



Líderes en  
Innovación y  
Transferencia  
Tecnológica

# MINISTERIO DE JUSTICIA

## Dirección Nacional de Obras y Mantenimiento Penitenciario

### Recomendaciones para la Construcción de Pavimentos de Hormigón con Tecnología Convencional

Ing. Diego H. Calo  
*Dpto. Técnico de Pavimentos*



# ÍNDICE DE LA PRESENTACIÓN

- 
- *Recomendaciones para la pavimentación con tecnología convencional.*
  - *Texturizado y curado*
  - *Ejecución de Juntas en Pavimento*
  - *Pavimentación en Clima Riguroso*

# ETAPAS DEL PROCESO CONSTRUCTIVO

## TAREAS

## MANUAL / ALTO RENDIMIENTO

Elaboración del Hormigón	→	<b>Planta Dosificadora</b> / Elaboradora
Preparación de la cancha	→	<b>Fijación de Moldes y canastos</b> / Insumos
Transporte y Distribución	→	<b>Mixers</b> / Bateas ó volcadores
Compactación	→	<b>Regla - Terminadora</b> / Pavimentadora
Terminación	→	<b>Fratás Manual</b> / Mecánico
Texturizado	→	<b>Implemento</b> / Equipo automatizado
Curado	→	<b>Mochila</b> / Equipo automatizado
Control de fisuración	→	<b>Inserción de vainas / aserrado</b>
Sellado de Juntas	→	<b>Materiales en frío o en caliente</b>

# Hormigón Trabajable y Uniforme



**REGLA GENERAL**



**EI ASENTAMIENTO DEBE SELECCIONARSE EN BASE AL EQUIPAMIENTO A EMPLEAR**

**CONSIDERAR:**

- \* **EFFECTOS DEL TRANSPORTE**
- \* **DEMORAS EN LA COLOCACIÓN Y COMPACTACIÓN**
- \* **ADITIVOS: duración y eficiencia**



# Hormigon Trabajable y Uniforme

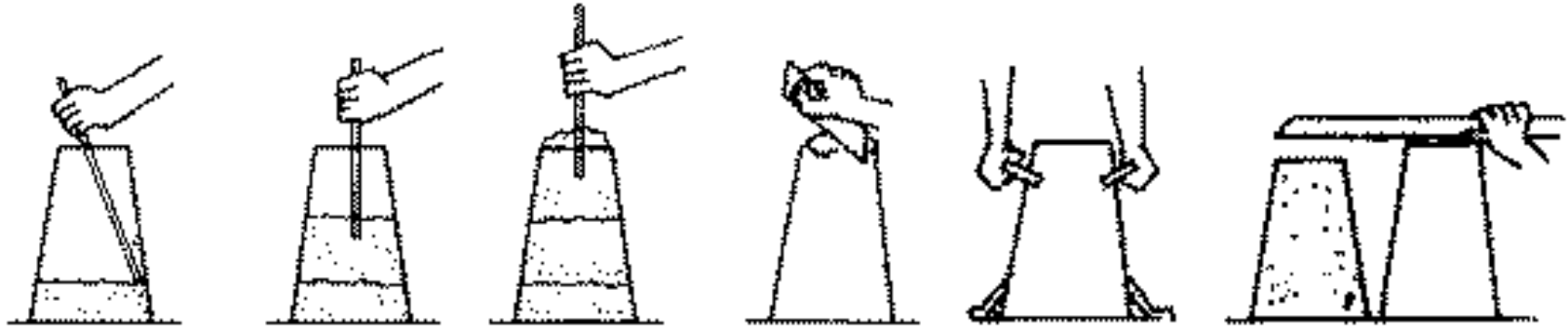


Fig. 4.11 Ensayo de asentamientos del cono de Abrams.



# Hormigon Trabajable y Uniforme

Equipamiento	Asentamiento
Pavimentadora de Moldes Deslizantes de ancho completo de calzada (más de 6 metros de ancho)	$3 \pm 1$ cm
Pavimentadora de Moldes Deslizantes de media calzada (hasta 6 metros de ancho).	$5 \pm 1$ cm
Terminadora de Rodillos con Moldes Deslizantes.	
Terminadora de Rodillos con Moldes Fijos.	$8 \pm 2$ cm*
Regla o Viga Vibratoria	



**Cuando se trabaja con la trabajabilidad adecuada hay menos tendencia al empleo de prácticas inadecuadas de terminación**

# Hormigón Trabajable y Uniforme

- Evaluar mezclas de hormigón y materiales componentes con suficiente anticipación
- Dosificaciones apropiadas para el equipamiento y para el medio de transporte adoptado.



- En general se utilizan aditivos plastificantes y en ocasiones especiales incorporadores de aire

# Hormigón Trabajable y Uniforme

## PLANTAS ELABORADORAS:

- Transporte a obra de **mezcla terminada**  
(camiones volcadores con / sin agitación)
- Mayor control sobre la mezcla
- Alta eficiencia en el mezclado
- Uniformidad de asentamientos
- Rapidez y confiabilidad en la descarga
- Mayores producciones



## PLANTAS DOSIFICADORAS:

- Transporte a obra de **mezcla en proceso**  
con camiones motohormigoneros
- Menor control sobre la mezcla
- Mayores tiempos de descarga
- Limitaciones en la producción
- Pavimentaciones urbanas, Reparaciones, Bacheos, y otras Obras menores.

# Preparación de “Canchas”

- Bases pavimentos de hormigón**
- ▶ resistentes
  - ▶ no bombeables

## SUPERFICIE DE APOYO ESTABLE Y UNIFORME



- ≡ **Superficie lisa, densa y resistente**
- ≡ **Apta para el tránsito de camiones con hormigón (sólo en el frente)**
- ≡ **Curadas o imprimadas para mantener sus propiedades**

# Preparación de “Canchas”

- Estarán libres de material suelto, polvo, baches, etc
- Se mantendrán húmedas previo a la descarga del H°



# Preparación de “Canchas”

- Lo mas lisas posibles evitando cualquier tipo de traba mecánica



# Pavimentación con Moldes Fijos

## COMPONENTES BÁSICOS DEL SISTEMA:

Moldes o encofrados fijados a la base:

- guía para el desplazamiento del equipo distribuidor / compactador
- nivelación y contención del hormigón fresco hasta su endurecimiento

Regla o acabadora de distribución / compactación del hormigón



# Preparación para la Pavimentación

## MOLDES:

Determinan el espesor, ancho y uniformidad de la superficie del pavimento.

Se recomienda:

- la altura del molde sea la del espesor de pavimento proyectado
- base suficientemente amplia para garantizar estabilidad.
- longitud: debe permitir uso de menor cantidad de piezas, también manejabilidad (usual 3 m)



# Preparación para la Pavimentación

## FIJACIÓN DE MOLDES



**Mantener en condiciones los dispositivos de fijación.**



- Fijados firmemente a la base para garantizar estabilidad con el paso del equipo de colocación
- Ensamble entre moldes (machimbrado o atornillado para mantener alineamiento (vertical y horizontal))

# Preparación para la Pavimentación



## NIVELACIÓN Y ALINEACIÓN



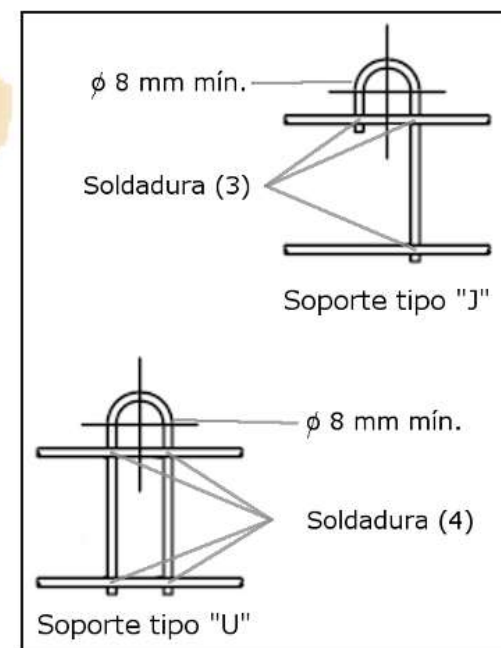
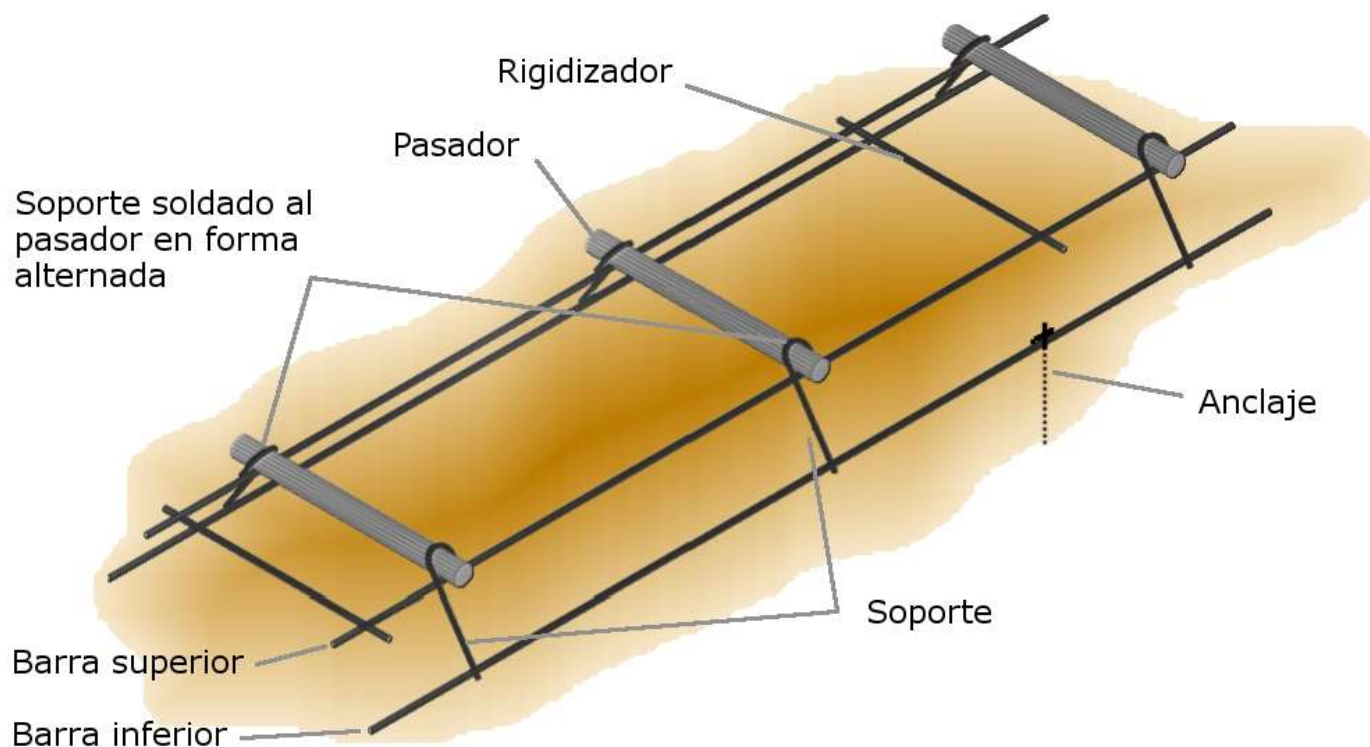
- El posicionamiento requiere una precisa tarea de nivelación (especialmente con equipos autopropulsados): Indispensable para alcanzar lisura y regularidad superficial.
- Deben estar limpios, sin restos de hormigón endurecido y lubricados.
- Deben descartarse y/o repararse aquellos moldes que presenten abolladuras o defectos.

# Preparación para la Pavimentación



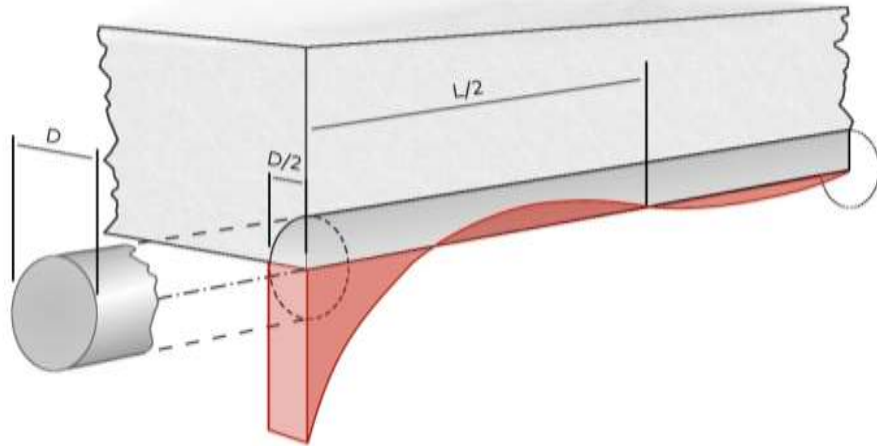
# Preparación para la Pavimentación

## INSTALACIÓN DE CANASTOS CON PASADORES



# Preparación para la Pavimentación

- » Corte preciso de pasadores de acero (CON DISCO)
- » Extremos libres de rebabas o desviaciones.
- » Lubricar los pasadores con aceite u otro tratamiento antiadherente de baja viscosidad (NO EMPLEAR GRASA).



# Preparación para la Pavimentación



# Preparación para la Pavimentación



# Preparación para la Pavimentación



Si se optan por sistemas alternativos, estos deben ser lo suficientemente rígidos y estables para mantener pasadores en posición durante todo el proceso

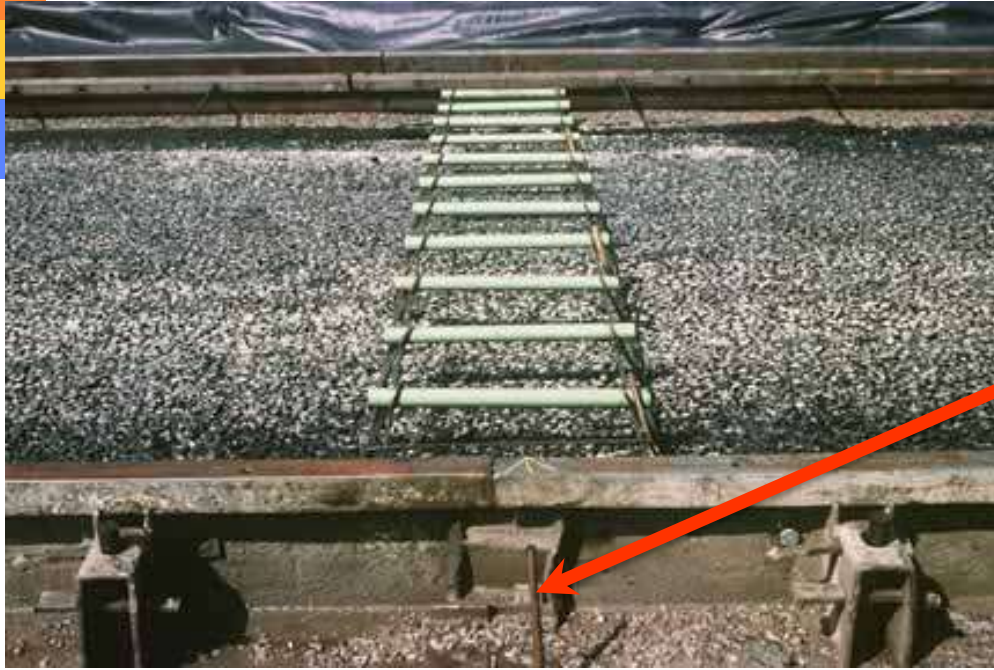


# Preparación para la Pavimentación

Evitar el empleo de sistemas “caseros” que resultan poco confiables y pueden generar desalineamiento de pasadores y anclaje de juntas



# Preparación para la Pavimentación



Demarcar en forma precisa el eje de la junta antes de distribuir el hormigón y luego sobre el hormigón fresco



# Preparación para la Pavimentación

## BARRAS DE UNION AUTOSOPORTADAS



# Preparación para la Pavimentación



BARRAS DE UNION  
AUTOSOPORTADAS



# Distribución del Hormigón



- Descargar el hormigón lo mas cerca posible de su posición final
- Efectuar los movimientos necesarios de material con volquetas, carretillas, palas.

**NO TRANSPORTAR CON VIBRACIÓN**



# Compactación

La regla vibradora debe arrastrar material, con una carga adecuada:

- Material en exceso provoca el levantamiento de la regla.
- La falta de material genera depresiones y zonas sin compactar.

El avance de la regla debe ser lo mas continuo y parejo posible.

La superficie deberá quedar prácticamente terminada.





# Compactación

Fuente:Wacker Neuson - Jornada sobre Compactación del Hormigón – ICPA - Agosto 2016

# Compactación

- TERMINADORAS DE RODILLOS



# Compactación

- TERMINADORAS DE RODILLOS



# Compactación



# Tareas de Terminación

Pueden insertarse armaduras en el hormigón fresco?



# Tareas de Terminación

Pueden insertarse armaduras en el hormigón fresco?

**NO!** Ya que no hay confiabilidad en el posicionamiento y alineación



# Tareas de Terminación



La terminación entregada por el equipo de compactación se completa con un fratasado de la superficie, que ayuda a corregir pequeños defectos superficiales.



**NO AGREGAR AGUA!!!**

# Tareas de Terminación



# Tareas de Terminación



# Objetivos del Texturizado

La provisión de una adecuada textura superficial brindará una macrotextura apropiada, que permitirá alcanzar los niveles de seguridad en el tránsito acordes con el uso y categoría de la vía.

- En el caso de pavimentos de hormigón, existe un importante abanico de alternativas a aplicar en estado fresco.
- El objetivo del texturizado del hormigón es:
  - Conseguir una adecuada resistencia al deslizamiento en condición húmeda,
  - Conservar un buen drenaje y escurrimiento superficial del agua,
  - Mantener bajos niveles de ruido,
  - Brindar resistencia al desgaste y durabilidad.

# Métodos de texturizado

## Arpillera

Consiste en el arrastre en el sentido longitudinal de una tela de arpillera, sobre la superficie recién terminada del hormigón.

### Recomendaciones generales:

- Mantenerla limpia y húmeda
- En uno o varios pliegues
- Deshilachada levemente

### Fortalezas:

- De sencilla ejecución.
- Aplicación manual o automática.
- Bajo nivel de ruido.

### Debilidades:

- Baja profundidad de textura.
- Mayor pérdida de fricción inicial



# Métodos de texturizado

## Césped Sintético

Consiste en el arrastre en el sentido longitudinal de una rastra de césped sintético que cumpla las siguientes características:

- Largo de pelo: 15 - 25 mm.
- Pelos por metro cuadrado: 77.500
- Peso > 2350 g/m<sup>2</sup>

## Fortalezas:

- Sencilla construcción.
- Aplicación manual o automática.
- Bajo nivel de ruido.
- Profundidad graduable.
- Buenos índices de fricción.

## Debilidades:

- Resulta crítica la calidad del mortero para un buen desempeño a largo plazo.



# Métodos de texturizado

## Cepillo (Longitudinal o Transversal)

El cepillado puede efectuarse en el sentido longitudinal o transversal a la dirección de circulación, creando pequeñas crestas sobre la superficie del pavimento:

### Fortalezas:

- Sencilla construcción.
- Aplicación manual o automática.
- Bajo nivel de ruido (L).
- Buenos índices de fricción (T)

### Debilidades:

- Resulta crítica la calidad del mortero para un buen desempeño a largo plazo.
- Elevados niveles de ruido (T).



# Métodos de texturizado

## Peine Transversal ó Longitudinal

Consiste en el arrastre en el sentido transversal o Longitudinal de un implemento tipo peine metálico o plástico que genera una serie de surcos sobre la superficie del pavimento.

### Fortalezas:

- Elevados índices de fricción
- Elevada durabilidad.
- De aplicación automática o manual.
- Menor riesgo de hidroplaneo (T)
- Reduce el spray y salpicaduras (T)
- Baja generación de ruido (L)
- Mayor seguridad en curvas horiz. (L)

### Debilidades:

- Mayor generación de ruido (T).
- Puede generar molestias a los vehículos pequeños – motociclistas (L).



# Protección y Curado

- **Todo hormigón debe curarse.**
- **El curado consiste en evitar el secado prematuro del hormigón.**
- **Hay distintos procedimientos de curado eficiente. (evitar el secado – agregar agua)**
- **El curado debe prolongarse hasta tanto se asegure una adecuada resistencia.**
- **El curado temprano sirve para evitar la fisuración plástica en el caso de elementos superficiales como pavimentos.**

# ¿Qué aspectos pueden evaluarse en un sistema de curado?

- **Eficiencia**
  - Retardo en el régimen de secado
- **Metodología de aplicación**
  - Facilidad, homogeneidad de la protección
- **Momento de la aplicación**
  - Mientras más temprano, mejor. Contribuye a reducir fisuración plástica
- **Procedimiento constructivo**
  - Evaluar compatibilidad con procedimientos futuros a realizar

# Métodos de curado



# Métodos de curado

## Valoración cualitativa

Atributo	Membrana química	Film de polietileno	Arpillera húmeda	Inundación
<b>Eficiencia</b>	4	4	3	5
<b>Facilidad</b>	4	2/3	2/3	1
<b>Aplicación en estado fresco</b>	5	0	0	0
<b>Operatividad</b>	5	3	2	1

0: Muy malo

1: Malo

2: Regular

3: Bueno

4: Muy Bueno

5: Excelente

# Aplicación de un compuesto líquido formador de membrana de curado

- Con inyectores que aseguren la **correcta dispersión** del producto.
- Asegurando la **homogeneidad del producto** (agitación del tanque, pigmento blanco)
- **Dosis media:** de 200 a 300 g/m<sup>2</sup>
- **Antes que la superficie se seque,** inmediatamente luego del texturado.



**UTILIZAR ÚNICAMENTE MEMBRANA DE RESINA BASE SOLVENTE!**



# Curado

## Buena aplicación



Controlar distribución uniforme de la membrana



# Curado del Hormigón

**Considerar  
perdidas por viento**



**Aplicar en bordes  
luego del desmolde**



**Cobertura  
para lluvias**



# Curado del Hormigón



## Verificar:

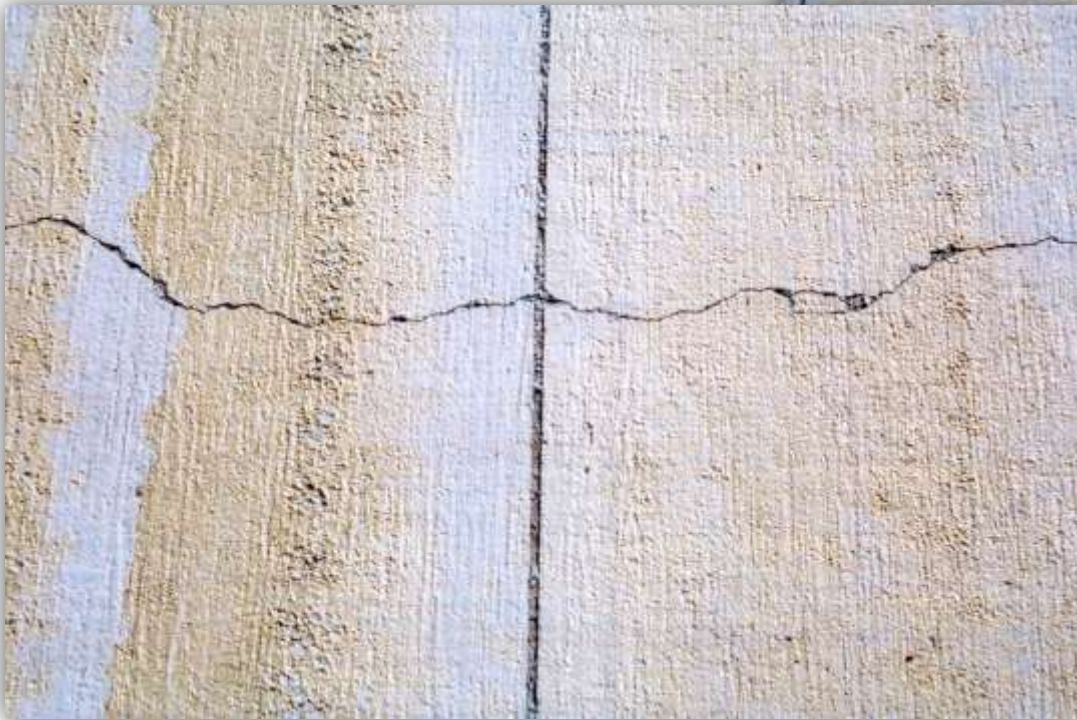
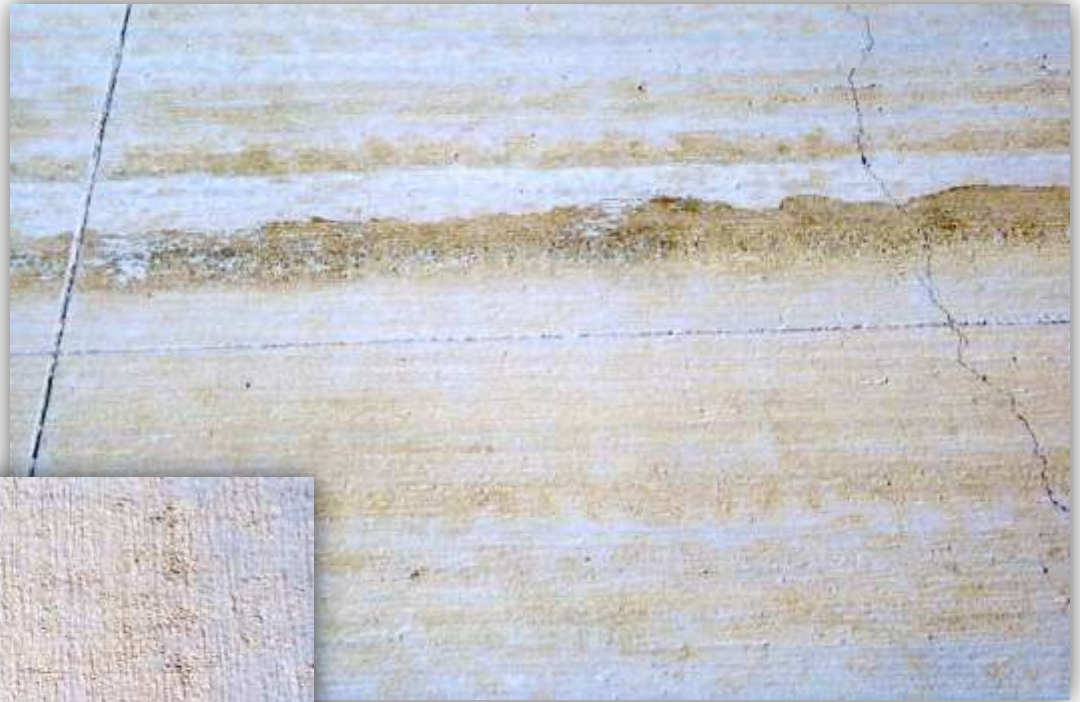
- Homogeneidad de distribución (Color)
- Consumos diarios
- Formación de membrana (tiempos)

# Curado

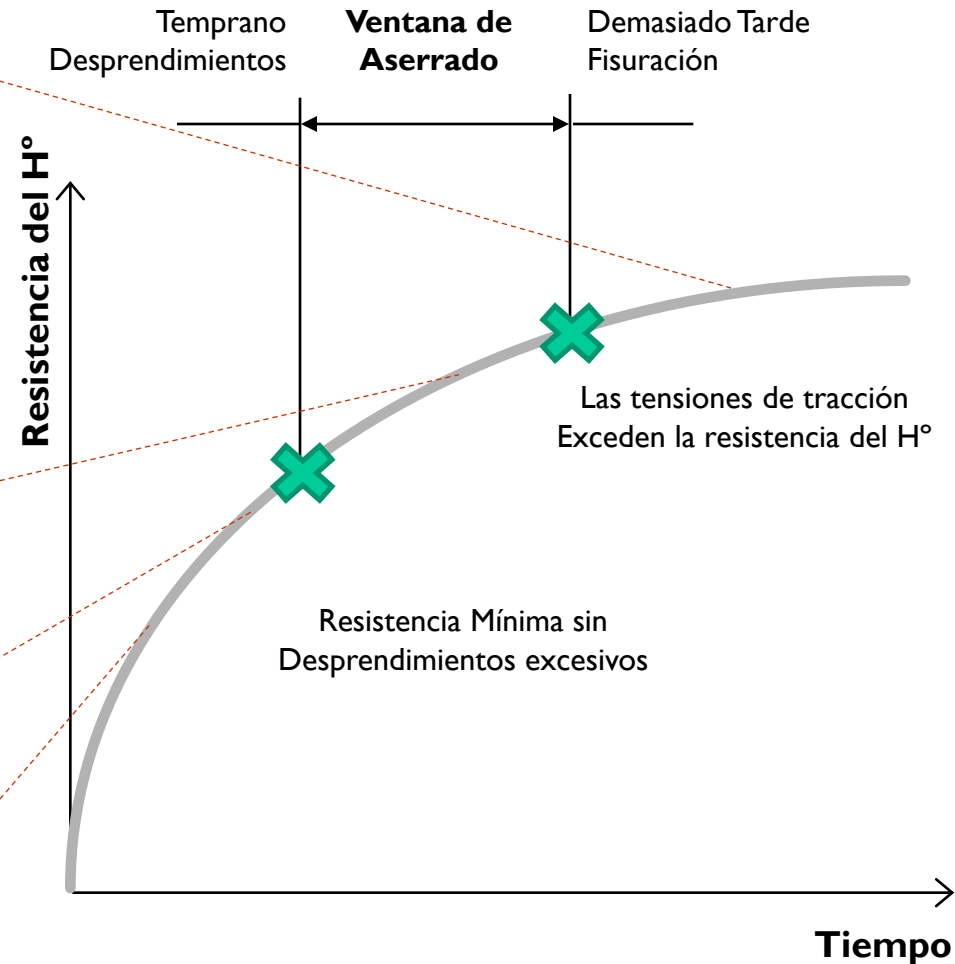
## Incorrecta aplicación



# Efectos de curado defectuoso



# ¿Como controlar la fisuración?



# Cuales son los factores principales que inciden en este fenómeno

- **Características de la mezcla.**
- **Condiciones Ambientales.**
- **Condiciones de la superficie de apoyo (terminación superficial, rigidez, permeabilidad).**
- **Protección y curado del hormigón.**
- **Aserrado de juntas y Posicionamiento de Pasadores.**
- **Diseño de juntas de contracción.**

**¿Cuales de estos factores se encuentran bajo nuestro control?**

# Características de la Mezcla

## Recomendaciones Generales:

- Evitar en la etapa de diseño el empleo de hormigones de elevada resistencia. Se recomienda diseñar con una resistencia a flexión a 28 días del orden de 4,5 MPa.
- Previo a su utilización en un proyecto, evaluar las características de los agregados, o del hormigón elaborado con los mismos (Coeficiente de expansión térmica, Módulo de elasticidad, Módulo de rotura, etc.).
- En la etapa de dosificación, optimizar la distribución granulométrica de agregados para minimizar el contenido de agua y de cemento.
- Evitar el empleo de agregados con polvo adherido.
- Emplear agregados saturados (+ importante en agregados de elevada absorción y en clima caluroso).

# Condiciones Ambientales

## Posibles riesgos (condiciones de reducción de la ventana de aserrado)

- Brusca caída de temperatura o lluvia.
- Altas temperaturas en días soleados.
- Condiciones ventosas y de baja humedad.

## Recomendaciones generales:

- Extremar los recaudos en las tareas de curado y protección durante las primeras horas.
- Considerar la modificación del horario de pavimentación (altas temperaturas en días soleados).
- Considerar la adopción de medidas especiales para incrementar la confiabilidad.

# Condiciones de la superficie de apoyo

## Recomendaciones Generales:

- Se deberá contar con un apoyo firme, uniforme y estable.
- Si se emplean subbases rígidas deberá proveerse una terminación lo más lisa posible (evitar trabas mecánicas).
- Si se emplean subbases rígidas emplear un ruptor de adherencia. (tratamiento bituminoso, parafina, film de polietileno, etc.).
- La base debe encontrarse saturada.
- Si se emplea una subbase abierta, impedir la penetración del hormigón en la base.



# Protección y curado del hormigón

## Recomendaciones Generales:

- Aplicar el compuesto de curado en la dosis apropiada tan pronto se finalicen las tareas de terminación.
- Verificar una correcta distribución del producto y el tiempo de formación de la membrana.
- Verificar elasticidad y comportamiento.
- Bajo condiciones rigurosas puede considerarse la adopción de medidas de protección adicionales.



# Aserrado de juntas y Posicionamiento de Pasadores

## Recomendaciones Generales:

- Pasadores libres de óxido y con tratamiento antiadherente en toda su longitud. NO EMPLEAR GRASA.
- Pasadores perfectamente cortados, sin rebabas ni resaltos.
- Verificar una correcta densificación en zonas de inserción o canastos.
- El aserrado debe comenzar tan pronto como el hormigón permita ser cortado sin desprendimientos de agregados gruesos o roturas.
- El aserrado nunca debe ser demorado o interrumpido, más allá de la hora del día o la condición climática.



# Aserrado de juntas y Posicionamiento de Pasadores

## Recomendaciones Generales:

- Profundidad de aserrado: 1/3 E Subbases Tratadas; 1/4 E Granulares (JT); 1/3 E Juntas Longitudinales.
- Contar con cantidad suficiente de aserradoras en el frente (mínimo 3) y una adicional para contingencias.
- La secuencia de corte se corresponde exactamente con el mismo orden de aparición de las fisuras en el pavimento.
- No efectuar cortes alternados. Solo se efectúa en casos de contingencias.
- El corte de las juntas longitudinales se debe efectuar levemente retrasado del aserrado transversal.



# Aserrado de juntas y Posicionamiento de Pasadores



**Pasadores Desalineados**



**Mal Posicionamiento  
de Pasadores**

# Aserrado de juntas y Posicionamiento de Pasadores

## Posicionamiento y Alineación de Pasadores

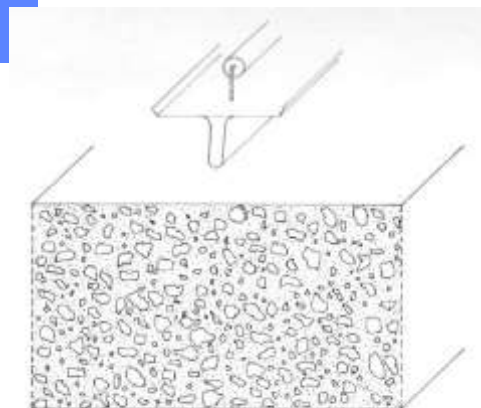
### Recomendaciones:

- Verificar posicionamiento y anclaje de los canastos.
- Verificar los procedimientos de demarcación de la posición de inserción (DBI).
- Verificar en las primeras jornadas (y luego periódicamente), la alineación y posición de los pasadores (Remoción de H° fresco, Extracción de testigos, **ensayos no destructivos - recomendado**).

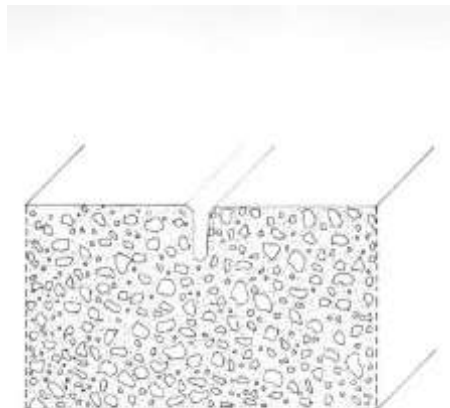


# Ejecución de juntas de contracción en fresco

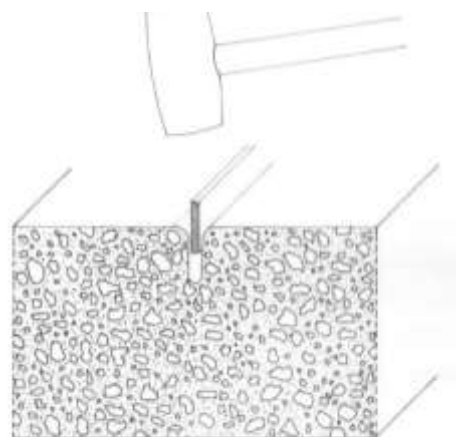
**SOLO APLICABLE EN VÍAS DE BAJA VELOCIDAD – CUANDO SE DIFICULTA O NO ES POSIBLE LA REALIZACIÓN DEL ASERRADO**



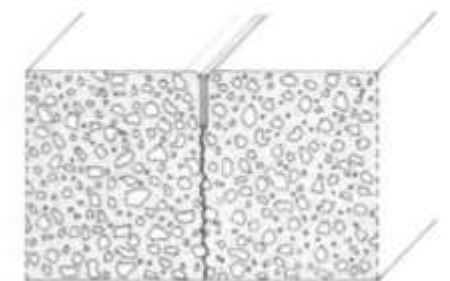
A)



B)



C)

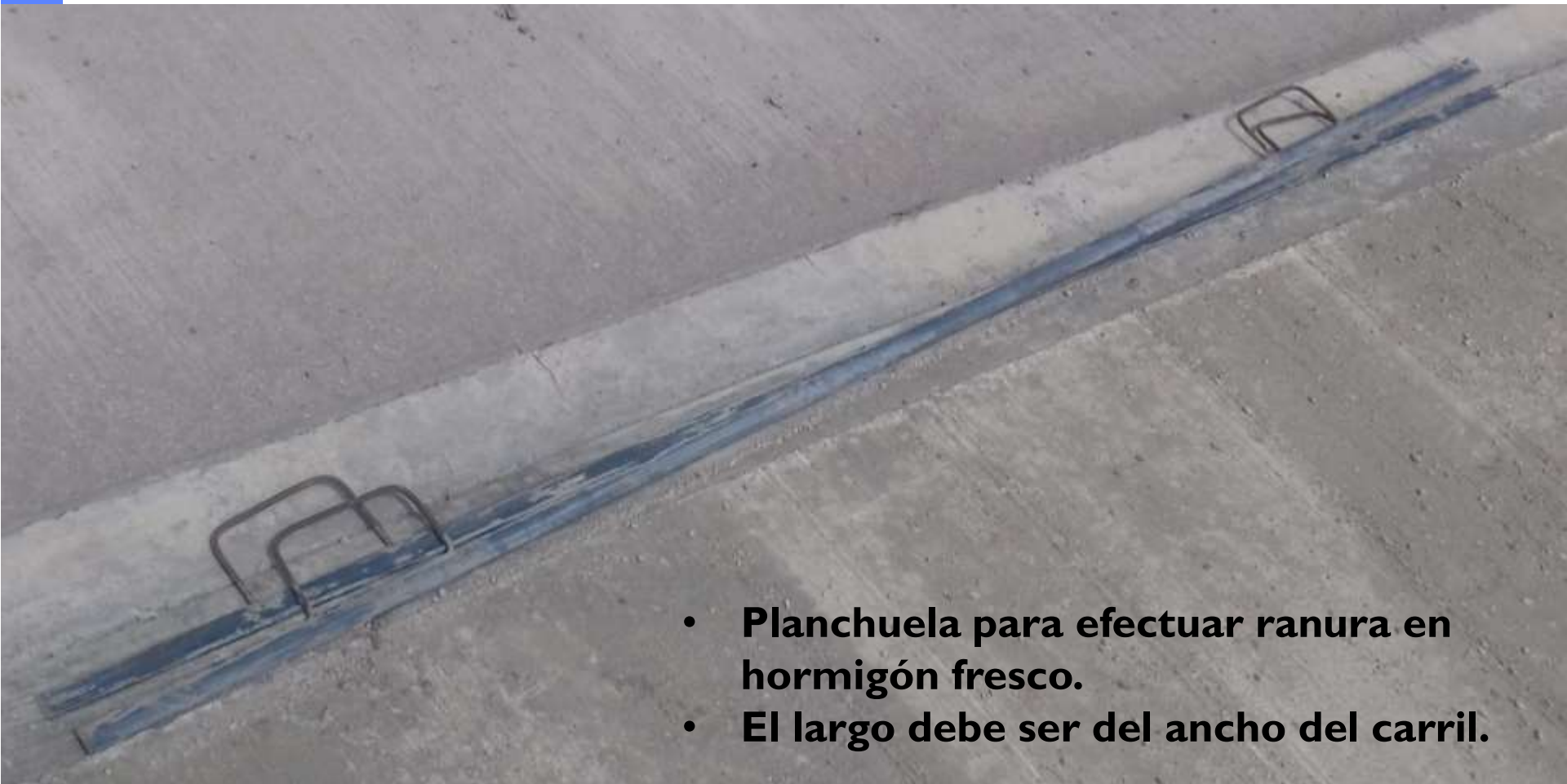


D)



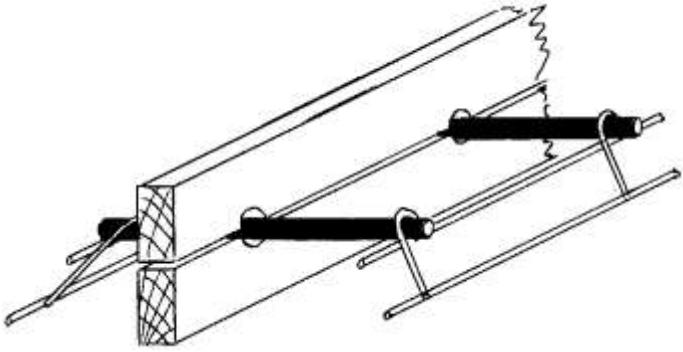
# Ejecución de juntas de contracción en fresco

**SOLO APLICABLE EN VÍAS DE BAJA VELOCIDAD – CUANDO SE DIFICULTA O NO ES POSIBLE LA REALIZACIÓN DEL ASERRADO**



- Planchuela para efectuar ranura en hormigón fresco.
- El largo debe ser del ancho del carril.

# Juntas transversales de construcción



# Juntas transversales de construcción



# Juntas Transversales de Construcción



Ejecución de junta con  
pavimentadora y con  
inserción de caños.

# Juntas longitudinales de construcción



# Juntas longitudinales de construcción



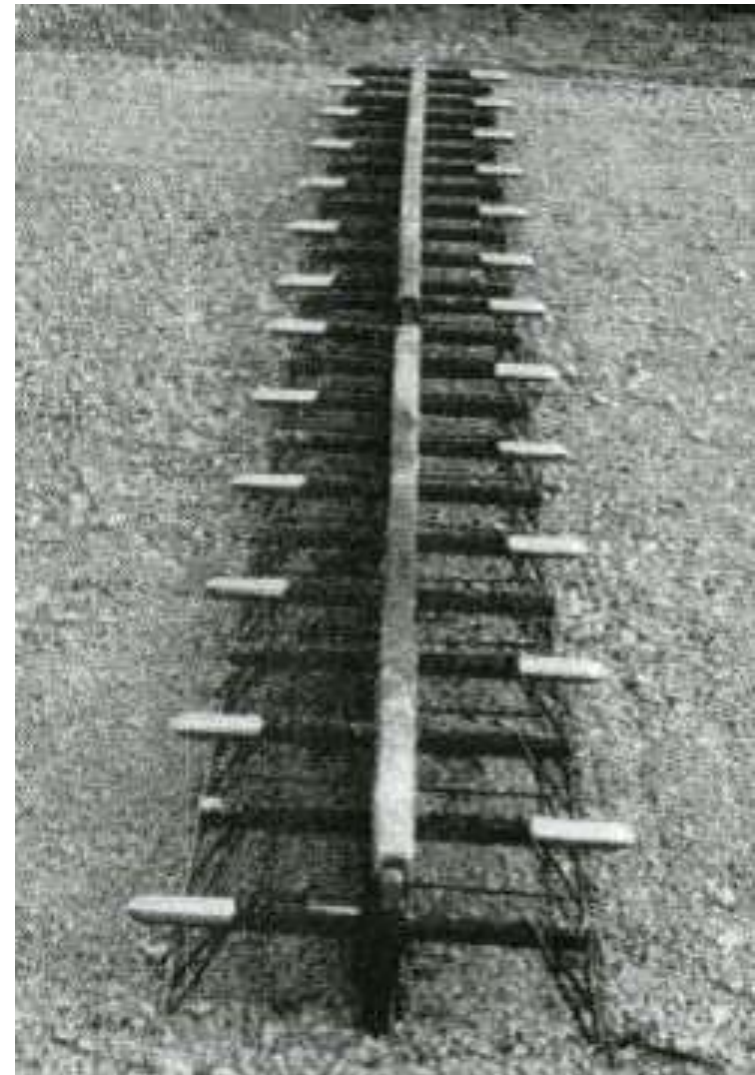
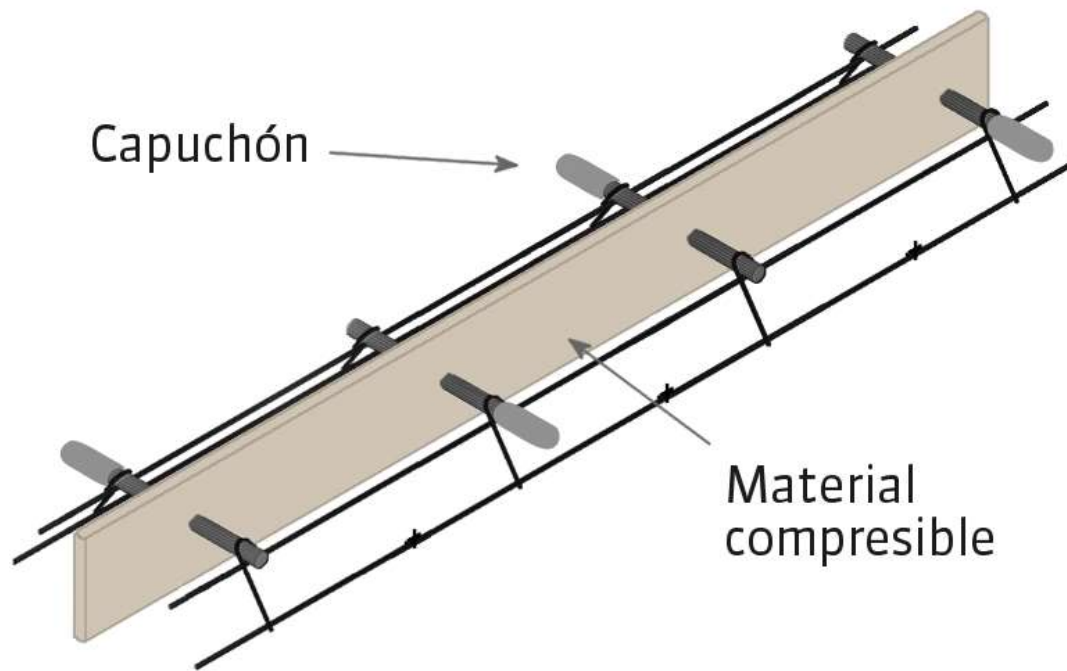
# Juntas longitudinales de construcción



Para minimizar el riesgo de aparición de fisuras por simpatía en juntas longitudinales de construcción, se recomienda la aplicación de un trozo de film de polietileno de 50 cm de largo aproximadamente, sobre el borde del pavimento de la faja anterior y en coincidencia con las juntas transversales. Para evitar que el film se desplace durante la ejecución, se debe encontrar convenientemente lastrado o adherido, mediante la aplicación previa de grasa o asfalto.



# Juntas transversales de dilatación



# Juntas transversales de dilatación

## Errores presentes en este armado:

1. El telgopor NO es un material apto para relleno (porque no tiene memoria elástica)
2. El capuchón debe ocupar solo 5cm sobre el pasador.
3. El pasador no debe estar lubricado con grasa
4. El canasto debe estar soportado desde sus extremos para que tenga mayor estabilidad.
5. El capuchón debe llevar un tapón y tener un relleno interior que garantice una carrera libre de al menos 2 cm.



# Hormigón en tiempo frío

El Reglamento CIRSOC, indica que existe condición de tiempo frío cuando:

La temperatura **media diaria es menor a 5 °C durante tres días consecutivos.**

El Código ACI, establece además del requisito anterior, el siguiente:

Temperatura ambiente menor o igual a **10 °C durante 12 horas consecutivas dentro de las primeras 72 horas posteriores a la colocación del hormigón.**

# Clima frío. Deterioros

## Efecto

**Retardo del fraguado**

**Retardo en la hidratación del cemento**

**Formación de cristales**

**Agua de exudación puede permanecer en superficie**

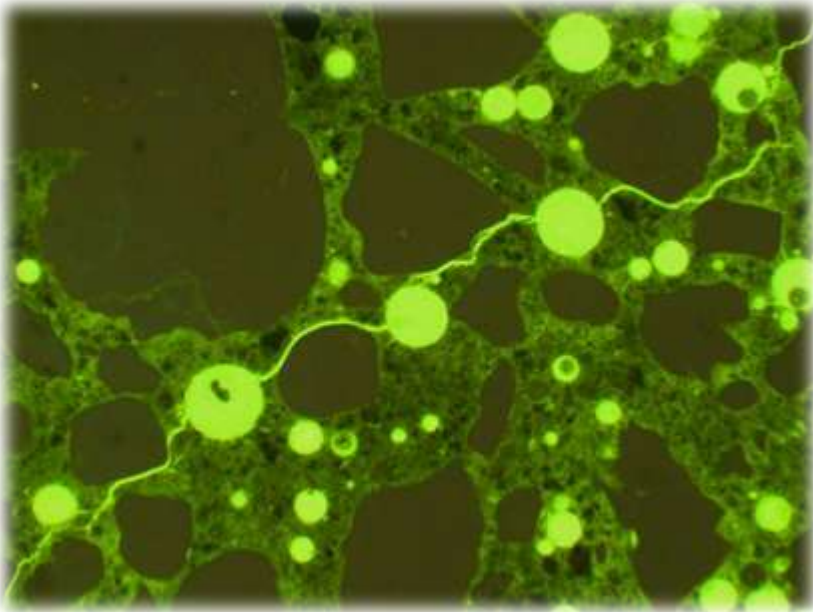
## Consecuencia

- Mayor tendencia a la fisuración plástica
- Aumento en los tiempos de desmolde y aserrado
- Menor resistencia inicial
- Mayor resistencia final
- Prolongación del curado
- Debilita adherencia pasta-agreg
- Daño por congelamiento
- Defectos / deterioro superficial

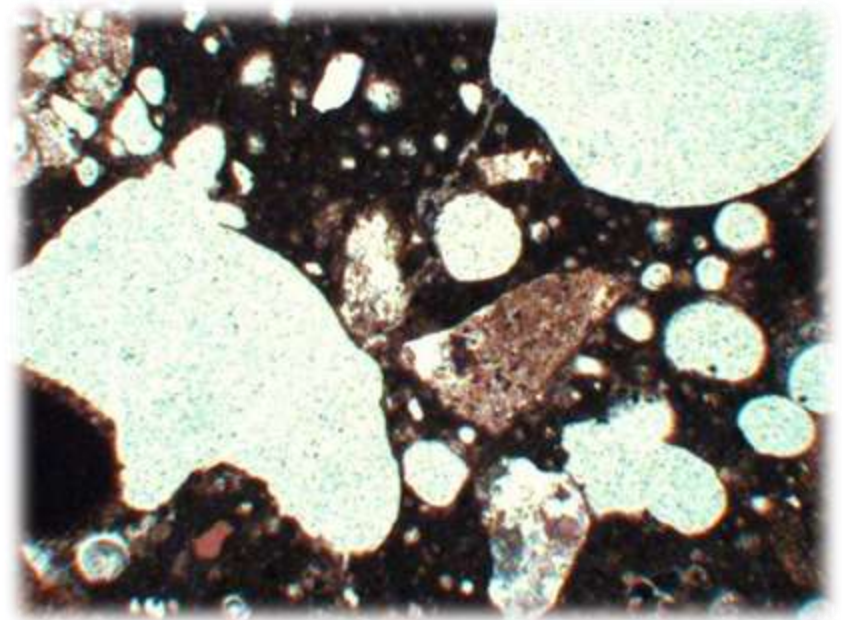
# Daños por Congelamiento

- No hay mecanismos para proteger al **hormigón joven** del deterioro por congelamiento; el único recurso práctico es **evitar que se congele**.
- Se deben tomar **precauciones** en el momento de la colocación del hormigón y algunas horas posteriores, **H° joven con resistencia menor a los 4 MPa**.
- Dado que el agua no está a la presión atmosférica sino que está sometida a diferentes grados de tensión en función del diámetro del capilar que ocupa (tensión superficial y adsorción), **las temperaturas para provocar su congelamiento son inferiores a 0 °C**. Como dato práctico, debemos preocuparnos por temperaturas inferiores a -5 °C.

# El All no es suficiente para evitar el daño por congelamiento en el hormigón joven



- ✓ **Deficiente cantidad** de burbujas de aire incorporado
- ✓ **Fisuración paralela** a la superficie expuesta del hormigón



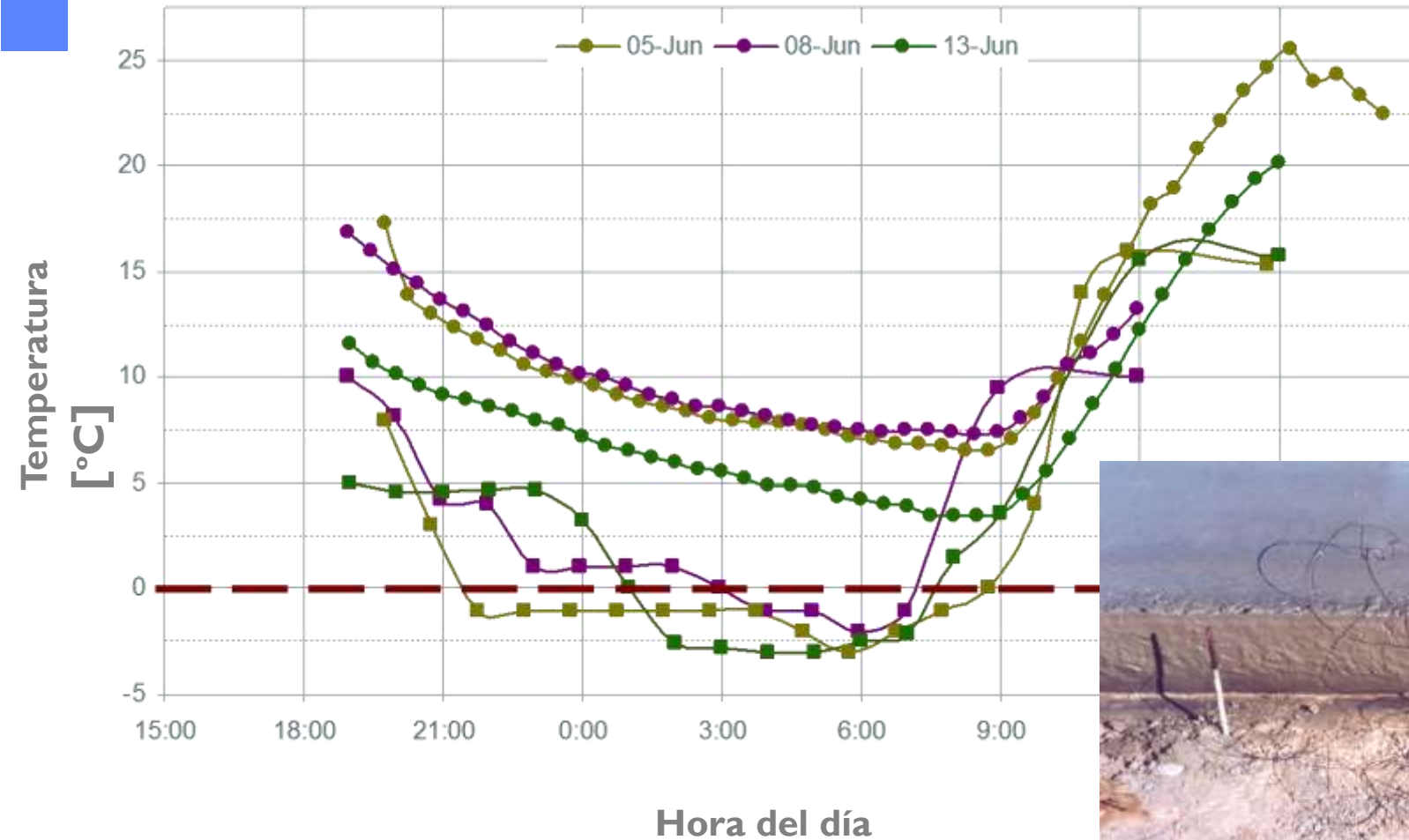
- ✓ **Coalescencia** de burbujas de aire

# Tiempo frío: recomendaciones prácticas

- ▶ Diseñar mezclas con **relación a/c acorde a la condición de exposición** (0,50; 0,45; 0,40)
- ▶ El **All** reduce la demanda de agua, aunque no sea requisito en casos de que no exista riesgo de C-D.
- ▶ **Aporte de la membrana de curado (resina)** en la conservación de la temperatura del H°
- ▶ **Comenzar** la jornada de trabajo con **temperatura > 2°C en ascenso.**
- ▶ No colocar **hormigón** con **temperatura inferior a 16°C** (Disposición CIRSOC).
- ▶ **Finalizar** la jornada con **temp. amb. de 5°C en descenso.**
- ▶ Empleo de **film o mantas** para cubrir el pavimento.



# Monitoreo y registro de temperatura del hormigón joven



# Protección térmica y por lluvias





















# Hormigón en tiempo caluroso

- ✓ Se define como tiempo caluroso, a cualquier combinación de elevada temperatura ambiente, baja H.R. y vientos, que tiendan a perjudicar la calidad del H° fresco.

## Recaudos Generales:

- ✓ Se prestará especial cuidado en las tareas de curado.
- ✓ Trabajar con la menor demanda de agua y cemento posible.
- ✓ Diseñar la mezcla con el menor contenido de arena, que permita trabajabilidad y terminación adecuadas.
- ✓ Mantener los acopios de áridos gruesos saturados.
- ✓ Regar la cancha, previo a la colocación del H°.
- ✓ Controlar la evolución de las temperaturas.

# Temperatura altas

## Efecto

**Aceleración del fraguado**

**Evaporación rápida**

**Aceleración de las reacciones de hidratación**

**Mayor Gradiente Térmico durante las primeras horas**

## Consecuencia

**Menor tiempo disponible  
Riesgo de juntas frías**

**Mayor tendencia a la fisuración plástica**

**Más demanda de agua  
Mayor resistencia inicial  
Menor resistencia final**

**Mayor Riesgo de Fisuración Térmica**

# Fisuras por contracción plástica y retracción

**FISURAS PLÁSTICAS**



**A las pocas horas**  
Típico mapeo, puede haber fisuras paralelas

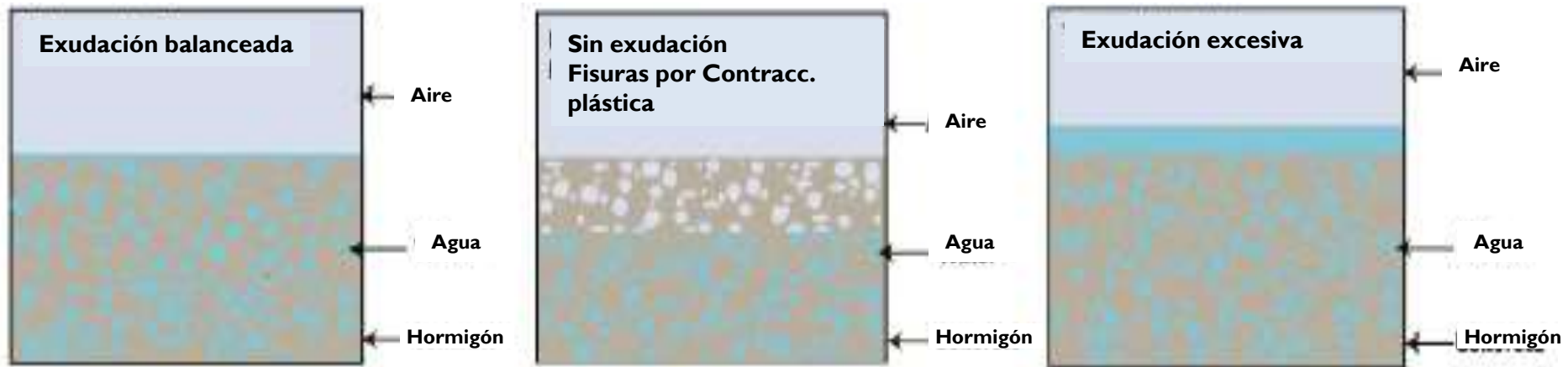
**FISURAS POR CONTRACCIÓN**



**Luego de varias horas**  
Hasta algunos días,  
típicamente transversal  
a la mayor dimensión

# Exudación

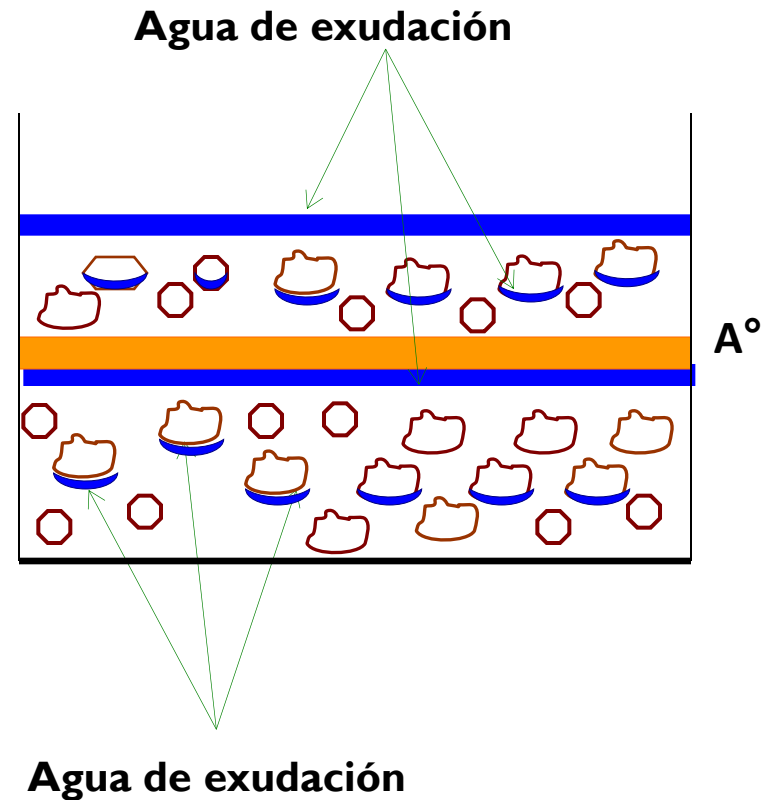
Es el caso particular de **segregación del agua**, por diferencias de pesos específicos y por la incapacidad de las partículas finas de retener el agua



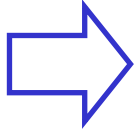
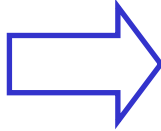
**Fuente:** "Integrated Materials and Construction Practices for Concrete Pavement: a state of practice manual". FHWA-HIF

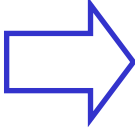
## Efectos de la exudación

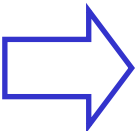
1. Menor durabilidad: creación de canales capilares con cráteres en la superficie
2. Menor adherencia y resistencia: agua retenida debajo de agregados y armaduras
3. Planos de debilidad, mayor porosidad, mayor desgaste, menor adherencia entre capas, aparición de una capa de pasta con alta relación a:c



# Contracción plástica

Tendencia a la Segregación  
(diferentes densidades)  Agua asciende  
a la superficie  **Exudación**

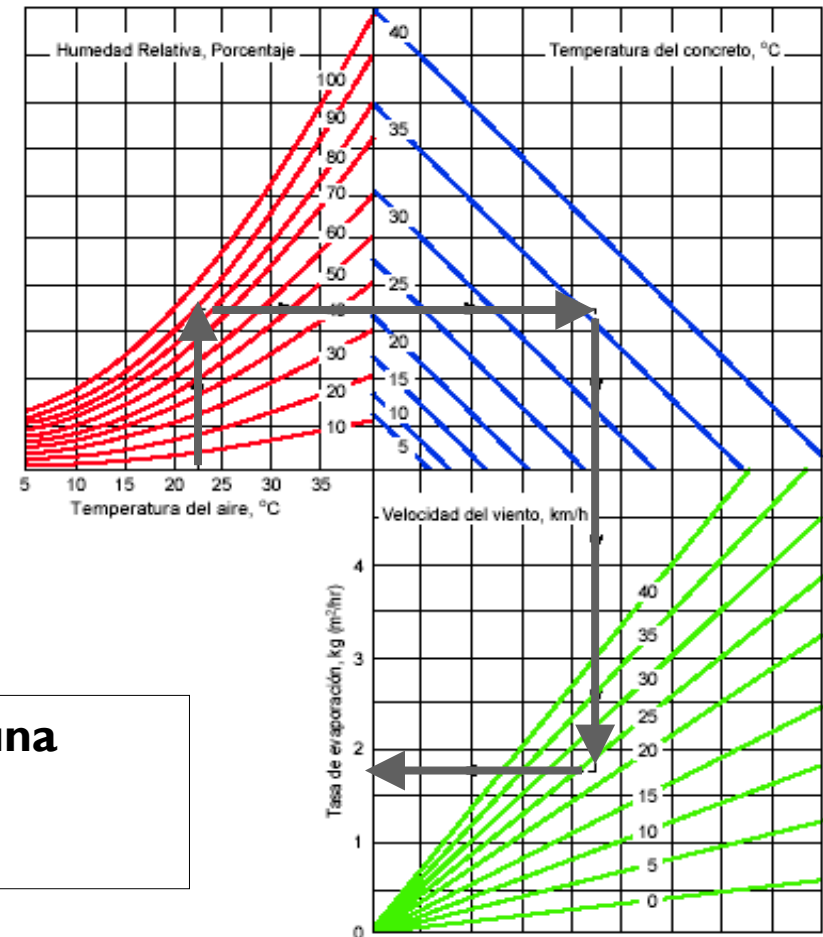
- Aumento de la temperatura
  - Aumento de la velocidad del viento
  - Disminución de la humedad relativa
-  **Aumento de la  
velocidad de  
evaporación**

Si la velocidad de Evaporación  
> a la de Exudación  La superficie se **contrae y la restricción**  
de la parte interior del hormigón produce  
las fisuras plásticas

# Riesgo de fisuración por contracción plástica

- 1) Entrar con la temperatura ambiente ( $23^{\circ}\text{C}$ )
- 2) Buscar la HR hacia arriba (curva roja) (90%)
- 3) Ir hacia la derecha hasta la temperatura del hormigón ( $35^{\circ}\text{C}$ )
- 4) Ir hacia abajo hasta la velocidad del viento (25 km/h)
- 5) Ir hacia la izquierda y leer la velocidad de evaporación aproximada ( $1.7\text{ kg/m}^2\cdot\text{h}$ )

**Se debe diseñar la mezcla para tener una velocidad de exudación mayor a la de evaporación**



## Fisuración por contracción plástica

Generalmente,  
espesor de 0,2 a 0,4 mm, aunque  
pueden ser >



Las fisuras son  
perpendiculares a la  
dirección predominante del  
viento

# Medidas para minimizar la fisuración por contracción plástica

## ▶ Disminuir la tasa de evaporación de agua

- Reduciendo la temperatura del hormigón fresco al momento de colocación: enfriamiento de agregados por riego, reduciendo los tiempos de transporte y colocación.
- Colocando protecciones perimetrales cortaviento.
- Utilizando parasoles
- Aplicación de fino spray de agua en el ambiente

▶ Adecuar los horarios de trabajo a los momentos de la jornada que resultan más convenientes

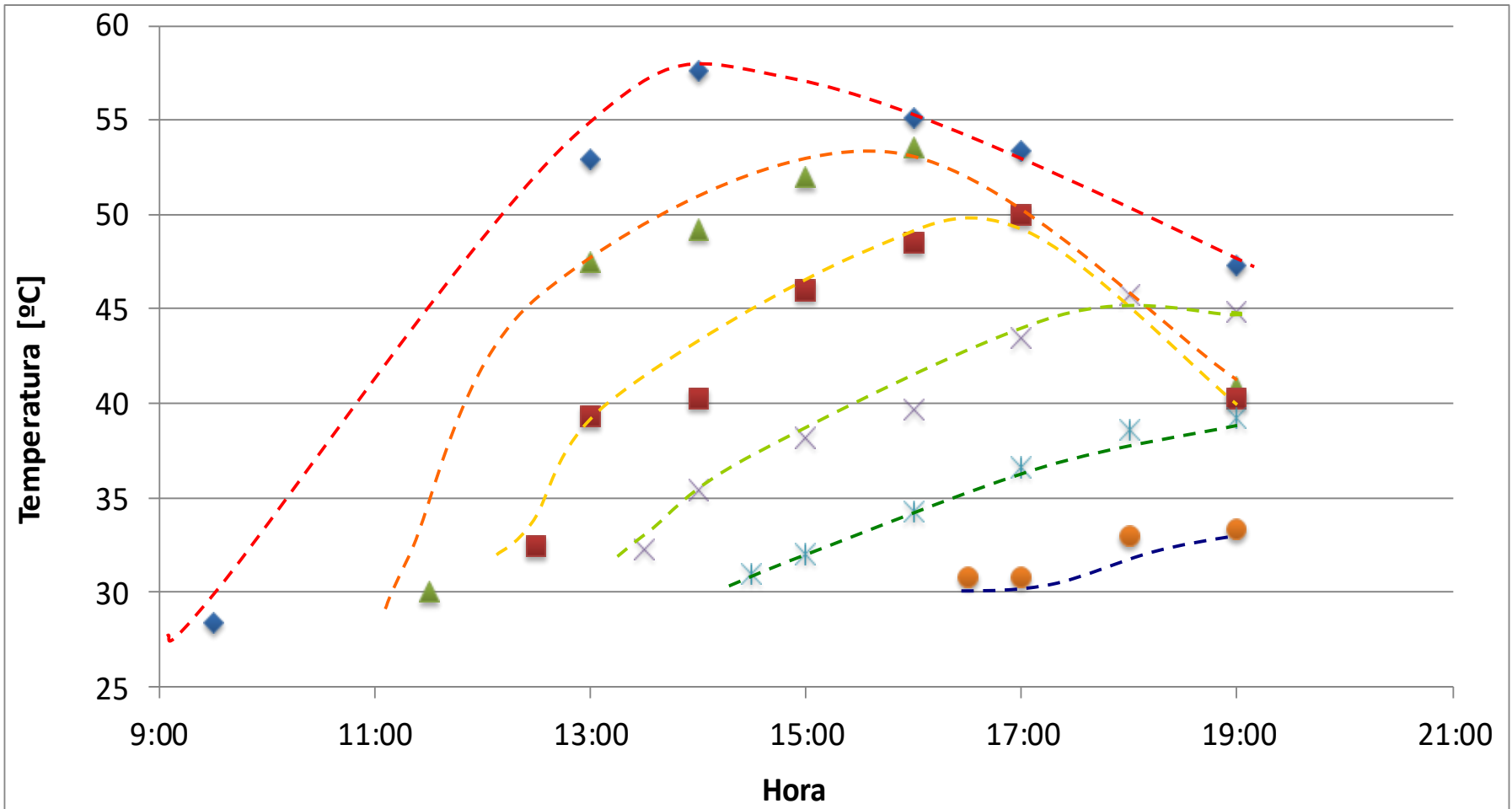
▶ Emplear procedimientos de curado apropiados

# Estrategias para trabajo en clima caluroso

- Aplicar el **compuesto de curado** en la dosis apropiada tan pronto se finalicen las tareas de terminación. Verificar una **correcta distribución** del producto, el **tiempo de formación** de la membrana, su **elasticidad y comportamiento**.
- Controlar la **evolución de temperaturas**.
- Bajo condiciones rigurosas puede considerarse la adopción de **medidas de protección adicionales**:
  - ▶ Incorporación de pantallas, mantas, para proteger el pavimento del sol y/ viento.
  - ▶ Modificar los horarios de pavimentación.

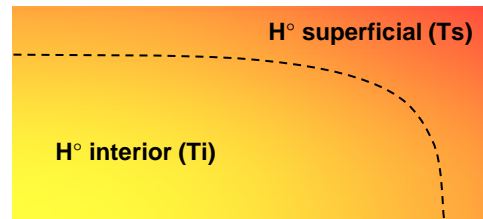


# Efecto de la hora de colocación en la temperatura del pavimento



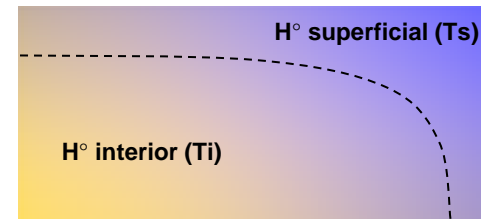
# Marcas de borde

SITUACION DIURNA  
(con asoleamiento)



$T_s > T_i$

SITUACION NOCTURNA  
(o sin asoleamiento)



$T_i > T_s$

- **Marcas de origen térmico**, por gradientes:

**Día:** Asoleamiento + calor de hidratación

**Noche:** Brusco enfriamiento del hormigón en la noche

- **Hormigón superficial** tiene mayor madurez, mayor módulo de elasticidad y menor extensibilidad



# Protección de bordes para prevenir marcas

## Colocación de pantalla de espuma de poliuretano aluminizada reflectiva



## Colocación de film de polietileno en borde de calzada



¿Preguntas?

**ING. DIEGO H. CALO**  
COORDINADOR  
DEPARTAMENTO TÉCNICO DE PAVIMENTOS

[diego.calo@icpa.org.ar](mailto:diego.calo@icpa.org.ar)