

# ¿ES CONFIABLE EL HORMIGÓN *IN SITU*?

Sorprendente realidad del estudio llevado a cabo sobre el hormigón realizado en obra



▲ Hormigón en obra

**Ms. Ing. Maximiliano Segerer**

Control y Desarrollo de Hormigones

[www.cdormigones.com.ar](http://www.cdormigones.com.ar)

Puede resultar extraña la publicación de un artículo referido al hormigón hecho en obra en una revista dedicada íntegramente al hormigón elaborado, pero consideramos relevante transmitirles la síntesis de estudios realizados en la provincia de Mendoza durante los últimos 9 meses. En particular, se tomaron más de 170 muestras de 37 obras en el Gran Mendoza, moldeando probetas y tomando asentamientos y temperaturas, tanto de hormigón *in situ* como de hormigón elaborado. Si bien existen varios trabajos de los

graves inconvenientes que apareja el hormigón *in situ* y su variabilidad, no suele disponerse de resultados reales y relevamientos de obras construidas en los últimos años. Muchos artículos se basan en ensayos realizados en laboratorio para medir la variabilidad, pero pocos son experiencias verídicas de obra.

Los resultados de ensayos dependen fuertemente de los materiales locales empleados en la provincia de Mendoza, es decir, agregados locales y cementos categoría CP40, con lo cual no son extrapolables a todas las regiones o circunstancias que puedan aparecer en nuestra vasta geografía. Sin embargo, son un llamado de alerta porque pocas veces se cuenta con este tipo de estudios. Para ir comprendiendo la magnitud del problema: los resultados de los ensayos de hormigón *in situ* brindaron resultados promedio de categorías H-4 a H-8 para hormigones estructurales, habiendo obtenido resistencias puntuales inferiores a 2 MPa a los 28 días en condiciones normalizadas de ensayo. Esto no sólo trae aparejado riesgo estructural, más aún en una zona sísmica, sino también un aumento notable de problemas funcionales y de durabilidad. Resultado: obras de escasa vida útil y mala inversión de los recursos por falta de controles.

## Controles de hormigón elaborado vs. controles del hormigón *in situ*

Es curioso, pero en las obras convencionales donde se controla la calidad del hormigón se realizan siempre pruebas y ensayos del hormigón elaborado, y en muy contadas circunstancias del hormigón *in situ*, que en muchas provincias se emplea aun con más frecuencia. Esto demuestra la »

necesidad del control, pero controlamos el eslabón más confiable y “no queremos ver” los resultados o ensayos sobre los hormigones *in situ*. Cuando compramos un hormigón categoría H-21, por ejemplo, le solicitamos al proveedor que cumpla con la resistencia especificada. Pero a los albañiles y obreros de la construcción, no los controlamos “el 1:2:3” que realizan en obra, confiando en que con dosificaciones empíricas que datan de hace muchos años obtendremos las propiedades de resistencia y durabilidad necesarias. Hoy en día, en casi todos los casos el llenado de losas es sinónimo de hormigón elaborado y en varias obras suelen realizarse controles; pero cuando llenamos las columnas sobre y bajo estas losas (en las que la calidad del hormigón tiene una misión estructural, más relevante aun que en las losas), los “volúmenes pequeños hay que realizarlos con hormigones *in situ*”, y es muy raro que un profesional pida controles sobre estos hormigones. Como se mencionó anteriormente, es una situación muy corriente y a su vez extraña, en la cual existe la conciencia de control de calidad, dirigido exclusivamente al hormigón elaborado. Esto no significa que no haya que controlar nuestra industria; al contrario, los proveedores socios de la AAHE prefieren que los controlen para demostrar su calidad, pero también hay que poner en “igualdad de reglas de juego” al hormigón *in situ*.

### Especificaciones y reglamento

No llama la atención aún encontrar en pliegos de especificaciones las fórmulas empíricas en volumen de X partes de cemento, Y partes de arena y Z partes de ripio, para realizar elementos estructurales como fundaciones, columnas y losas. Es fácilmente comprensible que estas “recetas” no tengan el resultado deseado, más aun considerando las inexactitudes propias de la práctica del hormigón *in situ*. El Reglamento CIRSOC 201, tanto en sus versiones de 1982 como de 2005, en ningún momento especifica este tipo de fórmulas y recetas, lo cual simplificaría la situación: si no está en el Reglamento, que es ley, no deben utilizarse. El Reglamento CIRSOC 201 vigente establece claramente cuáles son las disposiciones y ocasiones para producir hormigones en obra en volumen o partes:

- Para hormigones clase H-15 (ex H-13 del viejo CIRSOC), se pueden adoptar dosificaciones empíricas basadas en

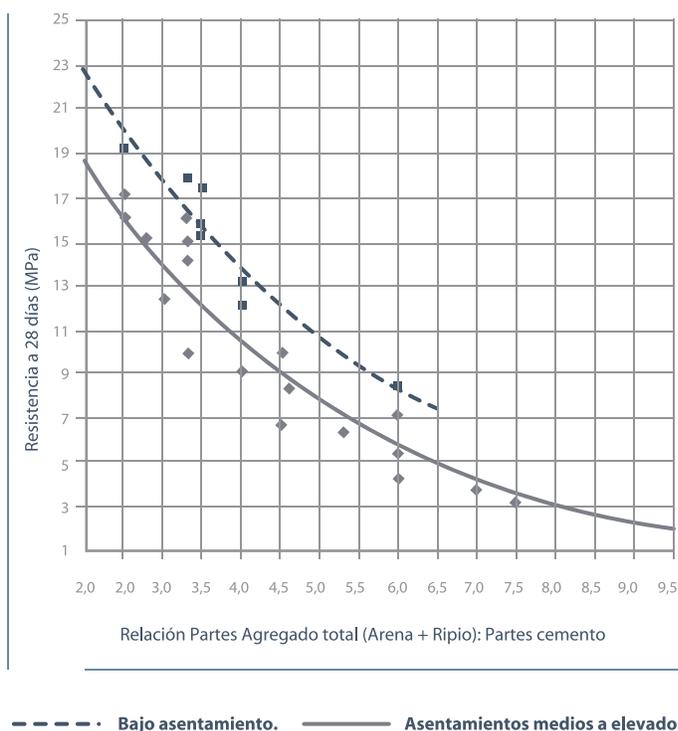


▲ Bolsas de cemento que no siempre llegan al hormigón

proporciones preestablecidas si se cumple simultáneamente esto: la condición de exposición de la estructura es ambiente no agresivo, no puede emplearse en elementos de hormigón armado, se deben utilizar contenidos unitarios de cemento mínimos de 300 a 350 kg/m<sup>3</sup>, cuando no se utilicen aditivos ni adiciones, no se emplearán asentamientos mayores a 18 cm y el cemento se medirá en bolsa entera.

- Para hormigones clase H-20 (ex H-17), si se cumple simultáneamente, además de las condiciones ya enunciadas para H-15, esto: la capacidad útil de la hormigonera debe ser mayor a 1/4 m<sup>3</sup>, se determinará previamente la densidad a granel de los materiales en las condiciones de humedad en que se encuentran en el acopio, efectuándose la medición en volúmenes aparentes de materiales sueltos, en recipientes cuidadosamente enrasados de pequeña sección y gran altura. Por último, se debe determinar el contenido de humedad superficial de los agregados como mínimo al comenzar las tareas de hormigonado y cuando cambie el acopio o las condiciones de humedad de éste.

Cabe preguntarse: ¿en cuántas obras hemos visto medir las densidades a granel de los agregados? ¿A cuántas pastonadas de máquina hormigonera le realizan ensayo de asentamiento? ¿Cuándo en una obra corriente hemos visto recipientes enrasados de mayor altura que diámetro para la carga de materiales? ¿En qué obras con hormigón *in*



*situ* cuentan con estufas y balanzas para determinar diariamente el contenido de humedad de los agregados? ¿En qué obras incorporamos aditivos en los hormigones *in situ*?

Esto es lo que indica el Reglamento CIRSOC 201 del año 2005 para elaborar como máximo categoría H-20 en volumen, aspectos que no son cumplidos en ninguna obra. El mensaje del Reglamento es claro: no realice hormigones *in situ*. Explicación: no son confiables. Demostración y evidencias: a continuación.

### Relevamientos y ensayos realizados

Como se comentó en la introducción, el objetivo del presente artículo es compartir los ensayos realizados en una gran cantidad de obras del Gran Mendoza, tanto para el hormigón elaborado como para el hormigón *in situ*. Además de ello, se relevaron en obras "anormalidades", como mediciones de agregados y cemento "a pala" o en carretillas, dosificaciones de hasta 9 partes de agregado por parte de cemento, multiplicidad de fórmulas y dosificaciones en función de diferentes cuadrillas dentro de una misma obra, hormigones realizados en pequeñas "peritas" en forma alternada con morteros para revoques, entre otros.

Antes de entrar en el análisis de resultados de resistencias a compresión, pudo deducirse que "ablandar el hormigón" afecta su resistencia. El asentamiento –rara vez medido en hormigones *in situ* donde tienden a trabajar con éstos lo más "blandos" posibles sin el empleo de aditivos– tiene una influencia decisiva en las resistencias. Además, con materiales y condiciones análogas, se pierde entre 0,6 a 1,0 MPa por cada cm de asentamiento en exceso. Como ejemplo, si a un H-13 con 8 cm de asentamiento se lo ablanda para llevarlo a 16 a 18 cm, no cumpliría ni con un hormigón H-8.

Analizando más de 100 resultados de las empresas elaboradoras de hormigón del Gran Mendoza, se obtuvieron resistencias promedio a 28 días de 24,6 MPa para H-21, 18,7 MPa para H-17 y 14,9 MPa para H-13. Los resultados no difieren en más de un 5% de las medias indicadas para las tres categorías resistentes según Norma IRAM 1666 de Hormigón Elaborado. Por ello, estos valores se consideran razonables y aceptables, presentando en menos del 5% de los casos resultados inferiores a los indicados por el Reglamento CIRSOC 201. Todos estos controles fueron "sin aviso previo"; intencionalmente no se comunica al proveedor que los laboratoristas concurren a sus obras para controlarlos.

Para el hormigón *in situ* se registraron siempre las fórmulas en volumen empleadas en diferentes obras (cabe destacar la elevada variabilidad entre distintas obras que responden al mismo Pliego) y sus resistencias a compresión a la edad de 7 y 28 días. En el gráfico donde se presentan los resultados, se indican en azul aquellos hormigones con asentamientos medios a elevados (mayor o igual a 12 cm), y en color rojo, aquellos con asentamientos bajos (menor o igual a 8 cm). Estos últimos hormigones de baja trabajabilidad rara vez son empleados en obra, ya que "cuesta" mucho más trabajarlos y probablemente fueron elaborados sólo para complimentar los controles. A diferencia del hormigón elaborado, en el que los controles fueron "sorpresivos", en este caso los albañiles sabían que los estaban controlando al producir el hormigón. Por lo cual, la línea de tendencia más representativa es la azul, ya que en obras de viviendas es raro emplear asentamientos menores a 8 cm.

### Evaluación de fórmulas empíricas para lograr diferentes categorías resistentes

Se vuelve a destacar que el presente estudio fue realizado en gran cantidad de obras del Gran Mendoza, no siendo extrapolables a otras

## “Los resultados obtenidos en esta investigación constituyen un alerta a la ausencia del control de estos hormigones”

condiciones, ya que los resultados dependen fuertemente de las características de los materiales locales y de las “costumbres” para su preparación y colocación *in situ*. De todas formas, constituye una “alerta” a la falta y ausencia del control de estos “hormigones”.

Del análisis del gráfico presentado, sin considerar la elevada variabilidad, para lograr un hormigón H-13 con resistencias del orden de 15 MPa a 28 días deberían emplearse dosificaciones de 1 parte de cemento cada 2 a 3 partes de agregado. Considerando el peso promedio de los canastos y/o baldes y la densidad de los materiales locales, estas proporciones indican hormigones con contenidos de cemento del orden de 380 a 400 kg/m<sup>3</sup> para poder lograr, sin confiabilidad y con elevada variabilidad, un hormigón H-13.

Si calculamos sólo los costos de los materiales para lograr esta tan baja resistencia (hormigones no estructurales según Reglamento), se llega a costos similares a los del hormigón elaborado, en el cual se emplea un 40% menos de cemento para lograr resistencias medias equivalentes. Cabe subrayar que sólo comparamos materiales de hormigón *in situ* vs. costo del hormigón elaborado, es decir que, si consideramos mano de obra de elaboración y colocación en volúmenes pequeños y maquinarias, claramente el hormigón *in situ* no es competitivo. Más aun si tenemos en cuenta el servicio integral de hormigón elaborado, que incluye una figura visible con sus responsabilidades correspondientes, la comparación no puede sostenerse.

Mayor fue la sorpresa para hormigones categoría H-17, que según los Códigos Sismorresistentes es la mínima para elementos de hormigón armado, Para asentamientos mayores a 10 cm, ningún ensayo realizado llegó a una resistencia media adecuada para un H-17. Extrapolando la curva, pero con fórmulas no empleadas en ninguna obra, se podría inferir que ni aun con una dosificación de 1 parte de cemento por 2 partes de agregado se lograría un H-17 *in situ* en el Gran Mendoza. Cabe preguntarse si en alguna obra se utiliza una fórmula 1:1:1 para elaborar hormigones. Creo que la respuesta es clara: si analizáramos económicamente esta fórmula es mucho más desfavorable que para el caso anterior del hormigón H-13.

**Hoy en día, el Reglamento CIRSOC 201 del año 2005, en vigencia para las obras públicas de la provincia de Mendoza,** especifica que para hormigones estructurales la categoría resistente mínima es de H-20, y como el hormigón de

obra se encuentra en “Modo 2”, según el nuevo reglamento, el promedio de los resultados de ensayos debería arrojar valores del orden de 25 MPa. Sólo dando un vistazo a la curva, se aprecia la imposibilidad en el medio de realizar hormigones *in situ* para lograr la mínima categoría de hormigones resistentes estructurales. No es tan diferente la realidad para hormigones no estructurales H-15 (mínima categoría resistente en la actualidad) que el Reglamento admite que para ciertas condiciones se elabore *in situ*: serían necesarias resistencias promedio del orden de 20 MPa, las cuales no se obtuvieron en las obras relevadas.

### Conclusiones y recomendaciones

- El hormigón *in situ* presenta confiabilidad nula, sólo que al no controlarlo “nos tapamos los ojos” para creer que las recetas empíricas brindan buenos resultados. Aun más, muchas veces escuchamos críticas respecto de la industria del hormigón elaborado y su confiabilidad, pero pocas veces los profesionales de la construcción cuestionan el hormigón *in situ*.
- Si bien el hormigón elaborado es mucho más confiable, no indica que sea infalible, y para ello existen todos los controles de calidad obligatorios, según indica el Reglamento. Esta conclusión se basa en las más de 100 muestras tomadas aleatoriamente en estos meses sin aviso previo al proveedor.
- Sobre la base de una comparación económica estimativa, sólo el costo de los materiales (cemento y agregados) del hormigón H-13 *in situ*, para lograr resistencias equivalentes, es similar al costo del “servicio integral del hormigón elaborado”. Si sumamos equipamiento y mano de obra al hormigón *in situ* para estas bajas resistencias, brinda costos muy superiores al hormigón elaborado, y sumado a la responsabilidad que tiene el proveedor, no pueden realizarse comparaciones justas.
- A partir del análisis de 37 obras del Gran Mendoza, no se pudieron conseguir hormigones H-17 según el Reglamento del año 1982, y mucho menos hormigones H-20 según el Reglamento vigente; es decir que no logramos hormigones estructurales, aun con dosificaciones “muy cargadas en cemento” como 1:1:1 (cemento:arena:agregado grueso), no empleadas en ninguna obra de las relevadas.
- Consideramos que sería de mucha utilidad la realización de estudios de este tipo en todas las provincias para poder reflejar la calidad de los hormigones *in situ* y la explicación de por qué el Reglamento CIRSOC 201 vigente especifica ciertas condiciones muy contadas para realizar hormigones *in situ*, debiendo existir gran cantidad de controles que no se encuentran corrientemente en obra. «