



Consideraciones sobre la Relación AGUA/CEMENTO en la Instrucción EHE

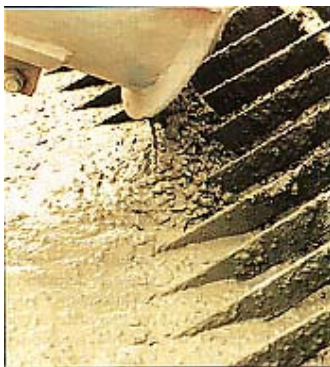
Por **Benjamín Martínez Suárez**,
Grupo de Trabajo "Revisión EHE" (ANEPHOP), Rev. 2
Por cortesía de la revista *Hormigón Preparado*

1. INTRODUCCION

De sobra es conocida la importancia e influencia que tiene la relación agua/cemento sobre las propiedades finales del hormigón endurecido. Como también es cierto que se trata quizás, del parámetro más manejado y controlado en cada metro cúbico producido en una central de hormigón preparado, desde la elaboración de las dosificaciones teóricas, hasta la comprobación de las composiciones finales. Pero es con la aprobación de la Instrucción EHE, cuando toma un interés más relevante por la influencia que tiene en la durabilidad del hormigón, debido a las limitaciones tan concretas que aquella establece.

Es preocupación de todo fabricante de hormigón mantenerse dentro de los límites establecidos. Ello conlleva, en muchos casos, tener que reajustar las fórmulas de dosificación buscando un compromiso entre la reglamentación vigente y la trabajabilidad del producto, por otra parte imprescindible.

Los expertos apuntan, con acierto, que la cantidad de agua de amasado necesaria para que se produzca la hidratación de la pasta del cemento, oscila alrededor de un 23 % del peso de los componentes anhidros de éste, dependiendo de la estequiometría de las ecuaciones de sus componentes activos. Esto quiere decir que, un hormigón fabricado con 350 kg de cemento común, con aproximadamente un 25 % de adiciones, podría necesitar, en teoría, unos 60 litros de agua para hidratarse, lo que llevaría a tener una relación a/c de 0,17. Pero, también es sabido que un hormigón con esta cantidad de agua sería imposible de trabajar y de colocar en obra, lo cual justifica que sea necesario añadir más cantidad de agua al hormigón dentro de los límites fijados en la Instrucción EHE.



Ocurre, en la mayoría de los casos, que esta cantidad de agua resulta insuficiente para conseguir la adecuada trabajabilidad y las consistencias solicitadas en obra, por lo que el fabricante de hormigón se ve obligado a recurrir a aditivos reductores de agua, hoy suficientemente contrastados. En esta situación, se debe llevar la relación a/c de los hormigones a valores tales que permitan un óptimo funcionamiento del aditivo para cada tipo de consistencia. Es aquí, cuando el concepto de relación a/c tiene una especial importancia, puesto que, en ocasiones, los valores antes mencionados se tienen que llevar a los límites establecidos. Aparece entonces el concepto de relación a-c "efectiva", que es el adoptado por el resto de los países de nuestro entorno, es decir, de la Unión Europea, y también en los Estados Unidos. Lugares estos que siempre se han tomado

como referencia, amén de la propia experiencia. Nuestra Instrucción EHE no repara en este concepto y, dado que tiene su importancia en situaciones de conflicto, conviene matizar; ya que puede dar lugar a numerosas confusiones.



2. REGLAMENTACION Y NORMATIVA

En los comentarios al Artículo 69", subapartado 69.2.4.3.- "Agua", de la Instrucción EHE, se indica que la cantidad de agua que se empleará en la determinación de la relación a/c, será el agua total. Entendiéndose como tal, "la formada por el agua directamente añadida a la amasada, el agua aportada por la humedad de los áridos (tanto de absorción como de agua superficial), el agua que pudiera quedar en la amasadora después del lavado de la misma y el agua que pudieran aportar los aditivos líquidos".

Este planteamiento no es compartido por el resto de los países de la Unión Europea y los Estados Unidos, donde se explica más claramente este concepto y se refiere siempre a relaciones a/c "efectivas".

Así, la norma europea EN 206, parte 1, define en 3.1.29. el contenido total de agua como "la cantidad formada por el agua añadida, el agua contenida en los áridos y en la superficie de éstos, el agua aportada por los aditivos y adiciones utilizadas en forma de suspensión y la cantidad aportada por la incorporación de hielo o curado mediante vapor". Esta definición parece ser muy similar a la de nuestra EHE, pero además en 3.1.30 define el contenido efectivo de agua como "la diferencia entre el agua total presente en el hormigón fresco y el agua absorbida por los áridos", es decir, descuenta el agua absorbida por éstos. En 3.1.31 define también lo que esta norma entiende por relación a/c, y dice que "es la relación entre las masas del contenido efectivo de agua y el contenido de cemento en el hormigón fresco". A su vez, en su Artículo 5.4.2.- "Contenido de cemento y relación agua/cemento" insiste sobre este mismo tema (por si no había quedado claro en lo anterior), indicando que "cuando se determine la relación a/c del hormigón, deberá calcularse a partir del contenido de cemento determinado y del contenido efectivo de agua ...".

Por otro lado, el Código Modelo CEB-FIP-1990 para hormigón estructural, sigue el mismo criterio anterior, definiendo en d.3.(17) el contenido efectivo de agua como "el agua de amasado más el agua presente con anterioridad en la superficie de los áridos o en los aditivos o adiciones". Para el Código Modelo la relación agua/cemento "es la relación en peso del contenido del agua efectiva al contenido de cemento en el hormigón". La norma británica BS 5328: parte 1:1997, Hormigón. Guía para la especificación de Hormigón, también coincide con los criterios europeos, definiendo en 3,5 la relación agua/cemento como "la relación de la masa de agua libre (esto es, excluyendo el agua absorbida por los áridos alcanzada en condiciones de superficie seca saturada) y la masa de cemento en una amasada de hormigón".

La norma francesa XP P 18-305 Hormigón. Hormigón preparado, habla en todo momento de relación "agua eficaz"/cemento o "agua eficaz"/ligante (C+KA), definiendo como "agua eficaz" el agua total menos el agua absorbida por los áridos.

Así, en 3.9. define "agua eficaz" como "la proporción de agua de la mezcla incrementada en la proporción de agua ya presente en la superficie de los áridos considerados como saturados con superficie seca, de los aditivos y de las adiciones". En su anexo C indica la fórmula para la determinación del "agua eficaz" (E_{eff}), de la siguiente manera:

$$E_{eff} = E_a + G(w_g - A b_g) + S(w_s - A b_s) + A'(w_A - A b_A) + a_{wa}$$

Donde:

E_a es la cantidad de agua aportada, expresada en kg/m³

G es la cantidad de cada grava, expresada en kg/m³

S es la cantidad de cada arena, expresada en kg/m³.

A es la cantidad de cada aditivo, expresada en kg/m³.

A' es la cantidad de cada adición, expresada en kg/m³.

w_g es el contenido de agua de cada grava.

Ab_g , es el coeficiente de absorción de cada grava.

w_s es el contenido de agua de cada arena.

Ab_A es el coeficiente de absorción de cada adición

w_a es el coeficiente de absorción de cada aditivo

El borrador de norma internacional ISO/TC71/SC3 – N202, da idéntico tratamiento a estos conceptos que la norma europea EN 206, parte 1. El ACI-104-71 y revisiones posteriores, de los Estados Unidos, considera la relación a/c como "la relación entre la cantidad de agua, excluyendo la absorbida por los áridos y la cantidad de cemento en el hormigón, mortero, lechada de cemento o mezcla de pasta de cemento".

3. CONCLUSIONES

En definitiva son criterios que, al margen de la reglamentación española, resultan ser más razonables y reales, habida cuenta que el agua absorbida por los áridos se considera que no interviene en la hidratación de los componentes del cemento, evaporándose en su momento al igual que el resto de agua sobrante.



Luego, parece lógico, que no sea tenida en cuenta en la determinación de la relación a/c, una cantidad de agua que no juega ningún papel y que, por lo tanto, el agua disponible sea menor; como también lo será la relación a/c "efectiva" con respecto a la teórica.

Para complicarlo aún más, retomemos los comentarios al artículo 69.2.4.3 de la Instrucción EHE mencionado anteriormente. Continúa en los párrafos siguientes diciendo que 'para mantener inalterables las dosificaciones de áridos, éstos se deben haber estudiado considerando el material saturado y con la superficie seca'. Pero vamos a ver, ¿qué es lo que pretende decir la Instrucción?. Porque, si los áridos están saturados y con la superficie seca, la relación a/c "efectiva" coincide con la teórica. Más adelante, continúan diciendo los comentarios citados que "la cantidad de agua que hay que añadir directamente a la amasada para conseguir la consistencia especificada, dependerá de la cantidad de agua aportada por los áridos y la capacidad de retención de las distintas fracciones de éstos". Lógico y normal.



Pero entonces, ¿de qué estamos hablando, de relación a/c "teórica" o "efectiva"? Da pié a pensar que, en un afán de adecuar las condiciones de durabilidad de la Instrucción EHE a las de la EN 206 o a las del Código Modelo, no se haya querido entrar a concretar y especificar adecuadamente la relación a/c a considerar; optando por la relación a/c "teórica" sobre la "efectiva", por ser aquella más rigurosa. Es decir, si los valores de la tabla 37.3.2 a de la Instrucción EHE se refieren a la relación a/c "teórica", la relación a/c "efectiva" resultante sería aún inferior. Pero como por otro lado, cuando se habla de la relación a/c fuera de nuestra fronteras, se refiere a la relación a/c "efectiva", parece como si en la EHE se quisiera intentar arreglar de alguna forma, consiguiendo así confundir.

Por todo ello, sería conveniente que la Comisión Permanente del Hormigón se pronunciase, de una forma clara y tajante, sobre cual es la relación a/c a considerar en la Instrucción EHE; es decir, si se refiere a la relación a/c "teórica" o si, por el contrario, como parecería más lógico, a la relación a/c "efectiva".