

**J**unto con el crecimiento de los proyectos de construcción, en el Perú también han aumentado las dudas y preocupaciones de los propietarios y promotores de obras que diariamente se encuentran con aspectos y propiedades desconocidas del concreto. La consultoría estructural es el nexo que busca resolver los problemas que se pueden presentar en las estructuras aplicando conocimientos, técnicas, pruebas y ensayos que busquen determinar causas y ofrecer las mejores soluciones a determinados inconvenientes. En general, podemos agrupar las consultas estructurales que atendemos en cuatro grandes grupos:

- Relacionadas al comportamiento del concreto.
- Relacionadas a evaluaciones y resistencias del concreto.
- Relacionadas a la corrosión del acero de refuerzo.
- Relacionadas a rehabilitación, reforzamiento estructural y protección del concreto.

**LA CONSULTORÍA ESTRUCTURAL**

# UNA ALIADA EN LA SOLUCIÓN DE LOS PROBLEMAS DE INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN

Por: Ing. Luis Flores Tantaleán (\*)

**Consultorías sobre**

**comportamiento del concreto**

Una variedad de factores afectan el comportamiento del concreto: condiciones de exposición, condiciones y cargas de servicio, deficiencias en el diseño, nuevos requerimientos estructurales, la misma interacción entre sus materiales, deficiencias constructivas, entre otros. El concreto reaccionará

ante ellas de diferentes maneras: desintegrándose, delaminándose, agrietándose, deflexionándose, asentándose, etc.

Dentro de este campo, las consultorías principalmente se refieren a:

• **Patologías en el concreto**

El concreto no siempre se comporta como lo esperamos. Muchas veces,



1. El concreto presenta mecanismos de deterioro tales como fisuraciones, delaminaciones, desintegración, etc. Esto obliga a encontrar las posibles causas antes de proponer un procedimiento de reparación.
2. Fisuración por reacción química entre los componentes del concreto.

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. Entender las causas de deterioro nos permitirá desarrollar una estrategia de reparación efectiva y duradera. Hoy, gracias al desarrollo de la patología del concreto, podemos entender mejor este comportamiento y ver qué factores lo afectan. Así como la patología humana, la patología del concreto estudia las enfermedades que atacan a este producto.

Los ataques más comunes al concreto armado están relacionados a procesos de corrosión del acero de refuerzo, penetración de cloruros, cloruros que forman parte de los agregados, carbonatación del concreto, etc. Estos ataques terminan provocando diversos mecanismos de falla o desintegración que podemos resumir en el Gráfico 1.

Luego de un estudio minucioso de los antecedentes, llegamos a detectar las causas de estas patologías. Asimismo, estaremos en condiciones de recomendar el mejor procedimiento o terapia para devolver al concreto sus capacidades iniciales.



• **Fisuración en el concreto**

Este es otro problema común en las edificaciones de concreto y que puede tener diferentes causas. Pueden ser grietas por retracción plástica, por una mala colocación de juntas, por restricciones a las deformaciones propias del concreto, por efectos térmicos de congelación, deshielo o dilatación, por asentamientos, etc.

Las que aparecen de manera aleatoria a una edad temprana, por lo general no afectan a la integridad estructural de la edificación, aunque debemos saber reconocer aquellas que por congelación y deshielo aparecen poco espaciadas y que sí pueden repercutir en el deterioro de la capacidad de la estructura.

**TOP CONSULT**  
INGENIERIA SAC

**SOLUCIONES A PROBLEMAS ESTRUCTURALES**

INNOVACIÓN • INGENIERÍA • CONSTRUCCIÓN

ESPECIALISTAS EN:

- Patología Estructural
- Consultoría y Reforzamiento Estructural
- Diseño y aplicación de fibra de carbono
- Inyección de fisuras y reparaciones

Representantes exclusivos en el Perú del

FYFE Co. LLC  
Fibre Fiberglass Systems

Av. Benavides 4129 - Surco T: 271-7095 / 446-2603 / 832\*1264 informes@topconsult.com.pe

www.topconsult.com.pe



Generalmente las grietas ocurren por un error en el diseño y/o una mala práctica constructiva, como por ejemplo:

- Mal diseño de los elementos de concreto que no le permiten afrontar las solicitaciones propias de la estructura.
- Omisiones de juntas de construcción y/o dilatación o mal procedimiento para efectuarlas.
- Inadecuada preparación de los encofrados o superficies de apoyo del concreto.
- Mala dosificación, preparación y/o colocación del concreto durante la obra.
- Curado tardío o insuficiente, etc.

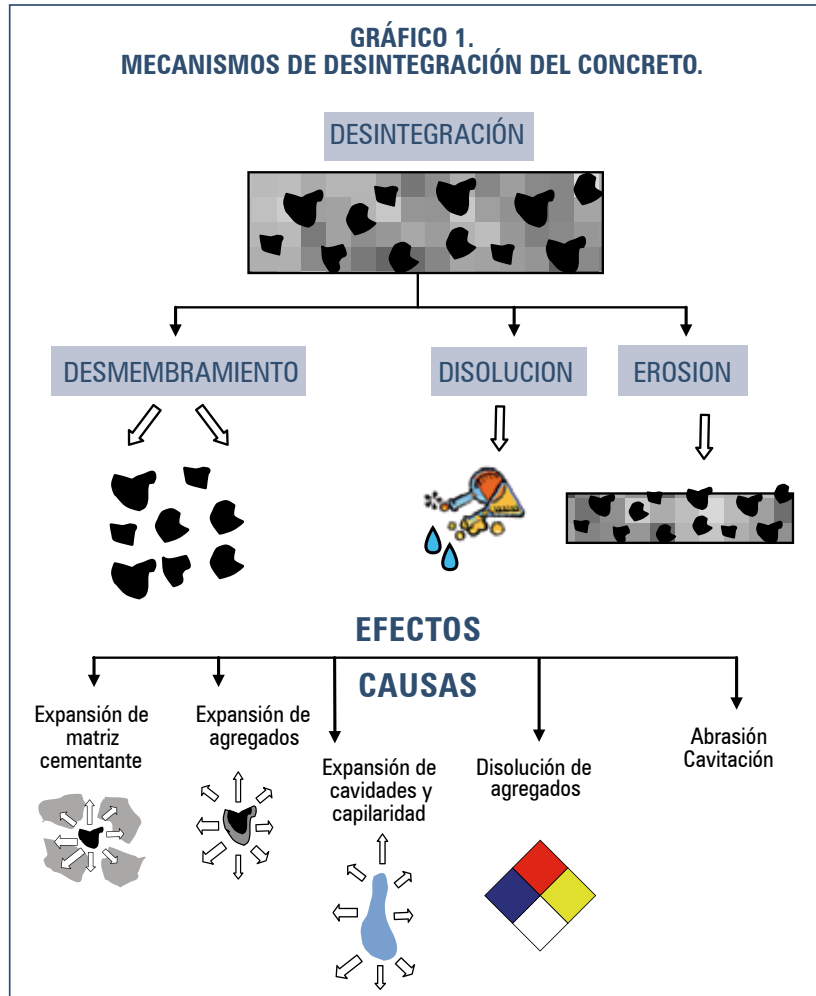
Muy comunes son las grietas o fisuras por contracción (o retracción) plástica, que se forman en la superficie del concreto fresco inmediatamente después de su vaciado, mientras el concreto permanece en estado plástico y que generalmente se forman en las superficies horizontales.

Usualmente son paralelas entre sí –a distancias variables de 0.30 a 0.90 m relativamente superficiales y se producen de modo general cuando una alta tasa de evaporación provoca que la superficie de concreto se seque antes de que haya fraguado. Estas son antiestéticas y usualmente no afectan la resistencia y durabilidad del concreto de los pisos y pavimentos. Suelen ocurrir en zonas donde la velocidad del viento alcanza los 5 mph (8 kph), en lugares de baja humedad relativa y altas temperaturas ambientales.

En todos los casos de agrietamiento, siempre hay recomendaciones que debemos tomar antes y durante el proceso constructivo para mitigarlas, como por ejemplo:

- Verificar la compactación del suelo y/o material del relleno de la losa.
- Verificar la estabilidad y presión del encofrado y el suelo o elemento donde se apoya.

3. Detección del refuerzo en columnas del Tren Eléctrico con radar Mini Scan.



- Controlar el asentamiento del concreto, evitando el exceso de agua para lograr un concreto más trabajable y que corra más fácilmente por los encofrados.
- El acabado del concreto debe iniciarse cuando las propiedades del producto recién vaciado sean las adecuadas o antes de que haya completado su exudación. Nunca se debe sobrecargar la superficie de la losa.
- Es muy importante el curado para lograr un concreto resistente a las grietas. Se debe comenzar a curar tan pronto como



sea posible, ya sea con arrocetas de agua, curadores químicos, membranas o mantas húmedas.

- Estudiar la colocación de juntas de construcción o de contracción, para que sean capaces de absorber los cambios volumétricos por temperatura y/o humedad, así como cuidar la forma de hacer las juntas.
- Analizar la necesidad de juntas de aislamiento para resolver las restricciones verticales u horizontales de los elementos.
- Cumplir con lo señalado en el expediente técnico del proyecto, especificaciones técnicas, planos y normas de una buena práctica constructiva.

Adicionalmente a estas recomendaciones, para minimizar las grietas por contracción plástica, se recomienda:

- Levantar barreras temporales contra el viento y barreras solares para controlar la temperatura de la losa.
- Revisar las condiciones de temperatura y humedad de la sub-base, encofrados y todo elemento o material que esté en contacto del concreto recién vaciado.
- Considerar el uso de fibras sintéticas para reducir el agrietamiento por contracción plástica.

Como en todos los problemas del concreto, es menos costoso evitarlos que afrontarlos. Para resolver este inconveniente, luego de detectar y atacar el origen de las mismas, se recomienda un procedimiento de sellado o inyección de fisuras -con equipo y personal adecuado- que depende de la profundidad, ancho y ubicación de las mismas.

**Consultorías sobre evaluaciones y resistencias de estructuras**

Las más usuales están referidas a:

- **Adecuaciones sísmicas de edificaciones**  
 Varias de nuestras consultorías están referidas a este segmento. Generalmente se trata de propietarios o empresas que quieren adecuar sus instalaciones, edificaciones o fábricas a las normas vigentes sismorresistentes. Lo que buscamos en un proceso de adecuación (proceso o conjunto de procesos constructivos) sísmica o estructural es obtener el máximo nivel de resistencia de una edificación, disminuir los daños producidos por las deformaciones en los elementos estructurales (vigas, columnas, muros, diagonales, etc.) y elementos no estructurales, y mitigar el daño a los habitantes de las edificaciones ante la ocurrencia de un evento sísmico.

Protección & Control

# ACTIVE DRIVER

## VENTAJAS

Dispositivo de control de velocidad variable integrado, capaz de mantener la presión a un nivel constante cuando varía el caudal

Incorpora:

- sensor de presión
- sensor de caudal
- variador de velocidad

Grundfos Perú  
 gvargas@grundfos.com  
 Tel.: (51 1) 250 9117

DWT GROUP



El análisis de la edificación lo realizamos basándonos en modelos matemáticos que resumen la información previamente recolectada de planos originales de construcción, ensayos (esclerómetros, carbonatación, compresión, módulo de elasticidad, etc.), visitas de campo (se guarda un registro visual y fotográfico) y diagnósticos patológicos por parte de ingenieros estructurales. Una vez conocido el estado de la edificación se procede a definir las alternativas de reforzamiento que son evaluadas y diseñadas con el fin de mejorar el potencial estructural para resistir un evento sísmico, suplir las demandas y mejorar el grado de respuesta de la construcción. Las intervenciones deben ser soluciones económicas compatibles, con su deficiencia a nivel de resistencia o configuración geométrica y los requisitos definidos en las normas de diseño sismo resistente vigentes. Las obras de reforzamiento son siempre coordinadas con otras especialidades pues por su concepción, la rehabilitación de una edificación es por necesidad multidisciplinar. En ella

deben intervenir de manera autónoma y puntual otros especialistas si así fuera necesario.

• **Levantamientos estructurales**

Son muchos los proyectos, especialmente ampliaciones y rehabilitaciones, donde por alguna razón no se conocen los planos ni especificaciones de lo existente. En estos casos, antes de modelar y conocer la real capacidad de una estructura, debemos hacer un levantamiento estructural, que consiste en recolectar la información relevante de algunos elementos estructurales –columnas, vigas, placas, losas, zapatas, etc.– como dimensiones, acero de refuerzo, resistencia del concreto, etc. Con estos datos ya podemos estimar la capacidad de la estructura y evaluar su conformidad ante determinadas cargas.

Para evaluar la resistencia de un concreto antiguo, existen varias pruebas que nos pueden dar una referencia de su entereza



y calidad, como la extracción y posterior rotura de núcleos diamantinos, pruebas con martillo de rebote o esclerómetro – que nos dará una referencia de la eficacia y dureza superficial del concreto-, pruebas de extracción o pull-off, etc.

Asimismo, para determinar la cantidad, posición y diámetro del acero de refuerzo, podemos efectuar picados del concreto de recubrimiento para ver el refuerzo que tiene. Este procedimiento es lento y, como pasa en algunas oportunidades, podemos afectar tuberías o instalaciones que han estado escondidas en elementos. Para evitar estos trabajos nuestra empresa tiene el Mini Scan, un equipo de detección de refuerzo por radar que permite barrer el elemento y determinar la posición y cantidad del acero de refuerzo, acelerando los trabajos y evitando molestias a los propietarios.

4. Una vez conocido el estado de la edificación se procede a definir las alternativas de reforzamiento que son evaluadas y diseñadas con el fin de mejorar el potencial estructural para resistir un evento sísmico, suplir las demandas y mejorar el grado de respuesta de la edificación.



**Consultorías sobre corrosión del acero de refuerzo**

Este es un problema muy frecuente en edificaciones. Sin embargo, no podemos dar la solución si no encontramos la causa que lo origina.

Entendamos primero la importancia de acero en el concreto armado. Este sirve para aportarle al concreto la resistencia a la tracción que necesita. Es indispensable su uso en elementos que están sujetos a esfuerzos de tensión y flexión debido a cargas muertas y vivas, sismos, vientos, factores térmicos, entre otros.

Cuando el acero de refuerzo comienza a corroerse ha comenzado una reacción química o electroquímica entre el material y el medio que lo rodea, deteriorándose el acero y sus propiedades.

El acero embebido en el concreto comienza a formar óxido que tiene 2 a 4 veces el volumen del acero original y con ello comienza a perder sus propiedades mecánicas. También produce descascaramiento y vacíos en la superficie del acero, reduciéndose la resistencia del concreto por la pérdida de su sección transversal.

• **Pero, ¿cómo comienza todo esto?**

El acero en el concreto se encuentra en condición pasiva, no corroído. Sin embargo, durante su vida útil las estructuras están en contacto con factores climatológicos, químicos, físicos, mecánicos y/o ambientes severos donde pueden estar presente la humedad, el agua de mar o sales de deshielo. La misma porosidad del concreto hace que las sales y cloruros ingresen al mismo, provocando la ruptura de la protección pasiva del acero, causando que éste comience a oxidarse y/o delaminarse.

La presencia de sales y cloruros en el interior del concreto son agentes muy agresivos y proactivos con la corrosión del acero. Recientemente en nuestra oficina hemos visto el caso de una estructura que presenta niveles altísimos de cloruros en su interior, posiblemente producto de un nulo control de calidad en los agregados o el agua empleada durante su construcción y que viene ocasionando un prematuro deterioro del concreto y corrosión del acero.

La carbonatación es otro aspecto fundamental que causa el óxido del acero. Este es un fenómeno natural que diariamente ocurre en muchas estructuras de concreto armado en todo el mundo. Es un problema que avanza lenta y progresivamente desde la cara exterior hacia el interior del concreto y cuando llega al acero del refuerzo permite que el proceso de corrosión comience.

**Alsina 60**  
ANOS DE EXPERIENCIA

Sistemas de encofrado horizontal

Sistemas de encofrado vertical

Sistemas de apuntalamiento

Sistemas especiales

Más de 60 años de experiencia alrededor del mundo, innovando el mercado de los encofrados.

ENCOFRADOS ALSINA S.A.

Encofrados Alsina del Perú S.A.C.  
Los Flamencos Mz. C, Lt 19.  
Urb. Santa Genoveva, Lurín, Lima - Perú  
T.: (+51) 1 367 3277 - Nextel: (94) 606\*9219  
E-mail: peru@alsina.com www.alsina.pe



5. El acero sirve para aportar al concreto la resistencia a la tracción que necesita. Es indispensable su uso en elementos que están sujetos a esfuerzos de tensión y flexión debido a cargas muertas y vivas, sismos, vientos, factores térmicos, entre otros.



La carbonatación está ligada al dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) en contacto con el concreto, por ello las losas de estacionamientos techados, los muros y techos de edificios en contacto con máquinas y equipos que producen dióxido de carbono comúnmente sufren prematuramente con concreto carbonatado.

La carbonatación en el concreto es la pérdida de la alcalinidad (pH) que ocurre cuando el dióxido de carbono atmosférico reacciona con la humedad dentro de los poros del concreto y convierte el hidróxido de calcio con alto pH a carbonato de calcio, que tiene un pH más neutral.

Al disminuir su pH – que en un concreto nuevo y sano fluctúa entre 12 a 13-, el concreto deja de brindar un ambiente alcalino y protector al acero, protegiéndolo contra la corrosión. Este ambiente alcalino que antes había permitido la formación de una capa de óxido pasivo sobre la superficie del acero y que permanece estable en el ambiente altamente alcalino, comienza a desaparecer. Esta es la misma capa pasivadora que atacan los cloruros cuando alcanzan el acero de refuerzo expuesto a sales descongelantes y ambientes marinos.

Cuando progresa la carbonatación hacia la profundidad del refuerzo, la capa de óxido protectora y pasivadora deja de ser estable. A este nivel de pH (por debajo de 9.5), es posible que empiece la corrosión, resultando finalmente en el agrietamiento y astillamiento del concreto.

Aunque la difusión del dióxido de carbono a través de los poros de concreto pueda requerir años antes de que ocurra el daño por

corrosión, puede ser devastadora y muy costosa de reparar.

También una alta concentración de cloruros en el concreto, aún en un ambiente alcalino y protector con un pH alto, puede ser el inicio de la corrosión en el concreto. Existen estudios que indican que 7,000 a 8,000 partes por millón (ppm) de cloruros en el concreto son suficientes para comenzar la corrosión del acero. Pero con una alcalinidad baja -entre 10 a 11- el umbral de cloruros para la corrosión es significativamente menor (100 ppm o menos).

Siempre el costo de reparación y mantenimiento va a ser mayor que tomar medidas al inicio de la construcción. Resguardemos la calidad del concreto y los recubrimientos. Cuidemos de llegar a una relación agua/cemento baja (0.5 o menos) lo que ayudará a disminuir el ingreso de sales de cloruros, revisemos los contenidos de cemento y el uso de agregados y agua limpios y adecuados para un concreto sano.

#### **Consultorías sobre rehabilitación y reforzamiento del concreto**

Muchas estructuras que analizamos requieren de un proyecto de rehabilitación y/o reforzamiento estructural, para suplir las deficiencias detectadas en alguna

etapa previa, como una revisión estructural.

Asimismo, los cambios de uso de las edificaciones, las ampliaciones de áreas, nuevas sobrecargas, equipos o zonas de archivos donde antes no existían, generan también un mayor requerimiento estructural. En algunos casos, debemos aumentar el refuerzo por corte y flexión en los elementos y/o el nivel de confinamiento de las columnas y vigas, incorporar placas para rigidizar o reforzar los elementos estructuras mediante el empleo de fibras de carbono y/o encamisado metálico, para mejorar la resistencia al cortante y confinamiento y darle mayor capacidad resistente y ductilidad a los pórticos.

Cabe destacar que existen otras técnicas de reforzamiento aplicables como el ensanchamiento de secciones, reforzamiento con materiales mixtos, perfiles y planchas de acero; uso de postensionado para elevar la capacidad de carga en la estructura, técnicas de reducción de esfuerzos en los miembros, encamisados de elementos, entre otros. ■

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