

# El Concreto en la Práctica

## ¿Qué, Por qué y cómo?



## CIP 10 - Resistencia del concreto en la estructura

### ¿QUÉ es la resistencia del concreto en la estructura?

Las estructuras de concreto (*hormigón*) son diseñadas para soportar cargas vivas y muertas durante el período de construcción y de servicio. Durante la construcción se obtienen muestras de concreto y los procedimientos de las normas ASTM son utilizados para medir la resistencia potencial del concreto que es entregado. Se moldean cilindros de ensayo (*probetas*) y se curan a temperaturas de 60 a 80°F (17 a 27°C) durante un día y posteriormente se curan de forma húmeda en el laboratorio hasta que son rotos en un ensayo a compresión, normalmente a una edad de 7 y 28 días.

La resistencia del concreto en la estructura no será equivalente a lo medido sobre los cilindros de ensayo normalizados. Las buenas prácticas de trabajo para la manipulación, el vaciado (*colado*), la compactación y el curado del concreto en la estructura deben asegurar un adecuado porcentaje de esa resistencia potencial en la estructura. Los principios del diseño estructural reconocen esto y el Código ACI de la Edificación, el ACI 318, cuenta con un proceso de aseguramiento de la seguridad estructural de la construcción de concreto.

Los medios de medición, estimación o comparación de la resistencia del concreto en la estructura incluyen: El martillo de rebote (*esclerómetro*), la prueba de penetración, la prueba de arrancamiento (*pullout*), los cilindros de ensayo elaborados en el lugar, el ensayo de testigos (*núcleos extraídos, corazones*) y las pruebas de carga del elemento estructural.

Los núcleos extraídos o testigos de la estructura son uno de los medios para evaluar si la capacidad estructural de un miembro de concreto es adecuada y la ACI 318 aporta una guía para esta evaluación. Los núcleos extraídos dan resultados de ensayo más bajos que los cilindros de ensayo normalizados adecuadamente fabricados y ensayados de 6 x 12 pulgadas (150 x 300 mm). Esto se aplica a todo el concreto estructural moldeado. Pueden ocurrir excepciones en el caso de testigos de un concreto colocado sobre una sub-base de elevada absorción o en el caso de testigos de un concreto masivo, pobre, de baja resistencia. El Código ACI de la edificación reconoce que bajo las prácticas corrientes de diseño, la construcción de concreto puede ser considerada estructuralmente adecuada si el promedio de tres testigos del área de estudio cuestionada es igual o excede el 85 por ciento de la resistencia especificada,  $f'_c$  y que ningún testigo individual sea inferior al 75 por ciento de  $f'_c$ .



A



B



C

A - Prueba de resistencia a la penetración (ASTM C 803)

B - Prueba de rebote (ASTM C 805)

C - Prueba de extracción de núcleos (*corazones*) (ASTM C 42)

### ¿POR QUÉ se mide la resistencia en la estructura?

Los ensayos del concreto en la estructura pueden ser necesarios cuando las resistencias de los cilindros de ensayo normalizados son bajas y no cumplen con la especificación tal como está indicado en el ACI 318. Sin embargo, no evalúe la estructura sin chequear primero para estar seguro que:

- Las resistencias del concreto fallaron al no cumplir lo previsto en la especificación.
- Las bajas resistencias no son atribuibles a prácticas de ensayo defectuosas
- La resistencia especificada es realmente necesaria. (*Ver el CIP-9 sobre Baja Resistencia de los cilindros de ensayo de concreto*)

En muchos casos, el concreto puede ser aceptado para el uso deseado sin efectuar ensayos en la estructura.

Hay muchas otras situaciones que pueden requerir la investigación de la resistencia en la estructura. Estas incluyen: apuntalamiento y remoción del encofrado, postensionado, o aplicación temprana de cargas; investigación de daños debidos a congelamiento, fuego, o situación de curado adversa; evaluación de estructuras viejas; y cuando un concreto

diseñado de más baja resistencia es vaciado en un elemento por error. Cuando los testigos u otros ensayos efectuados en la estructura fallan al asegurar la adecuación estructural, un curado adicional de la estructura puede garantizar la resistencia necesaria. Esto es particularmente posible con un concreto que contenga cemento de endurecimiento lento, cenizas volantes, o escorias.

## ¿CÓMO se investiga la resistencia en la estructura?

Si sólo una serie de cilindros de ensayo da bajo, frecuentemente la pregunta puede ser dirimida comparando el martillo de rebote o los resultados sobre el concreto en áreas representadas por cilindros de ensayo con resultados aceptables. Donde la posibilidad de baja resistencia es tal, que un gran volumen tiene que ser investigado, será necesario un estudio bien organizado.

Establezca un cuadrículado y obtenga lecturas sistemáticas incluyendo áreas buenas y cuestionadas. Tabule las lecturas del martillo o del sondeo. Si ciertas áreas parecen estar bajas, extraiga núcleos tanto de las áreas bajas como altas. Si los testigos confirman los resultados del martillo o el sondeo, la necesidad de aumentar la cantidad de testigos se reduce en gran medida.

**Resistencia de los núcleos (corazones, testigos) ASTM C-42.** Si es necesario la extracción de núcleos, hay que observar las siguientes precauciones:

- Ensaye un mínimo de 3 núcleos para cada sección de concreto cuestionado;
- Obtenga núcleos con un diámetro mínimo de 3 ½ pulgada (85 mm). Obtenga núcleos más grandes para un concreto con un tamaño de agregado mayor de 1 pulgada (25 mm);
- Trate de obtener una longitud de como mínimo 1 ½ veces el diámetro (relación L/D);
- Recorte para eliminar el acero garantizando que se mantenga una relación mínima de 1 ½ L/D;
- Recorte los bordes a escuadra con una sierra de diamante (*cortadora*) con alimentación automática.
- Cuando ensaye, mantenga un refrentado (*cabezeo*) con espesor por debajo de 1/8 pulgada (3 mm);
- Utilice un material de refrentado de alta resistencia; no deben utilizarse almohadillas de neopreno;
- Verifique la planicidad del refrentado y de los bloques de carga;
- No perfore núcleos desde las capas superiores de las columnas, losas, muros, o cimientos, que serán de un 10 a un 20% más débiles que los testigos de la parte media o de las porciones más bajas; y
- Ensaye los testigos después de un secado durante 7 días si la estructura estará seca en servicio; en caso contrario humedezca los núcleos 40 horas antes del ensayo. Revise las recomendaciones para el acondicionamiento de los testigos en las versiones actualizadas del ACI 318 y de la ASTM C 42.

**Resistencia a la penetración, ASTM C803.** Un pistón impul-

sado hacia adentro del concreto (*disparo*) puede ser utilizado para estudiar las variaciones en la calidad del concreto:

- Diferentes dimensiones de pistón o un cambio en la fuerza de impulsión pueden ser necesarios para grandes diferencias en resistencia o peso unitario;
- Se requiere una medición precisa de la longitud expuesta del pistón;
- Los disparos pueden estar espaciados como mínimo a 7 pulgadas y no estar cercanos al borde del concreto.
- Los disparos que no están firmemente embebidos en el concreto deben ser rechazados; y
- Desarrolle una curva de calibración para los materiales y condiciones bajo investigación.

**Martillo de rebote (esclerómetro), ASTM C 805.** Observe estas precauciones:

- Humedezca todas las superficies por varias horas o durante la noche porque el secado afecta el número de rebote;
- No compare las lecturas sobre el concreto vaciado sobre diferentes materiales de encofrado, el concreto de variado contenido de humedad, las lecturas de diferentes direcciones de impacto, sobre miembros de diferente masa, o resultados utilizando diferentes martillos;
- No desbaste la superficie a menos que sea débil, terminada o texturada;
- Ensaye las losas estructurales por el fondo; y
- No ensaye el concreto congelado.

**Planificación por adelantado.** Cuando se conoce por adelantado que se requieren ensayos en la estructura, como para el apuntalamiento y remoción del encofrado, pueden ser considerados otros métodos como: cilindros de ensayo elaborados en el lugar y técnicas de medición de la resistencia al arrancamiento (*pullout*) cubiertas por las ASTM C873 y C900.

## Referencias

- In-Place methods to estimate concrete strength*, ACI 228.1R, American Concrete Institute, Farmington Hills, MI.
- Nondestructive Tests*, V.M. Malhotra, Chapter 30 in ASTM STP 169C, American Society for Testing and Materials, West Conshohocken, PA.
- Guide to Nondestructive Testing of Concrete*, G.I. Crawford, Report FHWA-SA-97-105, Sept. 1997, Federal Highway Administration, Washington, DC.
- In-Place Strength Evaluation – A Recommended Practice*, NRMCA Publication 133, NRMCA, Silver Spring, MD.
- Understanding Concrete Core Testing*, Bruce A. Suprenant, NRMCA Publication 185, NRMCA, Silver Spring, MD.
- ASTM C31, C39, C42, C805, C803, C873, C900, ASTM Book of Standards, Vol. 04.02, American Society for Testing and Materials, West Conshohocken, PA.
- Building Code Requirements for Structural Concrete*, ACI 318, American Concrete Institute, Farmington Hills, MI.

