



Curado de
Probetas en Hormigón

LA IMPORTANCIA DE UN CORRECTO CURADO DE LAS PROBETAS DE HORMIGÓN.

Arturo Holmgren G.¹, Guillermo Cavieres C.², Rafael Cepeda C.³

¹Ingeniero Civil, Sub Gerente Red Técnica, Grupo Polpaico

²Ingeniero Civil, Jefe de Asesoría Técnica, Red Técnica, Grupo Polpaico

³Constructor Civil, Productos y Aplicaciones, Red Técnica, Grupo Polpaico

Pág. 511-520

RESUMEN

En este trabajo se analiza el efecto del curado de las probetas en la resistencia potencial del hormigón. Se dedica especial interés a la importancia del curado inicial en obra, procedimiento normalmente descuidado, comparando resultados según diferentes procedimientos y destacando deficiencias comunes de encontrar en terreno. Para el curado posterior en laboratorio, se compara las diferencias entre la norma chilena y la ASTM y su efecto en la resistencia, así como también los problemas que frecuentemente se presentan en las cámaras de curado. Se concluye que la mejor manera de asegurar que se logra desarrollar toda la potencialidad del hormigón y, además, disminuir la dispersión de los resultados, es mediante el curado por inmersión en agua saturada de cal, tanto en obra con las probetas recién moldeadas, como en laboratorio hasta la edad de ensayo.

1. INTRODUCCIÓN

La preocupación por el tratamiento que reciben las probetas es muy antigua. Ya en 1914 la National Association of Cement Users [1], la predecesora de la American Concrete Institute, fijó las bases de los actualmente aceptados procedimientos de ensayo a compresión y flexión. La primera versión de la norma ASTM C-31 sobre confección y curado de probetas en terreno fue publicada en 1920.

La razón de esta preocupación es simple: desde un principio se supo que eran muchos los factores, ajenos al hormigón mismo, que afectaban la resistencia que se pretende determinar. Entre estos factores están el tamaño y forma de las probetas, el tamaño máximo de los áridos, la consolidación de las probetas, el tipo de molde, el procedimiento de refrentado cuando corresponde, la temperatura y la humedad hasta el momento del ensayo (curado) y todas las variables que se agregan en el ensayo. Eso hizo imprescindible la estandarización de todo el procedimiento para poder contar con información confiable. El efecto que cada uno de estos factores tiene sobre la resistencia de las probetas siempre varía dependiendo de las circunstancias particulares.

En ese sentido hay que tener presente que con las probetas no se pretende representar la resistencia real de la estructura sino que la resistencia potencial del hormigón, es decir la resistencia máxima que es posible obtener. Ya se dijo que son muchos los factores que afectan esta resistencia potencial y lo importante es que casi todas afectan en forma negativa. Sin embargo, probablemente todos han visto en obra probetas de hormigón desprotegidas,

abandonadas, a veces deformadas, que se dejan secar al sol o congelar en invierno; ocasionalmente equipo pesado circula cerca y las somete a vibraciones que las daña. Sea cuales sean las condiciones, igual se ensayan en el laboratorio. Lo grave es que los resultados obtenidos pueden ser usados para tomar importantes decisiones.

En Chile, desde 1975 se cuenta con la norma NCh 1017[2]. Internacionalmente la norma más conocida al respecto es la ASTM C31[3]. Esta última norma está reconocida por el Código de Diseño de Hormigón Armado(4), que se basa en el ACI 318[5] y que desarrolló la Comisión de diseño estructural en hormigón armado y albañilería. En todos estos documentos lo importante es asegurar que el rango de temperatura de las probetas antes de desmoldar sea de 16 a 27 °C y que se debe evitar la pérdida de humedad del hormigón que compone a las probetas mientras permanecen en las obras.

Por otra parte, el curado posterior de las probetas mientras permanecen en el laboratorio hasta la edad de ensayo, también debe realizarse en un ambiente de alta humedad y con rangos de temperatura más estrechos.

2. CURADO INICIAL DE PROBETAS EN OBRA

Con el propósito de determinar la resistencia potencial del hormigón de una probeta, es fundamental que ésta sea curada en forma estandarizada y acorde a los procedimientos establecidos en la normativa pertinente [6].

También existe la posibilidad de curar las probetas en iguales condiciones ambientales que las del hormigón colocado en los elementos de la obra. Esta situación se contempla en la normativa y es útil para evaluar la resistencia real del hormigón del elemento y así determinar el momento de descimbre, puesta en servicio, u otros, pero no sirven para evaluar la calidad potencial del hormigón. Incluso, su utilidad está en poder determinar si el método de curado de los elementos de la obra está siendo el adecuado ya que, si el resultado de la resistencia de dichas probetas es inferior al 85% de aquellas curadas en forma normalizada y que permiten conocer la resistencia potencial, se deben adoptar medidas adicionales de curado en la obra. [4]

No curar adecuadamente en las primeras horas de vida del hormigón deriva en una disminución, no despreciable, de las resistencias que alcanzan las probetas a los 28 días de edad. A modo de información, la Figura N° 1 presenta una gráfica de los resultados de Schutz [7] que permite estimar la reducción en las resistencias a compresión a 28 días por el sólo hecho de que las probetas permanezcan en forma descuidada algunos días en terreno. Asimismo, investigaciones desarrolladas por Goeb [8] demuestran que la disminución de las resistencias es significativa, llegando a valores entre 12 a 17 % de reducción de la resistencia a compresión a 28 días por haber curado las probetas durante las primeras 24 horas en forma no normalizada.

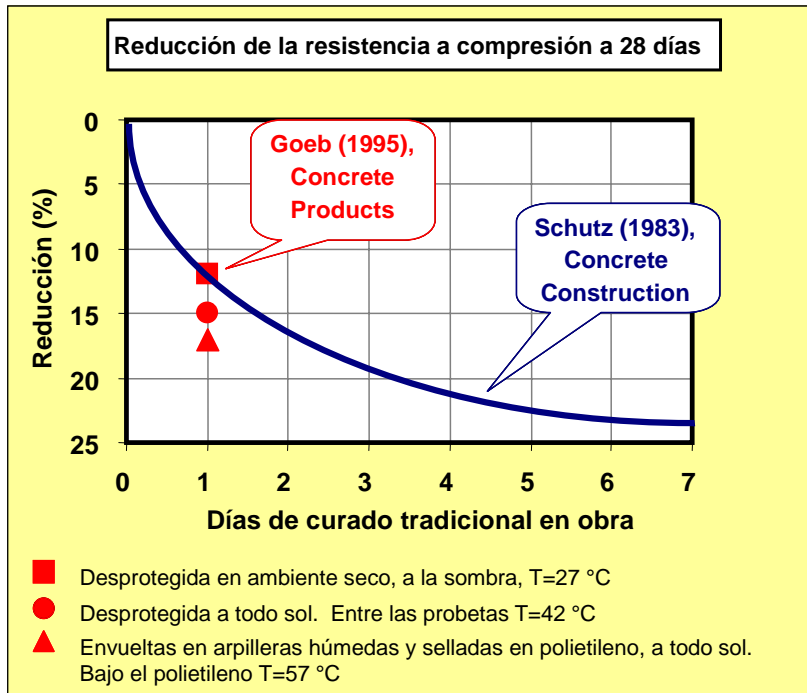


Figura 1. Reducción de resistencia a 28 días según días iniciales de curado inadecuado.

En Figura 2 se muestra los resultados alcanzados con materiales nacionales, al someter las probetas a diferentes tratamientos de curado inicial. Las condiciones iniciales del ambiente eran de 31,2 °C y de 59% de humedad relativa; después de 2,5 días en las condiciones que se muestran en Figura N° 2, las probetas se curaron en cámara húmeda (> 95% de HR y 22 °C) hasta la edad de ensayo.

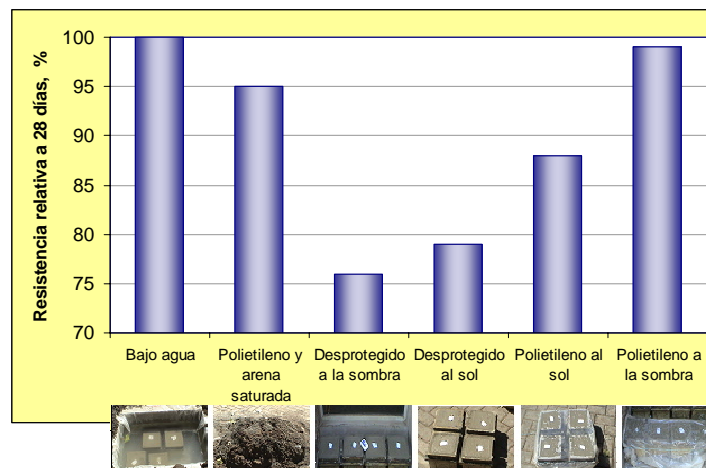


Figura 2. Reducción de la resistencia a 28 días según diferentes curados iniciales.

En general, los típicos métodos de curado en obra no cumplen las condiciones técnicas indicadas en las normas. Muchas veces se piensa que se está cumpliendo cabalmente la norma NCh 1017, lo que no es correcto y, de acuerdo a lo indicado anteriormente, las resistencias que se obtienen son muy inferiores a las potencialmente alcanzables.

A modo de ejemplo, en Figura 3 se muestran diferentes procedimientos incorrectos de curado usados en diversas obras



Figura 3. Curado inadecuado de probetas en obra

En época de invierno el tema puede llegar a ser aún más relevante. Tanto es así que se ha llegado a situaciones de deterioro de la resistencia en forma abrupta por congelamiento de la película de agua que se forma en la interfaz del hormigón en contacto con la superficie metálica interna de los moldes y de la superficie superior de la probeta expuesta a la intemperie [6]. En Figura 4 se muestra el deterioro de una probeta que sufrió, en un momento dado, el rigor de temperatura de -2 °C

Los daños a la resistencia por este tipo de situaciones, como se indicó, no es despreciable y por ello la norma ASTM C31 promueve sumergir inmediatamente las probetas bajo agua saturada de hidróxido de calcio (cal) e informa que puede ser el método más fácil para mantener las condiciones requeridas de curado inicial. Con 2 gramos de cal por litro de agua es

suficiente. Si al espolvorear la cal se produce decantación, implica que ya está saturada. De mismo modo, la NRMCA(9) (Nacional Ready Mix Concrete Association) indica que sumergir totalmente las probetas en agua es un procedimiento preferible, ya que garantiza resultados de resistencias más confiables, ver Figura 5.



Figura 4. Probeta que sufrió congelamiento.

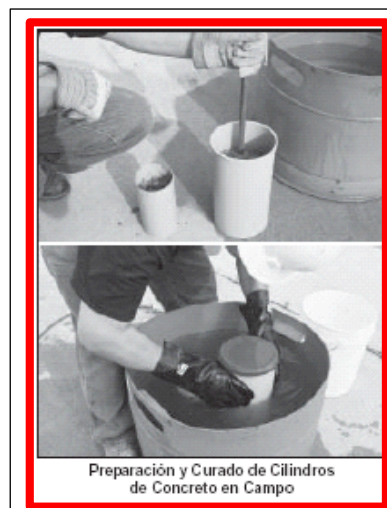


Figura 5. NRMCA. Inmersión inmediata de las probetas en agua

Este procedimiento de inmersión de las probetas recién moldeadas ya se está empleando en Chile, rompiendo paradigmas y obteniendo resultados significativamente superiores. En Figura N° 6, se muestra esta aplicación por un laboratorio de alto prestigio en una importante obra; el procedimiento implementado es más práctico que el recomendado por la NRMCA y que se mostró en Figura 5.



Figura 6. Curado inicial por inmersión de probetas en Chile

3. CURADO DE PROBETAS EN LABORATORIO

Tema adicional, pero tan importante como el anterior, es aquel relativo al curado posterior en el laboratorio. Nuestra norma NCh 1017 indica una temperatura media de 20 °C y humedad relativa mínima de 90%, siendo que la mayoría de las especificaciones de otros países indica una humedad de, al menos, 95% a una temperatura media superior (ASTM C31 indica 23° C ± 3). Esta diferencia implica que el aire del ambiente siguiendo a NCh 1017, contiene menos del 80% de agua que se tiene siguiendo normas internacionales como la ASTM C 511(10).

Con el propósito de dimensionar el efecto de lo anterior, aunque sea aproximadamente, es posible comparar los resultados de muestras que, luego del curado inicial en terreno, siguieron su curado en laboratorio con dos procedimientos: bajo agua a 20 °C y cámara a 95% de humedad relativa con una temperatura de 20 °C, ANEFHOP(11). Los resultados indican una disminución de 7% al curar en cámara respecto a hacerlo bajo agua. Si se disminuye la humedad relativa a un mínimo de 90%, como lo indica la norma NCh 1017, se debiera esperar mayor pérdida de resistencia. Quizás más relevante que la disminución de resistencia es el significativo aumento de la dispersión de los resultados al curar en cámara húmeda, alrededor de 40%, tal como se muestra en Figura 7.

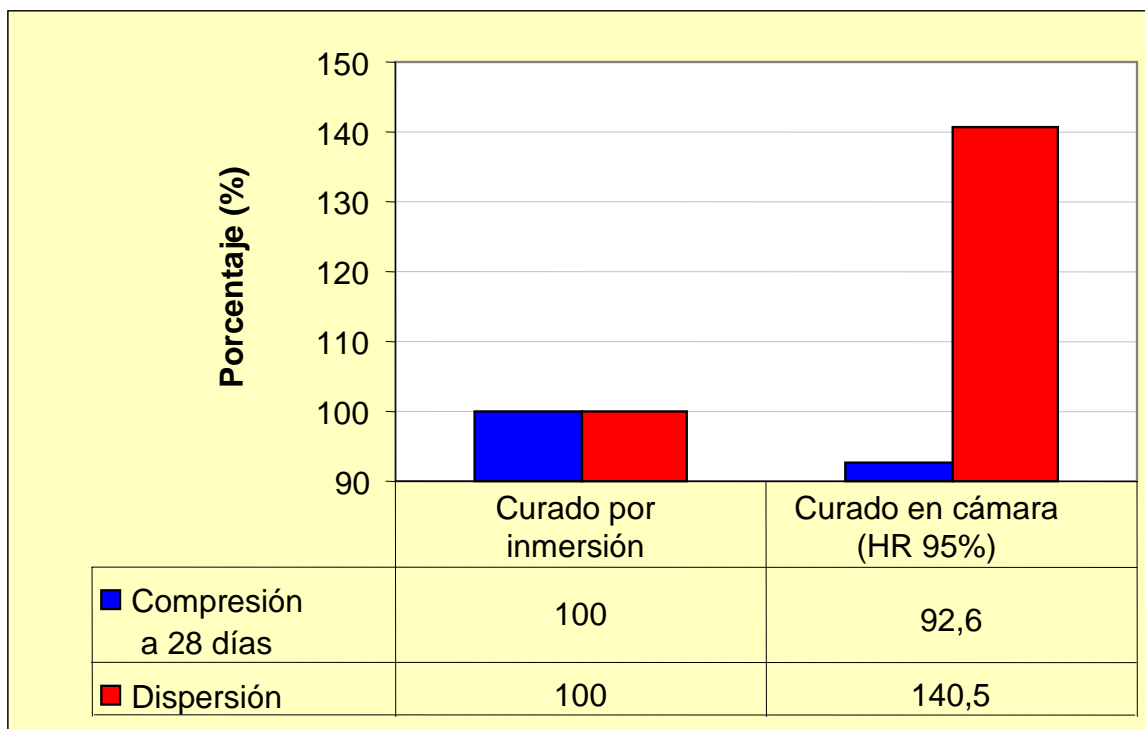


Figura 7. Resistencia y dispersión de probetas curadas en cámara y bajo agua.

A menos que se cuente con sistemas altamente automatizados no es fácil conseguir que permanentemente la cámara cumpla con los requisitos de humedad relativa. Muchas veces se usan sistemas de riego que funcionan manualmente en forma intermitente, lo que puede llevar a un desarrollo incompleto del proceso de hidratación del cemento y de la resistencia que, potencialmente, puede alcanzar el hormigón. La norma ASTM C 31 indica que para estimar si las probetas están siendo curadas adecuadamente, deben “sentirse” y “verse” todas sus superficies húmedas en forma permanente; sin embargo, es común que las probetas se coloquen pegadas entre sí, o en contacto con el suelo, con lo que no se logra asegurar que todas las caras de las probetas estén saturadas de agua; esto, además de afectar la resistencia, aumentará la dispersión de los resultados por heterogeneidad en el curado. En Figura N° 8 se muestran ejemplos de cámaras con probetas con diferencias de humedad superficial, otra con probetas prácticamente secas y otra que asegura saturación de todas las caras.



Figura 8. Cámaras de curado.

Las diferencias entre NCh 1017 y ASTM C 511 no son sólo de humedad relativa, sino que también de temperatura media de la cámara. La primera establece HR mínima de 90% a 20 °C (± 3 °C), ASTM C 511 especifica HR mínima de 95% a 23 °C (± 3 °C). Con lo anterior es factible estimar la cantidad de agua en el aire, Ossa(12). En Figura N° 9 se comparan ambas situaciones.

Se insiste en que lo que se pretende medir es la resistencia potencial del hormigón. Por tanto si no se puede tener un cámara húmeda que permita todo el desarrollo potencial del hormigón, es recomendable realizar el curado de probetas en piscinas (ver Figura 10).

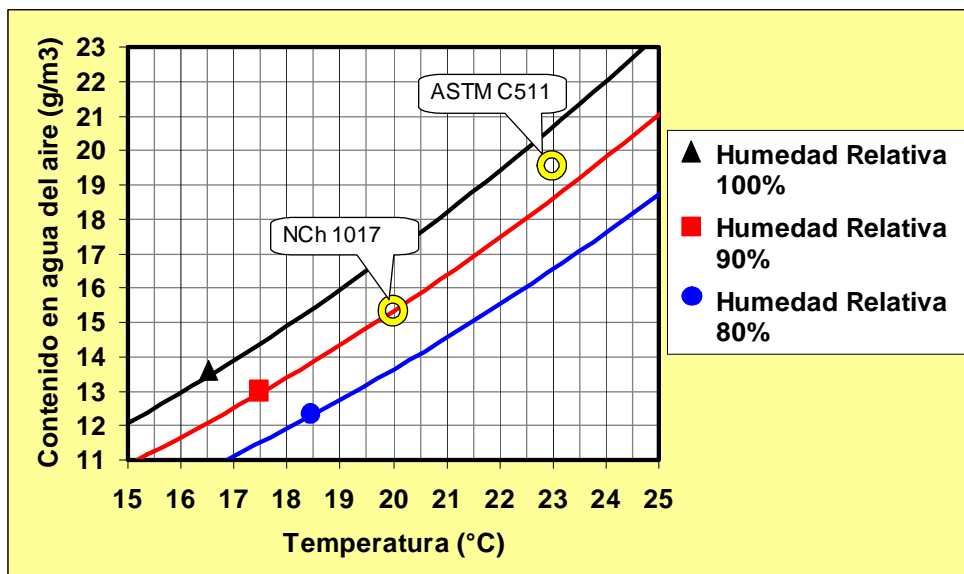


Figura 9. Condiciones ambientales exigidas por INN y ASTM.



Figura 10. Curado en piscinas en Laboratorio.

4. CONCLUSIONES

El curado del hormigón en sus primeras horas de vida son determinantes en el desarrollo de sus características resistentes, al menos desde el punto de vista mecánico.

Del mismo modo, el curado de las probetas de hormigón mientras están en los Laboratorios en espera de ser ensayadas, también es crucial para optar a contar con los resultados potenciales.

Las diferencias en los requisitos para cámaras húmedas que establece la norma chilena y la norma ASTM influye en los resultados.

El método más confiable es sumergir en agua saturada de cal las probetas recién moldeadas y continuar en laboratorio, en piscina, hasta el momento de su ensayo. De no ser factible el uso de piscinas en laboratorio, es imprescindible asegurar una permanente humectación completa y visible de todas las caras de las probetas. Esto se logra con sistemas automáticos de humectación.

5. REFERENCIAS

- [1] “Report of committee on specifications and methods of test for concrete materials”, Proceedings, National Association of Cement Users (ahora American Concrete Institute), Detroit, EEUU., Vol 19, 1914.
- [2] NCh 1017-1998 “Hormigón – Confección y curado en obra de probetas para ensayos de compresión y tracción”, INN, Santiago, Chile, 1998.
- [3] ASTM C31-2003, “Standard Practice for Making and Curing Concrete Test Specimen in the Field”. ASTM, EE.UU., 2003.
- [4] Comisión de Diseño Estructural en Hormigón Armado y Albañilería, “Código de diseño de hormigón Armado”, Cámara chilena de la Construcción e Instituto Chileno del Cemento y del Hormigón, 2003.
- [5] ACI 318-2002, “Building Code Requirements for Reinforced Concrete”, ACI, EE.UU, 2002
- [6] Holmgren A., “Aportes al Análisis de Resistencias Mecánicas”, Revistas de Ingeniería en Construcción, N° 18, P. Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile, 1998.
- [7] Schutz J. Raymond (1983), “... On Sampling, Testing and Making Concrete Test Specimens”, Technical Bulletin, Protex Industries, Inc., Concrete Construction, 1983.
- [8] Goeb O. Eugene (1995), “New Strength Test Research”, Concrete Products, 1995.
- [9] CIPes 34, “Preparación de los Cilindros de Concreto en Campo”, NRMCA National Ready Mix Concrete Association, EE.UU, 1998.
- [10] ASTM C511-2003, “Specification for moist cabinets, moist rooms, and water storage tanks used in the testing of hydraulic cements and concretes”. ASTM, EE.UU., 2003.
- [11] ANEFHOP, “Estudio de sensibilidad de los hormigones a las condiciones de curado en Andalucía”, Asociación Nacional Española de Fabricantes de Hormigón Preparado, España, 1991.
- [13] Ossa M., “Influencia de la Edad y del Tipo de Almacenamiento en los Cementos Chilenos”, Revista del IDIEM, N° 2, Vol. 13, Universidad de Chile, Santiago, Chile, 1974