

# Control de fisuración en obra

Causas comunes de fisuración del concreto en obra, y mejores prácticas para mitigación de las mismas.

**IC. Sair Bitar M**

Director de calidad  
concreto

Ultracem SAS



**CAMPUS ULTRA**

## Video Institucional

## Contexto

### *Miedos y creencias*

Existe la creencia general en todo el mundo que las estructuras de concreto reforzado no deben fisurarse. Con esa creencia, cuando el concreto se fisura, se afirma que el contratista del concreto causó el daño y debe pagar las reparaciones. Así mismo el contratista a su vez está convencido de que la causa de la fisuración es un concreto diseñado inadecuadamente y por lo tanto esta responsabilidad se debe transferir al productor de concretos

Sin embargo las fisuras en el concreto reforzado no son un defecto y muchas veces son específicamente incluidas como parte del diseño. En el ACI 224, indica anchos de fisuras razonables para una estructura de concreto reforzado bajo cargas de servicio para diferentes tipos de exposición

**Tabla 4.1 – Guía para anchos de fisura razonables\*, hormigón armado bajo cargas de servicio**

Condición de Exposición	Ancho de fisura	
	in.	mm
Aire seco o membrana protectora	0,016	0,41
Humedad, aire húmedo, suelo	0,012	0,30
Productos químicos descongelantes	0,007	0,18
Agua de mar y rocío de agua de mar, humedecimiento y secado	0,006	0,15
Estructuras para retención de agua†	0,004	0,10

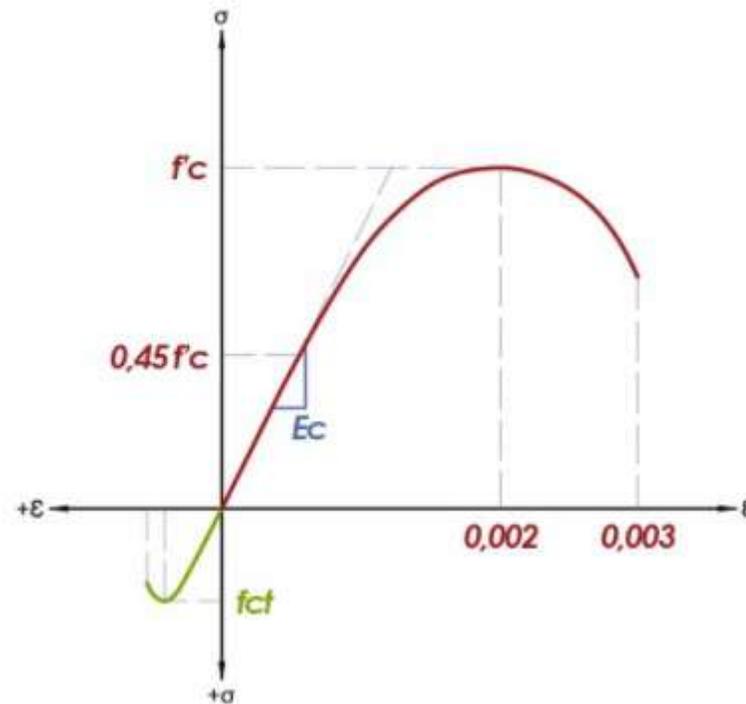
Se trata de fisuras producidas por cargas de servicio y no por defectos en el concreto producto de malas prácticas constructivas.

## Fisuración del concreto

### *Comportamiento del material*

El concreto se fisura debido a que por algún evento o fenómeno, ya sea interno o externo, que generan fuerzas de tensión o compresión, someten al material a deformaciones máximas soportables por el mismo

## Diagrama $\sigma$ - $\epsilon$ Hormigón



## Causas mas comunes de fisuración del concreto en obra

*Según la velocidad de aparición de las mismas*

- Fisuración por retracción plástica
- Fisuración por precipitación de los agregados (Asentamiento Plástico)
- Retracción por secado
- Tensiones de origen térmico
- Reacciones químicas
- Meteorización
- Corrosión de las armaduras
- Prácticas constructivas inadecuadas
- Sobrecargas durante la construcción
- Errores de diseño y detallado
- Cargas aplicadas externamente



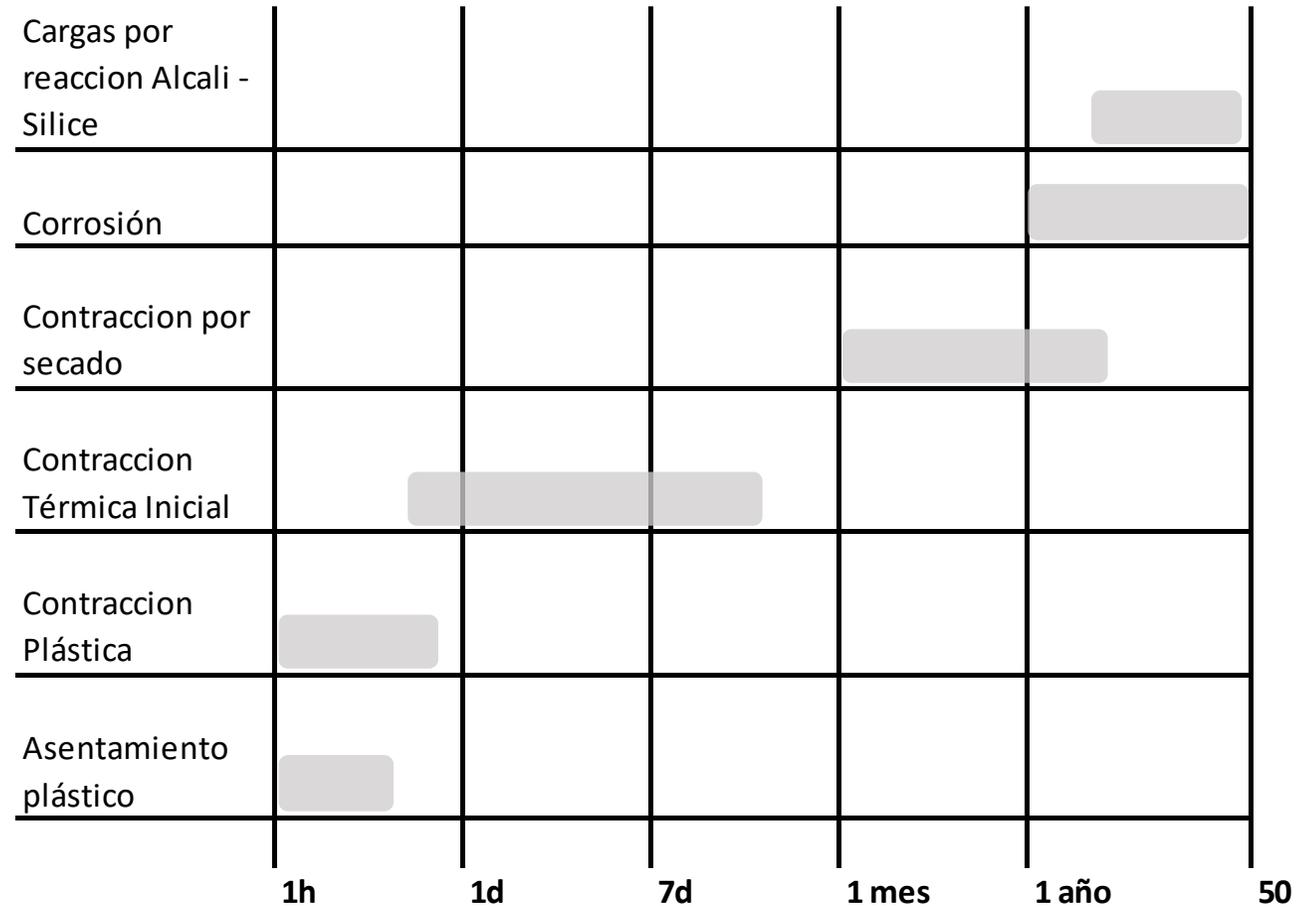
Existe la posibilidad de control o mitigación de este tipo de fisuras en obra

## Según el momento en que se presentan las fisuras

### Mitigación oportuna

Es importante saber en que momento se pueden presentar los diferentes tipos fisuras en el concreto, para poder tomar las medidas de manera oportuna y no luego de que este tiempo de riesgo pase

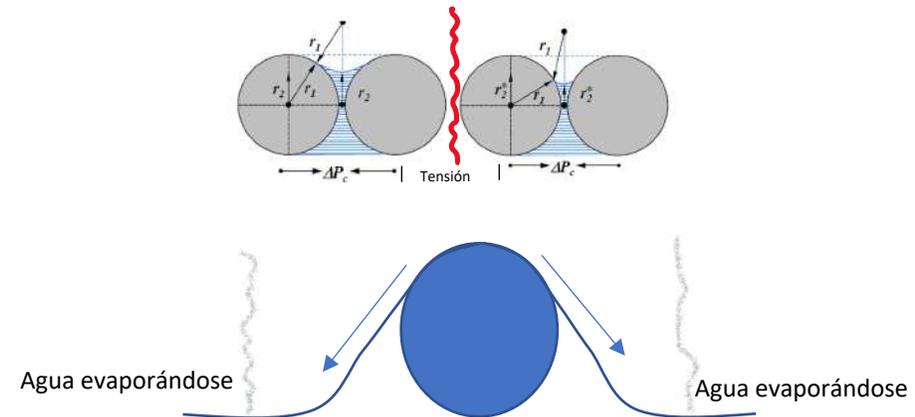
### Causas de fisuración según el momento en que se presentan



## Fisura por contracción plástica

*Esta es quizás la chica mas popular entre todas las fisuras...*

Como su nombre lo indica, tiene lugar cuando el concreto está aun en estado plástico (1h hasta 10 horas), y su causa fundamental es la perdida de agua del concreto, el agua proveniente de la exudación o sangrado del concreto, se posa en la superficie y esta su vez se evapora por efectos del viento, temperatura y humedad.



No obstante su popularidad este tipo de fisuras es poco entendida y por tal razón no se toman las medidas necesarias para evitarlas

## Fisura por **contracción plástica**

### *Como identificarlas*

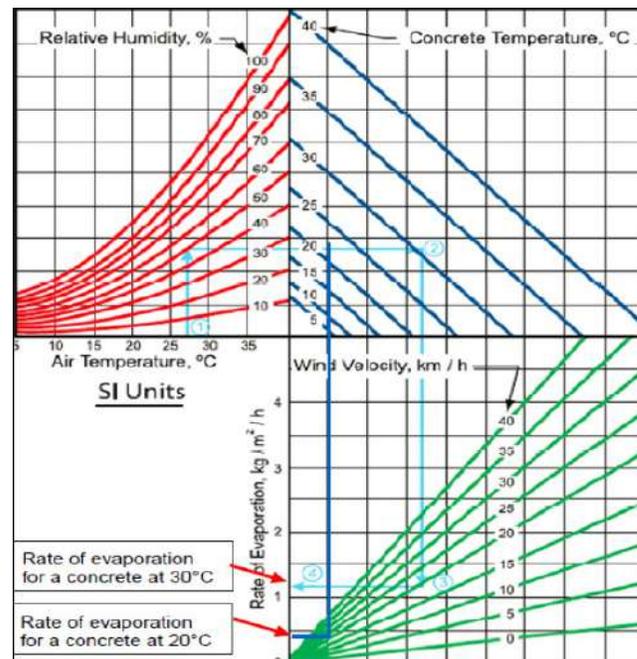
- Tienen una profundidad considerable de 20 a 40 mm pudiendo en ocasiones atravesar la losa.
- Aparecen en las primeras horas (1 a 10 Horas), y se manifiestan en grupo.
- Son mas frecuentes cuando las condiciones climáticas favorecen una rápida evaporación del agua superficial.
- Estas fisuras no atraviesan las piedras, sino que las rodean.
- En general no afectan no presenta peligro estructural, es decir no afecta la capacidad resistente del elemento.
- Si el elemento tiene espesor uniforme, estas fisuras son de Trazado corto, sin direcciones preferentes y generalmente se distribuyen al azar.
- Si el elemento tiene espesores variables, las fisuras se localizan en las zonas mas delgadas.
- No tienen aspecto de una rotura limpia ni presentan bordes agudos y bien definidos como cuando sucede después de las que se forman cuando el concreto esta endurecido.

## Mitigación de Fisuración por contracción plástica

### Medidas para disminuir la fisuración

Claramente toda actividad tendiente a disminuir la desecación de la superficie del elemento de concreto contribuye a una disminución de este tipo de fisuras:

- Es conveniente realizar el vaciado en las primeras horas del día
- Construir pantallas provisionales (barreras de viento) para disminuir la evaporación del agua
- **Curado nebulizado o en aspersión**, con un caudal mayor o igual a la rata de evaporación del agua superficial
- **El curado debe ser constante** (No intermitente), para evitar el efecto "acordeón"



Nomograma Menzel. Efecto de la temperatura del concreto y del aire, la humedad relativa y la velocidad del viento sobre la tasa de evaporación de la humedad superficial del concreto. Este gráfico proporciona un método para estimar la pérdida de humedad superficial para diversas condiciones climáticas.

**Se determina como limite sin un riesgo alto  $E = 0,5 \text{ kg/m}^2/\text{hr}$ , por encima de este deben tomarse medidas que eviten la fisuración**

#### Metric units

$$E = 5([T_c + 18]^{2.5} - r \cdot [T_a + 18]^{2.5})(V + 4) \times 10^{-6}$$

$E$  = evaporation rate,  $\text{kg/m}^2/\text{hr}$ ,

$T_c$  = concrete (water surface) temperature, C,

$T_a$  = air temperature, C,

$r$  = (RH percent)/100, and

$V$  = wind velocity, kph.

# Mitigación de Fisuración por contracción plástica

*Medidas para disminuir la fisuración*



## Fisura por asentamiento plástico

### *Explicación del fenómeno*

En esta etapa del proceso donde el hormigón aún no ha endurecido existen otros tipos de grietas causadas del acomodamiento plástico. Esto ocurre cuando el concreto en estado fresco ha sido colocado en la formaleta, en ese momento los sólidos de la mezcla tienden a asentarse por efecto de la gravedad, desplazando los elementos menos densos como el agua y el aire atrapado, hacia arriba; el agua aparece en la superficie como agua de exudación y el asentamiento continua hasta que el concreto se endurece. Cuando hay obstáculos como son: acero de refuerzo, piedras de gran tamaño o elementos embebidos dentro del hormigón, estos pueden obstruir el libre acomodo de la mezcla, provocando asentamientos diferenciales plásticos y la formación de grietas.

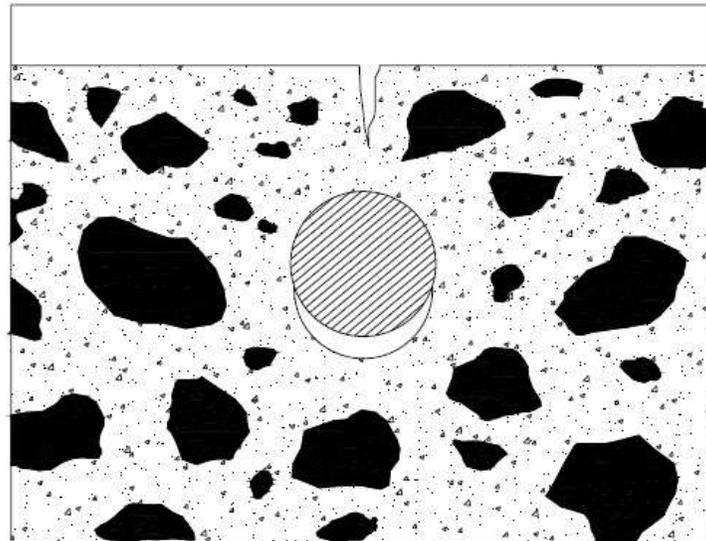
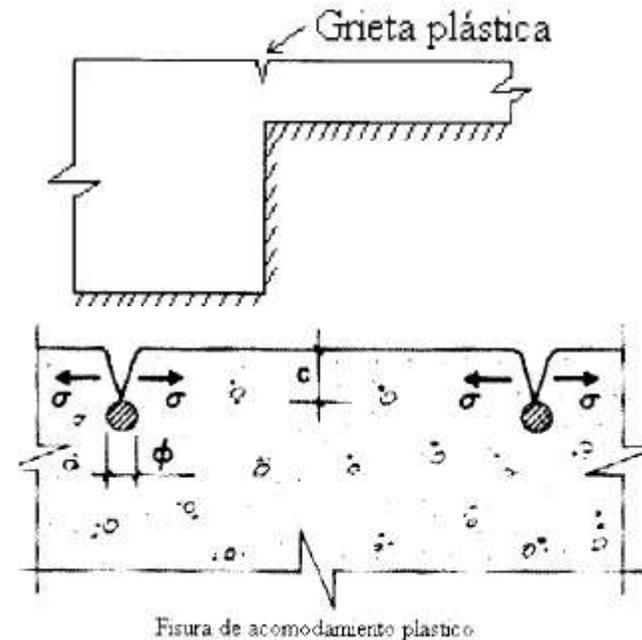


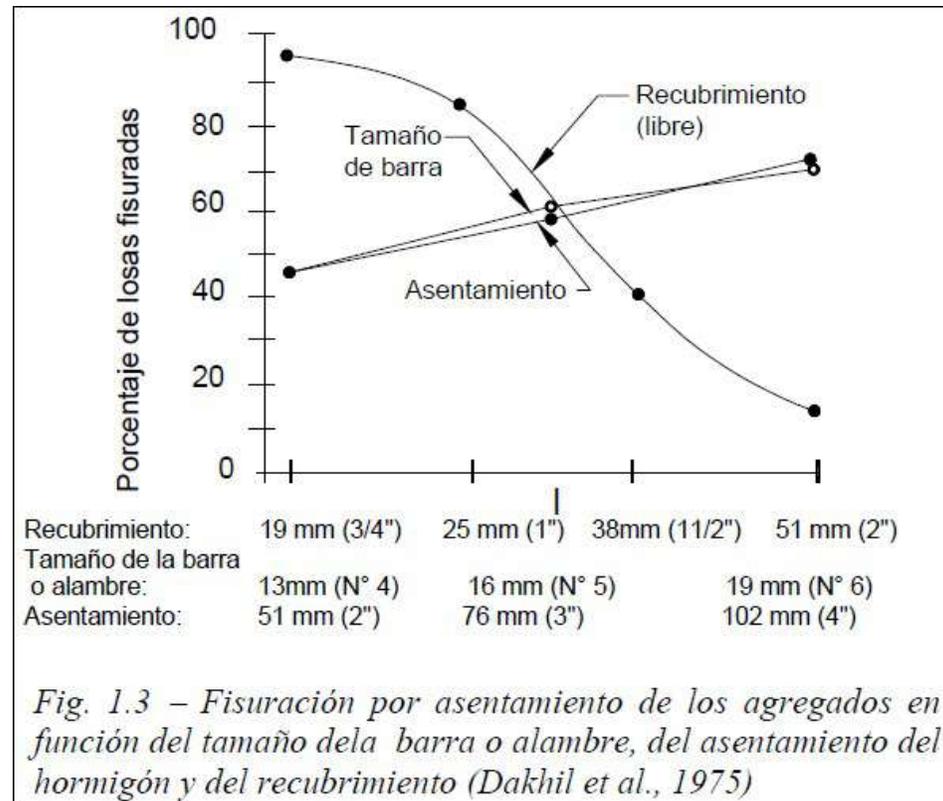
Fig. 1.2 – Fisura formada debido a una precipitación obstruida (Price, 1982)



## Fisura por asentamiento plástico

### Explicación del fenómeno

El efecto producido por el exceso de vibrado en el concreto, es una de las consecuencias de un asentamiento plástico aumentado mas de lo natural, igualmente este efecto se refleja en fisuras si existen obstáculos que evitan que los agregados viajen hacia debajo de manera libre, es claro que entre menor sea el recubrimiento del elemento, la fisura se reflejará en la superficie.

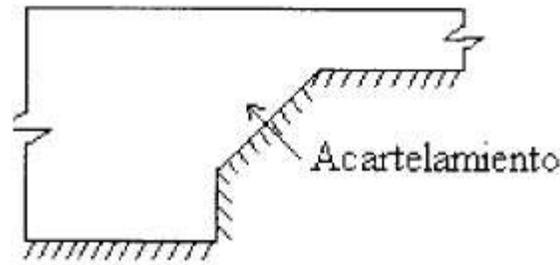


En la grafica se muestra el efecto que tienen variables como el asentamiento, diámetro de barra, recubrimiento en la fisuración de losas reforzadas

## Fisura por asentamiento plástico

### *Medidas para mitigación de estas fisuras*

- Según el tipo de elemento, se deberá cumplir lo establecido en cuanto a los recubrimientos mínimos de las varillas superiores evitando también el uso de grandes diámetros.
- En pisos y pavimentos de hormigón se evitarán los cambios bruscos de espesores por medio de acartelamientos o transiciones.



- En pisos y pavimentos de hormigón se deberá compactar eficientemente la superficie de sustentación
- En vaciados continuos se debe cuidar el mismo asentamiento en toda la fundida.

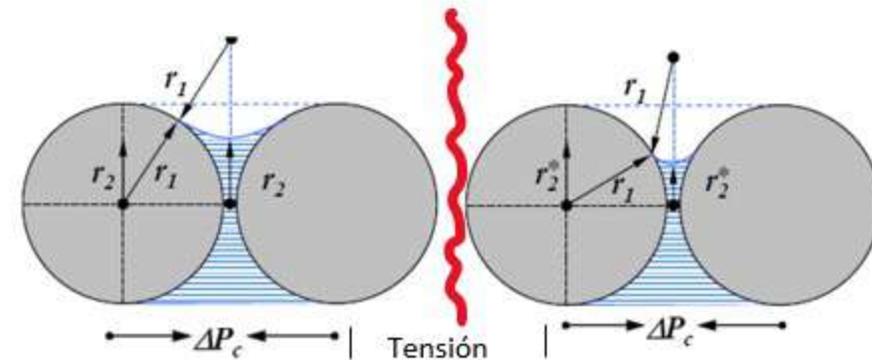
Es posible que las grietas originadas por contracción y asentamiento no sean visibles sino hasta después de cierto tiempo; la razón de ello es que comúnmente quedan selladas en la superficie durante la operación de terminado o simplemente no son lo suficientemente anchas para ser observadas sino hasta que el concreto se contrae aun más o hasta que crecen debido a una carga que afecte los planos débiles.

## Fisura por contracción por secado

### *Explicación del fenómeno*

Una causa habitual de la fisuración del hormigón es la restricción de la retracción por secado. La retracción por secado es provocada por la pérdida de humedad de la pasta cementicia, la cual se puede contraer hasta un 1%. Por fortuna, los agregados proveen una restricción interna que reduce la magnitud de este cambio de volumen a aproximadamente 0,06%.

Las causas principales son la a hidratación del cemento y la evaporación del agua de la pasta. Cuando el agua se evapora, se forman meniscos en los espacios dejados por el poro en la pasta; estos meniscos ejercen fuerzas de **tensión** en la superficie de las paredes de los poros produciendo fuerzas hacia el interior, macroscópicamente, estas fuerzas de tensión superficial son manifestadas como contracción.



## Fisura por contracción por secado

### *Explicación del fenómeno*



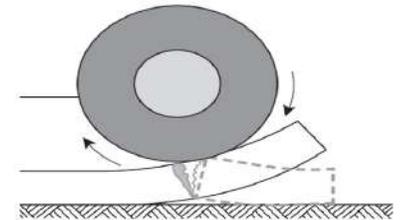
La contracción por secado es una característica del concreto que si es mal controlada o manejada, puede conducir a problemas de servicio, reduce la durabilidad e incluso puede presentar fallas del sistema. En pisos, la contracción causa roturas o fallas que son estéticamente inaceptables y puede impedir el paso de llantas de montacargas ó el tráfico peatonal, e impedir o dificultar la limpieza lo cual reduce la durabilidad.



La contracción en losas también causa alabeo, lo cual puede resultar en deterioro de las uniones, problemas en los montacargas y rotura en las estructuras.



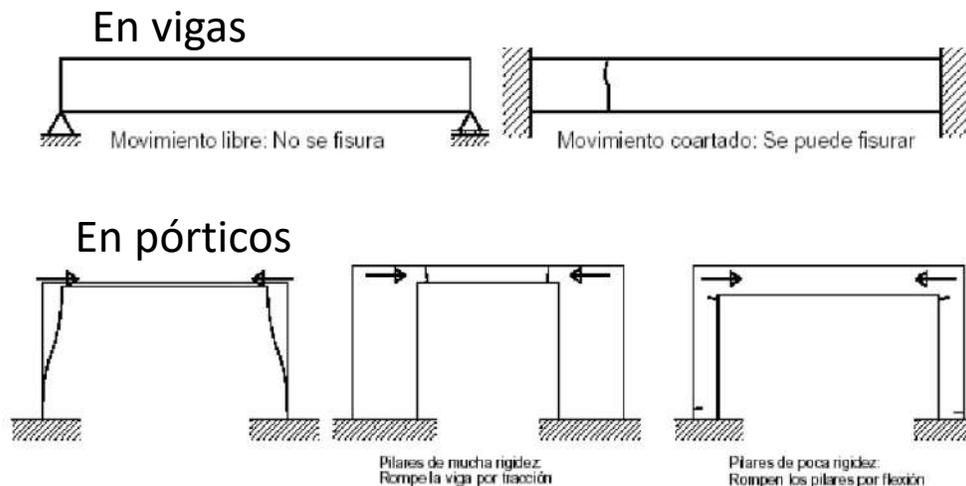
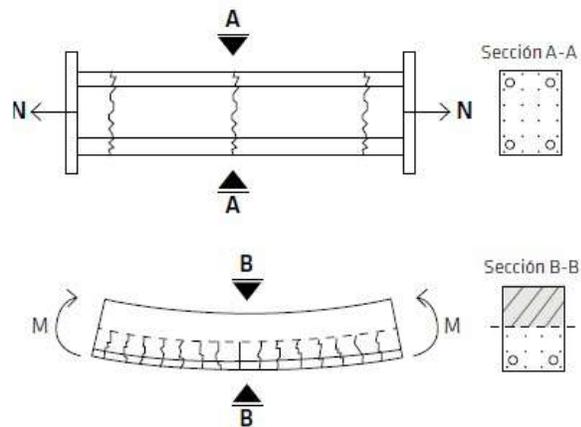
Las grietas por restricción de la contracción pueden reducir el desempeño en la vida de la estructura (por ejemplo, grietas que permiten la fuga de agua en estructuras de este tipo) o causa problemas generales de durabilidad (por ejemplo, corrosión del refuerzo en acero)



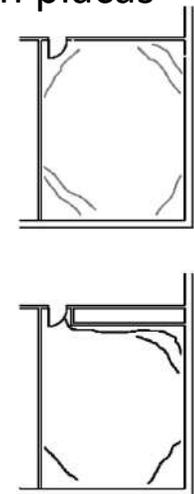
## Fisura por contracción por secado

### Como identificarlas

- Aparición retardada, meses y a veces años.
- Más frecuentes e importantes en elementos situados en zonas secas y soleadas. A veces es muy difícil de distinguir su origen por retracción o por efectos térmicos.
- Son regulares, con anchura prácticamente constante y normalmente se estabilizan muy rápidamente, por lo que cuando el técnico interviene suelen ser muertas.
- Su forma depende del armado del elemento y de las cuantías utilizadas para reforzamiento, por lo general se tienen las siguientes sintomatologías:



### En placas



## Mitigación de Fisuración por contracción por secado

### Medidas para disminuir la fisuración

Las medidas para contrarrestar fisuras por contracción por secado incluyen las mismas impuestas para prevenir la contracción plástica pues el origen es común, pero además de estas:

- En las grandes superficies como pisos y losas, se deberán realizar rápidos y eficientes curados, para preservar o restituir la humedad. Entre estas técnicas se encuentran las siguientes:
- Cubrir la superficie con una Lona o material de polietileno.
- Riego de agua desde las primeras horas y durante mínimo 7 días.
- Aplicación superficial de curadores químicos.

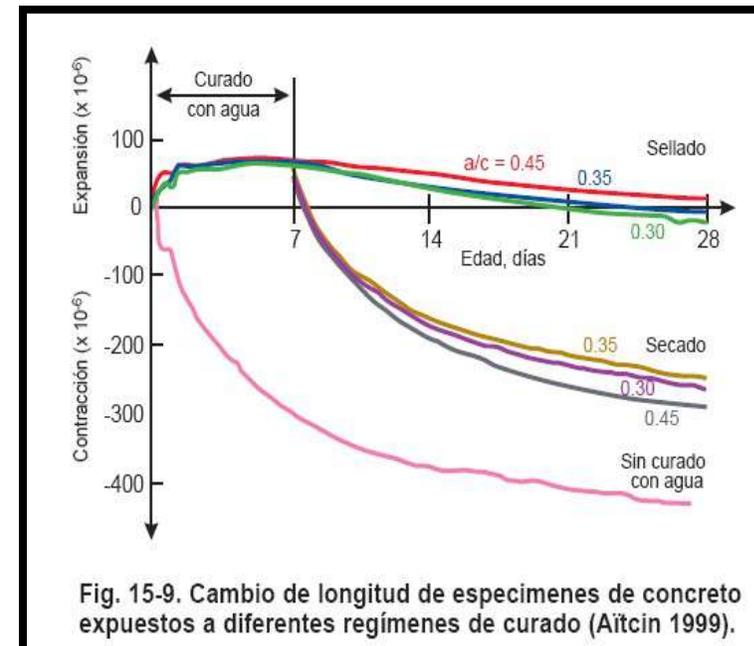
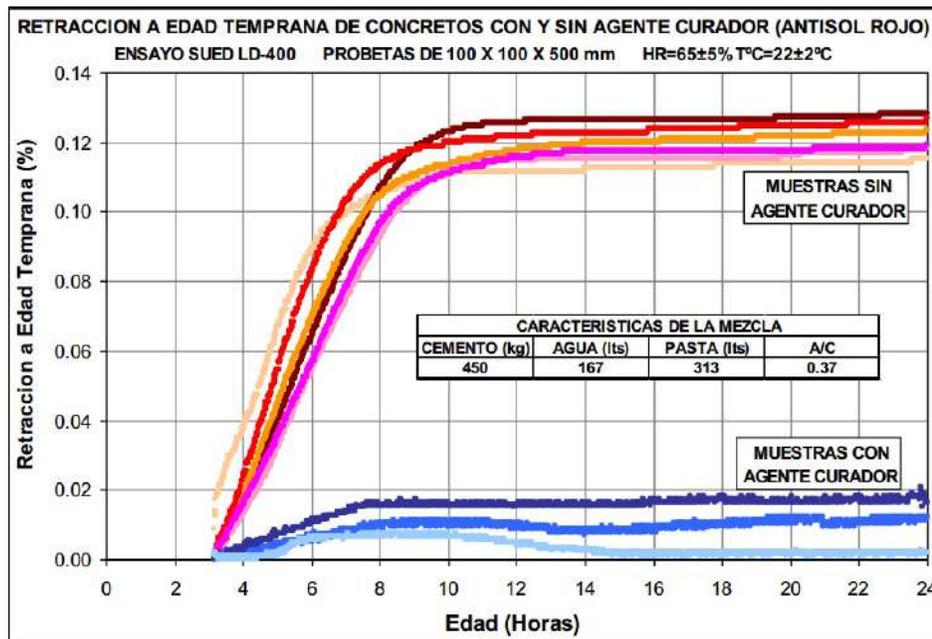


Fig. 15-9. Cambio de longitud de especímenes de concreto expuestos a diferentes regímenes de curado (Aitcin 1999).

## Mitigación de Fisuración por contracción por secado

### *Medidas para disminuir la fisuración*

Las medidas para contrarrestar fisuras por contracción por secado incluyen las mismas impuestas para prevenir la contracción plástica pues el origen es común, pero además de estas:

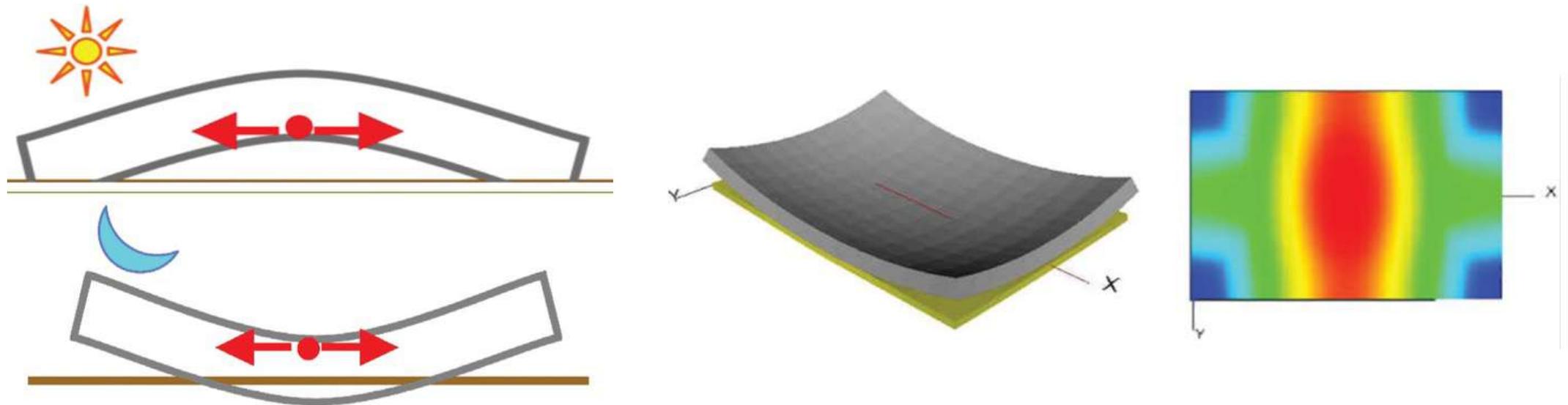
- Utilización de fibras sintéticas sobre todo en pavimentos. Estas fibras aumentan la capacidad de deformación por tensión, disminuyendo los planos débiles.
- Diseño y construcción de juntas de contracción.

## Fisura por tensiones de origen térmico

### *Explicación del fenómeno*

Como todo material, el concreto se dilata, cuando su temperatura aumenta, y se contrae cuando se disminuye la temperatura, provocando fisuras cuando el libre movimiento está restringido o se combina con la contracción por secado.

La retracción térmica es la variación de contracción del Hormigón originadas por tensiones locales producidas por las diferencias térmicas entre el hormigón y el medio ambiente. Al igual que en la retracción hidráulica, se producirá la fisuración en el instante en que el valor de retracción sea igual a la relación entre la tensión de rotura del material a tracción y su módulo de deformación.



## Fisura por tensiones de origen térmico

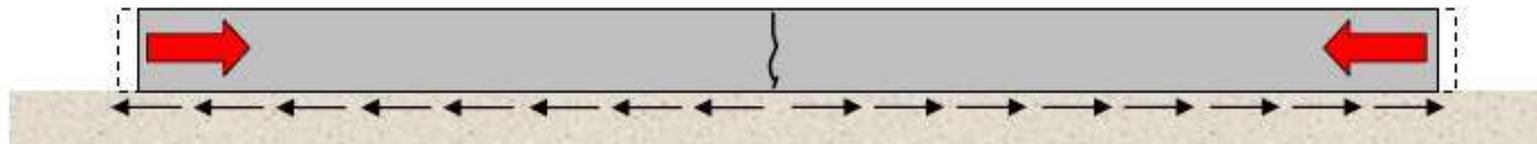
### *Explicación del fenómeno*

Como todo material, el concreto se dilata, cuando su temperatura aumenta, y se contrae cuando se disminuye la temperatura, provocando fisuras cuando el libre movimiento está restringido o se combina con la contracción por secado.

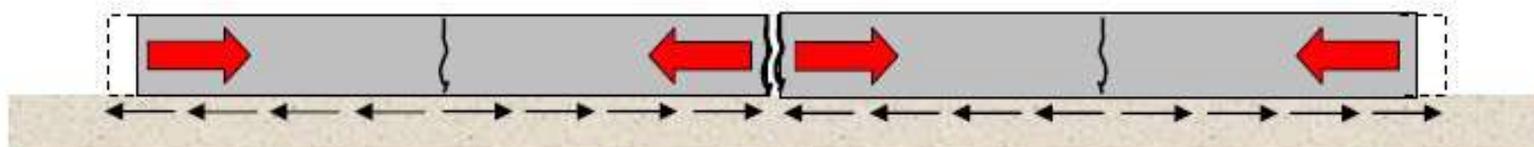
#### Estado inicial



#### Luego de algunas horas



#### Luego de algunos días



# Fisura por tensiones de origen térmico

## Explicación del fenómeno

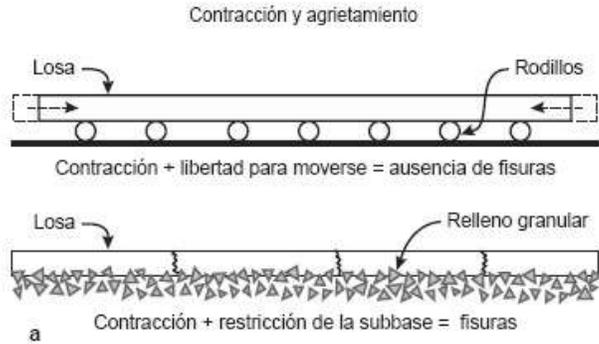


Figura 1. El corte ocasiona la aparición de la fisura en la junta (Taylor P.; et al, 2007)

Figura 2. Junta aserrada demasiado tarde (Taylor P.; et al, 2007)

Fig. 15-10. (a) Ilustración que muestra que no hay desarrollo de agrietamiento en el concreto que esté libre para contraerse (losa sobre rodillos). Sin embargo, una losa sobre el terreno está restringida por la subbase (u otro elemento), creando tensiones y grietas. (b) Grietas típicas de contracción de una losa sobre el terreno. (c) Una junta de contracción que funciona adecuadamente controla la localización de las fisuras de contracción. (d) Juntas de contracción en las losas y muro presentados aquí, minimizarán la formación de fisuras. (IMG12279, IMG12281, IMG12282)

## Fisura por tensiones de origen térmico

### *Explicación del fenómeno*

La ventana de corte es un período corto después de la colocación cuando se puede cortar el pavimento de hormigón correctamente y controlar la formación de fisuras. Comienza cuando la resistencia del hormigón es suficiente para aserrar sin excesivo desmoronamiento en los bordes a lo largo del corte. La ventana de corte termina cuando el volumen del hormigón se reduce significativamente (debido a contracción por secado o por temperatura) y la restricción de la contracción induce tensiones de tracción mayores que la resistencia a la tracción del hormigón, es decir, cuando comienza la fisuración aleatoria.

**a) Desmoronamiento inaceptable: aserrado demasiado pronto**



**b) Desmoronamiento moderado: aserrado temprano en la ventana**



**c) Sin desmoronamiento: aserrado más tarde en la ventana**



Figura 4. Grados de desmoronamiento en los bordes de la junta causado por el aserrado (Taylor P.; et al, 2007)

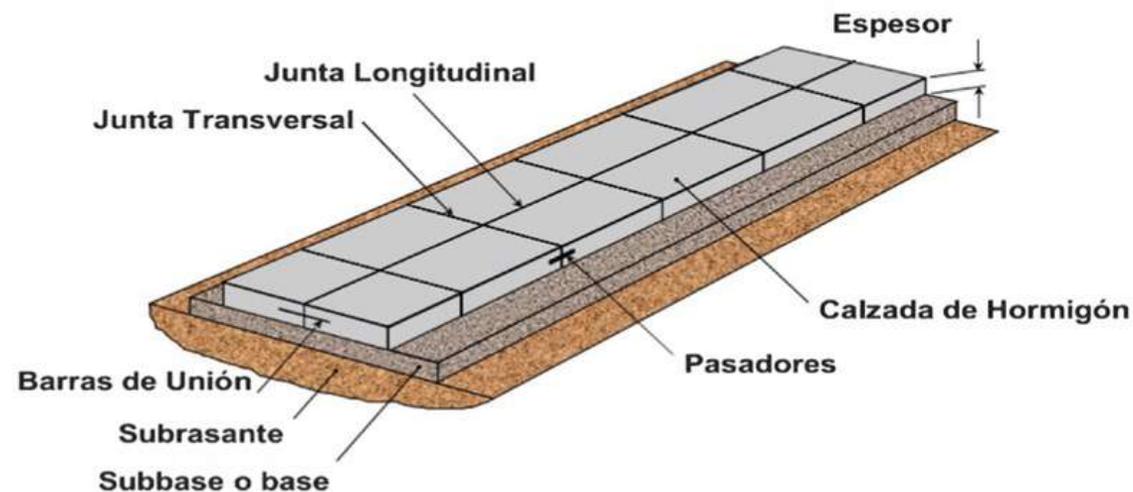
## Mitigación Fisura por tensiones de origen térmico

### *Medidas para disminuir la fisuración*

Los pavimentos de hormigón son muy susceptibles también a los gradientes de temperatura causando el alabeo, el peso propio de la losa y la carga de tránsito tienden a impedir esa deformación produciendo esfuerzos de tracción en la cara cóncava produciendo la fisura.

Entre las medidas para contrarrestar las causas de las fisuras de origen térmico está el no utilizar cementos con muy alto contenido de aluminato tricálcico AC3 y agregados con alta

Captación de calor. Evitar los gradientes térmicos entre la superficie y el interior de un mismo elemento, así como diseñar y construir correctamente las juntas de dilatación previstas.





Logo Aliado



# ¡Gracias!

---

Para acceder a mas contenidos, te invitamos a registrarte en [www.campusultra.com](http://www.campusultra.com)

