



Arquitecto Castorino Rojas



Profesor Paulo Helene



Máster en Ingeniería Pedro Bilesky

## Control de calidad del hormigón

**El artículo refiere a las medidas de mejora de control de calidad en la ejecución de las obras civiles, uno de los temas que se presentarán y discutirán en el XVI Congreso de Control de Calidad en la Construcción Civil, que se realizará paralelamente al Congreso Internacional Conpat 2017 organizado por Alconpat Internacional para septiembre próximo. Sus autores son el arquitecto Castorino Rojas de Fck Concretos, el profesor Paulo Helene de la Universidade de São Paulo y el Máster en ingeniería Pedro Bilesky de PhD Engenharia.**

Reconocida y notoria es la producción de estructuras de hormigón armado que ha crecido en el mercado paraguayo, en especial en la zona de Asunción y área metropolitana. En los últimos tiempos, se vienen dando fuertes discusiones, entre los profesionales de las áreas involucradas acerca de la responsabilidad de la conformidad del hormigón

Proyectistas, ejecutores, proveedores y laboratorios, debaten duro los resultados del control buscando explicaciones para los aparentes fenómenos inexplicables, por ejemplo, los resultados a siete días mayores a los de 28 días; resultados de hormigón con alto consumo de cemento inferiores a los de hormigón con consumo habitual por m<sup>3</sup>; resultados de testigos a veces muy por encima o muy por debajo de los de las probetas moldeadas; resultados de testigos bajos e incompatibles con índices esclerométricos y velocidades de propagación de ondas ultrasónicas demasiado altas y positivas; y resultados con baja

relación de agua/cemento menores que los de hormigones con alta relación de a/c.

Conociendo el origen y las posibles causas de esas no conformidades, será posible revisar responsabilidades y mantener la seguridad estructural necesaria. En estas condiciones es evidente que algunos hechos de grande importancia han sido despreciados por no tener en cuenta el comportamiento de hormigones estructurales, es decir, por falta de tecnologías de producción y control de hormigones estructurales.

### Control de recepción y aceptación

De acuerdo con la práctica internacional que regula la recepción y aceptación del hormigón estructural, hay necesidad de contratar a laboratorios independientes para ejecutar este control tecnológico de la resistencia a la compresión del hormigón. Esta responsabilidad es del constructor, es decir, que depende de él para hacer lo que se llama "recepción y aceptación del hormigón".

El control debe realizarse para verificar que el hormigón proveído cumple con las especificaciones de diseño (fck), que generalmente se refiere a la consistencia del hormigón fresco (revenimiento) en el caso del control de recepción.

El control de aceptación se lleva a cabo sólo con los 28 días para comprobar la resistencia a la compresión del hormigón endurecido (fck, est) para la comparación con la resistencia de diseño estructural, fck. Otras propiedades del hormigón, tales como la densidad, volumen de huecos, porosidad, módulo de elasticidad, la absorción de agua por capilaridad, la temperatura, la baja carbonatación, alta resistencia a los iones de cloruro, y otras también importantes, raramente se requieren.

Es responsabilidad del proyectista de la estructura especificar e informar claramente al constructor las características físicas en el estado natural, y mecánicas en el estado endurecido, para satisfacer las necesidades de su proyecto, en las fechas de control.

Corresponde al constructor para proceder a la compra del hormigón junto a la compañía de servicios de hormigonado, que es responsable de proporcionar el hormigón con las características requeridas.

Los ensayos requeridos en la recepción incluyen: determinación de la consistencia del hormigón fresco en el acto de recepción en la obra, de acuerdo con Astm C 192 (NM 67) y el preparado de muestras estándar para determinar la resistencia a la compresión por moldeo de probetas cilíndricas con un diámetro de 10 o 15 cm de acuerdo con la norma Astm C 31, y se ensayan de acuerdo con Astm C 39.

Se entiende como probeta estándar esa por-

ción del hormigón producido y seleccionado para este propósito con los procedimientos específicos, moldeados y conservados en condiciones óptimas de curado, según lo previsto por la normalización.

### Laboratorios de control

Los laboratorios de control deben someterse a un procedimiento de acreditación, como se establece en la norma ISO/IEC 17025, así como sus técnicos de laboratorio deben ser calificados de acuerdo con los criterios de la norma Astm C1077 y NBR 15146, parte 1.

La responsabilidad y el compromiso de un laboratorio de pruebas son para llevar a cabo estos procedimientos, adecuadamente, de manera eficiente, con personal capacitado, equipo calibrado y prensas de prueba debidamente graduados de acuerdo a la norma ISO 7500, parte 1, por laboratorios especializados de calibración que hagan uso de estándar o celdas de carga, rastreados a según Abnt NBR ISO 376. Es esencial que las pruebas realizadas presenten resultados confiables y que más se aproximen a la resistencia potencial del hormigón, es decir, a lo que fue diseñada por sus productores mediante la realización de estudios de dosificación.

Lastimosamente, en el mercado de Asunción aún hay muchos casos donde las empresas concreteras o las de servicios de hormigonado son contratadas para realizar el control de recepción y aceptación. Es cierto que los productores de concreto deben hacer el denominado "control interno de la producción", pero no deben someterse a realizar el control de la aceptación ya que dispone de un conflicto de interés en el que el proveedor del hormigón tiene la responsabilidad de acreditar la calidad de su propio producto. No se recomienda esta práctica, pues requiere una verdadera prueba de la ética y la moral en la relación comercial que no encaja en un mercado saludable y desarrollado.

### Resistencia potencial del hormigón

Los procedimientos normalizados proporcionan al hormigón los cuidados ideales para obtener la resistencia máxima en la "boca" de la mezcladora. Por esta razón, se considera esa resistencia de control como "resistencia potencial del hormigón" en la "boca" de la mezcladora. Cualquier error en la prueba, en la densidad, en el transporte, en el desmolde, en el curado, en la preparación de las cabezas de las probetas, conduce a una disminución de esta resistencia potencial, es decir, el hormigón tiene una alta resistencia, pero las operaciones realizadas de forma incorrecta proporcionan información falsa y es que la resistencia no alcanzó lo esperado. No

hay operaciones o procedimientos técnicos que aumentan la resistencia del hormigón, excepto la falta de honestidad. La resistencia máxima sólo se obtiene mediante procedimientos de control y ensayo normalizados.

Los errores sistemáticos son aquellos errores repetitivos que se propagan a la incertidumbre en los resultados de todas las pruebas realizadas por el mismo laboratorio, durante un lapso de tiempo. Estos errores pueden producirse, por ejemplo: por el uso de equipo no medido, mal calibrado, o defecto no identificado, por ejemplo: velocidad de aplicación de las cargas a la probeta durante el ensayo. Errores, sin embargo, provienen del azar, que son los impredecibles e inherentes a cualquier experimento, principalmente, por la propia naturaleza humana del operador, son sin duda los que más perjuicios generan y deben minimizarse con una adecuada política de formación y certificación de la mano de obra, es decir, el técnico de laboratorio.

### Procedimientos de ensayo

Los procedimientos de moldeo y el cuidado para la preservación y la integridad de las muestras moldeadas o extraídas de la estructura, junto con su posible exposición a la intemperie o vibraciones excesivas resultantes de los procesos de transporte de obra al laboratorio, cuando fueron mal ejecutados (ver fig. 1 y 2) pueden causar daños irreparables a la resistencia del hormigón.

Corresponde al laboratorio seleccionar la muestra adecuadamente y moldearlas en probetas dentro de los estándares especificados, pero es de responsabilidad del constructor preservar estos especímenes en la construcción de su obra hasta la fecha de su colección para el transporte al laboratorio, lo que debería ocurrir después de 24 horas.



Figura 2. Ejemplo de descuido con las probetas de transporte.

El curado apropiado del hormigón, que se debe iniciar después del moldeo de probetas, es otra fuente de errores. Este curado puede llevarse a cabo en tanques o habitaciones especiales propias, cámaras húmedas, como se muestra



Figura 1. Ejemplo falta de cuidado para la preservación de probetas.

en la fig. 3, que proporcionan las condiciones de comodidad térmica necesarias, humedad por encima del 95 por ciento, niebla de agua y temperaturas pueden variar, preferiblemente entre  $24 \pm 4^\circ\text{C}$ , para proporcionar la evolución perfecta de la resistencia del hormigón y poder evitar, si bien ejecutadas, las pérdidas irreversibles de la resis-

tencia del hormigón en la muestra estándar.

De acuerdo con el gráfico de la figura 4, podemos observar la variación en la resistencia obtenida en la probeta estándar, según lo sugerido por Mehta & Monteiro: 2014, para varias situaciones de exposición del hormigón cuando se compara con la resistencia del hormigón curado



Figura 3. A la izquierda tenemos la disposición correcta de la cámara de humedad, la humedad por encima del 95 por ciento, nebulización de agua, y a la derecha el curado de tanque.

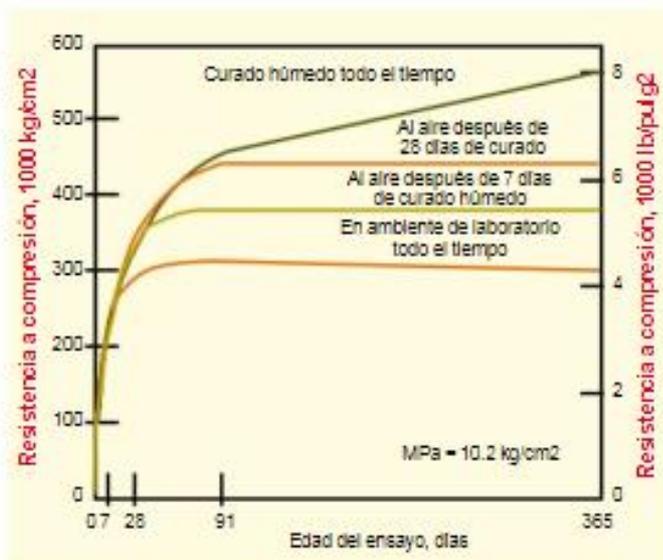


Figura 4. Variaciones de la resistencia a la compresión debido al tipo de curado del hormigón. (Mehta y Monteiro: 2014)



Figura 5. Fresa pulidora y la parte superior de la probeta bien preparada.

continuamente.

Aparte del curado del hormigón, otro factor que puede cambiar significativamente la resistencia en la probeta estándar es la preparación de la superficie superior al realizar el ensayo de compresión. De acuerdo con las normas Astm C 39 y NBR 5739, la probeta estándar debe tener las superficies reguladas por mezcla de azufre y puzolana preparada caliente u otra práctica recomendada y de mayor éxito que es el pulido de las superficies superiores e inferiores de la probeta con la ayuda de fresa con disco de diamante refrigerado por agua, como se muestra en la fig. 5. Superficies irregulares, el producto de una mala ejecución de la preparación de las superficies, causan concentraciones de carga y desviación inaceptable y perjudicial a los resultados del ensayo.

El uso de un aparato de neopreno para la distribución de cargas con dureza no compatible a la clase de hormigón o en malas condiciones, por el uso excesivo, perjudican el rendimiento del ensayo a la compresión, causando esfuerzos de tracción en la región de confinamiento de las partes superiores de las probetas junto con las placas de la prensa habiendo una disminución en la resistencia final.

Como se sabe, generalmente, la resistencia a la tracción del hormigón es menor que la resistencia a la compresión del orden de 10 por ciento y la reducción de la resistencia a la compresión por este fenómeno, puede ser aún más agravado.

En la fig. 6 se presenta la Tabla 1 de Astm C1231 que identifica la clase de dureza adecuada del neopreno versus la clase de resistencia del hormigón a ensayarse y recomienda el número máximo de reutilizaciones de tales tapones de neopreno. La fig. 7 muestra ejemplos de tapones utilizados en mal estado y la fig. 8 muestra la fractura longitudinal en la probeta con neopreno con dureza inferior a la recomendada o en mal estado.

Hay que tener en cuenta que la probeta mantiene el núcleo íntegro, resistente y que la ruptura se produjo sólo en la región periférica reduciendo así la de sección nominal. Sin embargo, también puede comprobar el efecto de la concentración de carga en la superficie inferior causado probablemente por el uso de aparatos de neopreno con dureza inadecuada o en mal estado, con el número de usos superior a lo recomendado, como se describió anteriormente, formando roturas de tipo F o G.

Se presenta en la figura 10 un ejemplo clásico de otro error de ejecución considerado aleatorio, la inexactitud en el momento de la colocación de

Fuerza de compresión 1 MPa [Psi]	Dureza	Certificado de calidad requerido	Cantidad de reuso
< 10 [1500]		No permitido	--
10 a 40 [1500 a 6000]	50	No	100
17 a 50 [2500 a 7000]	60	No	100
28 a 50 [4000 a 7000]	70	No	100
50 a 80 [7000 a 12000]	70	Requerido	50
> 80 [12000]		No permitido	--

1. Resistencia a la compresión del hormigón a la edad de la prueba, tal como se especifica en los documentos del contrato. Para las pruebas de aceptación, es la resistencia a la compresión especificada  $f_c$

Figura 6. Tabla 01 Astm 1231 - dureza recomendada a los aparatos de neopreno y el número máximo de reutilizaciones.



Figura 7. Ejemplos de tapones de neopreno en mal estado.



Figura 8. Probeta con fractura en la región periférica y el tipo de configuración de rotura de probeta F o G, lo que sugiere concentración de carga indebida.

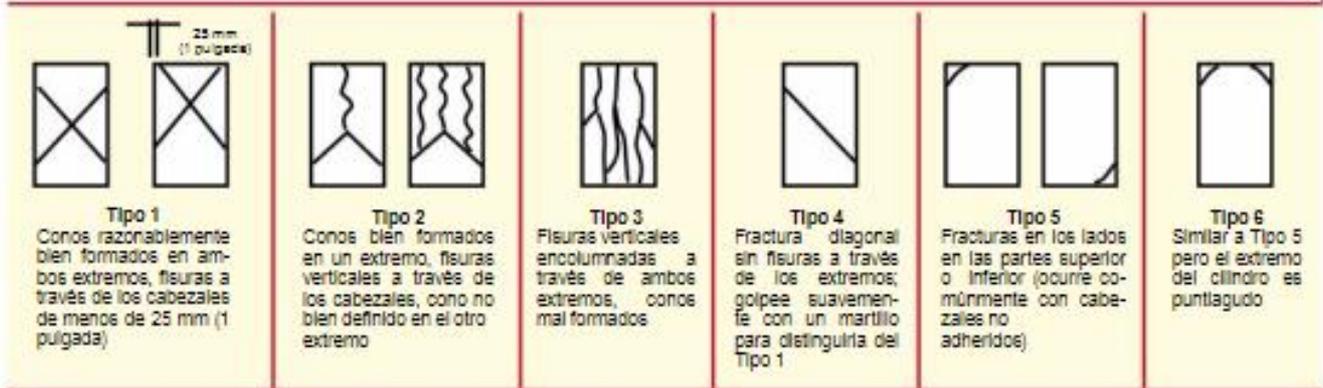


Figura 9. Clasificación de los tipos de rotura de probetas. Algunas normas clasifican con numerales, otras en orden alfabético.

la probeta en la máquina de ensayo. Es evidente, por la marca en la placa inferior de la máquina, la descentralización de la probeta al eje de distribución de carga a aplicar. Estos errores comunes de encontrar, traen graves daños a la resistencia a la compresión final del hormigón y que, por su naturaleza, son muy difíciles de cuantificar.

### Conclusiones

El hormigón en la construcción es uno de los principales elementos de la industria de la construcción con evidentes repercusiones en el aspecto de la seguridad de la estructura, sin embargo carece de una regulación adecuada y eficaz acorde con esta importancia, tanto con respecto a la identificación de las obligaciones y responsabilidades de cada uno de los intervinientes en el proceso, establecer responsabilidades y cubrir garantías para el control de la calidad de los mismos.

Por lo tanto, resulta necesario y de suma importancia contar con un instrumento legal que posibilite exigir y ejercer un riguroso control de las normas técnicas para los procedimientos constructivos y los materiales del hormigón, a fin de asegurar y garantizar la calidad de las estructuras de las obras públicas y privadas en todo el territorio de la República.

El hormigón debe ser dosificado, estudiado, producido y entregado en la obra con sus características potenciales de acuerdo con el diseño estructural y la solicitud o pedido realizado por el comprador que, generalmente, es una empresa de construcción.

Esta resistencia máxima potencial en la boca de la mezcladora sólo se logrará si todas las operaciones de control y de ensayo están en conformidad con las normas, y realizar los ensayos con prensas y equipos calibrados según normas técnicas internacionales y en buen estado de funcionamiento.

Pequeños o grandes errores sistemáticos y aleatorios sólo reducen la resistencia potencial



Figura 10. Ejemplo de error aleatorio: probeta descentrada en la máquina de ensayo.

**CASA MARCO**  
J. ROMAN S.A.  
TEMPLEX

58 Años

CRISTALES TEMPLADOS HERRAJES ACCESORIOS

**Además contamos con:**

**Gelo raso** **Carpintería de aluminio**

**DVH** **Perfiles, herrajes y accesorios**

**Ladrillos de vidrio**

TEMPLEX El primero y el mejor

RECIBIMOS USUARIOS facebook

6 Meses de Garantía

- **MAYORISTA:** Tel: (021) 506 104 Cap. Román García 1130 c/ Facudo Machain
- **SHOW ROOM:** Tel: (021) 506 104 R.J. 18 Ptiñuta 1193 y Juan Bautista Rivarola
- **SUC. MADAME LYNCH:** Tel: (021) 677 073 021 513 025 Madame Lynch 371 c/ Bertoni
- **SUC. LAMBARE:** Tel: (021) 925 124 / 021 3285 531 Avda. Cacique Lambare esq. Juan B. Rivarola
- **FABRICA CAPIATÁ:** Tel: (0228) 632 490 Ruta 2 Mcal. Estigambia Km 22.5
- **SUC KM 9:** Tel: (021) 509 740 - (021) 338 6384 Ruta Mcal. Estigambia. Fernando de la Mora

**ventas@casamarco.com.py**  
**www.casamarco.com.py**

y terminan causando un desgaste innecesario entre los involucrados (calculista, constructor, proveedor de hormigón, consultor). En algunos casos puede incluso conducir a los refuerzos estructurales costosos y complejos, absolutamente innecesarios, que retrasan la entrega de la obra y hasta perjudican indebidamente la imagen de una buena empresa.

No está de más recordar que las buenas prácticas de control son importantes pero no son suficientes para obtener una estructura segura y duradera. La producción de hormigón, control de sus materiales, las balanzas y los procedimientos de producción incluyendo el mantenimiento de los sinfines del globo de los camiones mixers, también determinan la calidad y la homogeneidad del hormigón.

El resultado final, por supuesto, va a depender mucho también del buen trabajo de ejecución de obra, del uso correcto de las buenas prácticas de construcción, dando al hormigón un correcto transporte hasta el lugar de su lanzamiento, compactación, el curado y el descimbramiento.

El complejo proceso de proyecto y producción de estructuras de hormigón se basa en un trabajo multidisciplinar del equipo y todo depende de la contribución armónica y competente de cada uno.

Entendimientos anteriores y frecuentes entre las partes y los equipos que participan en los procedimientos que se utilizarán en la producción, el control y la ejecución del hormigonado, siempre resultan en estructuras más seguras, económicas y ecológicamente correctas.

#### Bibliografía

- American Society for Testing and Materials - Astm. C-31: Standard Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Field. 2015.*
- \_\_\_ *C39: Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens. 2016.*
- \_\_\_ *C192: Standard Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Laboratory. 2016.*
- \_\_\_ *C1077: Standard Practice for Agencies Testing Concrete and Concrete Aggregates for Use in Construction and Criteria for Testing Agency Evaluation. 2016.*
- \_\_\_ *C1231: Standard Practice for Use of Unbonded Caps in Determination of Compressive Strength of Hardened Cylindrical Concrete Specimens. 2015.*
- Associação Brasileira de Normas Técnicas (Abnt). NBR NM 67 Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Rio de Janeiro, 1998.*
- \_\_\_ *NBR ISO 376 Materiais metálicos - Calibração de instrumentos de medição de força utilizados para a verificação de máquinas de ensaio uniaxiais. Rio de Janeiro, 2013.*
- \_\_\_ *NBR 5739 Concreto - Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos, Rio de Janeiro, 2007.*
- \_\_\_ *NBR ISO 7500-1 Materiais metálicos - Calibração e verificação de máquinas de ensaio estático uniaxial. Parte 1: Máquinas de ensaio de tração/ compressão - Calibração e verificação do sistema de medição da força. Rio de Janeiro, 2016.*