

DISEÑO SEGURO DEL HORMIGÓN DE PRESAS. PREVENCIÓN, DIAGNOSIS Y PROGNOSIS DE LA REACCIÓN SÍLIC-ÁLCALI

E. Menéndez, B. Aldea, R. García-Rovés

Instituto “Eduardo Torroja” de Ciencias de Construcción (CSIC)

Contenido

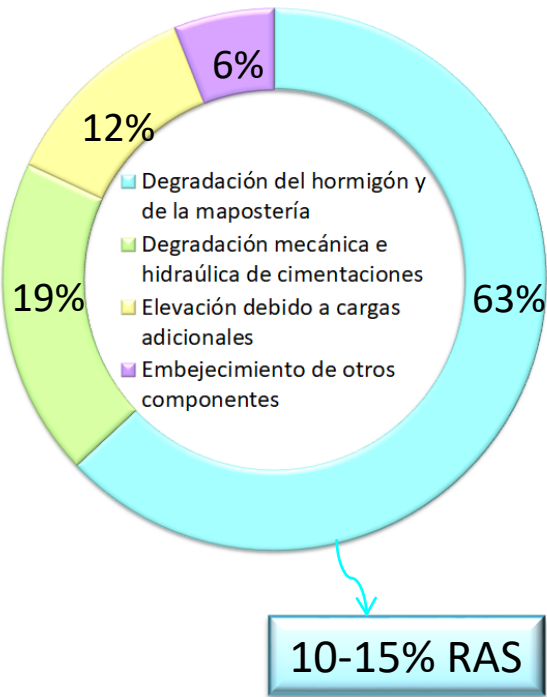
- Incidencia de la reacción árido-álcali en presas
- Vida útil de las estructuras de hormigón con RAS
- Prevención de la RAS
- Diagnóstico de la RAS
- Pronóstico de la RAS
- Mitigación de la RAS
- Conclusiones

Contenido

- Incidencia de la reacción árido-álcali en presas
- Vida útil de las estructuras de hormigón con RAS
- Prevención de la RAS
- Diagnóstico de la RAS
- Pronóstico de la RAS
- Mitigación de la RAS
- Conclusiones

Incidencia de la RAS en presas

Alteración en presas



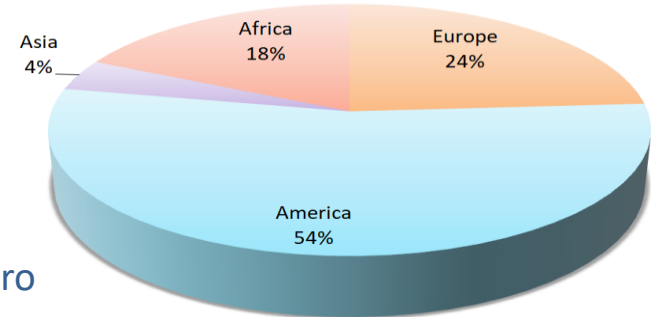
Alta incidencia de daño en el hormigón

Muchas presas incorrectamente diagnosticadas

Hasta 20-30 años en manifestar el deterioro

		Consecuencias		
		Ligeramente perjudicial	Perjudicial	Altamente perjudicial
Probabilidad	Baja	Riesgo bajo	Riesgo tolerable	Riesgo moderado
	Media	Riesgo tolerable	Riesgo moderado	Riesgo importante
	Alta	Riesgo moderado	Riesgo importante	Riesgo intolerable

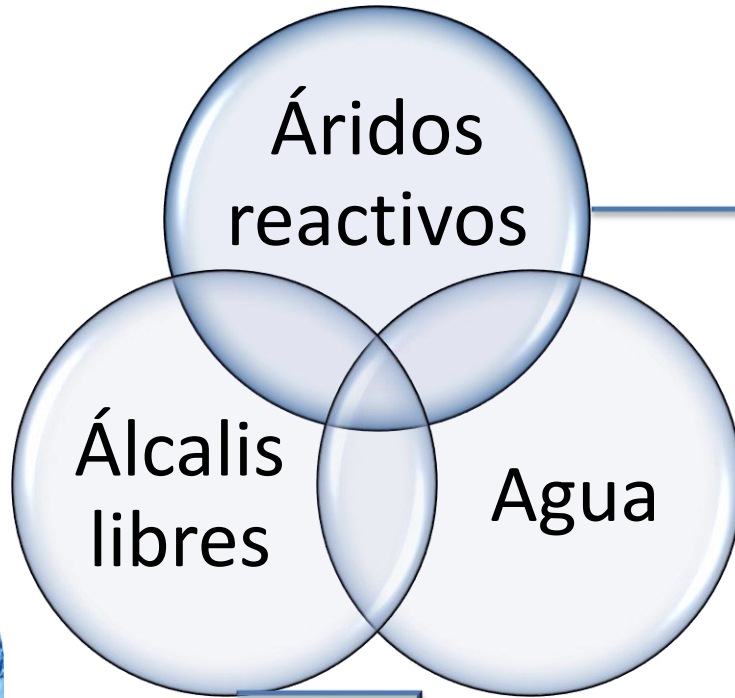
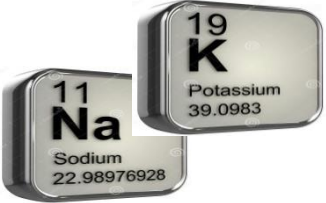
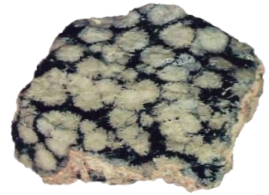
Incidencia de la RAS por continentes



Estructuras singulares



Incidencia de la RAS en presas

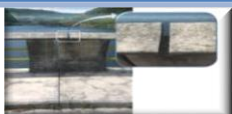


Minerales reactivos:
sílice amorfa, tridimita,
vidrio volcánico, cuarzos
deformados, ...

R.H. > 80%, agua o
humedad externa

Suficientes álcalis:
cemento, agua, áridos,
adiciones, etc.

Incidencia de la RAS en presas

Directos	Fisuras mapeadas	
	Microfisuración del hormigón	
	Decoloración alrededor de fisuras	
Indirectos	Apertura y desalineación de juntas	
	Fisuración en elementos auxiliares	
	Acodalamiento de compuertas	

Incidencia de la RAS en presas

Directos

Fisuras mapeadas

Indirectos



Incidencia de la RAS en presas

Directos

Microfisuración del hormigón



Indirectos

Incidencia de la RAS en presas

Directos

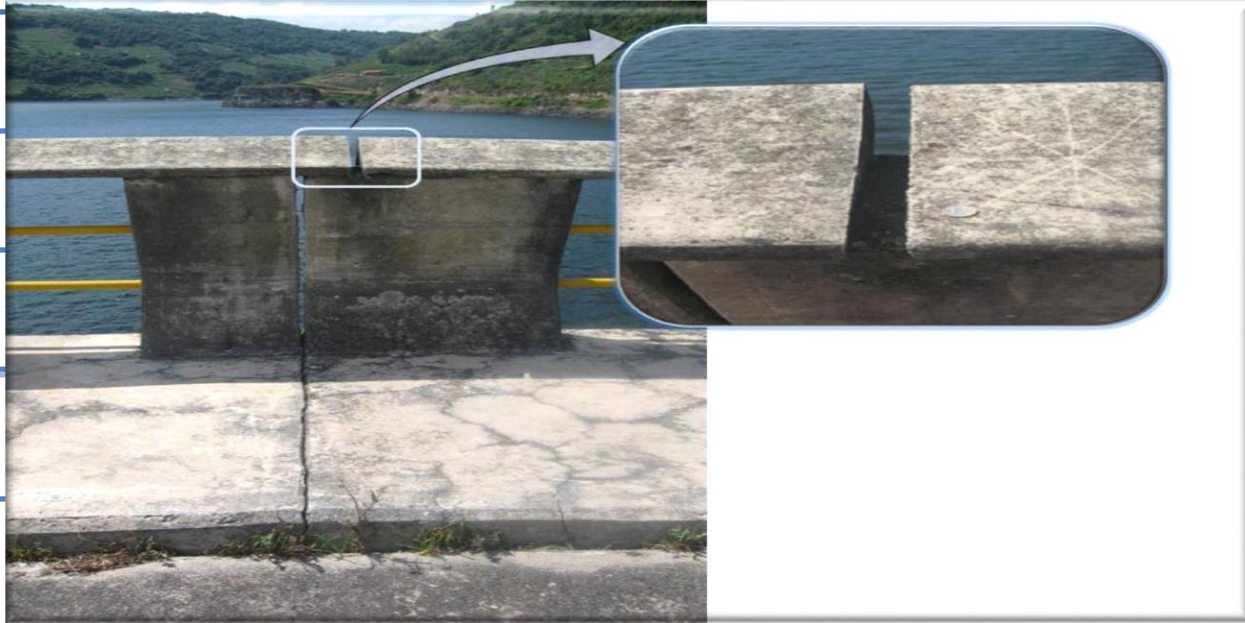
Decoloración alrededor de fisuras



Indirectos

Incidencia de la RAS en presas

Directos



Indirectos

Apertura y desalineación de juntas

Incidencia de la RAS en presas

Directos

Indirectos



Fisuración en elementos auxiliares

Incidencia de la RAS en presas

Directos

Indirectos

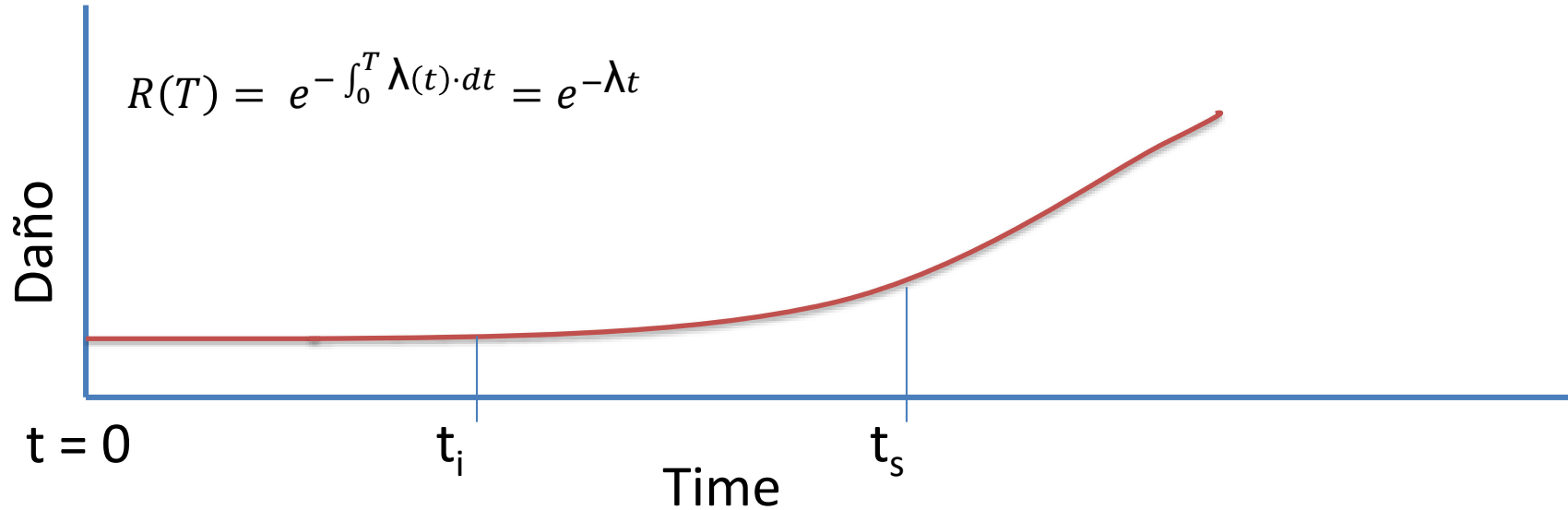


Acodamiento de compuertas

Contenido

- Incidencia de la reacción árido-álcali en presas
- Vida útil de las estructuras de hormigón con RAS
- Prevención de la RAS
- Diagnóstico de la RAS
- Pronóstico de la RAS
- Mitigación de la RAS
- Conclusiones

Vida útil de las estructuras con RAS



Inicial

Condiciones adecuadas



Medio-largo plazo

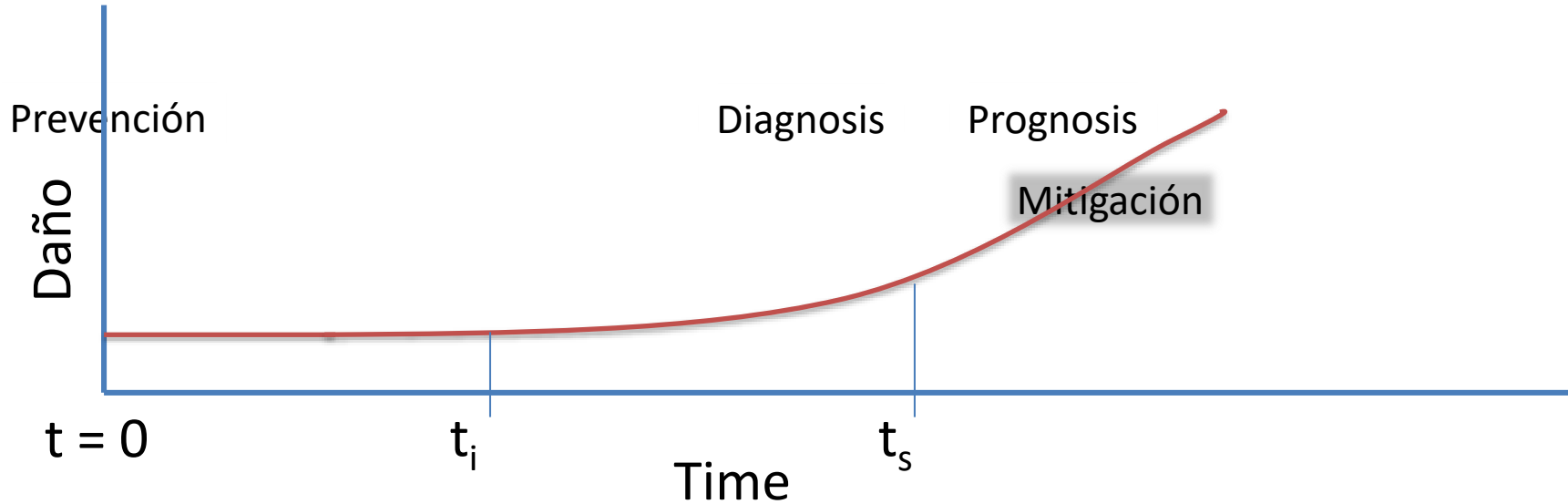
Envejecimiento



Largo plazo

Pérdida de funcionalidad

Vida útil de las estructuras con RAS



Inicial

Condiciones adecuadas



Medio-largo plazo

Envejecimiento



Largo plazo

Pérdida de funcionalidad

Contenido

- Incidencia de la reacción árido-álcali en presas
- Vida útil de las estructuras de hormigón con RAS
- **Prevención de la RAS**
- Diagnóstico de la RAS
- Pronóstico de la RAS
- Mitigación de la RAS
- Conclusiones

Prevención de la RAS

Factores que contribuyen al RAS



Prevención de la RAS

Prevención de la RAS

Componentes

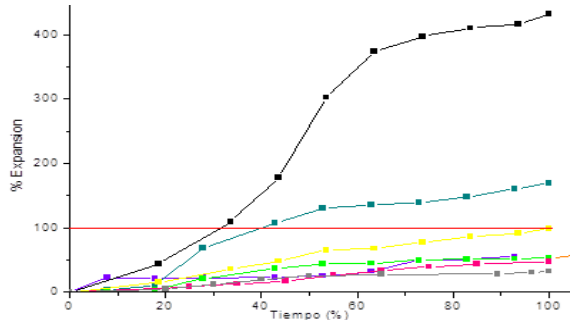
- Áridos
- Cementos
- Adiciones
- Agua

- Más versátil
- Más rápido
- Menos representativo

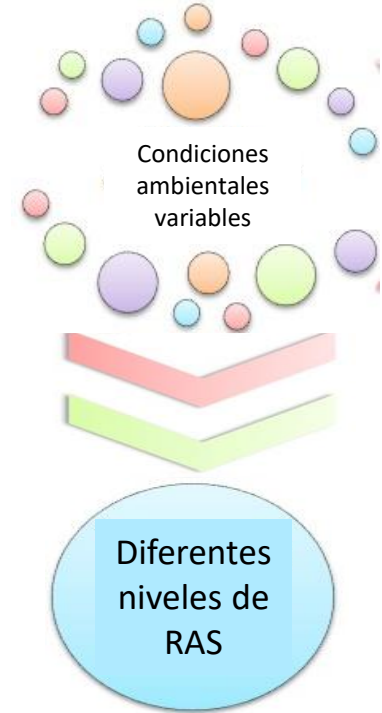
Hormigón

- Dosificación más realista
- Más representativo
- Más lento

DISEÑO DE MEZCLAS DE HORMIGÓN



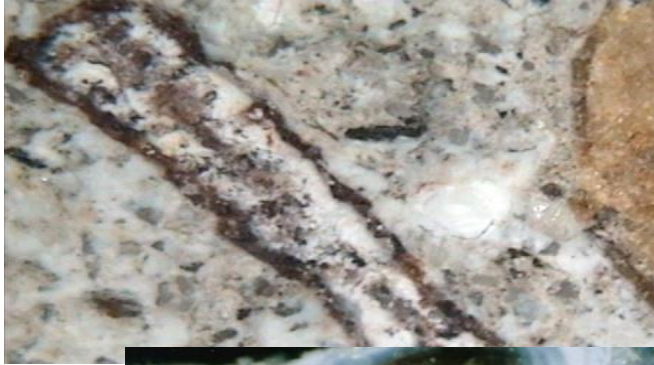
- Diseño de mezclas no expansivas, basadas en la caracterización de los componentes
- Comportamiento diferentes en función de las condiciones ambientales



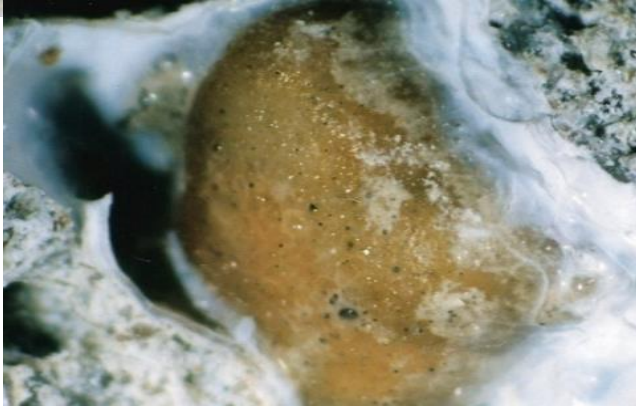
Contenido

- Incidencia de la reacción árido-álcali en presas
- Vida útil de las estructuras de hormigón con RAS
- Prevención de la RAS
- Diagnóstico de la RAS
- Pronóstico de la RAS
- Mitigación de la RAS
- Conclusiones

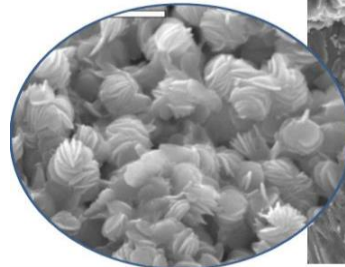
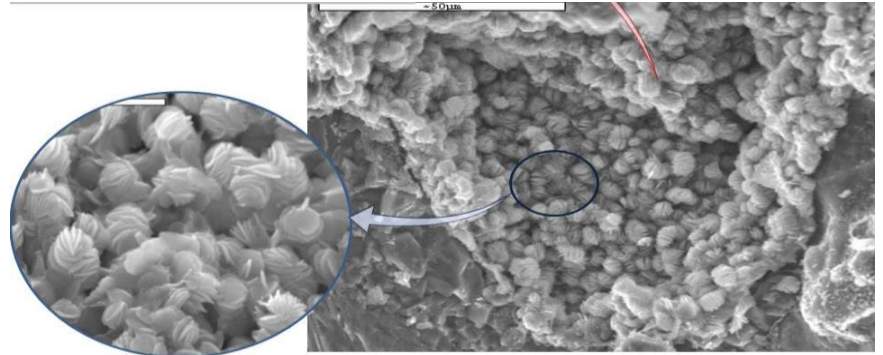
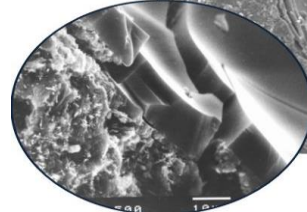
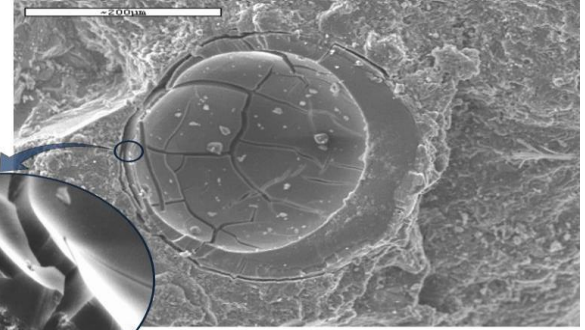
Diagnóstico de la RAS



Microscopía óptica



Microscopía electrónica



Diagnóstico de la RAS

Presa

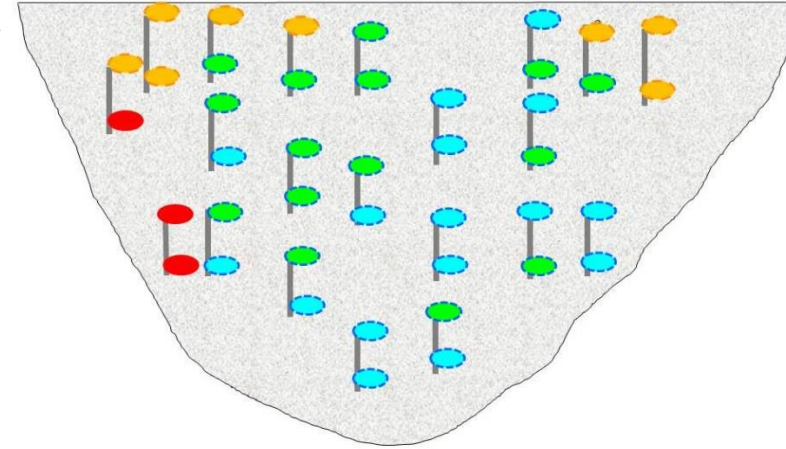
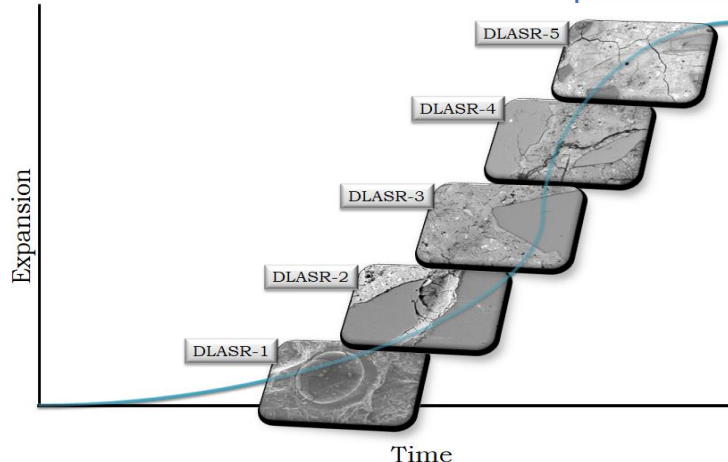
Aguas arriba y abajo
Diferentes alturas
Diferentes profundidades

Testigos

Análisis por
estereomicroscopia
Selección de muestra

BSE-EDX

Análisis
microestructural &
composicional



$$Ex(T) = f(r_a, a_l, w_l, cm_a, et_p)$$



r_a
Áridos
reactivo



a_l
Álcalis
libres



w_l
Agua
libre



m_c
Condic.
Ambient



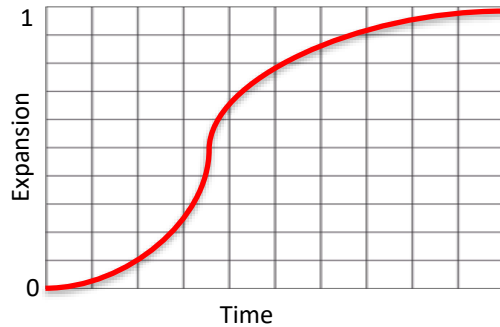
et_l
Estado
tensional

Contenido

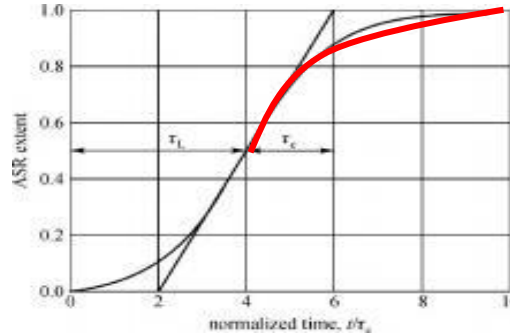
- Incidencia de la reacción árido-álcali en presas
- Vida útil de las estructuras de hormigón con RAS
- Prevención de la RAS
- Diagnóstico de la RAS
- **Pronóstico de la RAS**
- Mitigación de la RAS
- Conclusiones

Prognosis de la RAS

Curva teórica de expansión

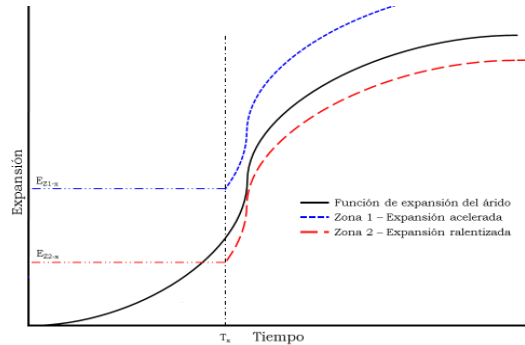


Fracción de expansión consumida a tiempo t

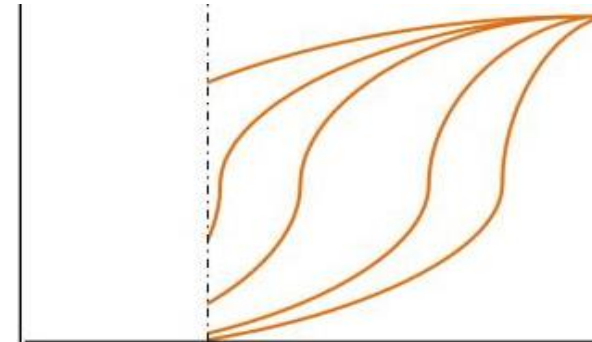


Aceleración o
deceleración de
la función de
reacción

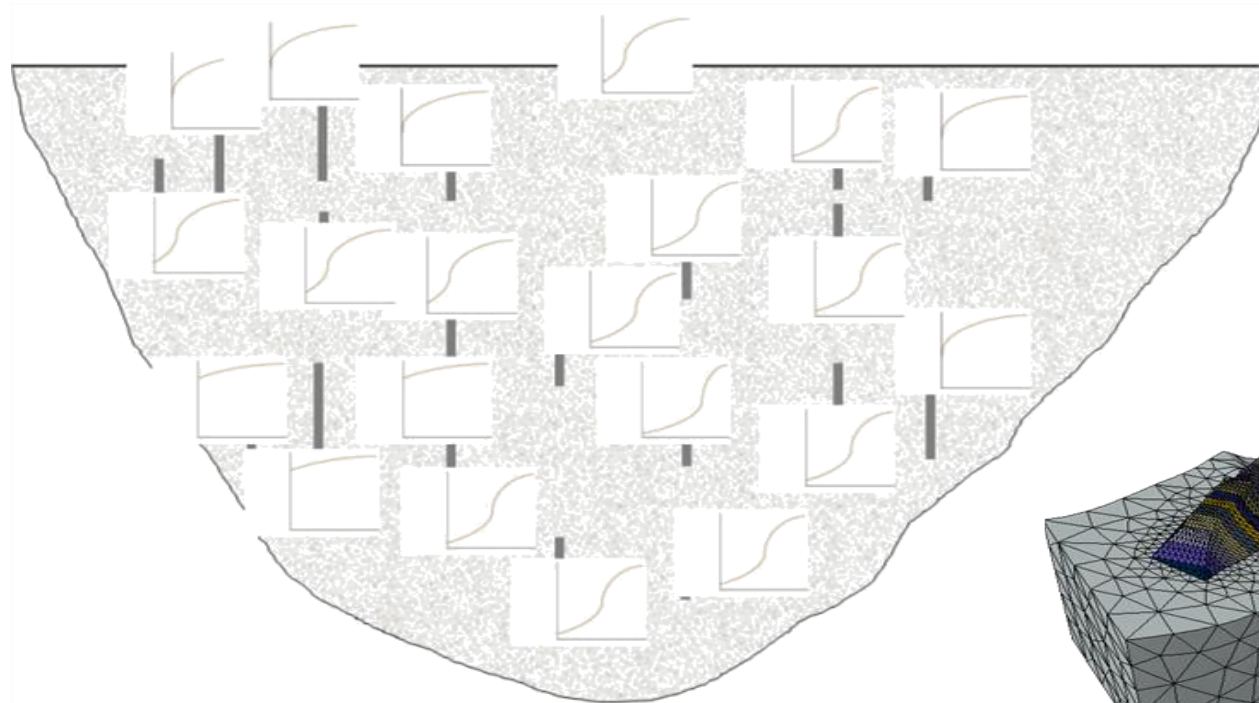
t



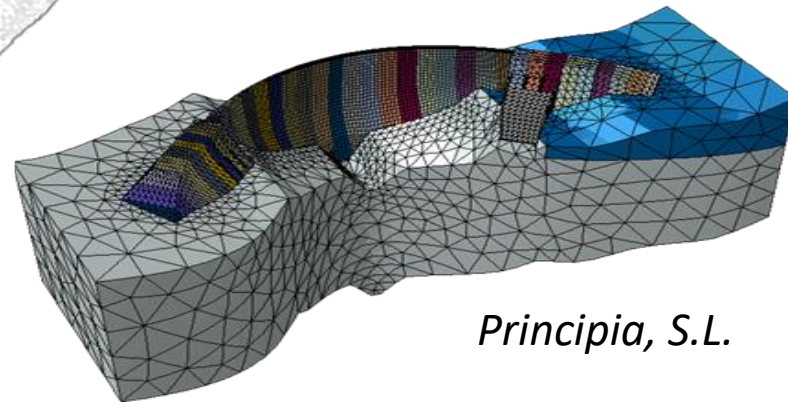
Diferente evolución de
la RAS en las diversas
áreas de las presas en
función de las
condiciones
ambientales y las cargas



Prognosis de la RAS



Implementación de
modelos
matemáticos con el
resultado del análisis
de los materiales



Principia, S.L.

Contenido

- Incidencia de la reacción árido-álcali en presas
- Vida útil de las estructuras de hormigón con RAS
- Prevención de la RAS
- Diagnóstico de la RAS
- Pronóstico de la RAS
- Mitigación de la RAS
- Conclusiones

Mitigación de la RAS

Impermeabilización de paredes con resinas (poliuretano/epoxi)

Impermeabilización parcial de la pared aguas arriba

Impermeabilización con resina de los bloques afectas

Lechadas de resina epoxi en fisuras

Sellado de fisuras

Modificación de compuertas

Anclajes de bloques afectados

Anclajes no tensados

Cortes

Pruebas de tensión



Algunas reparaciones
solo tienen efectos
temporales



Contenido

- Incidencia de la reacción árido-álcali en presas
- Vida útil de las estructuras de hormigón con RAS
- Prevención de la RAS
- Diagnóstico de la RAS
- Pronóstico de la RAS
- Mitigación de la RAS
- Conclusiones

Conclusiones

- La RAS tiene un impacto significativo en el deterioro del hormigón de presas. En los últimos años se han diagnosticado numerosos casos.
- Es posible intervenir en las diferentes fases de la vida útil de las presas
 - Prevención: Es posible diseñar mezclas de hormigón no-expansivo
 - Diagnosis: Es posible diagnosticar correctamente el fenómeno expansivo
 - Prognosis: Actualmente se está desarrollando una metodología avanzada combinando el análisis de los materiales extraídos de las estructuras y los modelos matemáticos
 - Mitigación: Este es un problema que todavía necesita estudios adicionales. Actualmente se adoptan medidas indirectas y sus resultados son generalmente temporales.



Muchas gracias por su atención