

## LA PATOLOGÍA DEL CONCRETO

# ENTENDIENDO LA NATURALEZA Y EL PROCESO DE DETERIORO DEL CONCRETO

Por: Ing. Luis Flores Tantaleán (\*)

**D**urante toda su vida útil, el concreto está expuesto a diferentes factores que van modificando su estructura interna. Recién en la década del 60, algunos estudiosos comenzaron a registrar estos cambios y a estudiarlos y entenderlos, dando origen a la Patología del Concreto. Al igual que en los seres humanos, la Patología se encarga de estudiar los daños y enfermedades que afectan al concreto, sus causas y sobretodo, prevenir su falla.

Manuel Fernández Cánovas, estudioso español, propone el siguiente Modelo Secuencial de Procesos en la Patología del Concreto (Ver Figura 1).

Al igual que al ser humano, el concreto durante su vida de servicio, puede sufrir enfermedades que pueden ser congénitas (originados durante el diseño y/o construcción, como un mal cálculo o diseño de mezclas), contraídas (exposición a agentes químicos, por ejemplo) o accidentales (explosiones o impactos).

Estas "enfermedades" se manifestarán en su estructura interna o externa, a través de síntomas (manchas en el concreto, fisuración, etc). El especialista hará una investigación de manera preliminar (inspección ocular y revisión de la historia de la estructura: planos de diseño,

ocurrencias y registros durante la construcción, sondeos a los elementos estructurales, análisis de capacidades estructurales, etc.) y, de ser necesario, una investigación más profunda (ensayos de resistencia, extracción, ensayos y análisis de muestras – físicas, químicas, biológicas y microscópicas), que permitan establecer los reales mecanismos de falla.

Con estos antecedentes y detectado el mecanismo de falla, ya estaremos en condición de hacer el Diagnóstico de la estructura, mostrando las causas que lo han afectado y el estado actual de competencia. Con ello podremos también dar un pronóstico, que puede incluir terapias de recuperación de la estructura (en el mejor de los casos) o de amputación o demoliciones, en otros casos. A esta fase también se le conoce como Terapéutica del Concreto.

Las terapias o tratamientos más conocidos se pueden clasificar en:

## El comportamiento del concreto

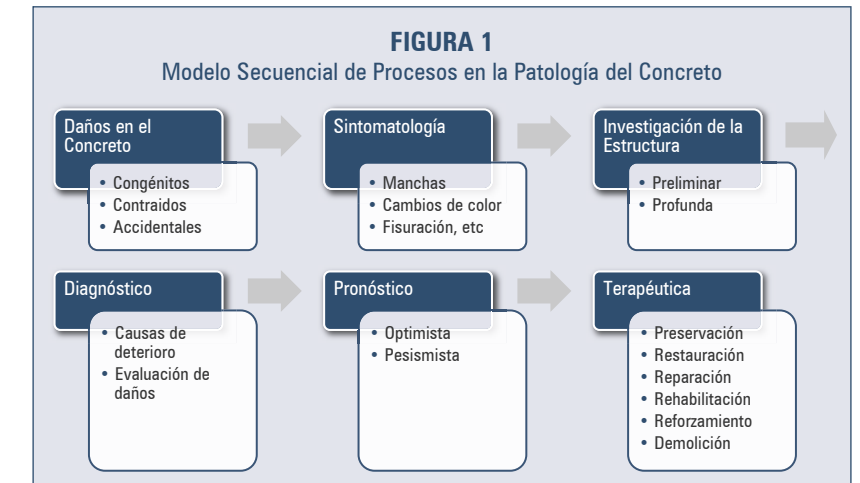
El concreto no siempre se comporta como lo esperamos. Muchas veces, se presentan mecanismos de deterioro como fisuraciones, delaminaciones, desintegración, etc, que nos obligan, primero, a encontrar las posibles causas que los han provocado, antes de proponer un procedimiento de reparación del concreto. Entender las causas de deterioro nos permitirá desarrollar una estrategia de reparación efectiva y duradera. Y hoy, gracias a la Patología del Concreto, podemos entender un poco mejor este comportamiento. Veamos qué factores afectan principalmente al concreto:

### Factores que causan defectos en el concreto

Podemos clasificarlos según el momento de su ocurrencia:

**A. Relacionados al Diseño.**- Durante la etapa de ingeniería, el elemento de concreto será diseñado en base al conocimiento y experiencia de los proyectistas, y los procedimientos y los controles de revisión establecidos antes de emitir la ingeniería final. Cualquier diferencia u error en la estructuración de la edificación, el pre-dimensionamiento de los elementos, los metrados de las cargas, la modelación estructural, los criterios, normas y estándares escogidos para el diseño, etc. impactarán directamente en el comportamiento futuro del concreto.

**B. Relacionados a los Materiales.**- La inadecuada selección de los materiales a emplear en la fabricación del concreto también afectarán su posterior desempeño. Todos los materiales empleados



en su producción (cemento, agregados, agua y aditivos) deben pasar por un adecuado control de calidad. Debemos estar seguros de su procedencia y confiabilidad para lograr el estándar de diseño requerido. Asimismo un buen diseño de mezclas nos debe asegurar la correcta proporción de cada uno de ellos y, en la obra, la buena práctica constructiva nos acercará a los valores esperados de resistencia y durabilidad.

**C. Relacionados a la Construcción.**- La experiencia de la mano de obra, sumada a una buena supervisión de los procedimientos de construcción, mejorarán el desempeño del concreto. Muchas veces confiamos la producción del concreto a nuestro maestro sin hacer una revisión de las cantidades, tiempos de mezclado,

procedimientos de transporte, colocación, vibrado y curado del concreto. Recordemos que si empleamos concreto premezclado también debemos tener otras consideraciones y controles en cuenta. La importancia de la relación agua-cemento empleada es el factor más importante para asegurar un concreto durable a futuro.

### Factores que causan deterioro en el concreto

El deterioro en las estructuras de concreto está íntimamente ligado a su durabilidad, entendiéndose como durabilidad la capacidad que tiene el concreto para resistir la acción del medio ambiente que lo rodea, de los ataques químicos o biológicos, de la abrasión y de cualquier otro mecanismo de deterioro.



1. Las acciones mecánicas están directamente asociadas a la aparición de micro-fisuras, fisuras y fallas en el concreto.

2. El Estadio Nacional es un ejemplo de rehabilitación que consiste en modificar una estructura y llevarla a una condición deseada, diferente a su original.



2.

**A. Deterioro por Acciones Físicas.-** La exposición del concreto a acciones físicas generan cambios volumétricos en él: los cambios de humedad, de temperatura, congelación y deshielo, etc., determinarán cambios en el peso unitario, porosidad y permeabilidad en el concreto. En este contexto, la relación agua/cemento  $-a/c-$  de la mezcla tiene mucha importancia en la permeabilidad del concreto, que finalmente será la propiedad que determinará el grado de ataque. A mayor relación  $a/c$ , mayor será la permeabilidad debido a la porosidad.

Por ello, limitar la relación  $a/c$  durante la mezcla y un adecuado curado, disminuirá la permeabilidad de la pasta y con ello la porosidad al interior del material.

**B. Deterioro por Acciones Mecánicas.-** Las acciones mecánicas están directamente asociadas a la aparición de micro-fisuras, fisuras y fallas en el concreto. La exposición a cargas y sobrecargas, deflexiones y movimientos excesivos, impactos previstos o imprevistos, vibraciones y mecanismos de abrasión (como

rozamientos, raspado, erosión o cavitación) generarán fisuración y agrietamiento en el concreto. Asimismo, la fisuración está directamente ligada a la durabilidad del concreto, pues ayudará a la penetración de sustancias agresivas al interior, disminuirá la resistencia del concreto a fuerzas cortantes, fomentará la corrosión del refuerzo estructural, etc.

**C. Deterioro por Acciones Químicas.-** Durante su vida útil, es posible que la estructura de concreto esté sujeta a ataques químicos, siendo los más desfavorables el ataque de ácidos, la lixiviación por aguas blandas, la carbonatación, la formación de sales expansivas o sulfatos y reacciones alcali-agregado, entre otras.

Tan pronto se dé la reacción entre el concreto y el agente químico, el concreto comenzará a descomponerse en la medida que su permeabilidad lo permita. La adecuada compactación, sumada a una baja relación  $a/c$  y curado, favorecerán la compacidad del concreto y una menor permeabilidad.

**D. Deterioro por Acciones Biológicas.-** Los organismos o micro-organismos, vivos o muertos, adheridos a la superficie del concreto son factores que causan deterioro en el concreto y corrosión en el acero. La acción metabólica

3. En la restauración del Museo de Arte de Lima, se restablecieron los materiales, forma y apariencia de la estructura a sus condiciones originales.

de los organismos favorecerá la formación de una biocapa compuestas por excreciones de sustancias ácidas y polisacáridos, sumado a la descomposición de los organismos muertos. Esta biocapa se fijará en la superficie y permitirá el ingreso, a través de los mecanismos de absorción capilar en el concreto, de productos que alterarán la química del concreto, generando deterioro en él. Una continua limpieza de la superficie evitará la proliferación de los microorganismos, así como el control de la humedad del entorno.

**E. Deterioro del Acero de Refuerzo.-** El acero de refuerzo trabaja de manera conjunta con el concreto. El deterioro de uno influirá directamente en el otro y en la vulnerabilidad de la estructura. El fenómeno de la corrosión del acero solo se produce en el rango de humedad relativa entre 50% y valores próximos a la saturación. Sin embargo, una reducción de la alcalinidad del concreto (de un pH óptimo de 13 a un pH de 8 ó 9) puede alentar el proceso de corrosión, pues el concreto reaccionará con sustancias ácidas. La carbonatación del concreto por presencia de CO<sub>2</sub> es uno de estos factores. Otro es la presencia de una cantidad suficiente de cloruros que atacarán la capacidad pasivante del concreto.

**Otros factores que influyen en el concreto**

**1. Polución del Medio Ambiente.-** La contaminación del aire ocasiona



el tránsito de partículas de polvo y residuos que, por acción del viento, se van depositando en la superficie del concreto. Sumado a esto, las lluvias o la humedad del ambiente harán que estos residuos ingresen al concreto a través de los poros superficiales, contaminándolo e iniciando el proceso de deterioro.

**2. Cultivos Biológicos.-** Por su rugosidad, el concreto es un material biorreceptivo, pues su superficie ayuda la aparición y formación de colonias de microorganismos que, no solo mancharán la superficie, sino que pueden causar deterioro en el concreto al ingresar por los mismos poros.

**3. Eflorescencias.-** Conocemos como eflorescencias a los depósitos de algunos materiales que se forman en la superficie del concreto. Generalmente estos depósitos son compuestos de sales de calcio

Terapia	Descripción	Ejemplo
Preservación	Consiste en mantener las condiciones actuales de una estructura, para prevenir su deterioro.	Lavado a presión de superficie
Restauración	Consiste en restablecer los materiales, forma o apariencia de una estructura a sus condiciones originales.	Restauración del Museo de Arte de Lima
Reparación	Consiste en reemplazar materiales o elementos dañados de una estructura.	Inyección de fisuras
Rehabilitación	Consiste en modificar una estructura y llevarla a una condición deseada, diferente a su original.	Rehabilitación del Estadio Nacional original.
Reforzamiento	Consiste en aumentar la capacidad resistente de una estructura, para resistir mayores cargas.	Reforzamiento de puentes con fibra de carbono
Demolición	Consiste en retirar elementos dañados de una estructura que por su estado, ya no aportan capacidad resistente a la estructura. Puede ser parcial o total.	Demolición de pisos de concreto

(carbonatos y/o sulfatos) o de metales alcalinos (sodio y potasio), o una combinación de ambos. El carbonato de calcio producirá el fenómeno de carbonatación, y debido a que su solubilidad en el agua es extremadamente baja, al depositarse, tiende a permanecer adherido en la superficie.

Estas son los principales factores que producen defectos y

deterioro en el concreto y, por ello, debemos conocerlos, controlarlos y entenderlos.

(En el siguiente artículo se tratará sobre Fisuración en el Concreto: Causas y Procedimientos de Reparación) ■

(\*) Ingeniero Civil, MDI, Director Gerente de Top Consult Ingeniería SAC, consultora estructural dedicada a resolver problemas en el concreto. E-Mail: iflores@topconsult.com.pe

CANDADOS Y CERRADURAS

# FORTE

INGENIERIA DE SEGURIDAD

Afílese a nuestro servicio al constructor - 15% de descuento y asesoría técnica

T. 241-8169 - Nxt. 98117\*6728

Únicos con Garantía Incondicional

GRUPO FORTE S.A.C

Dirección: Jr. Bajada Balta 169 - piso 13 Miraflores - Lima 18  
Teléfonos: 651-2227 / 241-8169  
E-mail: ventas@forte.com.pe