

 **CONPAT 2017**



**SESIÓN PLENARIA  
CELEBRACIÓN**

**75 ANIVERSARIO**

**ING. RAÚL HUSNI**



“Taller sobre Prevención de Problemas Patológicos en Estructuras de Concreto”

Organizado por:



Auspiciantes



1

**Reacción Expansiva Alkali Agregado  
AAR y  
Reacción Expansiva Sulfatos  
DEF**

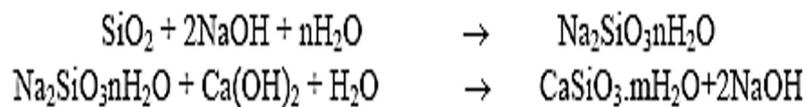
**Paulo Helene**

**CONPAT2017**      **20 de Septiembre de 2017**      **Asunción / Paraguay**

2

## Reacción Álcali Agregado (AAR ou RAA)

Proceso químico por lo cual algunos constituyentes mineralógicos del agregado (sílicas reactivas) reaccionan con hidróxidos alcalinos (provenientes del cemento, agua de amasado, agregados, pozolanas, agentes externos, etc.) que están disueltos en la solución de los poros del concreto.



3

dupla  
“disertante”

*los  
hermanos*



4



un banco de amigos entrañables

5

## Bloque de cimentación



6



7



8



9

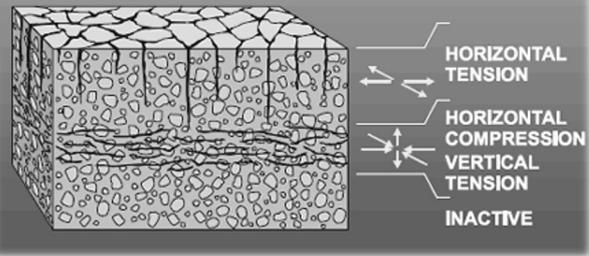


10

## Sintomatología

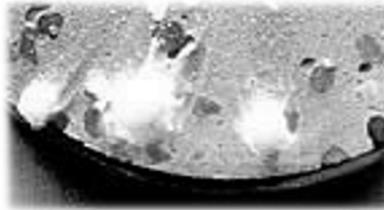
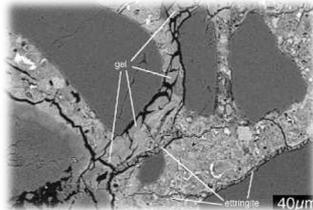


Agrietamiento diseminado (mapeo)

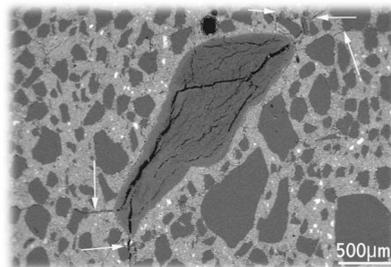


11

## AAR –Aspecto Microestructural



Formación de “gel” expansivo



12



13



14



15



16



17



18



19

### **IMPORTANTE**

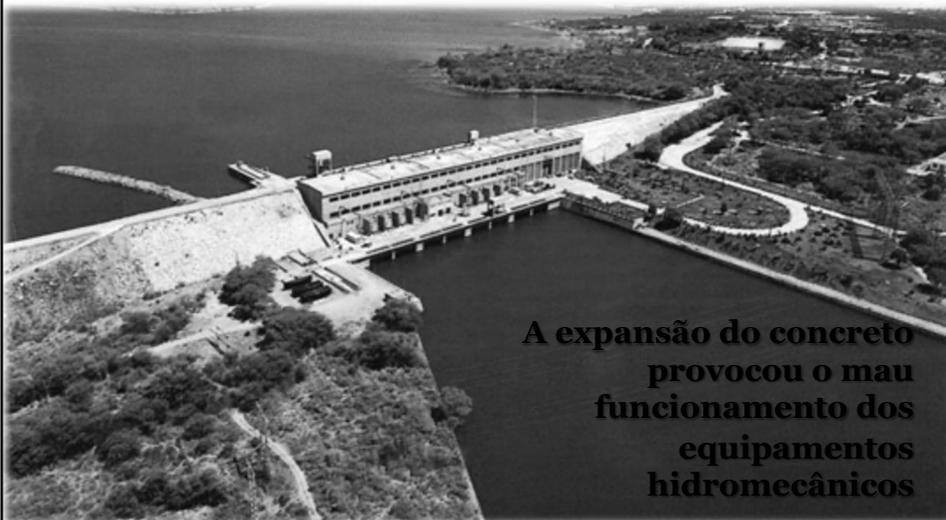
La mayoría de los casos más graves de AAR ocurren en las presas. Sin embargo, también hay registros de esa manifestación en puentes, túneles, puertos, ferrocarriles y cimientos de edificios.

En Brasil:

- Barragem de Moxotó
- Metro de São Paulo
- Barragem Joanes
- Barragem de Paulo Afonso
- Barragem de Sobradinho
  - Barragem da Pedra
  - Túneis da Ecovias
  - Rodovia AUTOBAN
- Ampliação da Barragem de Tucuruí
- Bloques de cimentación de varios edificios
  - ETAs & ETes
- Dormentes de estradas de ferro

20

## Presa Moxotó

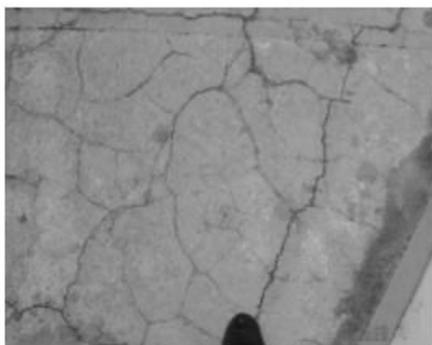


**A expansão do concreto  
provocou o mau  
funcionamento dos  
equipamentos  
hidromecânicos**

<http://www.sbbengenharia.com.br/links/raa.php>

21

## Presa Paulo Afonso



(a) fissuras primárias no piso da tomada d'água da UHE Paulo Afonso III

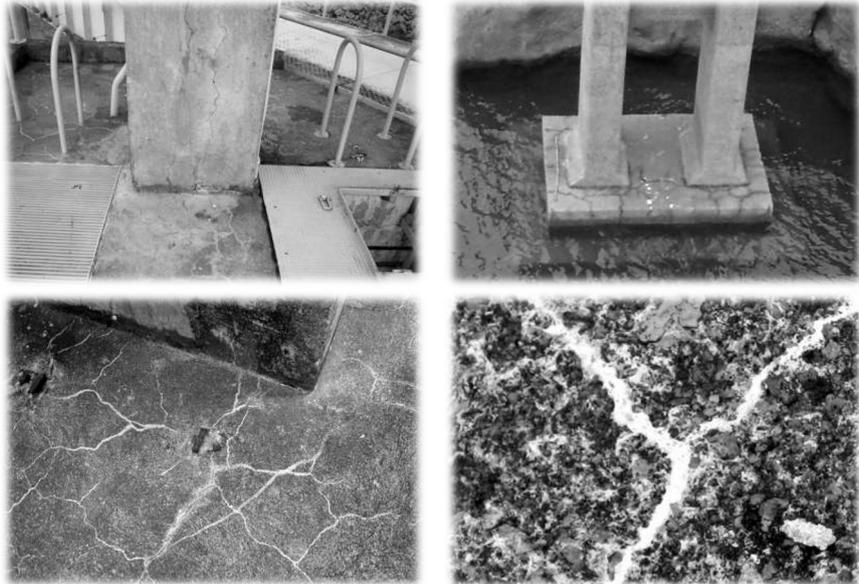


(b) fissura secundárias na guia da comporta da tomada d'água da UHE Paulo Afonso I

Figura 16 - Características de fissuras devidas à RAA  
Fonte: SILVA (2007)

22

# Presa Jaguari - SP



SALLES, Flávio M. , 2010

23

# Presa de la Pedra



IEME

24

## Viaducto Robert-Bourassa Charest, Québec, Canada



SANCHES, L.; FOURNIER, B.; KUPERMAN, S., 2010

25



26



27

### **Casos registrados en Brasil**

- 123 bloques de cimentación en edificios
- 17 bloques de cimentación en puentes
- 11 pavimentos
- 9 presas
- 3 estación de tratamiento de água
- 4 estación de tratamiento de basura (cloacas)
- 5088 dormentes de concreto pretensado
- 5 tuneles

28



29



30

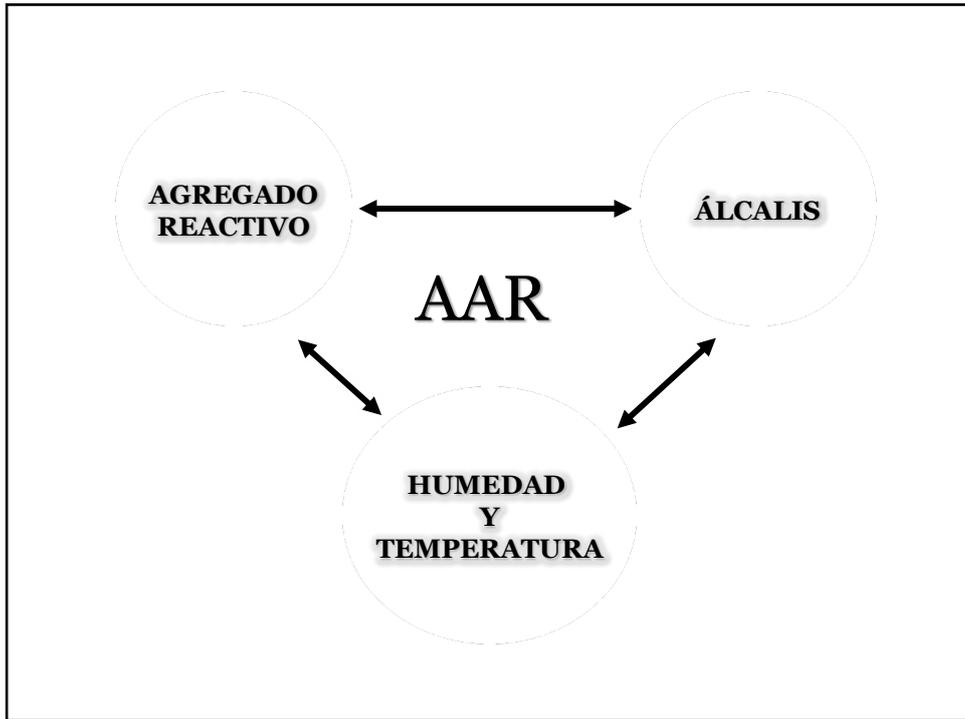


31

## **Terapia**

- **Reducir el acceso del agua;**
- **Inyección de resinas;**
- **Confinar;**
- **(Prever juntas)**

32



33



34



35



36



37



38



39



40



41



42



43



44

# Profilaxia

45

## ¿Cómo prevenir?

### 1. Controlando los álcalis en el cemento;

$\text{Na}_2\text{O}$  equivalente < 0,6%

Total álcalis < 3kg/m<sup>3</sup>

### 2. Controlar la reactividad en los agregados

Método químico ASTM C 289 (24h)

Análisis visual ASTM C 294 (24h)

Análisis petrográfica ASTM C 295 (24h)

46

## **¿Cómo prevenir?**

### **3. Control de la reactividad en el concreto**

Método de barras adición mineral ASTM C441 (6 meses)

Método das barras de mortero ASTM C227 (6 meses)

Método carbonato → ASTM C586

Método álcali carbonato → ASTM C1105

Método acelerado de las barras ASTM C1260 (16d e 28d)

Método de los prismas de concreto ASTM C1293 (1 año)

47

## **¿Cómo prevenir?**

### **4. Uso de adiciones**

Método de barras adición mineral ASTM C 441 (6 meses)

Eficacia de adiciones ASTM C 1567

microsílica, metacaulín, cenizas volantes, escoria

### **5. Impermeabilización**

silicona, epoxi, poliuretano, cemento + latex,  
betún, drenar, etc.

48

## DEF

### Delayed ettringite formation

- Reacción con sulfatos externos
- Reacción con sulfatos internos
- Formación de taumasita

Importancia de la temperatura, muchas veces  
devida a curado acelerado o a calor de hidratación  
temperatura  $> 65^{\circ}$  a  $70^{\circ}$  Celsius

49



50



51



52



53



54



55

*Querido Prof. Ing. Raúl Husni*

*Las personas entran en la vida de uno por acaso, pero allí solo permanecen por que hay muchas razones importantes.*

*Te conocí en la década de 80 y me considero un afortunado por compartir un poco de tus varias, destacadas y proficuas actividades, de aprender con tus contribuciones a la ingeniería y con tu ejemplo de vida personal y de ciudadano.*

*Quiero darte congratulaciones por esos 75 años muy bien vividos y decirte que te agradezco mucho por hacer parte importante de mi vida y ser, para mí y para miles de otros Colegas, una referencia impar de destaque en lo humano y lo profesional.*

*Muchas gracias !*

*Paulo Helene*

Sesión Plenaria Celebración  
del cumple de

**Ing. Raúl Husni**



56