

# Región Industrial



Nº28  
ENERO 2004

Revista del Ilustre Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de la Región de Murcia

**IZAR, Innovación y desarrollo**

# El Hormigón Autocompactable (H.A.C.)

Jesús H. Alcañiz - Arquitecto Técnico - Jefe Area Edificación Esfera Consultores

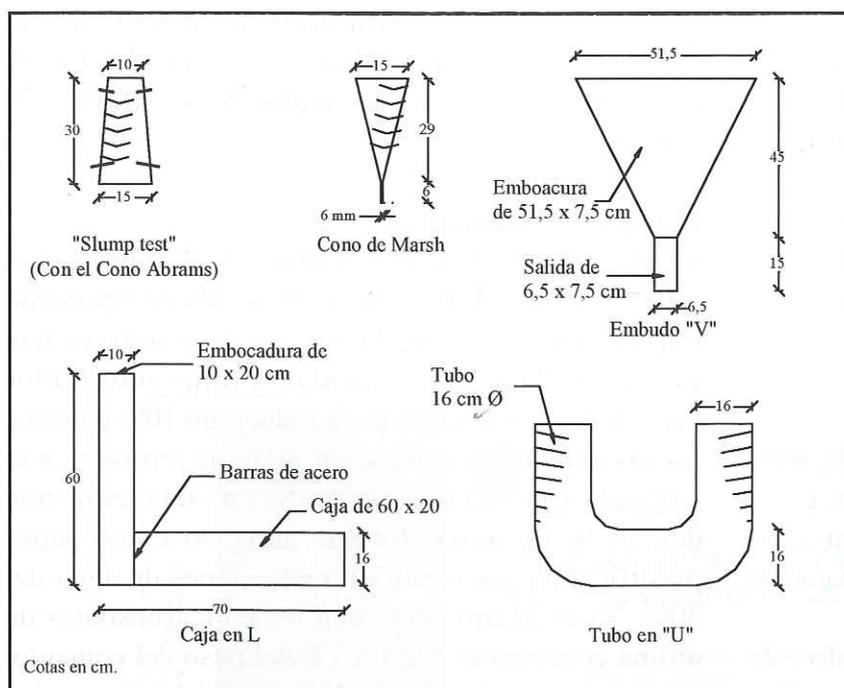
¿Qué es el H.A.C.? No se trata de un nuevo material. No deja de ser un hormigón. Pero eso sí, con toda una nueva tecnología, donde entre otras circunstancias, debemos destacar que no necesita vibración alguna, ni ningún otro medio de compactación externa. El Hormigón Autocompactable (H.A.C.) o como se conoce en el resto del mundo, SCC (Self Compacting Concrete), trae consigo un nuevo concepto: La Autocompactabilidad.

Todo ello empezó en Japón a finales de los años 80, con el objetivo de evitar problemas de durabilidad, rapidez ejecución y evitar el problema de vibración. Se conseguía con él, la fluidez necesaria, una adecuada viscosidad y suficiente cohesión para mantener homogénea la masa en todo momento, sin segregación. Se trata de un hormigón con una distribución uniforme de la masa, una elevada viscosidad (que no la tiene el convencional hormigón fluido). En España, se está en claro proceso de desarrollo, por investigadores independientes y por empresas especializadas, fabricantes de productos aditivos.

Se trata, en resumen, de un hormigón con una gran docilidad y resistencia a la segregación, que se desplaza lentamente por el encofrado, entre las armaduras, fluyendo como la lava. Y no hablamos de futuro, esto es ya una realidad en España.

## Ventajas e inconvenientes.

Son muchas las ventajas que nos proporciona el Hormigón Autocompactable (H.A.C.) y muchas más que irán surgiendo con el paso del tiempo, destacando en este momento que se trata de un hormigón muy compacto y con ello de una gran durabilidad, con un menor tiempo de ejecución de obra, con eliminación de vibraciones y ruidos, donde claramente se ha demostrado que no se produce exudación. Quizás el mayor inconveniente que tiene el H.A.C. hoy día, es la falta de conocimiento por parte de los técnicos del sector, por lo que se está potenciando las labores de divulgación. Además, necesita un diseño inicial de proyecto más exhaustivo, un mayor control de calidad, con un diseño muy cuidadoso de la mezcla,



controlando su retracción. La logística es algo más complicada (no se permiten las juntas de hormigonado, por lo que el suministro de camiones debe ser continuo) Es necesario un encofrado de alta calidad y con juntas estancas. Todo ello, incrementado por el todavía en este momento, un alto precio de la materia prima.

**Dosificación: El diseño de la mezcla**

Es imprescindible un cuidadoso diseño de la mezcla, consiguiendo la reducción de la fricción entre las partículas, aspecto este ya resuelto, controlando todos los componentes, para conseguir la optimización de la pasta, con alta fluidez y viscosidad suficiente. Como condiciones iniciales, avanzar que se utilizará siempre un cemento CEM I 52,5 R (Alta resistencia y fraguado rápido). Es necesario un buen diseño granulométrico, con un especial cuidado en el contenido de finos. Es imprescindible el uso de aditivos de última generación, en una cantidad del 2% del peso del material cementicio (cemento, cenizas volantes, humo de sílice, etc), todo ello con una gran reducción de agua.

Los pasos a seguir para un adecuado diseño de la mezcla serán:

- Optimización separada del esqueleto granular (árido) y de la composición de la pasta
- Elegir la dosis óptima de súper plastificantes de última generación (copolímero de vinilo).
- Uso del humo de sílice o micro sílice en un 10% del peso del cemento.
- Uso de finos minerales ("filler" calizo).
- Relación agua / cemento (a/c) < 0,40 (límite superior).
- Tamaño máximo de árido 12 mm (Arena caliza de machaqueo 0-5 y grava 5-12 mm).
- Relación arena / grava (a/g) para conseguir la máxima capacidad y mínimo contenido de huecos en la composición del árido en seco y sin compactar.
- Obtener una resistencia superior a 50 MPa a los 7 días de edad, en probeta cilíndrica.

Una vez diseñada la mezcla, se prepararán una serie de amasadas sobre las que se realizarán los correspondientes ensayos que nos faciliten información sobre el comportamiento de ese hormigón, previamente a su uso en la estructura de la obra.

En este sentido, existen ya nuevos métodos de dosificación para el diseño de la pasta, todos ellos

experimentales, destacando el Método OKAMURA, que en síntesis:

- Fija el contenido mínimo de cemento.
- Fija el contenido de aire ocluido.
- Estudia la relación volumen de agua / ligante.
- Mide el super plastificante necesario.
- Mayor contenido de pasta.
- Utiliza áridos con tamaño máximo menor de 20 mm

En todos los casos hay que destacar la importancia del uso de la microsíllice, del humo de sílice y de las cenizas volantes, como componentes del material cementicio. Dos ejemplos genéricos de dosificación de un hormigón autocompactable, según análisis experimentales, para un metro cúbico de material, podría contener los siguientes componentes:

Cemento 455 Kg	Cemento 450 Kg
Microsilice 45,5 Kg	Cenizas volantes 100 Kg
Filler 137 Kg	
Agua añadida 191 litros	Agua añadida 195 litros
Súper plastificante 14,4 litros	Súper plastificante 12,7 Kg
Arena (0-5 mm) 765 Kg	Arena (0-6 mm) 895 Kg
Grava (5-12 mm) 807 Kg	Grava (6-12 mm) 881 Kg

Realizados distintos ensayos con la primera dosificación, a nivel experimental, se obtuvieron adecuados resultados de los ensayos de comportamiento del hormigón y una resistencia a compresión de 61 MPa en probeta cilíndrica normalizada a los 7 días de edad. La segunda dosificación se utilizó para la fabricación de un hormigón autocompactable HA-50, obteniéndose resistencias medias de 63,5 MPa a 28 días de edad.

**El papel del aditivo**

Ni que decir tiene que el aditivo es el componente estrella de un H.A.C. Se trata de un componente imprescindible en este hormigón. Los aditivos han evolucionado a gran velocidad. En los años 30 los plastificantes eran capaces de reducir un 10% de agua. En los años 60 se consiguen algunos retrasos en el fraguado y con el súper plastificante una reducción del 20 % de agua. En los años 90 estos súper plastificantes conseguirían reducciones de agua del 30%. Ya en el año 2000, con los policarbosilatos de última generación, con un 2% del peso del cemento, se consiguen reducciones de agua del 40 %, que los

hace ideales para la fabricación del H.A.C. Básicamente lo que se pretende con su uso es conseguir mantener más tiempo separadas las partículas de cemento y con ello un mayor tiempo de manejabilidad y así una mayor capacidad de hidratación del material cementicio.

Estos súper plastificantes son muy sensibles a una modificación de dosificación, necesitando aditivos reguladores de viscosidad, que hacen el efecto de "esponja" del agua sobrante del proceso de amasado. Pero no debemos olvidar que el uso de los aditivos, en general, nunca arreglan un mal hormigón.

### Control de Calidad

La aparición de este nuevo hormigón, con sus singulares características, ha motivado también la aparición de nuevos métodos de ensayo, destacando brevemente los siguientes:

- "Slump - test" o ensayo de escurrimiento: Se realiza con el Cono de Abrams convencional y se mide el tiempo que tarda en llegar a 50 cm de diámetro (T50) el círculo máximo o extensión final, que conforma el hormigón al fluir libremente en el ensayo.
- Cono de Marsh: Permite evaluar la compatibilidad entre cementos y aditivos, de forma sencilla, a través de un recipiente metálico en forma de embudo, controlando la fluidez de la pasta, en función de sus componentes.
- Ensayo embudo en V: Mide el tiempo que tarda en vaciarse el embudo en forme de "V" (se pretende con ello controlar la viscosidad del hormigón)
- Caja en L: Introduce la presencia de barras de acero (simula las armaduras de una estructura de hormigón) Se observa si pasa o no a su través, con lo que se comprueba la capacidad de sortear obstáculos durante la ejecución de obra. Mide la fluidez del hormigón y determina la capacidad de pasar entre las armaduras,

controlando los tiempos de desplazamiento horizontal del hormigón hasta llegar a 20 cm (T20) y a 40 cm (T40)

- Tubo en U: Se pretende comprobar la posible segregación de los áridos del hormigón, midiendo la uniformidad del contenido de áridos en los tres tramos del molde en forma de U, por donde el hormigón fluye hasta enrasarse, sin compactación. Una vez fraguada la pieza, se talla en tres partes y se comprueba la cantidad de árido en cada una de ellas.

**Retracción autógena:** Un nuevo concepto En líneas generales, es el fenómeno que se produce cuando los poros más pequeños absorben el agua de los poros mayores, produciendo una desecación rápida que provoca una ligera retracción en este tipo de hormigones, con la secuencia denominada secado autógeno. Es un fenómeno muy rápido en el tiempo, cuando se inicia el fraguado. La retracción autógena es menor que la retracción química y se considera despreciable en los hormigones convencionales. Crece sin embargo, con el uso de escoria de alto horno, si están finamente molidas.

Para controlar este fenómeno es necesario cuidar más intensamente el proceso de curado. Nos debemos replantear el sistema de curado, potenciándolo desde edades más cortas, para reducir la incidencia del ya citado "secado autógeno".

Se habla ya de un "curado integral", disminuyendo la temperatura máxima en el interior de la masa, ya desde edades iniciales, con un cuidadoso control de la temperatura de los áridos y del agua de amasado, debido a que todo ello supone el 70% de los componentes del hormigón.

No nos va a influir tanto, sin embargo, el alto calor de hidratación del cemento, por su escaso contenido en el total de la masa.

<p>"NUEVA REGULAMENTACION" PROTECCION CONTRA INCENDIOS EN INDUSTRIA (R.D. 178/2001)</p> 	 <p><b>¡ CONSULTENOS !</b></p> <p>INSTALADOR AUTORIZADO</p> <p><b>NUEVAS TECNICAS Y SOLUCIONES EN LA PREVENCION CONTRA INCENDIOS</b></p> <p>PROTECCION PASIVA CONTRA INCENDIOS SELLADO DE CONDUCCIONES CORTAFUEGOS</p> <p>ATENCIÓN AL CLIENTE 902 11 02 02</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>KNAUF</b></li> <li>• <b>POLYTUIL</b></li> <li>• <b>ISOVER</b></li> <li>• <b>STEEL FRAMING ESPAÑA</b></li> </ul> <p>DISTRIBUIDOR AUTORIZADO</p> <p><b>EL ALMACÉN DEL AISLAMIENTO</b></p> <p><a href="http://www.almacendelaislamiento.com">www.almacendelaislamiento.com</a></p>
---	---	---

### Material Sostenible

La "sostenibilidad" es un término de reciente acuñación, que está presente de forma cotidiana, en la actividad constructora. Por eso, también se busca su cumplimiento en este material. En ese sentido, se dice que un material es sostenible, cuando utiliza criterios medioambientales en todas sus fases. Desde el diseño inicial pasando por el proceso de construcción, en el uso del material e incluso en el proceso de deconstrucción y de posterior reutilización. Se trata así de minimizar el impacto ambiental y conseguir un uso eficiente de los recursos, son el consumo de menos energía en todo el proceso. Hablamos ya de "Tecnología Sostenible"

como medida para reducir el impacto ambiental, el uso de contaminantes, ruidos, etc.

Se trata entonces de utilizar una tecnología limpia, renovable y amigable, para conseguir ese equilibrio medioambiental que todos deseamos.

### Algunas aplicaciones

Aunque todo parece indicar que en breve serán muchas las aplicaciones de este material, en este momento, las aplicaciones van ligadas a todas aquellas actuaciones donde nos encontramos con alta concentración de armaduras, dificultades en el vibrado, problemas de acceso, dificultad en el diseño los encofrados, etc.



Todos estamos pensando ya en elementos fuertemente armados, muros de hormigón con huecos (Difícil de vibrado), en prefabricados (Se consigue una mayor productividad y un mejor entorno de trabajo), así como para obras de refuerzos, recalces de edificios antiguos con dificultades de acceso, etc., ya que se trata de hormigón que permite un fácil bombeo.

En cuanto a las realizaciones, se conocen gran cantidad de obras singulares en el extranjero. En España destacan el Puente en Zaragoza, el Ayuntamiento de Mollet del Vallés en Barcelona, en la ejecución de Prefabricadas, piezas estructurales armadas pretensadas así como en Rehabilitación de Viviendas, para el saneamiento de zapatas y pilas (evitando vibraciones en la estructura antigua), losas armadas, etc. para mejorar los rendimientos y mejorar los acabados.

En Murcia todavía no se conoce como tal, aunque ya hay algunas experiencias con un hormigón de alta resistencia, con un gran asiento de Abrams, que si bien no se debe considerar un H.A.C. como tal. Será también de gran aplicación la prefabricación de placas de hormigón para cerramiento de naves industriales.



### El futuro

Sin olvidar que todavía existe una gran falta de información, con las acciones promocionales y formativas que se están llevando a cabo, estamos frente a un material con grandes oportunidades por delante.

Y en esa línea se avanza que la "estandarización" es uno de los medios para su uso intensivo, que ayudará a superar ciertas barreras de entrada. Un mayor avance en los métodos de ensayo, un control estricto de las materias primas y un desarrollo paulatino en la aparición de nueva normativa de regulación, serán medios para un uso más extendido.

Ya se ve un beneficio futuro también fruto de la actual investigación de las propiedades de este material y así potenciar su uso en un futuro inmediato.

Se trata pues, para finalizar, de un material que "resuelve problemas" y ya se dice que en breve, va a dejar de ser "hormigón especial" para ser "hormigón normal", hasta llegar a ser el "hormigón de cada día". En eso estamos.

