www.asocreto.org.co (@)







Conferencias virtuales CICLO PATOLOGÍA DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO

Conferencia

## **PATOLOGÍA EN EDIFICACIONES**

Normativa actual de durabilidad y su impacto en los problemas patolológicos más frecuentes

Carlos Arcila

Ing. Civil

Duralab

Colombia









Con el patrocinio de:















Organizan:







### Durabilidad de las estructuras

Conferencia

### Definición

Habilidad de una estructura para resistir, durante la vida útil de diseño, la acción del medio ambiente, el ataque químico, abrasión y cualquier otro proceso de deterioro, sin requerir una intervención mayor.

¿Alguna condición....?

¡Siempre y cuando se le de a la estructura el mantenimiento preventivo y correctivo especificado por el diseñador!















NORMATIVA ACTUAL DE DURABILIDAD Y SU IMPACTO EN LOS PROBLEMAS PATOLÓGICOS MÁS FRECUENTES Organizan:







### Durabilidad de las estructuras

### **Adicionalmente**

Una estructura *durable* debe mantener su forma original, su calidad, sus prestaciones y su funcionalidad en el ambiente al cual se encuentre expuesta.



Faro de Eddystone, John Smeaton, 1759























### Durabilidad de las estructuras

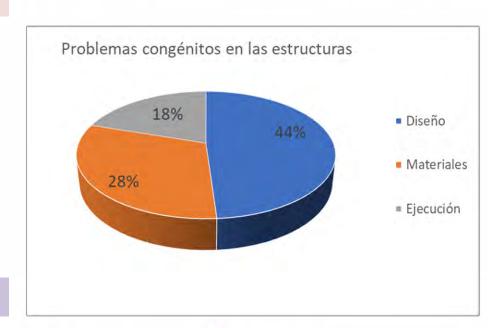
Conferencia

# ¿Dónde se origina la mayoría de los problemas?

Las estadísticas latinoamericanas muestran este desafortunado podio:

- Diseño
- Escogencia de materiales
- Ejecución

Sistema de contratación actual!

















NORMATIVA ACTUAL DE DURABILIDAD Y SU IMPACTO EN LOS PROBLEMAS PATOLÓGICOS MÁS FRECUENTES

Organizan:







### Diseño de las estructuras









# Cuando en una obra confluyen estas dos ramas de la ingeniería no hay sino ventajas para la estructura

Ingeniería de diseño estructural



Ingeniería de materiales

Con el patrocinio de:









Con el apoyo de:







NORMATIVA ACTUAL DE DURABILIDAD Y SU IMPACTO EN LOS PROBLEMAS PATOLÓGICOS MÁS FRECUENTES

Organizan:





Instituto del Concreto

Lesiones más frecuentes en labores de evaluación patológica

Fisuración de muros, box culverts, losas, pavimentos y otras estructuras largas.

- Contracción de secado
- Falta de juntas de contracción
- Defecto de flejes









Con el





















NORMATIVA ACTUAL DE DURABILIDAD Y SU IMPACTO EN LOS PROBLEMAS PATOLÓGICOS MÁS FRECUENTES Organizan:







Lesiones más frecuentes en labores de evaluación patológica

### Humedades y filtraciones

- Concretos porosos
- Sello defectuoso de juntas
- Fisuración

















NORMATIVA ACTUAL DE DURABILIDAD Y SU IMPACTO EN LOS PROBLEMAS PATOLÓGICOS MÁS FRECUENTES Organizan:







Lesiones más frecuentes en labores de evaluación patológica

# Corrosión del refuerzo (carbonatación)

- Concretos porosos
- Bajo recubrimiento
- Humedad del concreto
- Defectos
  constructivos







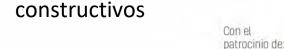




















Lesiones más frecuentes en labores de evaluación patológica

## Corrosión del refuerzo (cloruros)

- Inadecuada escogencia del cementante
- Concretos porosos
- Bajo recubrimiento
- Humedecimiento y secado
- Defectos constructivos



















PATOLÓGICOS MÁS FRECUENTES

NORMATIVA ACTUAL DE DURABILIDAD Y SU IMPACTO EN LOS PROBLEMAS





Lesiones más frecuentes en labores de evaluación patológica

## Corrosión del refuerzo (cloruros de origen no marino)

- Concretos porosos
- Bajo recubrimiento
- Humedecimiento y secado
- Defectos constructivos



Corrosión en losa de cubierta de tanque de abastecimiento de agua potable

















NORMATIVA ACTUAL DE DURABILIDAD Y SU IMPACTO EN LOS PROBLEMAS PATOLÓGICOS MÁS FRECUENTES Organizan:







Lesiones más frecuentes en labores de evaluación patológica

### Lesiones por cargas inesperadas

Situación de orden público



















Organizan:







Lesiones más frecuentes en labores de evaluación patológica

Conferencia

### Defectos constructivos

❖ Inexplicable....



















NORMATIVA ACTUAL DE DURABILIDAD Y SU IMPACTO EN LOS PROBLEMAS PATOLÓGICOS MÁS FRECUENTES Organizan:







Lesiones más frecuentes en labores de evaluación patológica

Suspensión de las obras por abandono del constructor

Sistema de contratación













Con el apoyo de:





NORMATIVA ACTUAL DE DURABILIDAD Y SU IMPACTO EN LOS PROBLEMAS PATOLÓGICOS MÁS FRECUENTES

Organizan:





Instituto del Concreto

## Evolución de la normativa de durabilidad

Diseño por desempeño

Prescripciones

Recomendaciones técnicas

Con el patrocinio de:









Codigos

Con el apoyo de:







Organizan:







### Normativa existente

### **NSR-10 (ACI-318)**

Norma Sismorresistente del 2010

Conferencia

- Metodología de diseño estructural que recoge los lineamientos del ACI-318
- > Incluye Capítulo **C.4** Requisitos de Durabilidad
- Citada en los comentarios como Un capítulo especial para tanques y estructuras de Ing ambiental C.23



## NSR-10





NORMA TÉCNICA COLOMBIANA

NTC 5551

2007-12-12

Con el patrocinio de:

















Organizan:







### Normativa existente

## Recomendaciones del ACI

Conferencia

Una serie de documentos del ACL aplicables en ciertas circunstancias:

207.1R-05: Guide to Mass Concrete (Reapproved 2012)

207.2R-07 Report on Thermal and Volume Change Effects on Cracking of Mass Concrete Con el

patrocinio de:

ARGOS



201.2R-16 Guide to **Durable Concrete** 

















### Normativa existente

## Recomendaciones del ACI

224R-01: Control of Cracking in Concrete Structures (Reapproved 2008)

209.1R-05: Report on Factors Affecting Shrinkage and Creep of Hardened Concrete

231R-10 Report on Early-Age Cracking: Causes, Measurement and Mitigation (Reapproved 2020)

209.2R-08 Guide for Modeling and Calculating Shrinkage and Creep in **Hardened Concrete** 















Organizan:







### Normativa existente

# Y podríamos seguir con la normativa europea.....

Conferencia

¿Qué falta entonces?

- Poco interés de los que van a diseñar y a especificar en leer la información existente.
- Poco dominio del inglés técnico, lo que aumenta la pereza para buscar la información y aplicarla.
- Poca información técnica generada localmente.
- Poca investigación en materiales en nuestro medio.















PATOLÓGICOS MÁS FRECUENTES

Organizan:







### Normativa existente

> Y una verdad innegable:

Conferencia

"Lo que no sea obligatorio no lo ponemos en práctica, más si nos va a generar trabajo extra"

La **NSR-10** es un decreto ley, es de obligatorio cumplimiento. Y está bien, pues nos cubre en la parte del diseño estructural que es tan importante en una región sísmica!

Pero volvió a la construcción NSRdependiente y eso genera líos.

- Lo que no esté en la **NSR** no es obligatorio.
- La **NSR** no cubre una gran cantidad de actividades propias de la construcción, e igual de importantes, que requieren normativa propia.















NORMATIVA ACTUAL DE DURABILIDAD Y SU IMPACTO EN LOS PROBLEMAS PATOLÓGICOS MÁS FRECUENTES

Organizan:







## Pero hay aún otros problemas...

- ➤ La **NSR-10** recoge el capítulo de durabilidad del ACI-318
- > El ACI-318 normaliza, en cuestiones de durabilidad, para las condiciones ambientales de norteamérica, no para un país tropical.
- > Aunque muchas de sus recomendaciones aplican también aquí, en cierta forma deja sin requisitos de durabilidad a las estructuras del interior del país.



Miremos por qué!















NORMATIVA ACTUAL DE DURABILIDAD Y SU IMPACTO EN LOS PROBLEMAS PATOLÓGICOS MÁS FRECUENTES

Organizan:







### Factores de deterioro













Con el apoyo de:







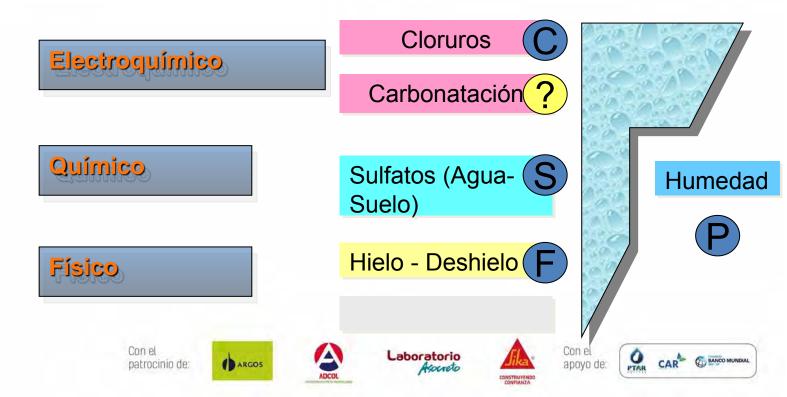
PATOLÓGICOS MÁS FRECUENTES





### NSR-10 Factores de deterioro

Conferencia



Conferencia





**NSR-10**: Deterioro por ataque de cloruros

...y a la carbonatación,

### Tabla 4.2.1- CATEGORIAS DE EXPOSICION Y CLASES

| Categoría                       | Severidad    | Clase     | Condición  |  |  |
|---------------------------------|--------------|-----------|--|--|--|
|                                 | No aplicable | CO        | Concreto seco o protegido de la hum dad  |  |  |
| <b>C</b><br>Protección del      | Moderado     | <b>C1</b> | Concreto expuesto a la humedad pero no a fuentes externas de cloruros  |  |  |
| Refuerzo contra<br>la Corrosión | Severo       | C2        | Concreto expuesto a la humedad y a fuentes externas de cloruros provenientes de químicos anticongelantes, sales, agua salobre, agua de mar o aerosol proveniente de estas fuentes. |  |  |

Con el patrocinio de:

















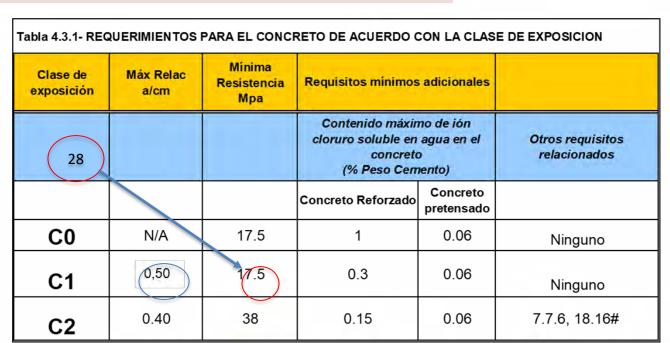
CONCRETO

PATOLÓGICOS MÁS FRECUENTES





## NSR-10: C.4.3.1 Requisitos para el concreto



















PATOLÓGICOS MÁS FRECUENTES

NORMATIVA ACTUAL DE DURABILIDAD Y SU IMPACTO EN LOS PROBLEMAS

Conferencia





**NSR-10**: Corrosión por exposición a un medio ambiente húmedo (con CO<sub>2</sub>)

Clase de Exposición C1: Para esta clase de exposición con una moderada protección contra la corrosión del acero de refuerzo en una ambiente expuesto a la humedad se establece una relación a/mc máxima de 0.5 buscando disminuir una posible carbonatación del concreto.















Conferencia







## NSR-10 : Deterioro por ataque de sulfatos

### Tabla 4.2.1- CATEGORIAS DE EXPOSICION Y CLASES

|   | Categoría            | Severidad     | Clase         | Condición  |  |  |
|---|----------------------|---------------|---------------|--|--|--|
| r | <b>S</b><br>Sulfatos | 3.4   18.1160 | : solly ble c | Sulfato (SO <sub>4</sub> )<br>soluble en agua<br>presente en el<br>suelo (% en peso) | Sulfato (SO <sub>4</sub> ) disuelto<br>en agua (ppm) |  |
|   |                      | No aplicable  | S0            | SO <sub>4</sub> < 0,10   | SO <sub>4</sub> < 150                                |  |
|   |                      | Moderado      | <b>S</b> 1    | 0,10< SO <sub>4</sub> < 0,20   | 150< SO <sub>4</sub> < 1500                          |  |
|   |                      | Severo S2     |               | 0,20< SO <sub>4</sub> < 2,00   | 1500< SO <sub>4</sub> < 10.000                       |  |
|   |                      | Muy severo    | <b>S</b> 3    | SO <sub>4</sub> >2,00  | SO <sub>4</sub> > 10.000                             |  |

Agua de mar

Nota: el agua de mar → Clase S1

Con el patrocinio de:













CONCRETO

PATOLÓGICOS MÁS FRECUENTES







## NSR-10: C.4.3.1 Requisitos para el concreto

| Tabla 4.3.1- REQUERIMIENTOS PARA EL CONCRETO DE ACUERDO CON LA CLASE DE EXPOSICION |              |   |   |   |  |  |  |  |
|--|--------------|---|---|---|--|--|--|--|
| lase de exposición Máx Relac a/cm Mínima<br>Resistencia<br>Mpa                     |              |   | Requisitos mínimos adicionales  |   |  |  |  |  |
|  |              |   | Material <del>cementan</del> te, Tipos  |   |  |  |  |  |
|  | /            | ASTM C 150  | ASTM<br>C 595   | ASTM<br>C 1157  | Aditivo con<br>Cloruro de<br>Calcio  |  |  |  |
| N/A  | 17.5         | Ninguna<br>restricción                              | Ninguna<br>restricción  | Ninguna<br>restricción  | Ninguna<br>restricción   |  |  |  |
| 0.5  | 28           | II <sup>†‡</sup>                                    | IP(MS),<br>IS(<70)<br>(MS)  | MS  | Ninguna<br>restricción   |  |  |  |
| 0.45   | 31.5         | V <sup>‡</sup>                                      | IP(HS),<br>IS(<70)<br>(HS)  | HS  | No se permite  |  |  |  |
| 0.45   | 31.5         | V+ Puzolana o<br>escoria                            | IS(<70)<br>(HS) +<br>puzolana o   | Puzolana o<br>escoria   | No se permite  |  |  |  |
|  | N/A 0.5 0.45 | Minima Resistencia Mpa  N/A 17.5  0.5 28  0.45 31.5 | Máx Relac a/cm         Mínima Resistencia Mpa         Requirement           ASTM C 150         ASTM C 150           N/A         17.5         Ninguna restricción           0.5         28         II <sup>†‡</sup> 0.45         31.5         V <sup>‡</sup> | Máx Relac a/cm         Mínima Resistencia Mpa         Requisitos míni           N/A         17.5         Material cementante           ASTM C 150         C 595           Ninguna restricción         Ninguna restricción           11 to | Máx Relac a/cm         Mínima Resistencia Mpa         Requisitos mínimos adicion           Material cementante, Tipos           ASTM C 150         ASTM C 150         ASTM C 150           Ninguna restricción         Ninguna restricción restricción         Ninguna restricción           0.5         28         II that II tha |  |  |  |

Agua de mar























## NSR-10: C.4.3.1 Requisitos para el concreto

## Y aquí empiezan los líos para el especificador.....

- La mayoría de los ingenieros no somos expertos en cementos
- Ni en adiciones
- Incluso la normativa actual de cementos, en lugar de aclarar el panorama, lo complicó un poquito más... Con el

patrocinio de:









apoyo de:









Tomada de internet, blogs unitec mx

NORMATIVA ACTUAL DE DURABILIDAD Y SU IMPACTO EN LOS PROBLEMAS PATOLÓGICOS MÁS FRECUENTES

Organizan:





Instituto del Concreto

## Importancia de conocer el tipo de cementante

Conferencia

Cuatro mezclas con igual relación agua/cementante pueden mostrar diferente desempeño en pruebas de durabilidad, dependiendo de la composición del material cementante

(cemento + adición puzolánica).

RCPT ASTM C-1202

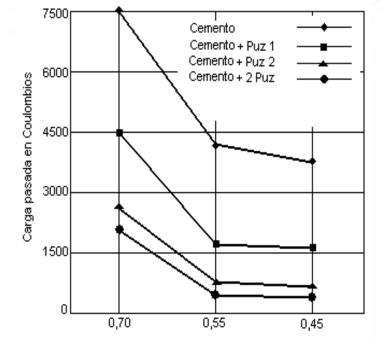
Permeabilidad Rápida a Cloruros

Con el patrocinio de:









Relación aqua/material cementicio

Fuente: Ing J.J. Howland Albear















## La labor de **especificar** en nuestro medio

## Para especificar bien necesito saber:

- Tipo de estructura
- Tipo de agresores y concentración
- Tipo de cementante para enfrentar el ataque
- Relación agua/cementante óptima
- Resistencia del concreto
- Tipo de curado que le conviene a la estructura

- Ancho máximo permisible de fisura
- Requisitos de estanqueidad
- Posibilidad de agrietamiento por contracción térmica inicial
- \* Requerimientos de juntas de contracción
- \* Redundancia en las protecciones
- Presupuesto

Extrañan algo importante en la lista?

Con el















NORMATIVA ACTUAL DE DURABILIDAD Y SU IMPACTO EN LOS PROBLEMAS PATOLÓGICOS MÁS FRECUENTES

Organizan:



Inido del deterioro





## La labor de **especificar** en nuestro medio

Si, hay algo muy importante para poder especificar bien!

Calidad

# diseño

Ni el ACI-318, ni la útiles por tipo de estructura Con el patrocinio de:









Con el apoyo de:



Pérdida de

funcionalidad

Posible colapso



Tiempo

Vida útil de

NSR-10 incluyen vidas

Vida útil de diseño

Fase de ingreso de los agresores

Nivel admisible de deterioro

Vida útil de servicio



Organizan:







### EHE-8

Especificaciones de Hormigón Estructural

No existe norma europea de diseño de estructuras que no empiece con una tabla de vida útil por tipo de estructura.

Se supone que en nuestro medio, diseñamos obras de infraestructura para 50 años.....

| Tipo de estructura  | Vida útil<br>nominal  |  |
|---|-----------------------|--|
| Estructuras de carácter temporal (2)  | Entre 3 y 10<br>años  |  |
| Elementos reemplazables que no forman parte de la estructura principal (por ejemplo, barandillas, apoyos de tuberías)   | Entre 10 y<br>25 años |  |
| Edificios (o instalaciones) agrícolas o industriales y obras marítimas  | Entre 15 y<br>50 años |  |
| Edificios de viviendas u oficinas, puentes u obras de paso de longitud total inferior a 10 metros y estructuras de ingeniería civil (excepto obras marítimas) de repercusión económica baja o media | 50 años               |  |
| Edificios de carácter monumental o de importancia especial  | 100 años              |  |
| Puentes de longitud total igual o superior a 10 metros y otras estructuras de ingeniería civil de repercusión económica alta  | 100 años              |  |























NSR-10: C.4.3.1 Requisitos para el concreto

## La labor de especificar en nuestro medio

### Parámetros de diseño:

- Definida la vida útil de diseño
- Definidos los agresores
- Requisitos de estanqueidad
- Ancho máximo permisible de fisura



- Tipo de cementante para enfrentar el ataque
- Relación agua/cementante óptima
- Resistencia del concreto
- Tipo de curado que le conviene a la estructura
- Protecciones adicionales al acero
- Protecciones adicionales al concreto















NORMATIVA ACTUAL DE DURABILIDAD Y SU IMPACTO EN LOS PROBLEMAS PATOLÓGICOS MÁS FRECUENTES

Organizan:







## Tipos de cementos actuales

El tipo de cemento varía de acuerdo con la composición química:

El comprador puede solicitar composición química al fabricante

Cementos por desempeño: el comprador NO puede solicitar composición química al fabricante

|   | Aplicaciones                       |                                     |                                    |                                 |  |  |  |
|---|------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|--|--|--|
| Especificación<br>del cemento   | Uso<br>general                     | Moderado<br>calor de<br>hidratación | Alta<br>resisten<br>cia<br>inicial | Bajo calor<br>de<br>hidratación | Moderada<br>resistencia<br>a los<br>sulfatos | Alta<br>resistencia<br>a los<br>sulfatos | Resistencia<br>a la reacción<br>álcali-sílice<br>(RAS) |
| ASTM C 150<br>(AASHTO M 85)<br>Cementos<br>portland                       | ţ                                  | )Ì,                                 | m                                  | IV                              | Ш  | V  | bajo en<br>álcalis                                     |
| ASTM C 595<br>(AASHTO M<br>240)<br>Cementos<br>hidráulicos<br>adicionados | IS<br>IP<br>I(PM)<br>I(SM)<br>S, P | IS(MH) IP(MH) I(PM)(MH) I(SM)(MH)   |                                    | P(LH)                           | IS(MS) IP(MS) P(MS) I(PM)(MS) I(SM)(MS)      |  | Opción de<br>baja<br>reactividad                       |
| ASTM C 1157<br>Cementos<br>hidráulicos                                    | GU                                 | МН                                  | HE                                 | LH                              | MS   | HS                                       | R  |

Con el patrocinio de:

















PATOLÓGICOS MÁS FRECUENTES

Organizan:







## Tipos de cementos actuales

Han quedado los fabricantes de cementantes en libertad para armar sus productos buscando cumplir ciertas prestaciones pero sin estar amarrados a una lista de porcentajes de compuestos.

Las universidades pueden aquí ser de mucha ayuda con estudiantes de pregrado y maestrías.

















Tenemos entonces una tarea importante investigadores, productores y la academia:

- Generar investigación de alto nivel para tener a mano pruebas recientes del desempeño de los cementos y adiciones. (Tiempo y dinero).
- Dar a conocer dicha información. entre el gremio de ingenieros y arquitectos. (Generar experiencia)

Esto facilitaría mucho la toma de decisiones a la hora de especificar!

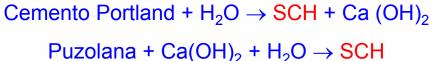


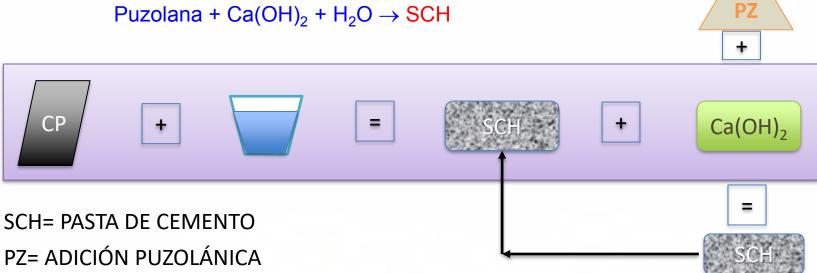






# Las adiciones puzolánicas



























## Ventajas de las adiciones puzolánicas reactivas

PATOLÓGICOS MÁS FRECUENTES

Conferencia

Adiciones como la ceniza volante (Fly Ash), la Escoria de Alto Horno (Slag) y el Humo de Sílice (Silica Fume) se usan de manera creciente en el concreto.

- Reducen la permeabilidad de las mezclas
- Controlan el ataque por sulfatos
- Frenan el ingreso de cloruros
- Mitigan la reactividad álcaliagregado
- Reducen el calor de hidratación



Fig. 3-1. Materiales cementantes suplementarios. De la izquierda para la derecha, ceniza volante (Clase C), metacaolinita (arcilla calcinada), humo de silice, ceniza volante (Clase F), escoria y esquisto. (IMG12187)



















Organizan:







## Ventajas de las adiciones puzolánicas reactivas

Conferencia

Desde el punto de vista de la protección al medio ambiente colaboran con la reducción de emisiones en la fabricación del cemento, al actuar como reemplazo.

 $CO_2$ 



















Organizan:







# Adiciones puzolánicas reactivas

Conferencia

Entender el comportamiento de los cementos actuales y de las adiciones puzolánicas es fundamental en la actualidad

Miremos un ejemplo!

- Diseñar mezclas
- Optimizar diseños
- Cumplir requerimientos de durabilidad
- > Ahorrar dinero en el proyecto
- Entender ciertas manifestaciones patológicas















PATOLÓGICOS MÁS FRECUENTES







### **NSR-10**: Ataque por sulfatos

Conferencia

Adición puzolánica reactiva

1) Substitución del catión Mg<sup>2+</sup>

$$MgSO_4 + Ca (OH)_2 + H_2O \rightarrow Ca SO_4 + Mg (OH)_2$$

Hidróxido

de Calcio

Yeso

secundario

2) Acción del yeso secundario

$$CaSO_4 + C_3A + 32 H_2O$$
  $\rightarrow$   $C_3A 3 Ca SO_4 . 32 H_2O$  etringita















PATOLÓGICOS MÁS FRECUENTES

Conferencia

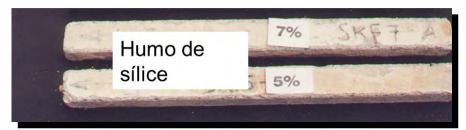






# Uso de adiciones puzolánicas para enfrentar ataque de sulfatos





Con el patrocinio de:













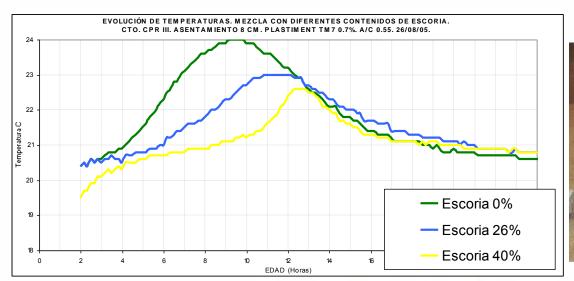
NORMATIVA ACTUAL DE DURABILIDAD Y SU IMPACTO EN LOS PROBLEMAS PATOLÓGICOS MÁS FRECUENTES Organizan:







### Contracción térmica inicial de concretos masivos



















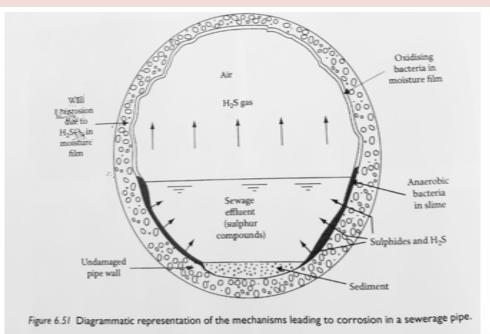








# NSR-10: C.23 Estructuras de Ingeniería Ambiental

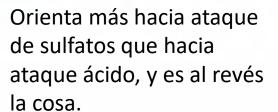


Con el patrocinio de:

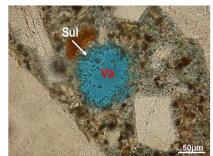






















NORMATIVA ACTUAL DE DURABILIDAD Y SU IMPACTO EN LOS PROBLEMAS PATOLÓGICOS MÁS FRECUENTES Organizan:







**NSR-10**: C.23 Ataque ácido en medio anaerobio

### Corrosión ácida biogénica:

En ausencia de oxígeno (condiciones anaeróbicas) los Thiobacillus presentes en las aguas negras, descomponen el ácido sulfhídrico (H<sub>2</sub>S), en ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) y este deteriora la pasta de cemento del concreto.



















NORMATIVA ACTUAL DE DURABILIDAD Y SU IMPACTO EN LOS PROBLEMAS PATOLÓGICOS MÁS FRECUENTES Organizan:



Instituto

# **NSR-10**: C.23 Ataque ácido en medio anaerobio

### Solución para este tipo de ataque:

- Pintar la estructura, aún sana, con recubrimientos epóxicos, uretanos, poliúreas, etc.
- Usar material sintético para las tapas
- ➤ En tanques de aguas residuales airear el tanque abriendo zonas de circulación de aire fresco o instalando equipo de ventilación.







Con el apoyo de:





Con el patrocinio de:

ARGOS









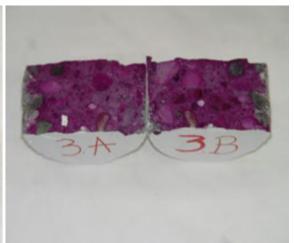
### Pruebas aceleradas de carbonatación

Conferencia

La carbonatación avanza con mayor velocidad en concretos pobres muy adicionados al quedarse sin reserva alcalina...





























### NSR-10: C.4.2.1 Permeabilidad del concreto

### Tabla 4.2.1- CATEGORIAS DE EXPOSICION Y CLASES

| Categoría                                    | Severidad    | Clase | Condición   |
|--|--------------|-------|---|
| Р  | No aplicable | P0    | Concreto en contacto con agua y que no requiere baja permeabilidad    |
| Estructuras que requieren baja permeabilidad | Moderado     | P1    | Concreto en contacto con agua donde se requiere<br>baja permeabilidad |















Conferencia





### NSR-10: C.4.2.1 Permeabilidad del concreto

### Tabla 4.3.1: Requerimientos del concreto de acuerdo a la clase de exposición

| Clase de exposición | Máx Relac<br>a/cm | Mínima<br>Resistencia<br>Mpa | Requisitos mínimos adicionales |
|---------------------|-------------------|------------------------------|--------------------------------|
| P0                  | N/A               | 17,5                         | Ninguno                        |
| P1                  | 0,5               | 28                           | Ninguno                        |

Me pregunto si será así de fácil conseguir estanqueidad....















PATOLÓGICOS MÁS FRECUENTES







## Pruebas de permeabilidad

Conferencia



NTC 4483

Permeabilidad del concreto al agua

P=50m H<sub>2</sub>O 72 horas

















PATOLÓGICOS MÁS FRECUENTES

NORMATIVA ACTUAL DE DURABILIDAD Y SU IMPACTO EN LOS PROBLEMAS







## Pruebas de permeabilidad

Conferencia

RCPT: ASTM C-1202

Permeabilidad Rápida a Cloruros

Acondicionamiento 2 días Ensayo 6 horas



















NORMATIVA ACTUAL DE DURABILIDAD Y SU IMPACTO EN LOS PROBLEMAS PATOLÓGICOS MÁS FRECUENTES Organizan:







# Pruebas de permeabilidad





Buscar

### ASTM 1585-13

Rata de absorción de agua de conc cemento hidráulico

Ensayo de sortividad del concreto

Acondicionamiento 7 días Ensayo 6 horas



Sorptivity test

Internet:www. theconcreteportal.com

Con el patrocinio de:















NORMATIVA ACTUAL DE DURABILIDAD Y SU IMPACTO EN LOS PROBLEMAS PATOLÓGICOS MÁS FRECUENTES Organizan:

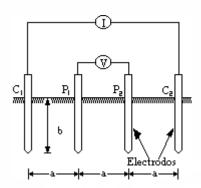






# Pruebas de permeabilidad

# Prueba de resistividad eléctrica del concreto



Internet: Ruelsa

Con el patrocinio de:









Con el apoyo de:















## NTC-5551 Ancho permisible de fisura (mm)

|                                 | Concreto simple | Carbonatación |     |     | Clorur | os de origen marino |     |  |
|---------------------------------|-----------------|---------------|-----|-----|--------|---------------------|-----|--|
| Tipo de Ambiente                | 1               | 2.1           | 2.2 | 2.3 | 3.1    | 3.2                 | 3.3 |  |
| Abertura máxima de fisuras (mm) | 0.4             | 0.3           | 0.3 | 0.3 | 0.3    | 0.3                 | 0.2 |  |

|                                 | Cloruros origen distinto al marino |     |     | Hielo/Desh | Ataque químico |     |     |
|---------------------------------|------------------------------------|-----|-----|------------|----------------|-----|-----|
| Tipo de Ambiente                | 4.1                                | 4.2 | 4.3 | 5.1        | 6.1            | 6.2 | 6.3 |
| Abertura máxima de fisuras (mm) | 0.3                                | 0.2 | 0.2 | 0.2        | 0.2            | 0.2 | 0.2 |

NSR-10: C-23 : Cita un ancho máximo de fisura permisible de 0,25mm, pero dice que no es clara la influencia de este ancho de fisura en la corrosión.





















### Sello autógeno de una fisura por lixiviación de hidróxido de calcio

Al lixiviarse el Hidróxido de Calcio (soluble), por paso de agua a través de una losa de concreto, se va generando un cordón que al exponerse al CO<sub>2</sub>, se convierte en carbonato de calcio (insoluble) sellando por su cuenta el paso de agua...

Conferencia

















Organizan:







#### Estructuras del interior del país **NSR-10**

#### Tabla 4.2.1- CATEGORIAS DE EXPOSICION Y CLASES

| Categoría                       | Severidad    | Clase | Condición  |
|---------------------------------|--------------|-------|--|
|                                 | No aplicable | C0    | Concreto seco o protegido de la humedad  |
| <b>C</b> Protección del         | Moderado     | C1    | Concreto expuesto a la humedad pero no a fuentes externas de cloruros  |
| Refuerzo contra<br>la Corrosión | Severo       | C2    | Concreto expuesto a la humedad y a fuentes externas de cloruros provenientes de químicos anticongelantes, sales, agua salobre, agua de mar o aerosol proveniente de estas fuentes. |

#### Tabla 4.2.1- CATEGORIAS DE EXPOSICION Y CLASES

| Categoría                                | Severidad    | Clase | Condición   |
|--|--------------|-------|---|
| Р  | No aplicable | P0    | Concreto en contacto con agua y que no requiere baja<br>permeabilidad |
| requieren baja<br>permeabilidad Moderado | Moderado     | P1    | Concreto en contacto con agua donde se requiere<br>baja permeabilidad |

#### Tabla 4.2.1- CATEGORIAS DE EXPOSICION Y CLASES

| Categoria | Severidad Clase |             | Condición  |  |  |
|-----------|-----------------|-------------|--|--|--|
| S         | Sulfato         | ) soluble ( | Sulfato (SO <sub>4</sub> )<br>soluble en agua<br>presente en el<br>suelo (% en peso) | Sulfato (SO <sub>4</sub> ) disuelto<br>en agua (ppm) |  |
| Sulfatos  | No aplicable    | S0          | SO <sub>4</sub> < 0,10   | SO <sub>4</sub> < 150                                |  |
| Gunatos   | Moderado        | <b>S</b> 1  | 0,10< SO <sub>4</sub> < 0,20   | 150< SO <sub>4</sub> < 1500                          |  |
|           | Severo          | S2          | 0,20< SO <sub>4</sub> < 2,00   | 1500< SO <sub>4</sub> < 10.000                       |  |
|           | Muy severo      | <b>S</b> 3  | SO <sub>4</sub> >2,00  | SO <sub>4</sub> > 10.000                             |  |

#### Tabla 4.2.1- CATEGORIAS DE EXPOSICION Y CLASES

| Categoria           | Severidad    | Clase   | Condición   |  |  |  |
|---------------------|--------------|---|---|--|--|--|
|                     | No aplicable | F0  | Concreto no expuesto a ciclos de hielo- Deshielo                                    |  |  |  |
| -                   | Moderado     | F1  | Concreto expuesto a ciclos de Hielo-Deshielo y ocasionalmente expuesto a la humedad |  |  |  |
| Hielo y<br>Deshielo |              | Severo F2 Concreto expuesto a ciclos de Hielo-De contacto continuo con la humedad   |   |  |  |  |
|                     |              | Concreto expuesto a ciclos de Hielo-Deshielo, en contacto continuo con la humedad y expuesto a agentes químicos que evitan el congelamiento |   |  |  |  |



















CONCRETO

#### **PATOLOGÍA EN EDIFICACIONES**

NORMATIVA ACTUAL DE DURABILIDAD Y SU IMPACTO EN LOS PROBLEMAS PATOLÓGICOS MÁS FRECUENTES

Organizan:







# NSR-10: Estructuras del interior del país

| Clase de<br>exposición | Máx Relac<br>a/cm | Minima<br>Resistencia<br>Mpa | Requisitos mínimos   |                                  |               |
|------------------------|-------------------|------------------------------|--|----------------------------------|---------------|
|                        |                   |                              | Contenido máxir<br>cloruro soluble en<br>concrete<br>(% Peso Cen | Otros requisitos<br>relacionados |               |
|                        |                   |                              | Concreto Reforzado pretensado                                    |                                  |               |
| C0                     | N/A               | 17.5                         | 1  | 0.06                             | Ninguno       |
| C1                     | 0,50              | 17.5                         | 0.3  | 0.06                             | Ninguno       |
| C2                     | 0.40              | 38                           | 0.15   | 0.06                             | 7.7.6, 18.16# |

| Clase de exposición | Máx Relac<br>a/cm | Mínima<br>Resistencia<br>Mpa | Requisitos mínimos adicionales |
|---------------------|-------------------|------------------------------|--------------------------------|
| P0                  | N/A               | 17,5                         | Ninguno                        |
| P1                  | 0,5               | 28                           | Ninguno                        |

Table 4.3.1 PEOLIEPIMIENTOS DADA EL CONCRETO DE ACLIERDO CON LA CLASE DE EXPOSICION

| Clase de exposición | Máx Relac a/cm | Minima<br>Resistencia<br>Mpa | Requisitos mínimos adicionales |   |                        |                        |
|---------------------|----------------|------------------------------|--------------------------------|---|------------------------|------------------------|
|                     |                | Material co                  |                                |   |                        |                        |
|                     | ASTM C 150     | ASTM<br>C 595                | ASTM<br>C 1157                 | Aditivo con<br>Cloruro de<br>Calcio   |                        |                        |
| S0                  | N/A            | 17.5                         | Ninguna<br>restricción         | Ninguna<br>restricción  | Ninguna<br>restricción | Ninguna<br>restricción |
| <b>S</b> 1          | 0.5            | 28                           | II <sup>†‡</sup>               | IP(MS),<br>IS(<70)<br>(MS)  | MS                     | Ninguna<br>restricción |
| <b>S2</b>           | 0.45           | 31.5                         | V <sup>‡</sup>                 | IP(HS),<br>IS(<70)<br>(HS)  | HS                     | No se permite          |
| <b>S</b> 3          | 0.45           | 31.5                         | V+ Puzolana o<br>escoria       | IP(HS) +<br>puzolana o<br>escoria§ o<br>IS(<70)<br>(HS) +<br>puzolana o<br>escoria§ | Puzolana o<br>escoria≶ | No se permite          |

Con el patrocinio de:

















Organizan:







### Conclusiones

- Vivimos en una región en desarrollo
- Construir infraestructura es una tarea ardua, en particular por los presupuestos reducidos.
- Municipios y departamentos tienen a veces una única opción en decenios de que les construyan un acueducto, un tanque, un puente, un pequeño muelle.
- Las estructuras que les construyamos deben ser durables.

- Contamos con normativa importada. Nos da una gran ayuda en los temas de cálculo estructural.
- Es nuestra labor aclimatar las especificaciones de durabilidad.
- Requerimos con urgencia investigación con los materiales que usamos.
- Debemos generar normativa propia y ver la manera que tenga el mismo peso de la NSR-10

















NORMATIVA ACTUAL DE DURABILIDAD Y SU IMPACTO EN LOS PROBLEMAS

PATOLÓGICOS MÁS FRECUENTES







Estamos en la tarea de redactar una "Guía de durabilidad de estructuras de concreto en climas tropicales".

Se aceptan colaboraciones!

Correo: arcilacarlos@yahoo.es



Mil gracias por su paciencia y su amable atención!















# Gracias a nuestros patrocinadores















NORMATIVA ACTUAL DE DURABILIDAD Y SU IMPACTO EN LOS PROBLEMAS PATOLÓGICOS MÁS FRECUENTES Organizan:









Gracias













