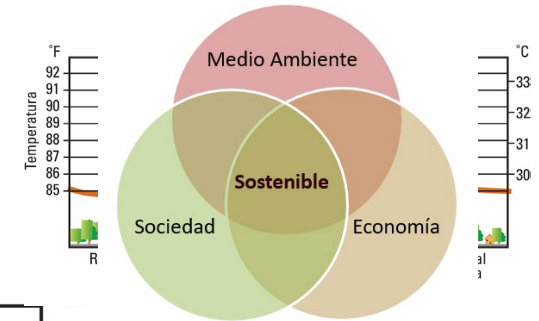
Pavimento asfáltico



Pavimento de hormigón

- Reducción de **COSTOS** para el usuario
- Disminuciones en las **EMISIONES DE CO₂**

- Disminuye la **ISLA DE CALOR**
Pavimentos claros, techos claros y adecuada vegetación generan **menores temperaturas:**



- Mejora **VISIBILIDAD NOCTURNA**

Por su tonalidad clara requiere menos **iluminación artificial**

- 1,5 a 2°C en zonas residenciales
- 3 a 4°C en zonas urbanas



ÚNICO E IRRENUNCIABLE OBJETIVO

CONSTRUIR PAVIMENTOS DE ALTA CALIDAD

1. Incentivar la **minimización del IRI**

Estrategia recomendada por **Ing. Roesler (U. de Illinois, EEUU)**

Ruta 24, Uruguay

Premio de **U\$S 400.000** por lograr IRI menor a **2m/km**

2. **Involucramiento y concientización** de todas las partes involucradas

Sector público, empresarial, universitario

CONSTRUIR PAVIMENTOS DE ALTA CALIDAD

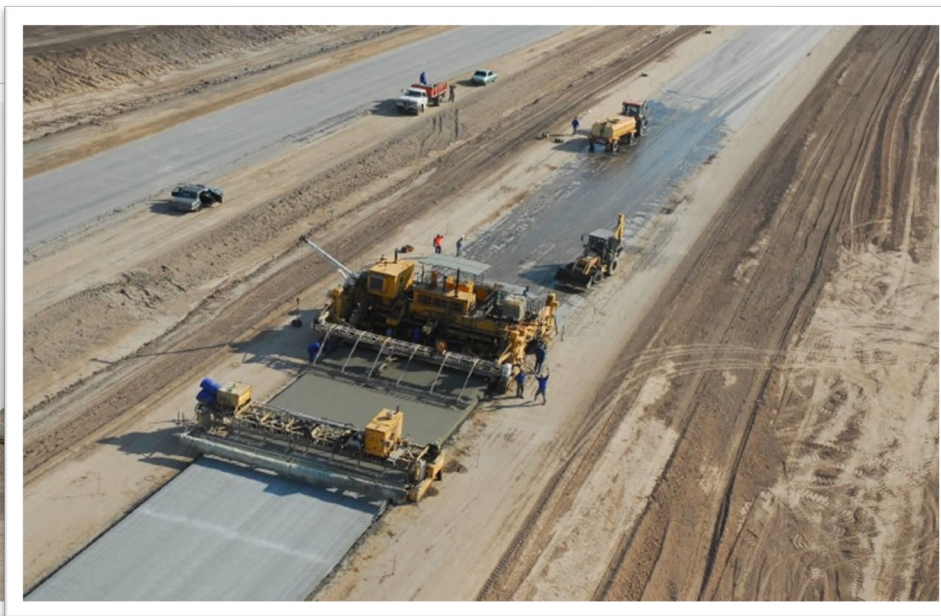
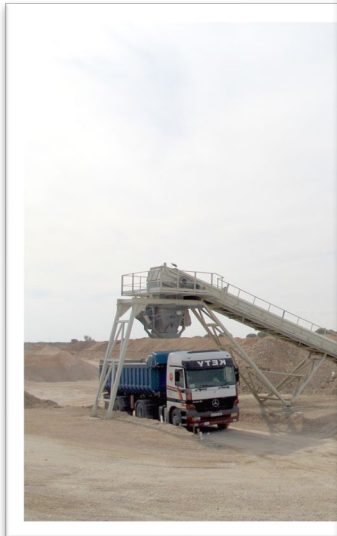
- 3. Capacitación de personal técnico y operativo** de empresas y fiscalizaciones públicas y privadas
- 4. Trabajo en equipo entre todas las partes** con el objetivo único e irrenunciable de construir pavimentos *con la mejor calidad que podemos lograr*



CONSTRUIR PAVIMENTOS DE ALTA CALIDAD

5. Equipos y tecnologías de última generación:

Planta mezcladora con capacidad adecuada al requerimiento de
Terminadora con encofrado deslizante (con DBI) para pavimentación



CONSTRUIR PAVIMENTOS DE ALTA CALIDAD

- Medición **INMEDIATA** de **IRI**:
DIPSTICK
- Equipos que brinden **PRECISIÓN Y CALIDAD** de la base del pavimento
- **PLANIFICAR** todas y cada una de las tareas con la **ANTICIPACIÓN** debida



CONSTRUIR PAVIMENTOS DE ALTA CALIDAD

6. **Calidad de los materiales.** Controles de calidad rigurosos y periódicos de todos los insumos
7. **Ensayos previos en laboratorio** de dosificación tentativa a ajustar en obra. **LA TERMINADORA ES LA QUE MANDA**
8. Determinación de relación **flexión/compresión** en laboratorio
Control por compresión en obra

CONSTRUIR PAVIMENTOS DE ALTA CALIDAD

9. Planificación en la **LOGÍSTICA** del aprovisionamiento de los **INSUMOS**.

10.

An



CONSTRUIR PAVIMENTOS DE ALTA CALIDAD

9. Planificación en la **LOGÍSTICA** del aprovisionamiento de los **INSUMOS**.
10. **Planificación** y riguroso **control de calidad** en TODO el proceso constructivo

Producción en planta,
Análisis de todas las variables que intervendrán durante el hormigonado:



CONSTRUIR PAVIMENTOS DE ALTA CALIDAD

8. Planificación en la **LOGÍSTICA** del aprovisionamiento de los **INSUMOS**.
9. **Planificación** y riguroso **control de calidad** en TODO el proceso constructivo

Transporte del **HORMIGÓN**
Producción en planta



CONSTRUIR PAVIMENTOS DE ALTA CALIDAD

8. Planificación en la **LOGÍSTICA** del aprovisionamiento de los **INSUMOS**.
9. **Planificación** y riguroso **control de calidad** en TODO el proceso constructivo

Transporte y **PAVIMENTACIÓN**



CONSTRUIR PAVIMENTOS DE ALTA CALIDAD

8. Planificación en la **LOGÍSTICA** del aprovisionamiento de los **INSUMOS**.
9. **Planificación** y riguroso **control de calidad** en TODO el proceso constructivo

Pavimentación



CONSTRUIR PAVIMENTOS DE ALTA CALIDAD

- Planificación en la **LOGÍSTICA** del aprovisionamiento de los **INSUMOS**.
- Planificación y riguroso control de calidad en TODO el proceso constructivo



CONSTRUIR PAVIMENTOS DE ALTA CALIDAD

8. Planificación en la **LOGÍSTICA** del aprovisionamiento de los **INSUMOS**.
9. **Planificación** y riguroso **control de calidad** en TODO el proceso constructivo
10. **Mediciones** y **control de calidad** en el proceso de **pavimentación**



Aserrado



¿CÓMO SE MIDE LA TECNOLOGÍA DE ALTO RENDIMIENTO?

- **Definición de TAR** (Norma IRAM 50002, Cemento para hormigón de uso vial, aplicable con tecnología de alto rendimiento):

*Es aquella que se aplica a la construcción de pavimentos de hormigón empleando pavimentadoras de encofrados deslizantes. Requiere elevados consumos de hormigón, que permitan mantener una velocidad de avance uniforme de **1 m/minuto, como mínimo.***

DEFINICIÓN DE WHITETOPPING

- El término Whitetopping se utilizó tradicionalmente para aludir al recubrimiento de un pavimento asfáltico existente, con una capa de hormigón. De acuerdo al espesor de dicha capa, el Whitetopping se clasificó originalmente como convencional o ultra-delgado, según supere o no los 10 cm de espesor (1); posteriormente aparece una clasificación intermedia denominada “Whitetopping delgado” (2), según se indica en la siguiente tabla. En la actualidad, para evitar confusiones entre ésta y la anterior clasificación, se sugiere la sola mención de “Sobrecapa de hormigón” (3,4), y se clasifica la misma según el grado de adherencia asumido entre capas (“adherida” o “no adherida”).

CLASIFICACIÓN DE WHITETOPPING

Whitetopping	Espesor de hormigón	Adherencia con la capa asfáltica
Convencional	espesor ≥ 20 cm	No se considera adherencia con la capa asfáltica
Delgado	$10 \text{ cm} > e > 20 \text{ cm}$	Alternativa de considerar adherencia con la capa asfáltica, o no considerar.
Ultra-Delgado	$5 \text{ cm} \geq e \geq 10 \text{ cm}$	Se considera adherencia con la capa asfáltica

- (1) American Concrete Pavement Association, Whitetopping, State of the practice, Engineering Bulletin EB210.02P, USA, 1998.
- (2) Transportation Research Board, National Cooperative Highway Research Program, Thin and Ultra-Thin Whitetopping. A Synthesis of Highway Practice, NCHRP Synthesis 338, Washington, D.C., 2004.
- (3) ACI Committee 325, Concrete Overlays for Pavement Rehabilitation, Report ACI 325.13R-06, USA, February, 2006.
- (4) National Concrete Pavement Technology Center, Guide to Concrete Overlays: Sustainable Solutions for Resurfacing and Rehabilitating Existing Pavements, 2nd Ed, ACPA TB021-02P, USA, September 2008.



EQUIPOS DE ALTO RENDIMIENTO COMPLEMENTARIOS



¿QUÉ IMPLICA LA TECNOLOGÍA DE ALTO RENDIMIENTO EN LA CAPACIDAD INSTALADA DE LA PLANTA DE HORMIGÓN?

- **Ejemplo con pavimentación en media calzada:**

Sección a hormigonar		Velocidad media de pavimentación	Producción aproximada de hormigón (planta)	
ancho	espesor			
3,9 m	0,23 m	1,0 m/min	Mínima	55 m ³ /h
3,9 m	0,23 m	1,2 m/min	Normal	65 m ³ /h
3,9 m	0,23 m	1,5 m/min	Objetivo	80 m³/h

¿QUÉ IMPLICA LA TECNOLOGÍA DE ALTO RENDIMIENTO EN LA CAPACIDAD INSTALADA DE LA PLANTA DE HORMIGÓN?

- **Ejemplo con pavimentación en ancho completo de calzada:**

Sección a hormigonar		Velocidad media de pavimentación	Producción aproximada de hormigón (planta)	
ancho	espesor			
8,4 m	0,25 m	1,0 m/min	Mínima	125 m ³ /h
8,4 m	0,25 m	1,2 m/min	Normal	150 m ³ /h
8,4 m	0,25 m	1,5 m/min	Objetivo	190 m³/h



EL TRANSPORTE NO DEBE OBSTACULIZAR EL AVANCE CONTÍNUO DE LA PAVIEMNTADORA

- **Se debe sincronizar el transporte con la producción de planta**
- **Simplificar las maniobras y la circulación por el obrador**
- **Definir volumen óptimo por viaje: ¿cuántos pastones? (m³)**
- **Cantidad de camiones según tiempo y distancia de transporte**
- **Controlar la pérdida de asentamiento del hormigón (final: 3±2 cm)**
- **Asentamiento máximo recomendado a la salida de planta 7 cm**
- **Es clave la combinación cemento-aditivo según la temperatura**
- **Evitar segregación del hormigón durante el transporte**
- **Agilizar la descarga en forma uniforme al frente de pavimentación**



TOMA DE MUESTRA REPRESENTATIVA DEL HORMIGÓN





REGISTRO DE ASENTAMIENTO DEL HORMIGÓN EN PLANTA



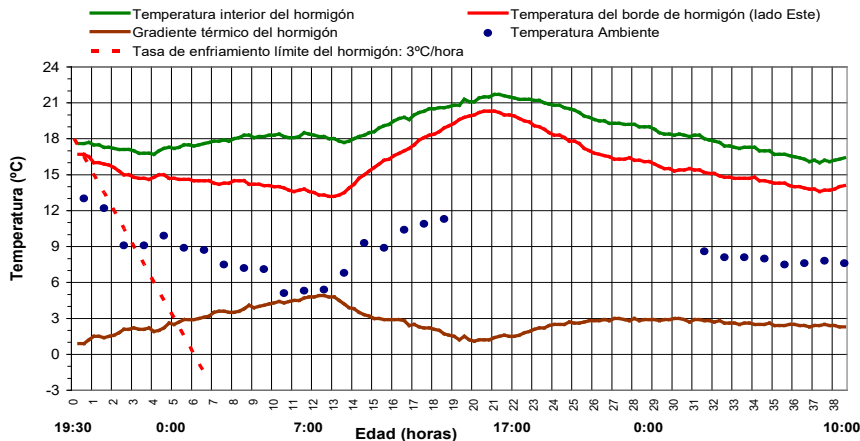
EL CONO DE ABRAMS NOS PERMITE EVALUAR ADEMÁS LAS SIGUIENTES PROPIEDADES DEL HORMIGÓN FRESCO

- **Consistencia del hormigón**
- **Aspecto**
- **Homogeneidad**
- **Cantidad de finos**
- **Cohesión**
- **No siempre es un indicador de la trabajabilidad del hormigón**

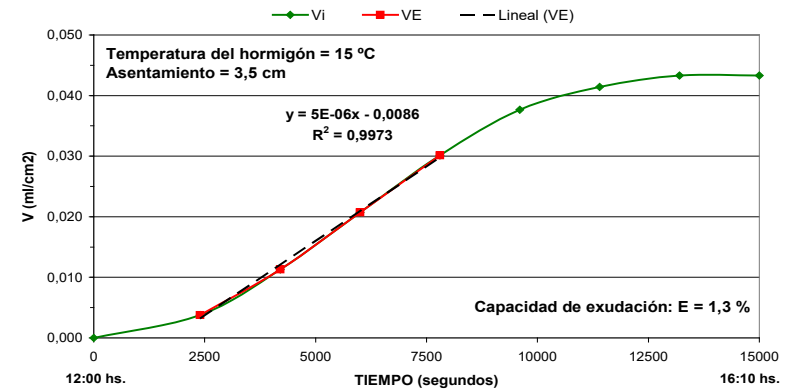
OTROS ENSAYOS DEL HORMIGÓN

- Temperatura y Madurez
- Densidad y Aire incorporado
- Exudación y tiempo de fraguado

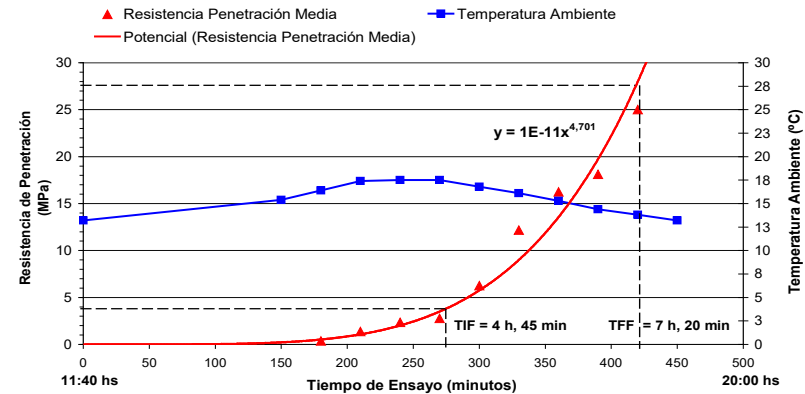
Obra: RN14, Entre Ríos, 26/06/2008
Hormigón colocado a las 19:30 HORAS.



OBRA: Ruta Nacional N°14 - Entre Ríos - 26/06/2008

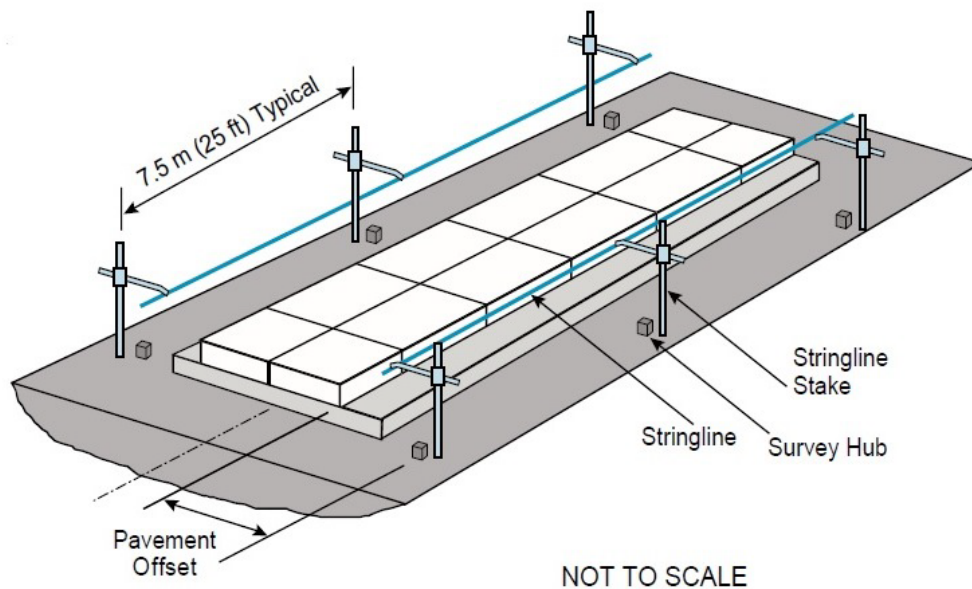


OBRA: Ruta Nacional N°14 - Entre Ríos - 26/06/2008



CONSTRUYENDO PAVIMENTOS DE HORMIGÓN LISOS

- Tendido de los cables guía para la conducción automática de la máquina



CONCRETE PAVING Technology

Constructing Smooth Concrete Pavements



Introduction

The road user is aware of roadway quality. This has been true since the first pavements were built, and is especially true today. The sensitivity to roadway roughness has increased in the years since original construction of the interstate highway system because most automobiles are lighter and have shorter wheelbases. The proliferation of sport-utility vehicles and light trucks has also increased the sensitivity of users to road roughness.

In 1996, a national highway user survey⁽¹⁾ performed for the Federal Highway Administration found that just 53% of users were satisfied with the smoothness of the pavement systems they use. A subsequent survey⁽²⁾ in 2000 found the level of satisfaction had grown to 67%. While the satisfaction with smoothness of existing roadways has risen, both surveys found pavement conditions, including surface smoothness, was one of the top three stated priorities for improvement by road users.

Agencies and contractors have been working for years to identify key factors that can systematically improve the overall smoothness achievable on new pavements. These efforts have led to significant ride quality improvements, and at the core has been ride quality specifications with incentives for achievement. Initial smoothness is considered to correlate directly to overall pavement quality because achieving a smooth surface requires a strong commitment on behalf of the contractor to control the many factors that can influence the riding surface.

Research shows that initially smooth pavements last longer than initially rough pavements⁽³⁾. In a comprehensive time-series analysis of smoothness data, the



TREN DE PAVIMENTACIÓN





ESQUEMA DE LOS COMPONENTES TÍPICOS DE LA EXTENDEDORA DE ENCOFRADO DESLIZANTE

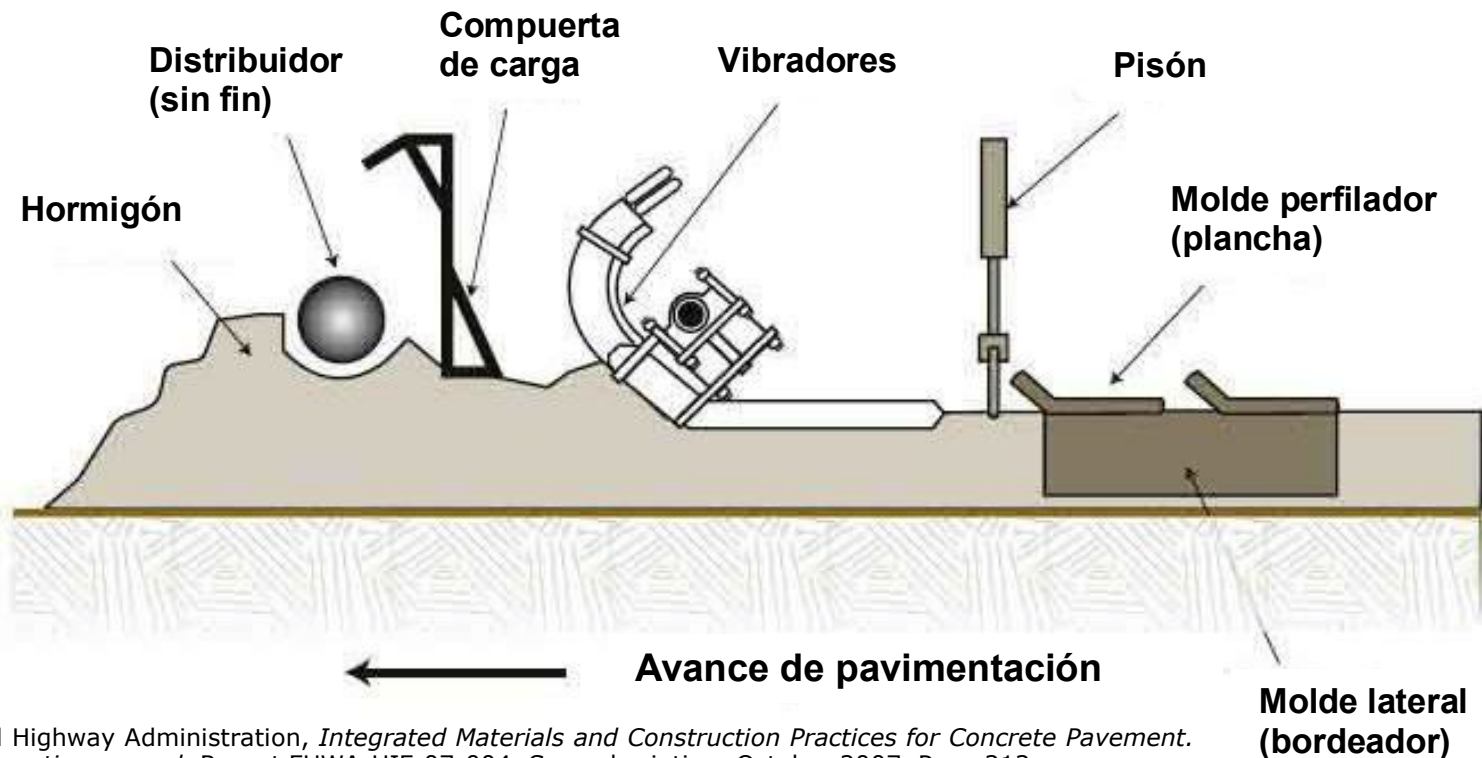
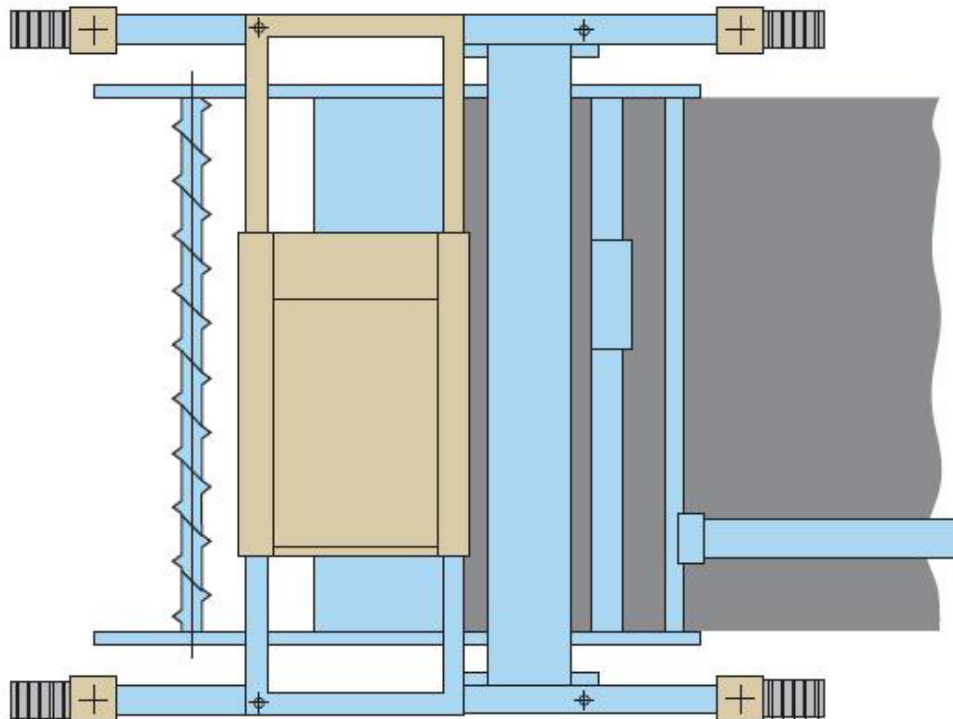


Figura: Federal Highway Administration, *Integrated Materials and Construction Practices for Concrete Pavement. A state of the practice manual*, Report FHWA-HIF-07-004, Second printing, October 2007. Page 212.



ESQUEMA EN PLANTA DE UNA PAVIMENTADORA TÍPICA

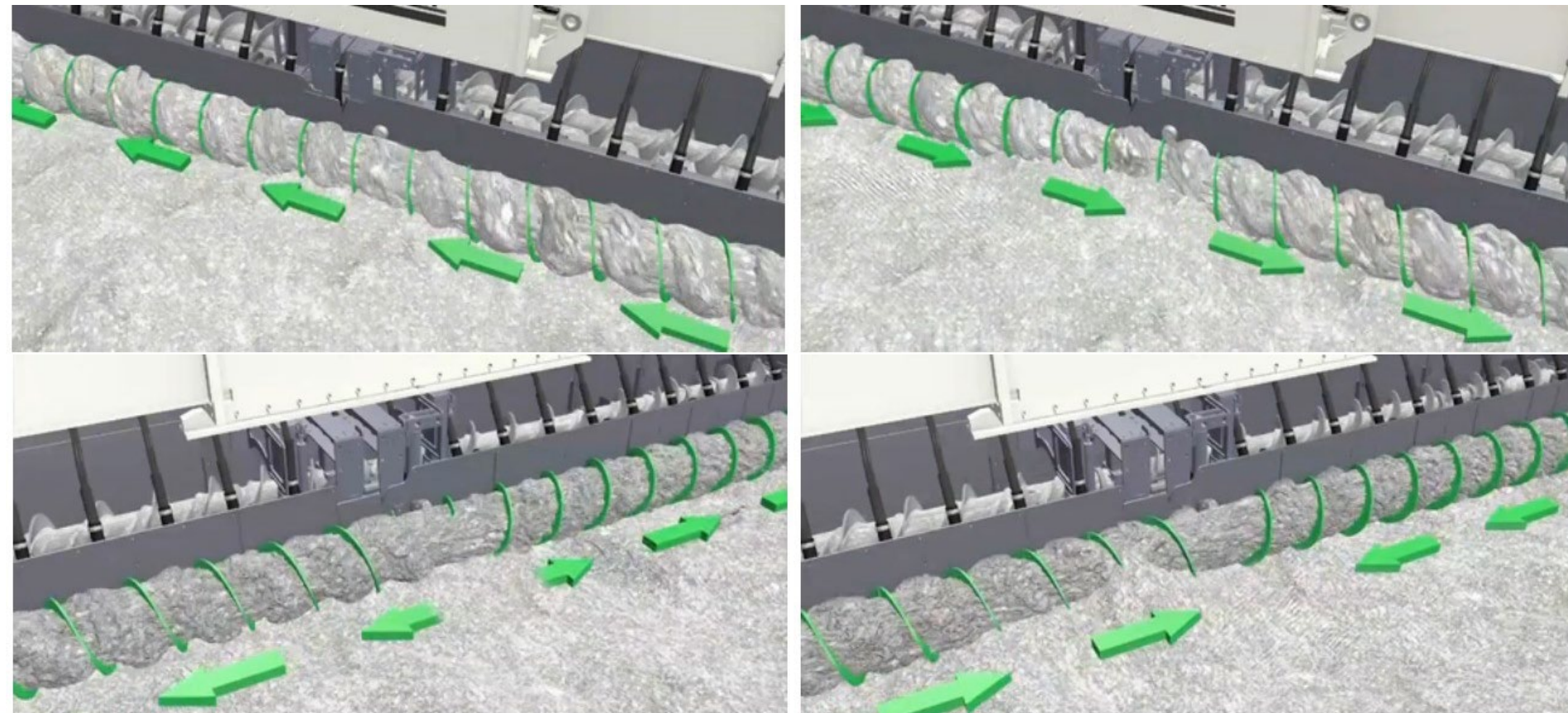


Máquina básica con 4 trenes de orugas,
equipada con vigas pivotantes en todos los trenes de orugas, sin fin de distribución, sistema de encofrado entre los trenes de orugas, equipo para colocar pasadores, regla alisadora longitudinal y transversal



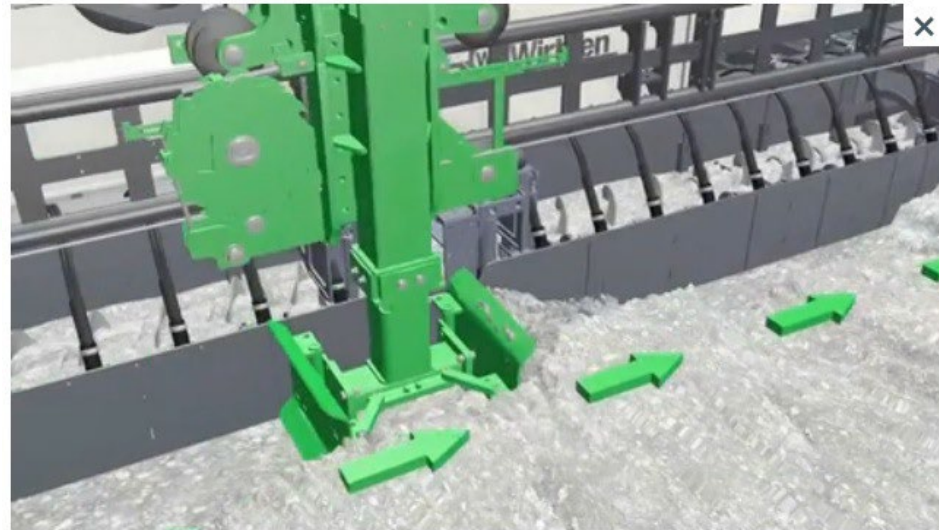


TORNILLO SIN FIN DE DISTRIBUCIÓN DEL HORMIGÓN



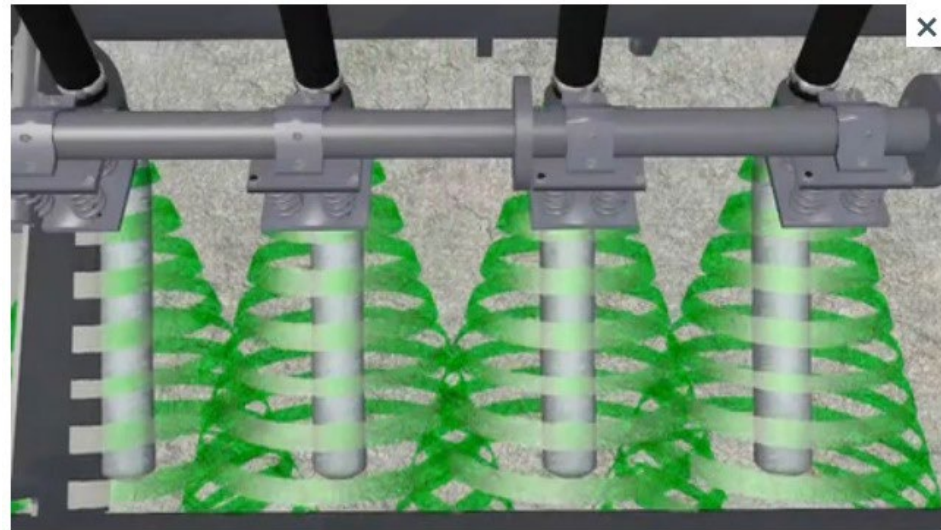
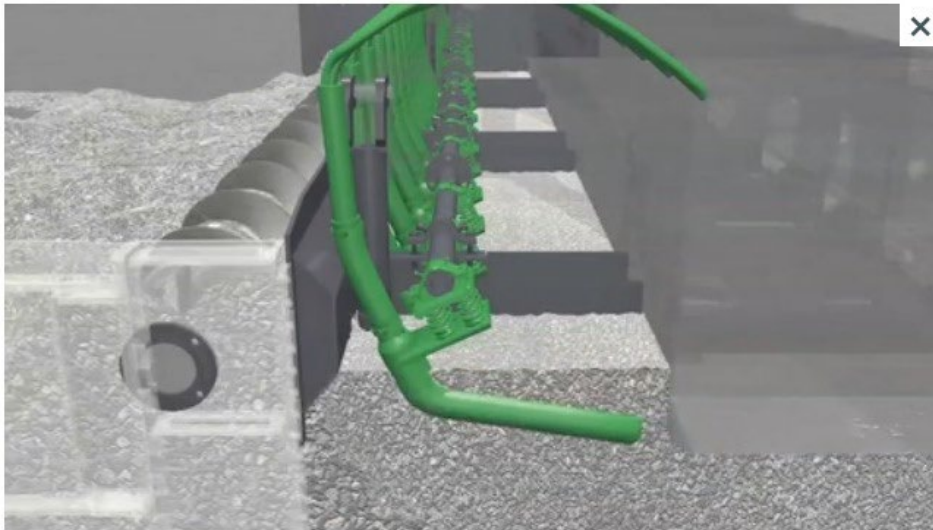


ESPADA DE DISTRIBUCIÓN DEL HORMIGÓN





COMPACTACIÓN ENERGÉTICA Y EXTRUSIÓN DEL HORMIGÓN





DISPOSICIÓN DE LOS VIBRADORES ELÉCTRICOS DE ELEVADA FRECUENCIA





COMPACTACIÓN PARTICULAR AL INICIO DEL TRAMO





Frecuencia:
160 a 200 Hz
9600 a 12000 vpm



Frecuencímetro de la velocidad de resonancia

Sirómetro



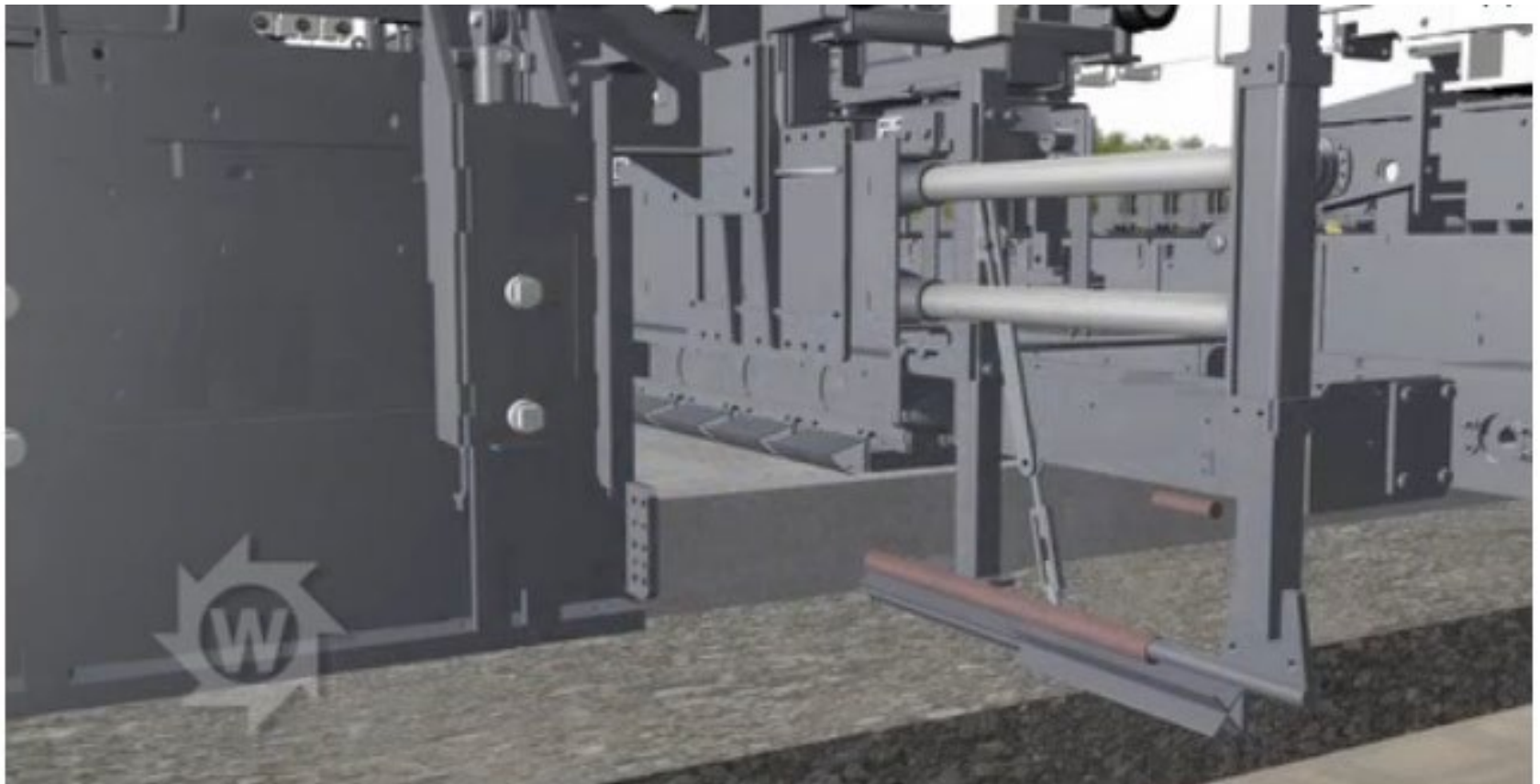


EXTENDEDORA CON INSERCIÓN AUTOMÁTICA DE BARRAS





TIE BAR INSERTER (TBI)



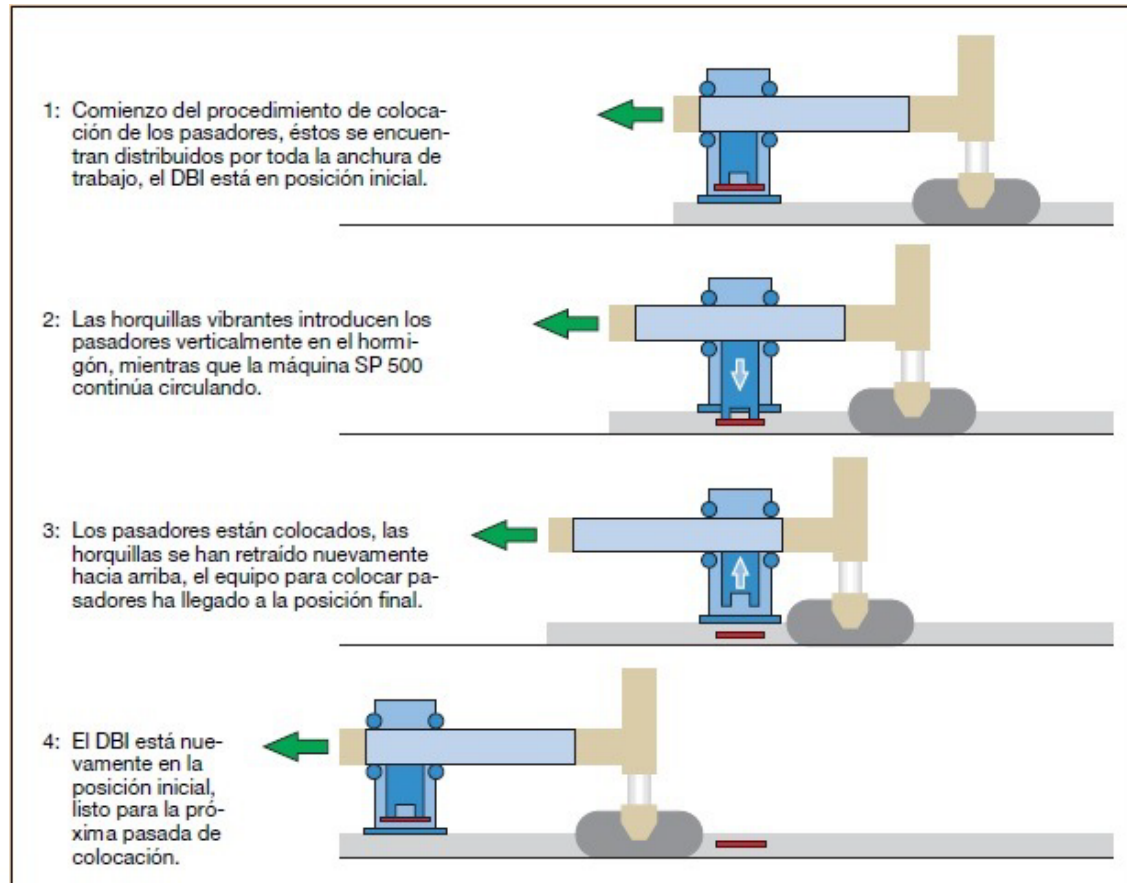


DOWEL BAR INSERTER (DBI)





LA MÁQUINA NO SE DETIENE DURANTE LA INSERCIÓN

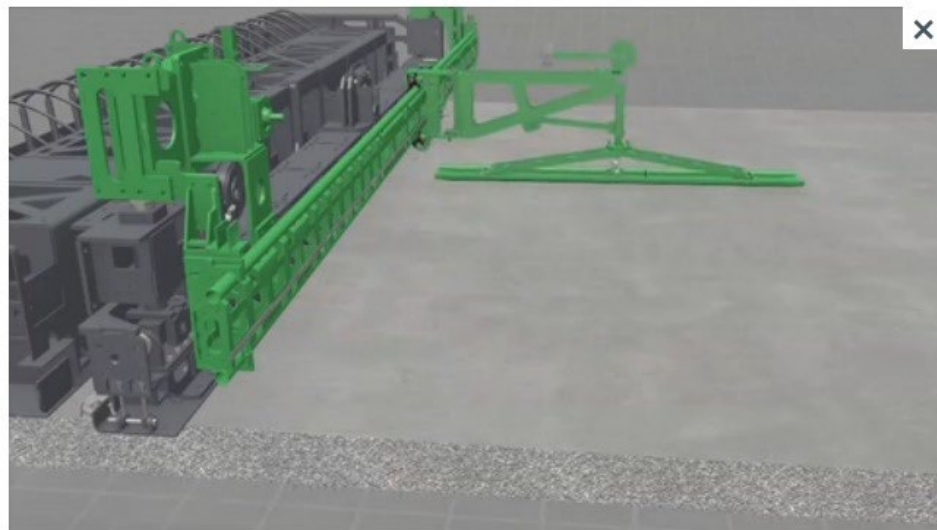
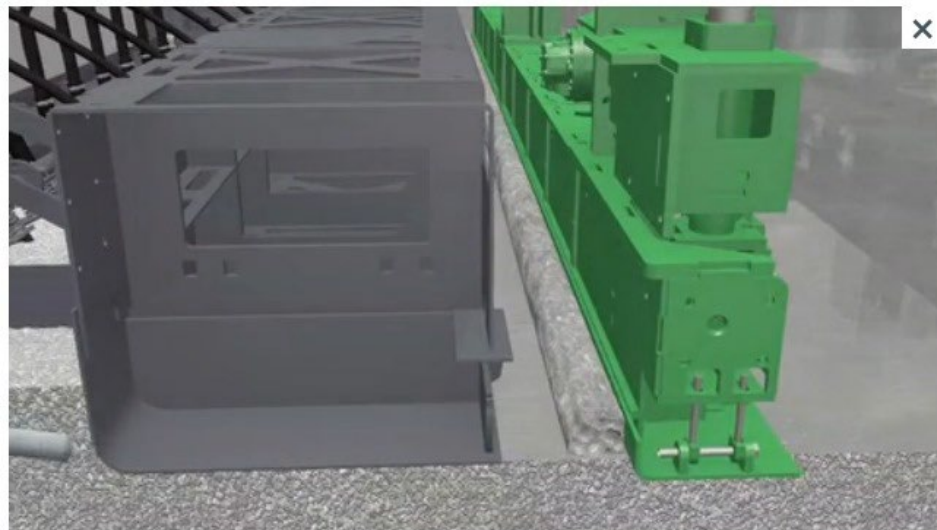




VERIFICAR EL LUGAR PRECISO LUEGO DE LA INSERCIÓN



TERMINACIÓN DEL HORMIGÓN





ROLO DE HORMIGÓN DE CONSISTENCIA PLÁSTICA

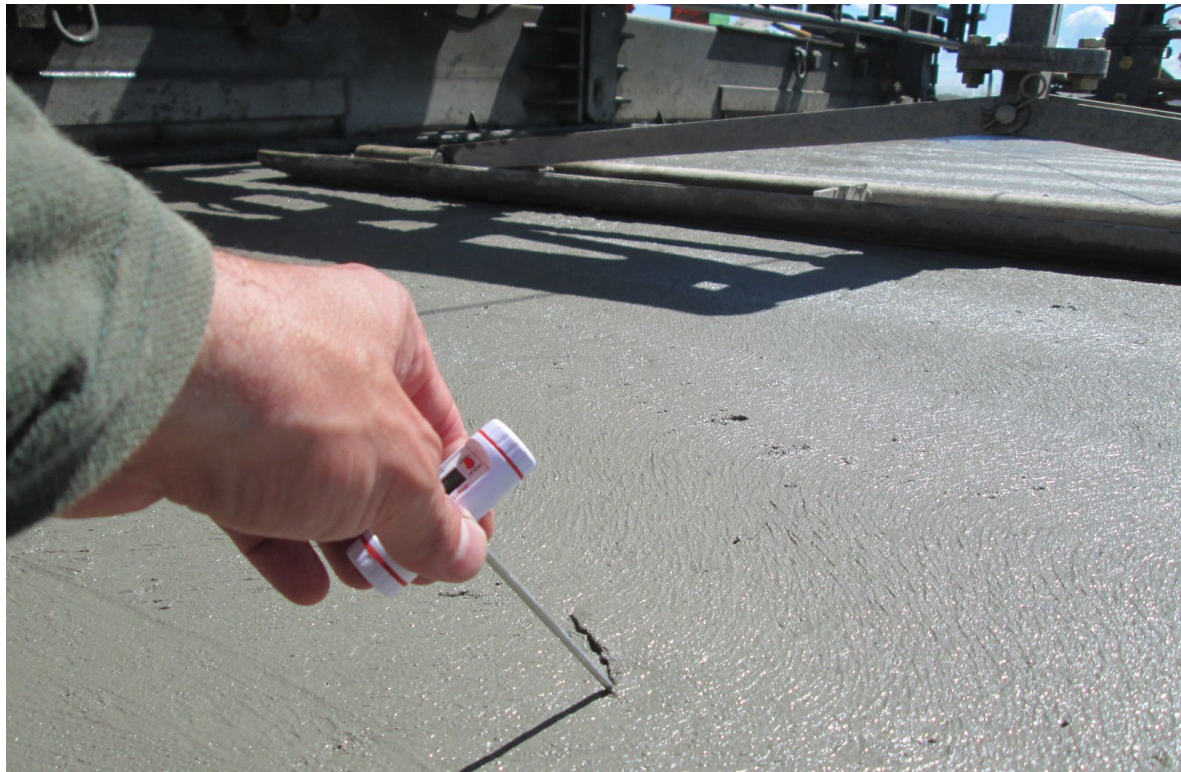




CONFORMACIÓN DEL BORDE



VERIFICAR LA CAPA DE MORTERO ÓPTIMA A LA SALIDA DE LA PAVIMENTADORA (OBJETIVO: 0,5 CM)



DETALLE DEL TEXTURADO TRADICIONAL DE LA SUPERFICIE DE HORMIGÓN CON ARPILLERA HÚMEDA





DETALLE DE LA TEXTURA EN EL HORMIGÓN ENDURECIDO



EL TEXTURADO CON CÉSPED SINTÉTICO FACILITA EL CUMPLIMIENTO DEL COEFICIENTE DE FRICCIÓN (μ)



- Coeficiente de fricción transversal $\geq 0,45$ (medido con equipo Mumeter, y superficie mojada¹)

1) DIRECCIÓN NACIONAL DE VIALIDAD, *Pliego de especificaciones técnicas generales*, Argentina, 1998. p.33.



ASERRADO



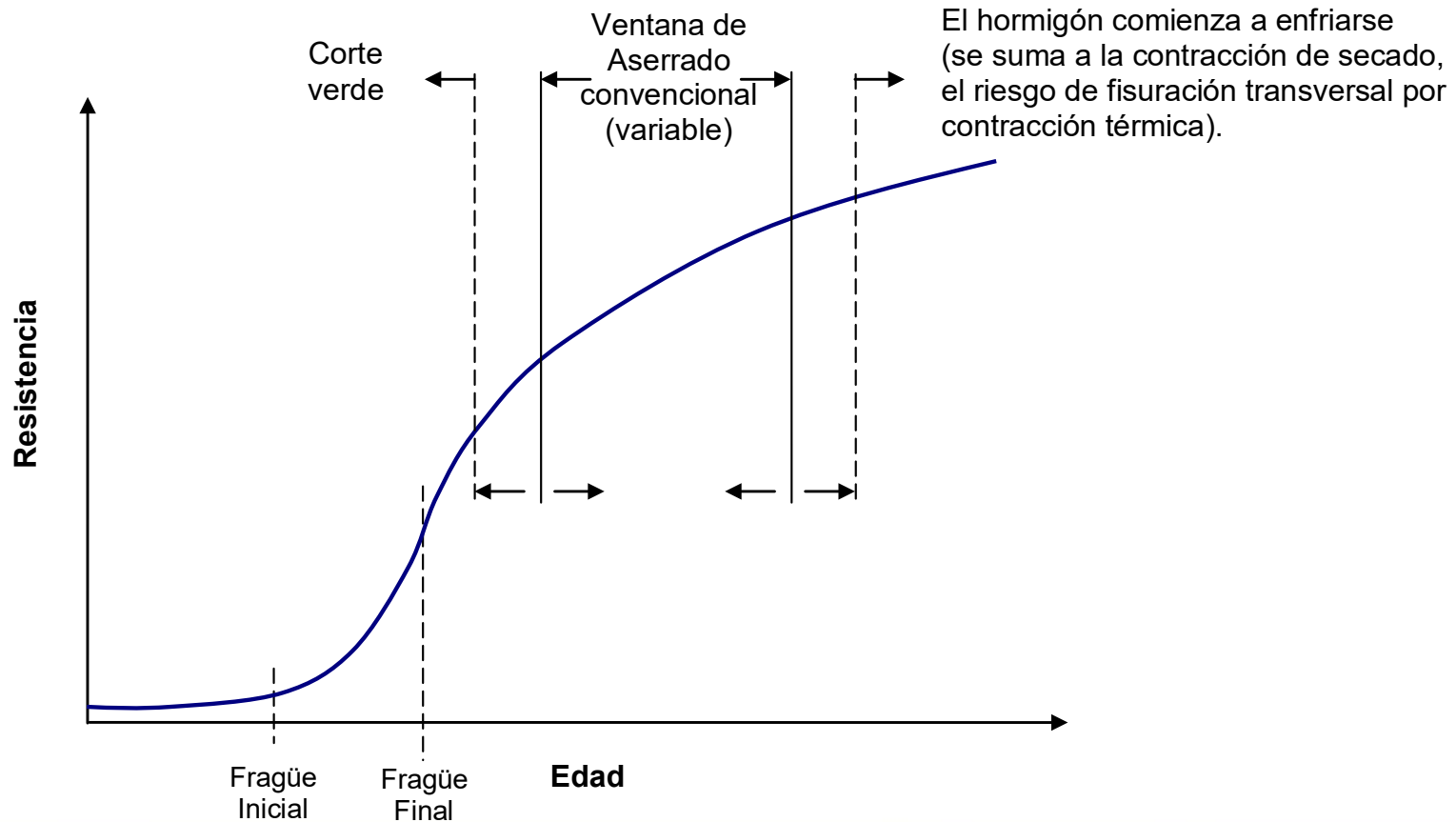
ASERRADO TRANSVERSAL



ASERRADO VESPERTINO (POSIBLE TENSIONES DE TRACCIÓN DURANTE EL CORTE)



VENTANA DE ASERRADO

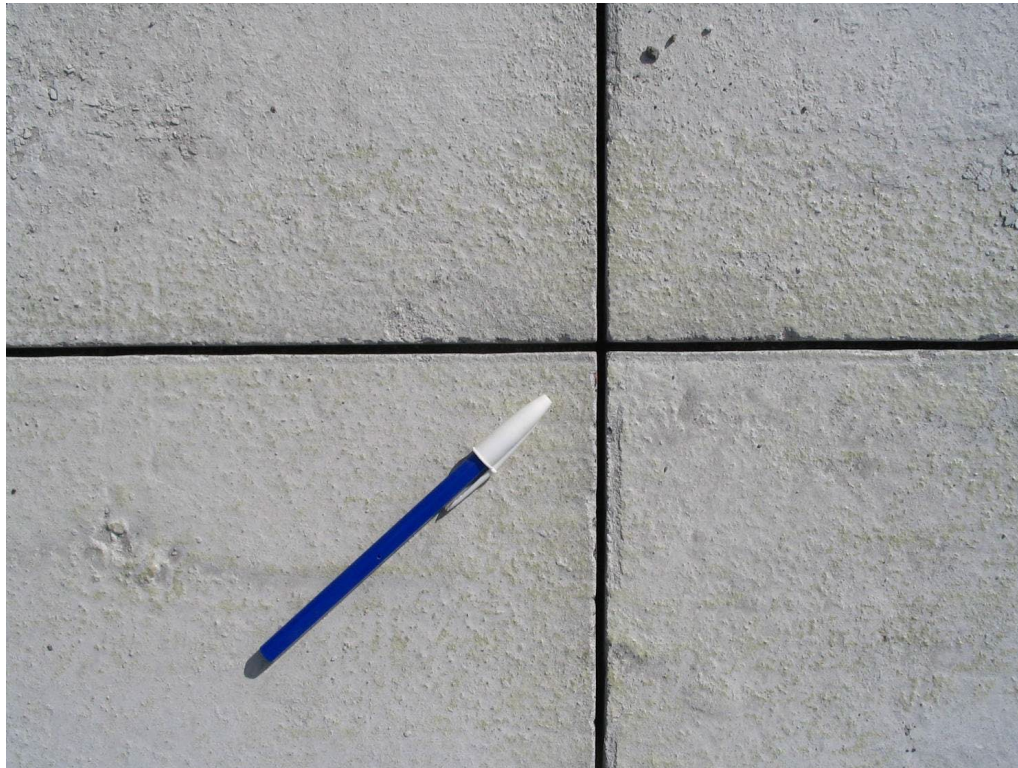


DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS DURANTE EL ASERRADO DE LA JUNTA





CORTE LIMPIO CON DESPRENDIMIENTO MÍNIMO DE AGREGADOS



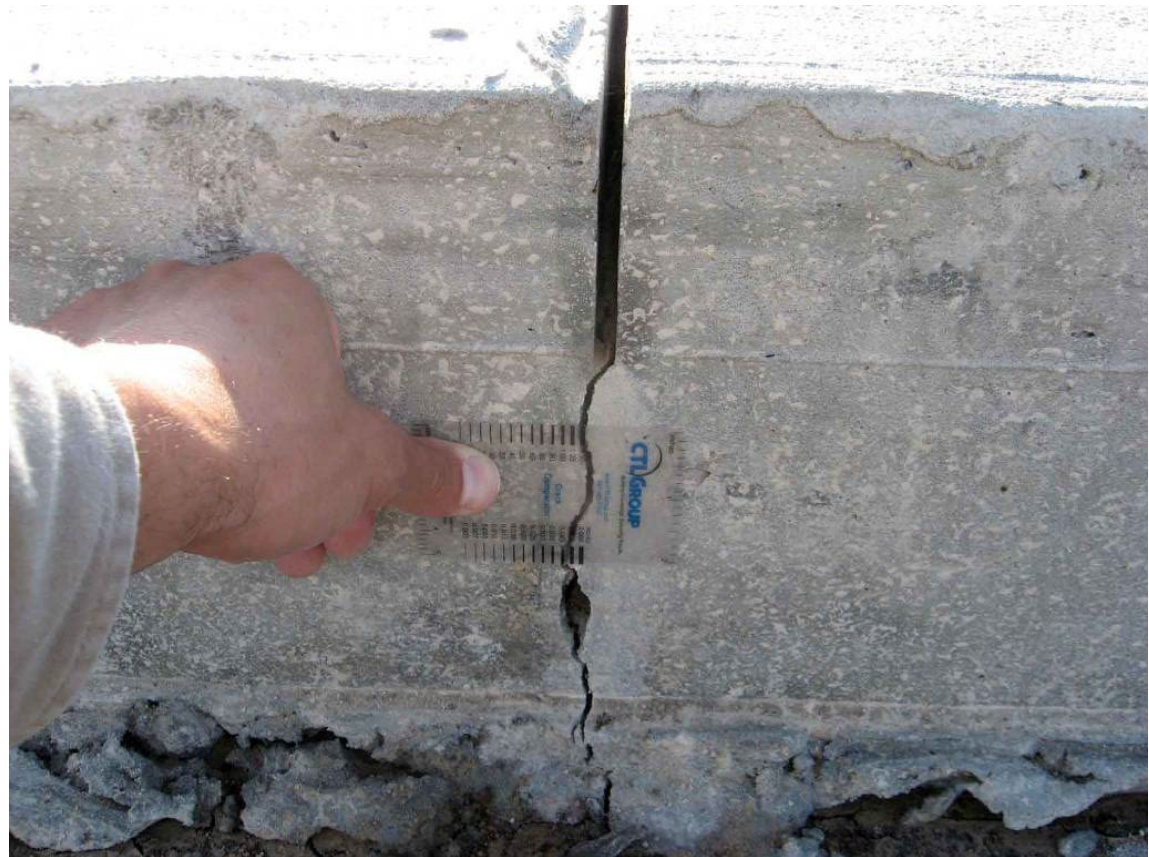
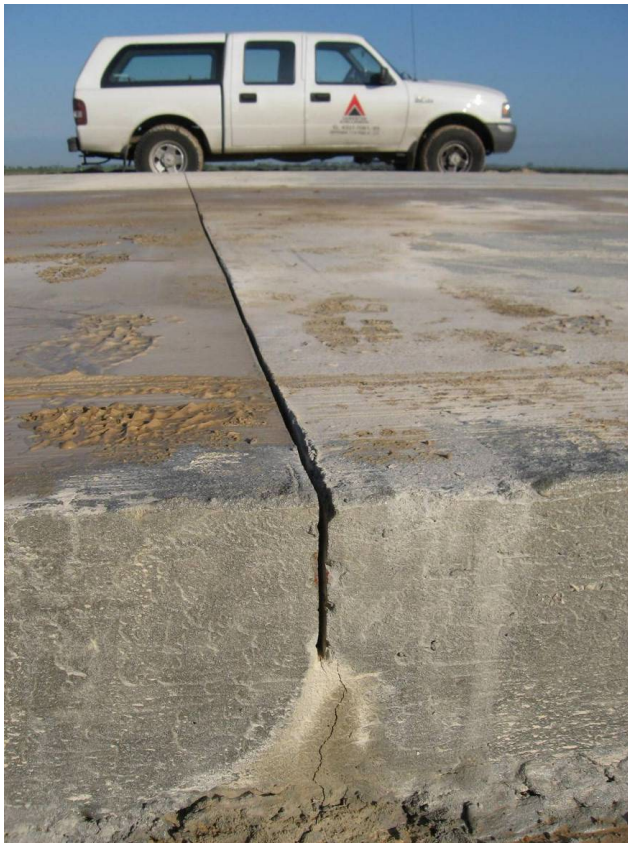


CONTROL DE FISURACIÓN





RELEVAMIENTO DEL TRABAJO DE JUNTAS



PAVIMENTOS DE HORMIGÓN HECHOS PARA DURAR

Muchas gracias!

Ing. Álvaro González
alvarogonzalez@serviam.com.py
www.serviam.com.uy

Ing. Mariano Pappalardi
mp@cavellaneda.com.ar
www.cavellaneda.com.ar

