

COMENTARIOS SOBRE LA NORMA CHILENA PARA TESTIGOS DE HORMIGÓN NCh1171.Of 2001

Por /By Arturo Holmgren Greve, Jessica Plummer Venegas

Resumen

En este trabajo se cita y comenta la importancia de algunos temas considerados en la norma chilena, tales como la decisión de extraer testigos, incluyendo los procesos de su obtención y preparación para los ensayos, hasta el análisis de los valores obtenidos. Adicionalmente, mediante la experiencia adquirida, se complementa con evidencias técnicas y se indican recomendaciones para tener presente en el momento de efectuar diagnósticos y conclusiones respecto a las diversas etapas involucradas.

Palabras clave: testigo, resistencia real, resistencia potencial, madurez, esbeltez.

Abstracts

In this paper states and comments the importance of some topics considers in the Chilean Standard of Concrete Cores such as the decision to drilled cores of concrete, including all the process to obtain, prepare and test cores to finally, evaluate the results. Additionally, thank to the gain experience, it complement with technical evidences and give recommendations to take into account at the moment to realize diagnostics and conclusions respect all the activities involve.

Keywords: cores, actual strength, potential strength, maturity, height/diameter ratio.

1. ANTECEDENTES GENERALES

Una de las razones por las cuales se hace necesaria la extracción y ensayo de testigos es que se tiene presente que existen situaciones que pueden permitir, eventualmente, que los resultados de las muestras de hormigón fresco no representen fidedignamente a su resistencia potencial (Holmgren, 1998)

Por este tipo de razones, la norma NCh1998, señala las siguientes recomendaciones antes de decidir la extracción de testigos:

- Comprobar la validez del ensayo de las muestras de hormigón fresco
- Identificar e inspeccionar visualmente la zona de la estructura de hormigón representada por la muestra, dejando constancia de los eventuales errores de colocación del hormigón
- Realizar ensayos por métodos no destructivos y, finalmente, si es necesario y corresponde,
- Extraer y ensayar testigos de hormigón endurecido

Otras situaciones también pueden hacer necesaria la extracción y evaluación de testigos, por ejemplo: evaluación de estructuras dañadas por sismos o incendios, nuevo destino de uso u otros.

Para el desarrollo de la norma se reunieron diversos antecedentes, fundamentalmente, la norma ASTM C 42 y Concrete Society Technical Report N°11. Es importante señalar que se mantiene presente la actual tendencia nacional de cálculo estructural en hormigón armado basada en el código ACI 318. Esto último obliga a adoptar sus consideraciones y factores relacionados con los testigos, con tal de asegurar que exista una congruencia y consecuencia técnica entre los criterios de cálculo estructural y la evaluación de la calidad del hormigón.

Otro aspecto relevante, y mencionado en la norma de testigos, es que para todo proyecto se hace necesario conocer y evaluar la resistencia potencial del hormigón mediante muestras de hormigón fresco, compactadas y curadas en forma normalizada, dado que es la base del cálculo estructural que ha considerado el

diseñador y, por ende, los testigos no deben eximir el control del hormigón fresco establecido en la normativa nacional vigente. Los testigos, sin corrección por madurez (condiciones de humedad y temperatura), densidad y otros, sólo permiten estimar la resistencia real del hormigón colocado en la estructura y no la potencial del hormigón antes de vaciarse en ella.

Asimismo, se establece que es esencial la realización de una adecuada y oportuna comunicación entre las partes comprometidas tanto técnica como contractualmente (propietario o mandante, proyectista estructural, constructor, proveedor de hormigón, laboratorio de control u otros) para decidir la base de los procesos de extracción, preparación e informe de los resultados de los ensayos de testigos. Es decir, se cumple con promocionar los acuerdos previos para evitar conflictos posteriores.

Por otra parte, se define mejor el concepto de “lote homogéneo de hormigón”, indicando que es aquel que tiene el mismo grado de resistencia, fracción defectuosa y tamaño máximo del árido grueso. Los autores opinan que se debe considerar, también, el mismo asentamiento de cono y condiciones de dosificación. Lo anterior está basado en los conceptos de ACI 301, que indica que un lote a ser evaluado sólo debe considerar probetas de hormigones que representen a un mismo diseño de dosificación.

2. PROCESO DE EXTRACCIÓN Y ENSAYO

Una vez que se evidencia la necesidad de extraer y ensayar testigos, se hace necesario establecer las condiciones para ello.

La norma chilena para testigos identifica una serie de aspectos que se deben verificar para dichos procesos, dentro de los cuales comentaremos aquellos que aparecen como los más relevantes.

Sin embargo, antes de entrar a comentar directamente algunos temas de la norma chilena, y aunque no se menciona en ella, se estima importante compartir un criterio que ayude a decidir las zonas de donde extraer testigos cuando no se cumple con

el requisito establecido para la media móvil de tres muestras consecutivas. Lo anterior obedece a que para el caso de incumplimiento de las muestras individuales existe un criterio claro y definido en NCh1998, pero no así para el de la media móvil de tres muestras consecutivas. Si reconocemos que cuando existe un promedio insuficiente de resistencias de tres muestras consecutivas, todas las amasadas en ellas involucradas, muestreadas o no, tienen un grado de incertidumbre en cuanto a su resistencia, entonces se sugiere identificar todas las zonas hormigonadas, incluyendo aquellas representadas por la primera y última muestra de las tres consideradas en dicha media móvil. De esta forma, se debería comenzar por auscultar aquella zona representada por la muestra más baja de las tres. De justificarse un análisis más detallado, se deberá incluir las siguientes zonas que estén representadas por las demás muestras hasta, en caso de estimarse imprescindible, continuar con aquellas no muestreadas. Estas últimas pueden ser estudiadas mediante ensayos no destructivos (esclerometría), con previa relación de resultados esclerometría/testigos de las zonas anteriores.

2.1. Condiciones para la Extracción

Con la finalidad de evitar el deterioro del testigo durante el proceso de extracción, preparación o ensayo, es necesario asegurar que el hormigón tenga una resistencia cúbica (20 cm x 20 cm) de, al menos, 10 MPa o bien una edad mínima de 14 días. Estas condiciones son importantes de respetar, puesto que cualquier daño que pueda afectar el resultado del testigo será difícil de identificar una vez realizado el ensayo.

La distancia entre testigos, y la de estos con los bordes, debe ser lo suficientemente holgada para evitar daño de la estructura y/o de los mismos. Esta distancia debe ser, como mínimo, dos veces el diámetro de los testigos.

Para aquellos testigos extraídos en forma horizontal, ellos deben ubicarse en el tercio central del elemento bajo análisis y a una distancia superior a los 30 cm de bordes y juntas de hormigonado.

Los testigos extraídos en forma vertical deben estar separados en más de 60 cm entre ellos, de los bordes y de las juntas de proyecto.

Ocasionalmente, por dificultades de extracción, no se considera lo anterior, siendo una situación común la extracción vertical en elementos como sobrecimientos, donde el proceso es muy simple, pero debilita al hormigón de su contorno, pudiendo producir fisuras en el mismo testigo o en el que se extraerá a continuación. Un esquema de lo indicado se presenta en la Figura N° 1. Para los casos como el señalado se debe considerar las actividades necesarias para permitir una extracción horizontal.

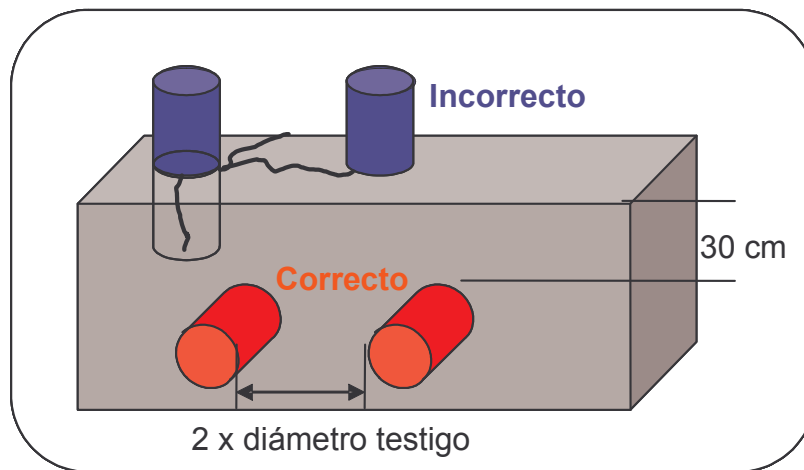


Figura N° 1. Esquema de extracción en elementos tipo sobrecimientos.

2.2. Extracción, Transporte al Laboratorio y Preparación de Testigos para Ensayos

Los procesos de extracción y transporte pueden producir daños, agrietamientos u otras alteraciones que impidan obtener un resultado fidedigno.

La norma establece la necesidad de la redacción de un informe en que conste, si existen o no, características visibles importantes del elemento del que se extrae el testigo (fisuras, porosidades, nidos de piedra), así como la ocurrencia o no de

anormalidades durante el proceso de extracción (cambios de posición, reposicionamientos, caídas de testigos, trabazón de la sonda y otros) y transporte (roturas de aristas o de la superficie por golpes u otros).

El marcado e identificación de cada testigo debe efectuarse de manera indeleble en su manto, de manera tal que se pueda identificar en cualquier momento.

Antes de iniciar la preparación del testigo para su ensayo, se ha de realizar una inspección visual para verificar la existencia de fisuras, grietas, nidos de piedra, inclusión de elementos ajenos al hormigón u otros (se recomienda el uso de croquis y/o fotografías).

Este tipo de anomalías puede desvirtuar totalmente los resultados que se obtengan. Un caso de esta naturaleza fue difundido por Rojas (Rojas, 1994), y se encuentra representado en la Figura 2. Algunas muestras oficiales del proveedor indicaron resultados insuficientes para un hormigón H35. La empresa constructora pidió la extracción de testigos en una viga al laboratorio de confianza del calculista, obteniéndose resultados muy por debajo de las exigencias (13,5 MPa, en promedio). Con lo anterior el calculista determinó detener la obra.

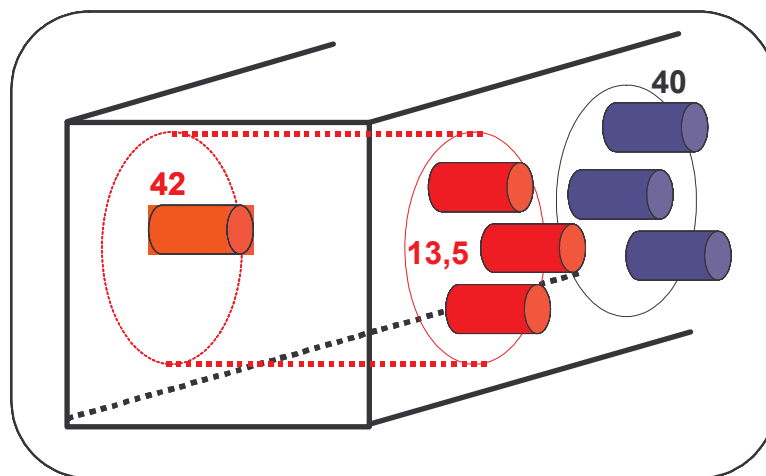


Figura N° 2. Ubicación esquemática de los testigos extraídos en la viga bajo análisis.

Sin embargo, en paralelo, el proveedor había sido autorizado para extraer testigos adyacentes a los anteriores, cuyos resultados fueron, en promedio, de 40 MPa. Estos últimos resultados indujeron a la empresa constructora a solicitar al primer laboratorio la extracción de un nuevo testigo, exactamente en la zona opuesta a la extracción inicial, pero bajo una supervisión estricta de profesionales de la constructora.

El resultado, 42 MPa, avaló a los obtenidos por el laboratorio contratado por el proveedor e indica que alguna anomalía, en alguna parte del proceso, fue la responsable de esta situación.

2.3. Ensayo de Densidad

Dada la importancia de estimar la densidad del hormigón, puesto que tiene directa relación con la resistencia mecánica, la norma establece que su ensayo debe efectuarse inmediatamente después de rectificadas o cortadas las caras del testigo. Además, para el cálculo de la densidad, debe tenerse presente la corrección por la posible presencia de elementos extraños al hormigón (fierros, tubos u otros).

La magnitud de la disminución de resistencia por efecto de no lograr una total compactación y, por ende, la máxima densidad, se puede observar en la información de Neville (1989), quien estima que una disminución de un 5% en la densidad provoca una pérdida de un 30% en la resistencia a 28 días del hormigón y una disminución de un 2% en la densidad deriva en una pérdida de, al menos, un 10% en la resistencia referida.

Por lo tanto, es muy importante considerar este efecto en la resistencia de testigos extraídos para cuando se desea evaluar la resistencia potencial del hormigón elaborado pues, normalmente, la compactación que se efectúa en los elementos de una estructura puede ser muy distinta de aquella que se realiza a una probeta de hormigón confeccionada en forma estandarizada.

Por ello, en Concrete Society Technical Report N°11, se indica que, para evaluar la resistencia potencial de un hormigón, la resistencia real que resulta de los testigos

debe ser corregida por el exceso de poros que ellos puedan presentar respecto a la del hormigón compactado y medido en forma estandarizada. La representación gráfica de este criterio está en la Figura 3 (incluída en NCh1171/2).

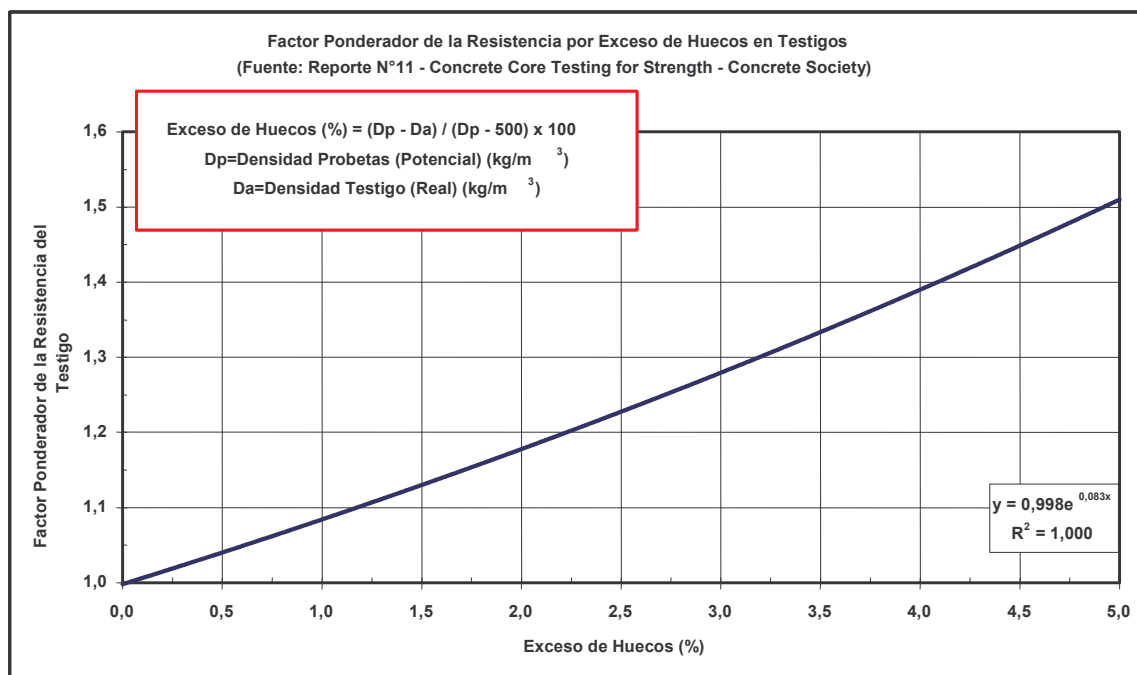


Figura N° 3. Factor ponderador de la resistencia por exceso de huecos en testigos.(Fuente: Report N°11 - Concrete Core Testing for Strength - Concrete Society).

2.4. Preparación para el Ensayo de Resistencia

- **Presencia de armaduras, tubos u otros**

En general, elementos como armaduras, tubos, bolones desplazadores u otros, deben evitarse, ya sea en el momento de la extracción o en el de la preparación para el ensayo mediante aserrado de las caras, resguardando mantener la esbeltez requerida. De no ser posible, un especialista en este tema debe evaluar si se ensaya o no. Si se detectan una vez ensayado, se debe dejar

constancia de ello en el informe del laboratorio. Lo que no se permite bajo ningún punto de vista es la existencia de armadura en posición paralela, o inclinada, a la dirección de la carga.

La presencia de armaduras en los testigos puede provocar importantes desvíos de su resistencia. Existen estudios que atienden esta situación y entregan antecedentes que permiten efectuar una evaluación del efecto. A modo de ejemplo, se adjunta en la Figura 4 el criterio de Concrete Society Technical Report N°11.

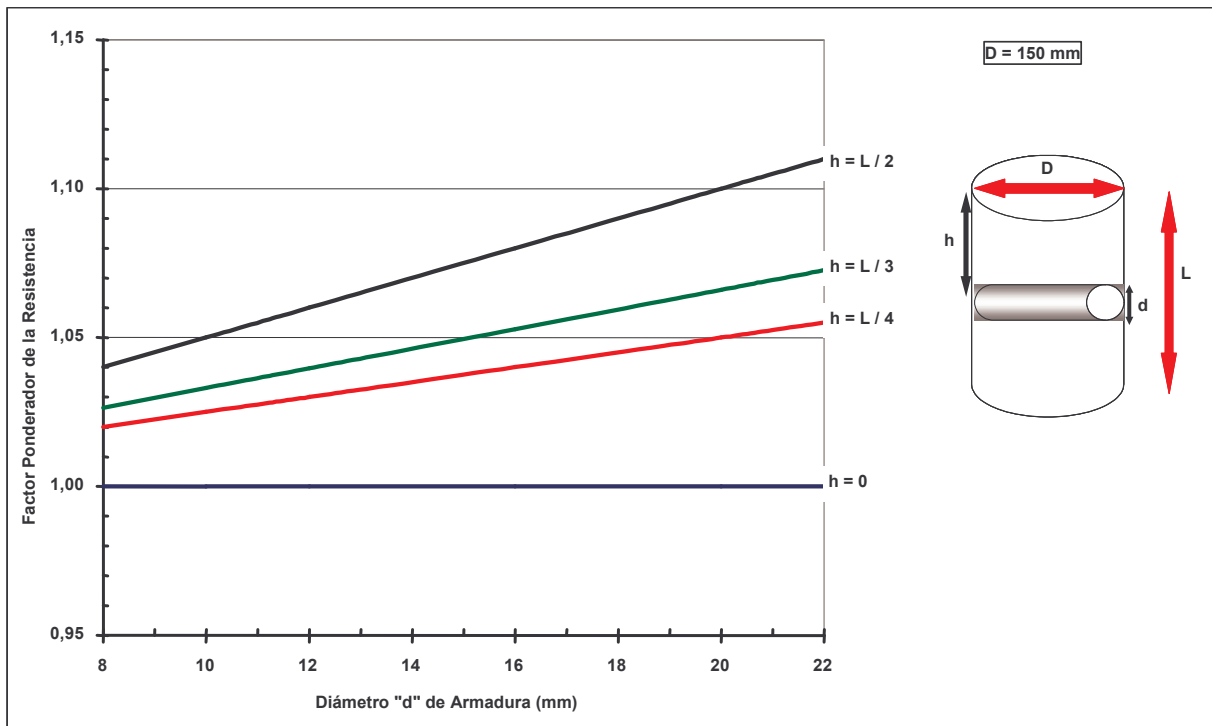


Figura N° 4. Gráfico que permite ponderar la resistencia de un testigo que contiene armadura.

Una evaluación por un especialista debe ser considerada en la determinación de ensayar, o no, un testigo con presencia de armaduras, como también el análisis de sus resultados, puesto que la información actual no permite entregar herramientas o recomendaciones categóricas al respecto.

• **Corte de extremos y posterior refrentado o rectificado**

Previo a cualquier ensayo, al testigo se le debe cortar los dos extremos con sierra disco de banco, eliminando la posibilidad de utilizar equipos manuales con discos abrasivos. Con ello se evita la incertidumbre de si la verificación de planeidad es efectuada en forma correcta, sobretodo si la exigencia de resaltes de 1 mm es bastante complicada e incierta para los normales procedimientos y recursos de la mayoría de los laboratorios.

En Concrete Society Technical Report N°11, cuando se desea estimar la resistencia potencial del hormigón, se indica eliminar 50 mm de cada extremo del testigo para asegurar que el ensayo se realice hormigón representativo de su calidad potencial y no involucre defectos provenientes de la compactación y/o curado efectuado en obra, teniendo presente los requerimientos de esbeltez para el ensayo.

Existen disposiciones normalizadas respecto de la calidad del refrentado que se debe utilizar para lograr una superficie adecuada en los extremos de los testigos de hormigón. Sin embargo, a veces, dichas disposiciones no son siempre consideradas en el momento en que se debe efectuar dicha labor. Se ha podido observar cilindros y testigos refrentados tan sólo en una cabeza, o bien con espesores más allá de lo adecuado. Cabe recordar que mientras menor sea el espesor, mejor será el traspaso de tensiones hacia el hormigón desde el refrentado mismo.

Esta situación se torna crítica cuando ha de ensayarse hormigones de resistencias elevadas.

Por ejemplo, en una obra de minería, en que se suministraba hormigón de alta resistencia, el control, por parte del mandante se efectuaba con probetas cilíndricas, lo que obligaba al respectivo refrentado de sus cabezas previo al ensayo. En cambio, el control realizado por el proveedor, consideraba probetas cúbicas de 15 cm x 15 cm, es decir, sin necesidad de emparejar sus caras con materiales ajenos al hormigón mismo.

Dado que se contó con información que evidenciaba serios problemas de curado para ambos controles y que los resultados del mandante tenía resistencias muy inferiores a las del proveedor, se extrajeron testigos. Los testigos extraídos y ensayados por el laboratorio del mandante mostraron resistencias insuficientes. Frente a ello, el proveedor solicitó extraer nuevos testigos, pero esta vez con el laboratorio que le prestaba los servicios a él, lo cual fue aceptado. Sin embargo, a pesar que el costo fue mucho mayor, se determinó que estos nuevos testigos fueran sometidos a rectificación de sus caras, evitando así una duda como lo era la calidad resistente del refrentado. Los resultados fueron satisfactorios, por lo que la situación contractual y técnica fue superada.

Al analizar las presiones promedio a las cuales fue sometido el material de refrentado en los ensayos de compresión realizados por el laboratorio del mandante, se pudo concluir que en el caso de los cilindros moldeados fue de 58,5 MPa y en el de los testigos 59,1 MPa. Esto permite pensar que la insuficiente resistencia a compresión del refrentado fue determinante para impedir llegar a la resistencia potencial del hormigón. Sin embargo, fue imposible obtener muestras del material de refrentado utilizado como para haber efectuado pruebas concluyentes al respecto.

Nuestra norma especifica la obligación de aplicar rectificado mecánico a las caras, y no refrentado, cuando el grado de resistencia del hormigón sea igual o superior a H45. Con esto se evitan los problemas mencionados.

Es importante destacar que es recomendable ensayar los testigos, de una misma zona, con esbelteces lo más parecidas entre sí, teniendo en cuenta que deben estar en el rango indicado por la norma (esbeltez entre 1 y 2, siendo preferible 2). De esta forma se evita el aumento de la dispersión del lote por la propia dispersión que tienen siempre los factores de conversión, dado que éstos siempre son representativos sólo de promedios empíricos.

2.5. Determinación de la Resistencia Mecánica

Para efectos de determinar la resistencia mecánica del hormigón a la edad de ensayo, los testigos se deben conservar en condiciones lo más parecidas al ambiente que rodea a la estructura.

Si el hormigón de la estructura va a estar seco al ambiente, u ocasionalmente en contacto con agua en las condiciones de servicio, los testigos se deben mantener en el ambiente natural del laboratorio durante 7 días antes del ensayo, debiéndose ensayar en dicha condición (se establece la posibilidad de reducir el plazo de 7 días bajo previa autorización del proyectista o especificador). En cambio, si el hormigón del elemento estructural va a estar permanentemente sumergido en agua, los testigos se deben sumergir durante 40 horas y ensayarse húmedos.

La expresión de los resultados en cilindros normalizados de 15 cm de diámetro y 30 cm de altura, se efectúa mediante la multiplicación de la resistencia del testigo por un factor corrector de esbeltez, el cual considera todas las correcciones geométricas necesarias. Dicho factor se establece en la norma y depende del cociente entre la altura y diámetro del testigo a ensayar y sus valores son:

Esbeltez (altura de ensayo/diámetro)	Factor de corrección
2,00	1,00
1,75	0,98
1,50	0,96
1,25	0,93
1,00	0,87

Una vez ensayados, los testigos deben permanecer en el laboratorio por un plazo no inferior a 30 días, con el propósito de poder ser inspeccionados por los involucrados.

3. EVALUACIÓN DE RESULTADOS DE RESISTENCIA MECÁNICA

Uno de los primeros conceptos que se ha de tener presente en el análisis de las resistencias de los hormigones, y que recoge la norma chilena para testigos, es que existe la resistencia real y, por otro lado, la potencial. La resistencia real es aquella que tiene el hormigón colocado, compactado y curado bajo las condiciones reales. Mientras que la resistencia potencial es aquella que tiene el hormigón bajo los mismos procedimientos ya mencionados, pero que han sido efectuados en forma normalizada. La primera es necesaria y útil para conocer las características resistentes del hormigón en el momento de la extracción de los testigos y así determinar: posibles nuevos usos de la estructura o evaluar la magnitud de daños ocasionados por sismos, incendios u otros, en cambio, la segunda permite estimar las potenciales características resistentes del hormigón. En este sentido es importante reiterar que la resistencia obtenida por testigos es la real del hormigón desde donde se extrajeron, por lo que para estimar la potencial del mismo se ha de aplicar factores de corrección como, por ejemplo, el que considera el exceso de poros. No es posible mencionar dogmas de relaciones entre resistencia real y potencial, lo cual debe ser analizado, caso a caso, por un especialista en el tema (los autores recomiendan estudiar los antecedentes entregados en Concrete Society Technical Report N°11).

Si bien es cierto que la resistencia a la compresión es una de las principales características del hormigón, también existen otras mediciones, como lo es la resistencia al hendidamiento. Dicho ensayo ha sido relevante en el último tiempo en nuestro país debido a su supuesta buena correlación con la de flexotracción. Esta última es fundamental para el caso de los pavimentos y para efectos de evaluarla se requiere una vigueta de 15 cm x 15 cm x 60 cm cuya confección, curado, traslado, preparación y ensayo requieren un exhaustivo cuidado para disminuir su extremada

sensibilidad a entregar resultados erráticos. Por ello es que en Chile se ha promocionado el uso del ensayo de hendimiento para estimar la de flexotracción, pensando en que existe una correlación aceptable entre ambos. Sin embargo, no existen informaciones o análisis, que permitan contar con relaciones válidas al respecto. Este tema técnico es materia suficiente para otro artículo, por ello es que la norma de testigos ha estimado necesario manifestar que "... la actual información disponible no permite recomendar un método para convertir resultados de resistencia a hendimiento o compresión de testigos a resistencias a flexotracción" (NCh1171).

Por las razones antes expuestas es que el análisis efectuado en este artículo sólo se ha concentrado en el ensayo a compresión.

3.1. Evaluación

La decisión de extracción y evaluación de testigos, para aquellos casos en que se produce un incumplimiento de las especificaciones de la norma NCh1998 por parte de las muestras de hormigón fresco, debe tener presente que la aceptación o rechazo del hormigón de la zona bajo análisis se efectúa por los resultados que entreguen los testigos. De tal manera que el valor de la muestra moldeada, que provocó la necesidad de extraer testigos, no debe seguir siendo considerado en la aplicación de los criterios de evaluación de NCh1998, ni menos ser reemplazado por lo obtenido en los testigos, ya que un lote sometido a evaluación estadística no debe incluir resultados de resistencia potencial y real.

Del mismo modo, cuando las especificaciones de un proyecto establece que la recepción del hormigón será efectuada mediante los resultados de testigos, ellas deberán establecer la metodología de evaluación, la que deberá considerar que la resistencia de testigos corresponde a resistencias reales, no potenciales, lo que conlleva a una mayor dispersión de sus resultados y, por ende, requerimiento de una dosificación de cemento superior a la que realmente se necesita desde el punto de vista estructural.

3.2. Corrección por edad

La acción de corregir por edad los resultados de los testigos ensayados a compresión, está basada en el conocimiento que se tiene sobre la evolución de la resistencia del cemento la cual, mientras exista humedad, se desarrollará durante meses, incluso años.

Lo anterior se evidencia con mayor facilidad en los cementos que incluyen puzolanas, los cuales han demostrado evoluciones muy por encima de lo que pueden mostrar aquellos que no la tienen, o con poca cantidad, tal como se observa en la Figura 5 (Bobadilla, 1990).

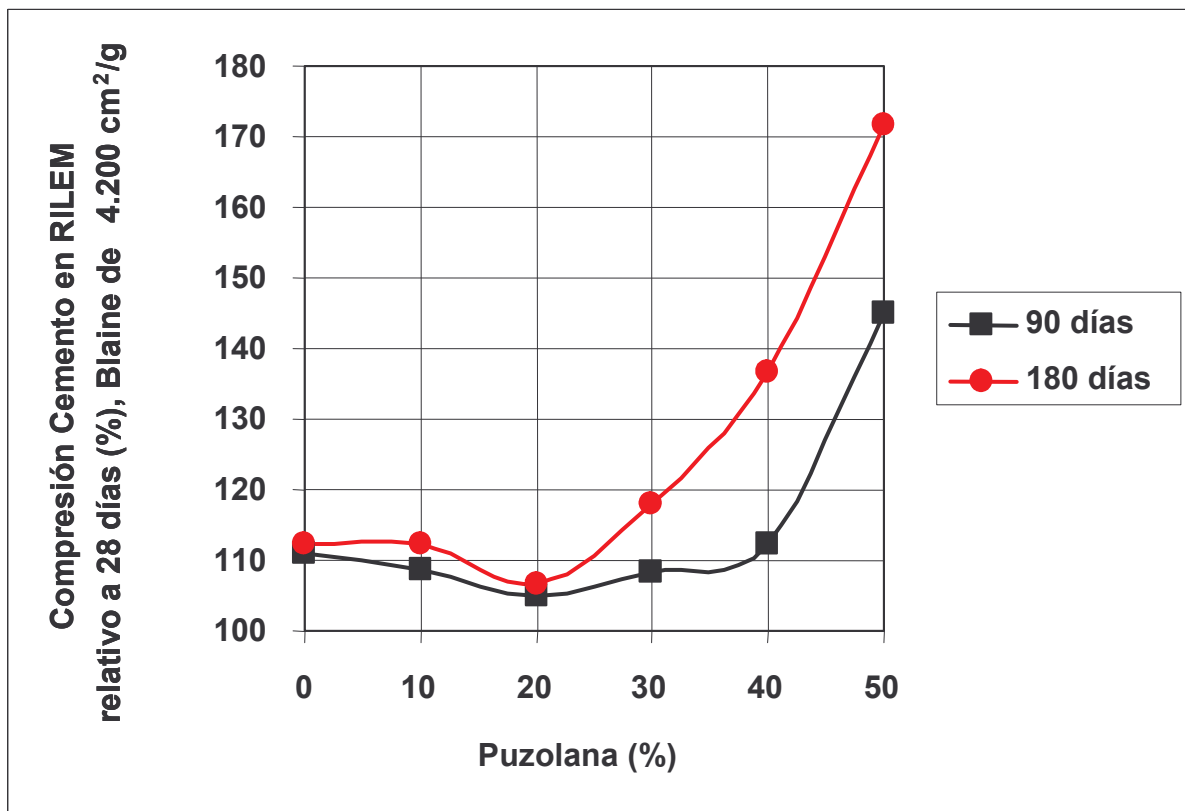


Figura N° 5. Compresión de cementos con puzolana natural a edades de 90 y 180 días,

Así también existen situaciones en las cuales el desarrollo de resistencia del hormigón, después de los 28 días, se evidencia en forma importante. Tal es el caso de los hormigones bajo condiciones de permanente humedad, o los ubicados en el interior de grandes masas (muros de contención de represas o en las fundaciones de importantes dimensiones). Los resultados de testigos extraídos en ellos podrían mostrar un desarrollo de resistencia luego de los 28 días de edad.

Un aspecto fundamental en este comportamiento se relaciona con el curado, sin el cual todo hormigón detiene la rapidez con la cual desarrolla su resistencia, impidiendo alcanzar todo su potencial a través del tiempo.

Existen relaciones empíricas de laboratorio muy útiles que entregan información relativa al desarrollo de resistencia a través del tiempo, pero que para ser aplicadas a las distintas situaciones requieren un análisis previo y ciertos conocimientos de esta tecnología. Esto último se menciona dado que, evaluaciones efectuadas en hormigones bajo condiciones de laboratorio, con determinados materiales componentes, no permiten dictar leyes cuantitativas respecto del desarrollo de resistencias de otros hormigones en condiciones de obra, con otros insumos y distintas situaciones ambientales. Una de estas aplicaciones es la de emplear, sin mayores análisis, factores de conversión a los resultados de testigos que se han obtenido a edades superiores para estimar la de 28 días, ya sea utilizando la curva de Ross, Hummel u otro (Rios y Collao, 1986). Lamentablemente, estas relaciones están basadas en condiciones muy distintas a las que se encuentran en las obras normales (niveles de compactación, tipo y tiempo de curado, volumen de material involucrado y otros), más aún, consideran el desarrollo de cementos que no son similares a los utilizados en nuestro país y que, por lo tanto, tienen distintas curvas de desarrollo de resistencias a través del tiempo. Pero, lo más grave aún, es considerar que la madurez y estado de humedad es igual en las obras que en las cámaras húmedas o piscinas de un laboratorio.

El hormigón desarrolla su resistencia basado en la hidratación del cemento, la cual está directamente relacionada con las condiciones ambientales que le rodean. Por tanto, no es factible asumir que el desarrollo de resistencia del hormigón colocado

en un elemento estructural es igual a lo que se observa en probetas curadas en condiciones normalizadas. De hecho, el que se considere curar probetas en condiciones de terreno (llamadas muestras especiales) para comparar con los resultados de aquellas estandarizadas, avala que no debe esperarse que resulte lo mismo en una condición que en la otra.

Aparte de que las normas no consideran correcciones de edad para efectos de evaluar los resultados de los testigos, a no ser que existan evidencias claras de alguna situación anormal, existen evidencias experimentales que indican la inconveniencia de asumir factores correctores sin conocer si existen antecedentes técnicos que permitan realizarlas.

La Concrete Society Technical Report N°11, sólo reconoce evolución de resistencia posterior a los 28 días cuando las condiciones de curado del elemento hormigonado impiden cualquier tipo de pérdida de humedad o cuando los testigos son extraídos desde el centro de elementos masivos, dependiendo de la profundidad de la extracción.

En las Figuras 6 (a) y 6 (b) siguientes se ha graficado, cronológicamente, los resultados obtenidos por un laboratorio por parte del mandante (45 testigos) y el laboratorio contratado por el respectivo proveedor (42 testigos) de una misma obra nacional. En ambos gráficos se observa un nulo aumento de la resistencia, por lo menos a partir de los 28 días de edad. Este tipo de situación también está mencionado en Neville (1989).

Figura N° 6 (a). Resultados de testigos con edades superiores a 28 días, extraídos y ensayados por el laboratorio del mandante.

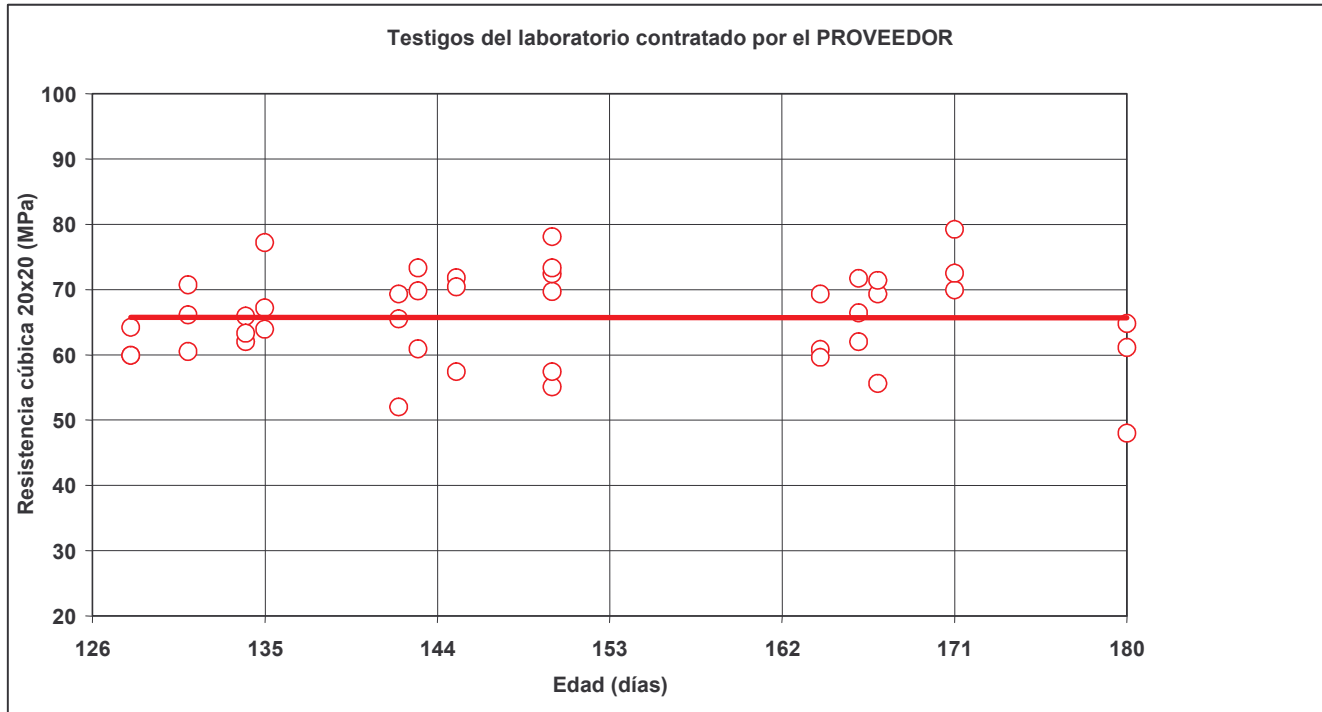


Figura N° 6 (b). Resultados de testigos con edades superiores a 28 días, extraídos y ensayados por el laboratorio del proveedor.

Por lo tanto, esto debe ser considerado en los análisis de quienes efectúan diagnósticos respecto a este tema, quienes no deberían considerar como un dogma la aplicación de correcciones, sino que sólo efectuarlas cuando existan fundamentos y antecedentes técnicos para hacerlo.

Finalmente, tal como se dijo anteriormente, los resultados obtenidos por los testigos se expresan en probetas cilíndricas de 15 cm de diámetro y 30 cm de altura. Posteriormente, el promedio y cada resultado individual se compara con la resistencia especificada, expresada en la probeta cilíndrica mencionada, y ponderadas por 0,85 y 0,75, respectivamente. Es decir, se debe cumplir, simultáneamente:

Promedio testigos $> 0,85 \times$ Resistencia especificada (expresada en cilindro)

Testigo individual $> 0,75 \times$ Resistencia especificada (expresada en cilindro)

Las constantes de evaluación (0,85 y 0,75) fueron adoptadas por la norma chilena considerando que son las establecidas en el código ACI 318. Dichas constantes son las que permiten la comparación en forma directa, ya que consideran todo lo relacionado con el proceso de extracción, diferencias de tamaño de probetas, curado diferente y el hecho que los testigos se extraen a edades superiores a la considerada en la especificación de la resistencia. De esta forma se puede comparar la resistencia real del hormigón representado en los testigos con aquella especificada para el proyecto por el calculista estructural.

Cuando se desee comparar la resistencia del hormigón elaborado (potencial) con la especificada, se requiere aplicar, por parte de un especialista, factores de corrección por: densidad, madurez, presencia de elementos extraños al hormigón, contaminaciones con agentes desmoldantes y materiales de curado y otros. Para ello se recomienda revisar los antecedentes aportados por Concrete Society Technical Report N°11.

4. CONCLUSIONES

La norma chilena para testigos es un documento con criterios e información técnica que permiten afirmar que se trata de una norma completa y que, a su vez, da a conocer antecedentes que evitan seguir adoptando como dogmas algunas consideraciones históricas en nuestro país.

Es altamente recomendable una etapa previa de evaluación inicial que defina la real necesidad de extracción de testigos, los criterios de preparación, ensayo y posterior evaluación de sus resultados.

Existen varios aspectos que deben ser analizados por especialistas, o técnicos experimentados en la materia, sobretodo tomando en cuenta que la decisión de contar con resultados de testigos, generalmente, proviene de situaciones conflictivas y/o con una connotación técnica y/o contractual de alta relevancia para cada una de las partes involucradas.

Entre las normas y métodos relativos a testigos, la norma chilena contiene aspectos que la hacen una de las que entrega una mayor cantidad de herramientas y conceptos y, por ende, la convierten en una verdadera herramienta útil para las conclusiones que deban efectuarse sobre los resultados que se obtengan de testigos de hormigón.

5. REFERENCIAS

- AMERICAN CONCRETE INSTITUTE (1989), ACI301 “Specifications for Structural Concrete for Buildings”.
- AMERICAN CONCRETE INSTITUTE (1999), ACI318 “Building Code Requirements for Reinforced Concrete”.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING Y MATERIALS (1999), ASTM C42 “Obtaining and Testing Drilled Cores and Sawed Beams of Concrete”.
- BOBADILLA, M. (1990), “Caracterización de una puzolana y optimización de su uso en cementos”, IDIEM, Santiago - Chile.
- CONCRETE SOCIETY TECHNICAL (1976), REPORT N° 11 “Concrete Core Testing for Strength”, Report of a Concrete Society Working Party, Inglaterra.
- HOLMGREN A. (1998), “Aportes al Análisis de Resistencias Mecánicas”, Revista de Ingeniería en Construcción, N° 18, P. Universidad Católica de Chile, Santiago – Chile.
- NEVILLE, A.M. (1989), “Tecnología del Concreto”, Editorial Limusa S.A. de C.I., México.
- NORMA CHILENA (1998), NCh1998 “Hormigón - Evaluación estadística de la resistencia mecánica”, INN, Santiago - Chile.
- NORMA CHILENA (2001), NCh1171/1 “Hormigón - Testigos de hormigón endurecido - Parte 1: Extracción y ensayo”, INN, Santiago - Chile.
- NORMA CHILENA (2001), NCh1171/2 “Hormigón - Testigos de hormigón endurecido - Parte 2: Evaluación de resultados de resistencia mecánica”, INN, Santiago-Chile.
- RIOS, C. Y COLLAO, N. (1986), “Algunas discusiones acerca del ensayo de compresión de Testigos de Hormigón Endurecido”, VI Jornadas Chilenas del Hormigón, Valparaíso.

ROJAS, S. (1994), "El Control Técnico de Calidad, su Organización y Responsabilidades", Boletín de Información Tecnológica, Santiago - Chile.

Arturo Holmgren Greve

Ingeniero Civil, Sub Gerente de RedTécnica,

Cementos Polpaico S.A.

Santiago, Chile

Civil Engineer , RedTécnica Sub Manager ,

Cementos Polpaico S.A.

Santiago, Chile

arturo.holmgren@polpaico.cl

Jessica Plummer Venegas

Constructor Civil, Asesor Técnico de RedTécnica,

Cementos Polpaico S.A.

Concepción, Chile

Civil Constructor , RedTécnica Technical Consultant,

Cementos Polpaico S.A.

Concepción, Chile

jessica.plummer@polpaico.cl