



Gestión de Infraestructuras de Andalucía, S.A.
CONSEJERÍA DE OBRAS PÚBLICAS Y TRANSPORTES

RECOMENDACIONES PARA LA REDACCION DE: PLIEGOS DE
ESPECIFICACIONES TECNICAS GENERALES PARA HORMIGONES
AUTOCOMPACTANTES HAC

DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN

UNIDAD DE GARANTÍA DE CALIDAD

VERSIÓN FEBRERO 07

GRUPO DE TRABAJO

Equipo Redactor:

| | |
|--------------------------------|-------------|
| – Santiago Bobo Ruiz | Coordinador |
| – María José Sierra López | Ponente |
| – Manuel Salas Casanova | Ponente |
| – Rafaela Barquero Díaz | Vocal |
| – Manuel Atienza Díaz | Vocal |
| – Luis Garrido Romero | Vocal |
| – José Camero Flores | Vocal |
| – Antonio Odriozola Romillo | Vocal |
| – José Antonio Hurtado Hurtado | Vocal |

INTRODUCCION

En los últimos tiempos se está empleando cada vez más el hormigón autocompactante (HAC) en las obras de Andalucía, llegando en la actualidad a un porcentaje significativo de la producción total de hormigón, sobre todo en ciertas aplicaciones como prefabricados, soleras, elementos con gran densidad de armaduras, etc., creciendo el consumo de una manera continuada. La característica diferenciadora de este tipo de hormigón es que se coloca en obra sin necesidad de vibración, interna o externa, compactándose exclusivamente por su propio peso.

En el plano normativo la evolución no ha ido acompasada con el desarrollo tecnológico del HAC. En la actualidad el comité AEN/CTN 83 de AENOR acaba de publicar las normas UNE de los métodos de ensayo y, por su parte, el Ministerio de Fomento está trabajando en la formulación de las prescripciones técnicas que permitan incorporar el HAC en la próxima revisión de la Instrucción de Hormigón Estructural, EHE.

Con la finalidad de concretar unas especificaciones normativas que regulen el uso del HAC en nuestras obras y en el marco del impulso a la innovación tecnológica que promueve, la Consejería de Obras Públicas y Transportes de la Junta de Andalucía decidió abordar la redacción de este documento que aportase las recomendaciones técnicas necesarias para la fabricación, puesta en obra y curado de este novedoso producto, hasta tanto no se aprueben las prescripciones y normativas al respecto, por los organismos competentes.

Para ello se constituyó un Grupo de Trabajo integrado por especialistas en la tecnología del hormigón autocompactante, que en el corto plazo de cuatro meses ha redactado este documento, y al cual quiero agradecer su buen quehacer y dedicación. También quiero agradecer su colaboración al equipo de la obra del Puente del Dragón en Alcalá de Guadaíra (Sevilla), donde se han desarrollado las pruebas a escala real, que tanto han aportado a este documento.

Para finalizar espero que estas recomendaciones redundarán en una apreciable mejora de la calidad de las estructuras de hormigón ejecutadas con esta tipología en Andalucía.

Santiago Bobo Ruíz
Coordinador del Grupo

ÍNDICE

0. NOTAS PREVIAS PARA EL USO DE ESTAS RECOMENDACIONES.
1. DEFINICIÓN DE HORMIGÓN AUTOCOMPACTANTE.
2. MATERIALES COMPONENTES.
 - 2.1 CEMENTOS.
 - 2.2 AGUA.
 - 2.3 ÁRIDOS.
 - 2.3.1 Árido grueso (gravas).
 - 2.3.2 Árido fino (arenas).
 - 2.3.3 Filler (polvo mineral).
 - 2.4. ADITIVOS.
 - 2.5. ADICIONES.
 - 2.6. OTROS COMPONENTES.
3. DISEÑO DEL MATERIAL.
 - 3.1 CARACTERÍSTICAS DEL ESTADO FRESCO.
 - 3.2 CARACTERIZACIÓN DE LA AUTOCOMPACTABILIDAD. MÉTODOS DE ENSAYO.
 - 3.3 ESPECIFICACIONES GENERALES DE LOS PARÁMETROS DE AUTOCOMPACTABILIDAD.
 - 3.4 DOSIFICACIÓN.
 - 3.4.1 Condicionantes externos.
 - 3.4.2 Exigencias de autocompactabilidad.
4. TIPIFICACIÓN.
 - 4.1 CLASES DE HAC SEGÚN SU AUTOCOMPACTABILIDAD.
 - 4.2 DESIGNACIÓN DEL HORMIGÓN.
5. FABRICACIÓN Y TRANSPORTE A OBRA.
 - 5.1 VERIFICACIÓN DE LA CENTRAL DE FABRICACIÓN.
 - 5.2 EQUIPOS DE AMASADO.
 - 5.3 TIEMPO ABIERTO. TIEMPO DE USO.
6. PUESTA EN OBRA.
 - 6.1 ENCOFRADOS.
 - 6.2 COLOCACIÓN DEL HORMIGÓN.
 - 6.3 CURADO DEL HORMIGÓN.
7. CONTROL DE CALIDAD DE LOS MATERIALES.
 - 7.1 CONTROL DE LOS COMPONENTES DEL HORMIGÓN.
 - 7.1.1 Cementos.
 - 7.1.2 Agua de amasado.
 - 7.1.3 Áridos gruesos y finos.

- 7.1.3.1 Especificaciones.
- 7.1.3.2 Control de procedencia.
- 7.1.3.3 Control de fabricación.
- 7.1.4 Filler.
 - 7.1.4.1 Especificaciones.
 - 7.1.4.2 Control de procedencia.
 - 7.1.4.3 Control de fabricación.
- 7.1.5 Aditivos y adiciones.
- 7.2 CONTROL DEL HORMIGÓN
 - 7.2.1 Control de calidad del hormigón.
 - 7.2.2 Control de la consistencia, autocompactabilidad del hormigón.
 - 7.2.2.1 Ensayos previos.
 - 7.2.2.2 Ensayos característicos.
 - 7.2.2.3 Ensayos de control de la fabricación.
 - 7.2.3 Control de resistencia del hormigón.
 - 7.2.4 Control de las especificaciones relativas a la durabilidad del hormigón.
 - 7.2.5 Ensayos previos del hormigón.
 - 7.2.6 Ensayos característicos del hormigón.
 - 7.2.7 Ensayos de control del hormigón.
 - 7.2.8 Ensayos de información complementaria del hormigón.

8. CONTROL DE EJECUCIÓN.

0. NOTAS PREVIAS PARA EL USO DE ESTAS RECOMENDACIONES.

Estas Recomendaciones se han redactado en el formato habitual de un Pliego de Prescripciones Técnicas, de tal forma que se facilite el trabajo de incorporación de las mismas a los Proyectos tras su lectura y revisión.

Para su mejor comprensión, a lo largo de los distintos apartados del documento se han incluido numerosos comentarios, enmarcados por un recuadro y con la tipografía en letra cursiva.

1. DEFINICIÓN DE HORMIGÓN AUTOCOMPACTANTE.

El hormigón autocompactante se define como un hormigón diseñado para que posea una consistencia líquida, capaz de llenar los moldes y encofrados por la simple acción de la gravedad, es decir de su propio peso, sin ayuda de medios de compactación externos o internos, y que confiere a la estructura una calidad igual, al menos, a la proporcionada por el hormigón convencional. Debe mantenerse homogéneo y estable tanto en el transporte como en la puesta en obra, no produciendo segregaciones del árido grueso, exudaciones de lechada y siendo capaz de atravesar los obstáculos que constituyen las armaduras. Este período de estabilidad, tiempo “abierto” del HAC, deberá persistir desde su fabricación hasta su puesta en obra.

Tal consistencia requiere de un adecuado balance entre la fluidez necesaria para rellenar el encofrado y la viscosidad capaz de dotar a la mezcla de la suficiente resistencia a la segregación. Estas dos propiedades esenciales y opuestas, deben encontrarse en un equilibrio estable y óptimo en el HAC.

El hormigón autocompactante debe cumplir los mismos requerimientos que el hormigón tradicional en términos de resistencia y durabilidad. La propiedad que lo define y diferencia es la autocompactabilidad que se consigue a través de una:

- *Adecuada fluidez para rellenar el molde o encofrado.*
- *Apropiada viscosidad para proporcionar una elevada resistencia a la segregación del árido grueso y evitar la exudación de la lechada.*
- *Capacidad de paso entre las armaduras sin producir bloqueo del árido grueso.*

2. MATERIALES COMPONENTES.

Será de aplicación lo indicado en el artículo 1º de la EHE:

Sólo podrán utilizarse los productos de construcción (cementos, áridos, hormigones, aceros, etc.) legalmente comercializados en países que sean miembros de la Unión Europea o bien que sean parte en el Acuerdo sobre el Espacio Económico Europeo, y estarán sujetos a

lo previsto, en el Real Decreto 1630/1992, de 29 de diciembre (modificado por el Real Decreto 1328/1995, de 28 de julio), por el que se dictan disposiciones para la libre circulación de productos de construcción, en aplicación de la Directiva 89/106/CEE. En particular, en lo referente a los procedimientos especiales de reconocimiento, los productos estarán sujetos a lo dispuesto en el artículo 9 del citado Real Decreto.

Independientemente de lo anterior, en todo caso se estará, además, a lo dispuesto en la legislación vigente en materia medioambiental, de prevención de riesgos laborales y de almacenamiento y transporte de productos de construcción.

Los materiales componentes utilizados en los hormigones autocompactantes son los mismos que los empleados en los hormigones tradicionales, es por lo que serán de aplicación las especificaciones recogidas en el Título 3º “Propiedades tecnológicas de los materiales” de la Instrucción de Hormigón Estructural (EHE), incluyendo otros requisitos adicionales específicos para este material que serán citados en sus respectivos apartados.

Los materiales componentes deben satisfacer las especificaciones de calidad prescritas en la Instrucción EHE.

Los requisitos específicos, que estas Recomendaciones disponen para estos constituyentes tienen como finalidad conseguir la autocompactabilidad del hormigón con ellos fabricado.

2.1. CEMENTOS.

Podrán utilizarse los mismos cementos que indica la Instrucción EHE en su artículo 26. En su control se estará a lo dispuesto en la vigente Instrucción de Recepción de cementos RC-03.

Las prescripciones relativas a los cementos a emplear con el hormigón autocompactante no difieren en relación con los hormigones convencionales. Se podrá optar por la utilización de cementos con adiciones (cementos de los tipos II, III, IV o V) o por el uso de cementos portland tipo I y las adiciones directas reglamentadas en el art. 29.2. de la Instrucción EHE (humo de sílice o cenizas volantes). En todos los casos, si resultase necesario, se podrían complementar los finos de la arena mediante la incorporación de filler inerte.

El contenido de cemento habitual en el HAC oscila entre los 250 y los 450 kg/m³. Por debajo de 350 Kg/m³ se precisa incluir adiciones para aumentar el contenido de finos y por encima de 500 Kg/m³ la retracción puede alcanzar valores excesivos.

2.2. AGUA.

Será de aplicación lo indicado en el artículo 27 de la Instrucción EHE.

En general, no debe utilizarse agua reciclada para la fabricación de estos hormigones, pero, si su uso fuera imprescindible, se controlará que no contenga agentes químicos ni partículas sólidas que afecten a la reología.

2.3. ÁRIDOS.

Los áridos, gruesos, finos y filleres, que se emplearán en la fabricación de los hormigones son los definidos en la norma UNE-EN 12620.

Los áridos estarán en posesión del marcado CE, estando a disposición de la Dirección de las Obras la documentación que ello implica: declaración de conformidad del fabricante, certificado del control de producción de un organismo notificado y el etiquetado CE.

Con carácter general serán de aplicación las especificaciones indicadas en el artículo 28 de la Instrucción EHE, excepción hecha de las recomendaciones que se exponen seguidamente.

2.3.1. Árido grueso (gravas).

El tamaño máximo del árido grueso será inferior a:

- 2/3 de la separación entre barras, grupos de barras o vainas de pretensado.
- 3/4 del recubrimiento mínimo.
- 25 mm.

En la práctica son recomendables los tamaños máximos comprendidos entre los 12 y 20 mm. (tamaños definidos en UNE-EN 12620).

El índice de lajas será inferior a 35 (*FI 35 UNE-EN 12620*), siendo deseable un valor inferior a 20 (*FI 20 UNE-EN 12620*).

Las especificaciones físicas, químicas y mecánicas del árido grueso son comunes a las definidas para los hormigones tradicionales, recomendándose no obstante mayor control sobre el tamaño máximo y el coeficiente de forma o el índice de lajas a fin de garantizar una mayor deformabilidad y disminuir los riesgos de bloqueo. Del mismo modo, para obtener una óptima calidad en el hormigón, también se recomienda el cumplimiento de las siguientes condiciones:

- *Coficiente de forma igual o superior a 20 (SI20 UNE-EN 12620).*
- *Contenido de finos máximo para el árido grueso el 1,5% (f1.5 UNE-EN 12620).*
- *Absorción de agua de los áridos inferior al 2% (UNE 1097-6).*

Las mezclas de áridos de granulometrías discontinuas ofrecen mejores resultados que las de granulometrías continuas (que originan mayor fricción interna pudiendo reducir la velocidad del flujo). En el mismo sentido, el árido machacado tiende a mejorar la resistencia, mientras que el rodado facilita el flujo a causa de su menor fricción interna.

2.3.2. Árido fino (arenas).

Debido a la mayor dotación de finos que precisan los hormigones autocompactantes para obtener sus propiedades reológicas no resultan de aplicación las limitaciones al contenido máximo de finos de las arenas expresadas en el artículo 28.3.3 de la Instrucción EHE, siempre y cuando se cumplan el resto de especificaciones físico, químico y mecánicas, exigidas por dicha Instrucción.

El árido fino es el de mayor responsabilidad en la calidad final de los hormigones. No es posible hacer un buen hormigón con una arena deficiente.

No existe limitación en cuanto a la naturaleza de las arenas a utilizar en el hormigón autocompactante. Todas las arenas adecuadas para el hormigón convencional lo son también para el HAC, si bien la mayor fluidez se obtiene con arenas de río y es preferible evitar el empleo de arenas silíceas machadas, por su forma lajosa. Es necesaria una curva granulométrica continua, sin cortes en su distribución.

Se recomienda un contenido de finos máximo para el árido fino del 10% (f10 UNE-EN 12620). Se comprobará la calidad de los finos mediante los ensayos pertinentes de equivalente de arena y, en su caso, de determinación de partículas arcillosas.

2.3.3. Filler (polvo mineral).

Los filleres son áridos cuya mayor parte pasa por el tamiz 0.063 mm y que se obtienen por tratamiento de los materiales de los que provienen.

Son filleres adecuados aquellos que provienen de los mismos materiales que los áridos que cumplen las prescripciones especificadas en el artículo 28 de la Instrucción EHE.

De acuerdo con la norma UNE-EN 12620 la granulometría del filler debe estar comprendida entre los límites especificados en la tabla 1.

Tabla 1
Requisitos granulométricos para el filler

| Tamaño de tamiz mm | Porcentaje que pasa en masa | |
|-----------------------|---|--|
| | Intervalo general para resultados individuales | Intervalo máximo declarado por el fabricante * |
| 2 | 100 | - |
| 0.125 | 85 a 100 | 10 |
| 0.063 | 70 a 100 | 10 |

* Intervalo granulométrico declarado a partir de los últimos valores. El 90% de los resultados debe quedar comprendido en este intervalo, y todos los resultados deberán quedar comprendidos en el intervalo granulométrico general (columna central)

Con carácter exclusivo para el HAC, la cantidad resultante de sumar la eventual adición caliza del cemento más las partículas de filler calizo que pasen por el tamiz UNE 0.063 no podrá exceder de 250 kg por cada m³ de hormigón.

La autocompactabilidad precisa de una dotación suficiente de finos (del orden de los 450 a los 600 Kg/m³ de hormigón), entendido como tal el material que pasa por el tamiz 0.125 mm. Estos finos pueden proceder del cemento, de las adiciones activas o pueden aportarse como filler o polvo mineral inerte.

La demanda de agua derivada de esta elevada dotación de finos ha de compensarse mediante el empleo de aditivos superplastificantes que garanticen el cumplimiento de las relaciones agua/cemento especificadas en el artículo 37.3.2. de la Instrucción EHE.

Cuando pueda producirse la presencia simultánea de abundancia de agua, temperaturas inferiores a 15°C y la existencia de una fuente externa de aportación de sulfatos, incluidos los sulfuros del terreno, se recomienda el empleo de adiciones puzolánicas en sustitución del filler calizo.

Antes de comenzar el suministro, el peticionario exigirá al suministrador la documentación relativa al mercado CE. Por su parte éste notificará al peticionario cualquier cambio en la producción que pueda afectar a la validez de la información proporcionada.

Cada envío de filler irá acompañado de una hoja de suministro que estará en todo momento a disposición de la Dirección de Obra, y en la que figurará, como mínimo, los datos siguientes:

- Nombre del suministrador.
- Número de serie de la hoja de suministro.
- Nombre de la cantera.
- Fecha de entrega.
- Nombre del peticionario.
- Tipo de filler.
- Cantidad de filler suministrada.
- Identificación del lugar de suministro.

Las condiciones de almacenamiento del filler serán similares a las exigidas en el artículo 26.3 de la Instrucción EHE para los cementos.

2.4. ADITIVOS.

Será de aplicación lo indicado en el artículo 29.1 de la Instrucción EHE complementado por las recomendaciones que siguen.

Para la confección de un HAC es imprescindible la utilización de un aditivo superplastificante de última generación (de cadena larga) y, usualmente, en concentraciones superiores a las habitualmente utilizadas. Eventualmente pueden incorporarse otros aditivos para modificar la viscosidad, ocluir aire, acelerar o retardar el fraguado, etc.

La última generación de aditivos superplastificantes, (UNE-EN 934-2 2002), está basada en copolímeros de ácido acrílico y grupos éter de ácido acrílico. Estos aditivos aumentan la trabajabilidad del hormigón sin producir segregación. Son imprescindibles para la confección del HAC al mejorar el poder reductor de agua de los aditivos tradicionales. Estos productos con moléculas de éter policarboxílico modificado son capaces de reducir agua en valores superiores al 35%, consiguiendo fluidez partiendo de consistencias secas.

Además de en la repulsión electrostática, fundamentan su efecto dispersante en importantes cadenas laterales que crecen más allá de los productos de hidratación del cemento activando nuevas moléculas en el transcurso del tiempo, confiriendo al hormigón la reducción elevada de agua necesaria para fluir, gran cohesión y tiempo de manejabilidad muy superior al de los superplastificantes convencionales.

Los aditivos modificadores de la viscosidad, (moduladores), son productos generalmente basados en glicoles y amidas solubles en agua que añadidos al hormigón mejoran la cohesión de la masa en estado fresco, impidiendo la segregación y limitando la pérdida de agua por exudación, lo que permite disminuir la susceptibilidad del HAC a las variaciones en el contenido de finos, en la humedad o en la distribución granulométrica, mejorando la robustez de la mezcla. Aunque su empleo en estos hormigones no es imprescindible, utilizados conjuntamente con los superplastificantes de última generación permiten obtener hormigones autocompactantes estables y de gran fluidez.

Los aditivos superplastificantes habrán de cumplir las especificaciones de la norma UNE EN 934-2:2002. Independientemente del poder reductor de agua, las propiedades del aditivo deben ajustarse a las características de cada aplicación, (demanda de resistencias iniciales, prolongado mantenimiento de la consistencia, etc.), así como al tipo de cemento, adición y áridos empleados.

Será preceptiva la realización de ensayos previos, antes del empleo del hormigón, para verificar sus prestaciones mecánicas y la compatibilidad entre aditivos y, en especial, entre éstos y el cemento. Se comprobará el correcto mantenimiento de la autocompactabilidad durante el tiempo estimado como necesario para la puesta en obra del hormigón.

2.5. ADICIONES.

El empleo de adiciones puede ser necesario para complementar la demanda de finos que requiere la autocompactabilidad. En cualquier caso, no se introduce modificación en los tipos y dosificaciones máximas permitidas para las adiciones reglamentadas por la Instrucción EHE en su artículo 29.2, que limita el uso de adiciones directas al hormigón, permitiendo como tales tan sólo las cenizas volantes (hasta un 35% respecto al peso de cemento) y el humo de sílice (hasta un máximo del 10% respecto al peso de cemento), y siempre empleando CEM I. Otra opción igualmente válida para el empleo de adiciones en el hormigón es recurrir a cementos que las incorporen en su composición (cementos normalizados de los tipos CEM II, CEM III, CEM IV o CEM V).

Cenizas volantes. Su incorporación al HAC es beneficiosa porque ayuda a conseguir la autocompactabilidad, aumentando la cohesión y disminuyendo la sensibilidad a las variaciones de humedad, a la vez que permite disminuir el contenido de cemento gracias a su notable evolución de resistencias a medio y largo plazo, lo que permite obtener un moderado calor de hidratación en la mezcla reduciendo en consecuencia la retracción endógena.

Debe asegurarse una óptima calidad de la ceniza. Aquéllas con elevado contenido de residuos no quemados pueden provocar manchas negras en la superficie del hormigón, ya que por diferencia de densidad y apoyados por la elevada fluidez, emergen con facilidad a la superficie. Dosis excesivas de cenizas volantes también pueden incrementar excesivamente la cohesión a costa de la fluidez.

Humo de sílice. La incorporación de humo de sílice a un HAC, al igual que en los hormigones tradicionales, se limita a los hormigones de alta resistencia ya que por sí misma, en las dosificaciones máximas establecidas, no es suficiente para satisfacer las necesidades de finos de un HAC. Esta adición aumenta la resistencia del hormigón por la reducción de la porosidad y su acción puzolánica, pero presenta importantes limitaciones:

- Aumenta la magnitud de las retracciones plásticas y endógenas del hormigón.
- Eleva fuertemente la demanda de agua.
- Es un material de alto coste.

Escorias granuladas de horno alto. La adición de escoria granulada de horno alto es una opción muy adecuada cuando interesa obtener hormigones de bajo calor de hidratación, aunque una sobredosificación puede aumentar la susceptibilidad a la segregación. El medio de incorporar adiciones de este tipo será a través del uso de cementos tipo CEM II o CEMIII.

2.6. OTROS COMPONENTES.

En el HAC, además de los materiales ya indicados, se pueden utilizar cuando sean necesarios otros componentes tales como pigmentos o fibras, con las mismas especificaciones que en los hormigones tradicionales.

Pigmentos. Se emplean para la coloración del hormigón. Su uso no difiere en relación con la coloración del hormigón normal. La dispersión del pigmento en el HAC es, en general, más eficiente y el color final más uniforme tanto en la misma amasada como entre amasadas sucesivas. Por contra, las dosis necesarias pueden ser más elevadas al ser mayor el volumen de pasta. En cualquier caso, siempre deben utilizarse productos de calidad contrastada y efectuarse los oportunos ensayos previos.

Fibras. Las fibras más utilizadas son las de polipropileno y las de acero.

Las primeras tienen longitudes comprendidas entre los 6 y 18 mm, y se usan básicamente para disminuir la fisuración por asentamiento y retracción plástica, a la par que aumentan la resistencia al fuego. La dosificación habitual es de 0,6 a 1 Kg/m³. Sin embargo su uso requiere previamente verificar que no afecta a la autocompactabilidad y a la bombeabilidad del hormigón.

Las fibras de acero mejoran notablemente la resistencia a flexotracción, a impacto y la tenacidad del hormigón. Se define el factor de fibra F_f como: $F_f = m_f * l_f / (78,5 d_f)$, donde:

m_f es la dotación de fibras en Kg/m³, usualmente entre 20 y 60 kg/m³.

l_f es la longitud de la fibra en mm.

d_f es el diámetro equivalente de la fibra en mm.

En base a este factor F_f , para valores del mismo inferiores a 30 no es preciso modificar la composición de la mezcla con relación a un HAC normal, pues no se reducen significativamente ni la fluidez ni la capacidad de paso entre armaduras. Si F_f está comprendido en el rango 30-50 deberán hacerse pruebas para confirmar la idoneidad de la dosificación, mientras que valores superiores a 50 conllevarán probablemente la necesidad de incorporar más filler y/o incrementar la relación arena /grava en la mezcla.

3. DISEÑO DEL MATERIAL.

Los componentes del HAC son los mismos que aquellos del hormigón estructural convencional, sin embargo las proporciones de los mismos pueden variar significativamente respecto a las habituales para estos últimos, caracterizándose el hormigón autocompactante por un menor contenido de árido grueso, un mayor contenido de finos minerales y, en general, un menor tamaño máximo de árido.

3.1. CARACTERÍSTICAS DEL ESTADO FRESCO.

Para que un hormigón fresco pueda calificarse como autocompactante debe cumplir necesariamente tres propiedades –**parámetros de autocompactabilidad**- durante todo el tiempo que dure su transporte y colocación en obra:

- Capacidad de relleno del encofrado.
- Resistencia a la segregación o estabilidad.
- Capacidad de paso entre armaduras.

La capacidad de relleno del encofrado se obtiene mediante la utilización de aditivo superplastificante en la dosis adecuada para proporcionar la fluidez suficiente.

La resistencia a la segregación del árido grueso y a la exudación de lechada se gobierna regulando la viscosidad mediante la dosificación de un alto contenido de finos (material de diámetro inferior a 0,125 mm), el estricto control del contenido de agua y el establecimiento de una relación agua/finos comprendida entre 0,95 y 1,05, en volumen. Eventualmente puede recurrirse al uso de aditivos moduladores de la viscosidad.

La capacidad de paso de la mezcla entre las barras de armadura sin producir bloqueos del árido grueso se logra limitando el contenido de éste y su tamaño máximo.

Para la obtención de un producto de calidad uniforme resulta especialmente importante controlar la humedad de las arenas, al objeto de mantener la constancia en la relación agua/cemento prefijada.

Debido a la necesidad de lograr un equilibrio entre la fluidez y la viscosidad del HAC resulta de gran importancia el control de la dosificación real del agua de amasado, debiéndose contabilizar a estos efectos la que incorporan áridos y aditivos.

Las consideraciones que pueden establecerse sobre el efecto del agua en el HAC son las mismas que sobre el hormigón convencional: a una menor relación agua/cemento o agua/conglomerante corresponderán mejores resistencias mecánicas y mayor durabilidad e impermeabilidad a agentes químicos, gases y agua.

3.2. CARACTERIZACIÓN DE LA AUTOCOMPACTABILIDAD. MÉTODOS DE ENSAYO.

La docilidad del HAC no puede ser evaluada mediante el asiento en cono Abrams. Por otra parte, la medida directa de parámetros reológicos es dificultosa y requiere de un equipamiento complejo y costoso (reómetros).

Para solventar este problema se han desarrollado una serie de métodos de caracterización de las propiedades del hormigón en estado fresco, con los que se evalúan las propiedades de la mezcla para verificar que son las adecuadas y, si es necesario, se efectúan los ajustes pertinentes.

Los ensayos que se utilizarán para la caracterización de la autocompactabilidad en estas Recomendaciones son los siguientes:

- Hormigón autocompactante. Caracterización de la fluidez. Ensayo del escurrimiento. UNE 83361.
- Hormigón autocompactante. Caracterización de la fluidez en presencia de barras. Ensayo del escurrimiento con el anillo japonés. UNE 83362.
- Hormigón autocompactante. Caracterización de la fluidez en presencia de barras. Método de la caja en L. UNE 83363.

- Hormigón autocompactante. Determinación del tiempo de flujo. Ensayo del embudo en “V”. UNE 83364.

Las características medidas por estos ensayos son las indicadas en la tabla número 2

Tabla 2
Características medidas

| MÉTODO DE ENSAYO | CARACTERÍSTICAS MEDIDAS |
|---------------------------------|---|
| <i>ESCURRIMIENTO</i> | -Fluidez -Secundariamente permite verificar: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Resistencia a la segregación y exudación (estabilidad) ▪ Resistencia a la migración del aire |
| <i>ESCURRIMIENTO CON ANILLO</i> | -Capacidad de paso entre barras de armadura -Resistencia a la segregación y exudación (estabilidad) |
| <i>CAJA EN “L”</i> | -Capacidad de paso entre barras de armadura |
| <i>EMBUDO EN “V”</i> | -Viscosidad -Estabilidad (en ensayo a 5 minutos) |

3.3. ESPECIFICACIONES GENERALES DE LOS PARÁMETROS DE AUTOCOMPACTABILIDAD.

Las especificaciones generales para las características de autocompactabilidad son las indicadas en la tabla número 3.

Tabla 3
Especificaciones generales de los HAC

| ENSAYO | PARÁMETRO MEDIDO | RANGO ADMISIBLE | |
|----------------------------|-----------------------------|-----------------|------|
| | | MÍN. | MÁX. |
| Escurrecimiento | T_{50} (segundos) | 2 | 8 |
| | d_f (milímetros) | 550 | 850 |
| Escurrecimiento con anillo | $d_{jf} - d_f$ (milímetros) | - | 50 |
| | $A_2 - A_1$ (milímetros) | - | 15 |
| Caja en “L” | H_2 / H_1 | 0,75 | 1 |
| Embudo en “V” | T_v (segundos) | 6 | 15 |

3.4. DOSIFICACIÓN

En referencia a la durabilidad, a pesar de la menor porosidad y permeabilidad del HAC, se mantendrán los tipos de cemento a utilizar, los recubrimientos mínimos, la dosificación mínima de cemento y el valor máximo de la relación agua/cemento tal y como prescribe el artículo 37 de la Instrucción EHE para los hormigones convencionales. Asimismo, el control indirecto de estas limitaciones –dosificación de cemento y relación agua/cemento- se llevará

a cabo mediante el ensayo de penetración de agua bajo presión, con idénticas condiciones de aceptación a las ya existentes para los hormigones tradicionales.

La dosificación de los hormigones autocompactantes está condicionada por dos tipos de requerimientos: los externos, al igual que los hormigones tradicionales, y los específicos para su estado fresco.

3.4.1. Condicionantes externos.

De proyecto: espaciado entre barras de armadura, forma y dimensiones del elemento, acabado superficial, variaciones de espesor, etc.

Operativos: modalidad de llenado del molde (bomba, cubilote, canaleta, etc.), velocidad y duración del llenado, presiones sobre el encofrado, distancia desde el punto de vertido al frente de avance del hormigón, altura de caída, accesibilidad del camión hormigonera, distancia de transporte del hormigón, posicionamiento de los equipos de bombeo, etc.

Ambientales: temperatura ambiente y precipitaciones en el momento del llenado, gradientes térmicos e higrométricos durante el período de curado, etc.

De prestaciones: resistencias mecánicas, adherencia, módulo de deformación, deformaciones diferidas, comportamiento ante el fuego, etc., según las exigencias del proyecto.

De durabilidad: clase general o específica de exposición ambiental.

Por regla general los condicionantes de proyecto se traducen en especificaciones concretas sobre el tamaño máximo de árido, la fluidez o la viscosidad necesaria (léase apartado 4.1). Los condicionantes operativos determinan el tiempo abierto o de trabajabilidad de la mezcla, al igual que los ambientales que, además, pueden influir en otros aspectos relacionados con la puesta en obra como, por ejemplo, el curado.

En cuanto a las prestaciones, los hormigones autocompactantes ofrecen mayores resistencias mecánicas que los hormigones tradicionales equivalentes de igual relación agua/cemento y materiales componentes. Las deformaciones diferidas totales por retracción y fluencia no difieren sensiblemente y tan sólo el módulo de deformación registra valores de un 7 a un 15% inferiores a los usuales en los hormigones convencionales, debido al menor contenido de árido grueso del HAC y, consiguientemente, el menor efecto de engranamiento de áridos que se produce a ambos lados de una fisura.

3.4.2. Exigencias de autocompactabilidad.

Los sistemas de dosificación de mezclas para HAC son sustancialmente diferentes a los métodos tradicionales empleados en el hormigón convencional. Con una base esencialmente empírica, el común denominador de todos ellos es que requieren un diseño por etapas.

En una primera etapa es necesario optimizar la pasta –que actúa como vehículo de transporte del árido- y el esqueleto granular más adecuado (relación arena/grava que proporciona la máxima compacidad en seco sin compactar).

Posteriormente, en una segunda etapa, en base a las prestaciones mecánicas necesarias y a las exigencias de autocompactabilidad se determina el contenido de pasta que ha de incorporar la mezcla.

La composición del HAC requiere de los siguientes requisitos esenciales:

- Alto volumen de pasta (finos y agua), del 35 al 40% del total de mezcla.
- Bajo volumen de áridos gruesos (del 28 al 35% del total de mezcla).
- Reducido tamaño máximo del árido, normalmente no mayor de 20 mm.
- Relación arena/grava próxima a 1.
- Baja relación agua-finos.
- Uso de aditivos superplastificantes.

A título meramente informativo, como orden de magnitud, en la tabla número 4 puede verse el rango típico de los constituyentes del hormigón autocompactante por metro cúbico de hormigón.

Tabla 4
Dosificación aproximada de un HAC

| MATERIAL | PESO (Kg. / m³) |
|--|-----------------------------------|
| <i>POLVO (Cemento + filler + adiciones)</i> | <i>380 – 600</i> |
| <i>PASTA (Cemento + filler + adiciones + agua)</i> | <i>530 – 810</i> |
| <i>AGUA</i> | <i>150 – 210</i> |
| <i>ÁRIDO GRUESO</i> | <i>650 – 900</i> |
| <i>ARENA</i> | <i>(*)</i> |
| <i>RELACIÓN AGUA/POLVO (volumen)</i> | <i>0.95 – 1.05</i> |

() Para ajustar la dosificación. Normalmente supone del 48 al 55 % del peso total del árido grueso más la arena*

4. TIPIFICACIÓN.

4.1. CLASES DE HAC SEGÚN SU AUTOCOMPACTABILIDAD.

A continuación se fijan las especificaciones para distintas categorías, en las que se pueden dividir, a partir de las generales, los HAC.

Según la fluidez se pueden establecer las clases que se indican en la tabla número 5.

Tabla 5
Clases de HAC según su fluidez

| CLASE | DIÁMETRO DE ESCURRIMIENTO (d) (mm) |
|-------|---------------------------------------|
| F1 | 550 a 650 |
| F2 | 660 a 750 |
| F3 | 760 a 850 |

Se recomienda la siguiente especificación de clases en función de las características de cada aplicación:

- **Clase F1:** *Adecuada para:*
 - *Hormigones en masa o ligeramente armados.*
 - *Hormigones armados donde por su reducida sección no se prevea un largo recorrido horizontal para el hormigón (por ejemplo, cimentaciones profundas).*
 - *Hormigones bombeados en túneles.*
 - *Hormigonado de pavimentos en rampa.*
- **Clase F2:** *Adecuada para la mayor parte de aplicaciones (muros, vigas, pilares, forjados, losas).*
- **Clase F3:** *Aplicable en estructuras densamente armadas, esbeltas, con formas complejas o a rellenar desde el fondo del encofrado. Se trata normalmente de hormigones con tamaño máximo de árido inferior a 16 mm y son los que ofrecen un mejor acabado superficial. Son más propensos a la segregación, por lo que en ellos habrá de extremarse el control.*

Según la viscosidad se pueden establecer las clases que se indican en la tabla número 6. La determinación puede realizarse por uno cualquiera de los dos métodos de ensayo que se relacionan en la tabla, preferentemente por el ensayo del embudo en “V”.

Tabla 6
Clases de HAC según su viscosidad

| CLASE | T _v EN EL ENSAYO DEL EMBUDO EN “V” (segundos) | T ₅₀ EN EL ENSAYO DE ESCURRIMIENTO (segundos) |
|-------|--|--|
| V1 | ≤ 8 | ≤ 2 |
| V2 | 8 a 13 | 2 a 8 |

Se recomienda la adopción de:

- *Clase V1: Para obtener alta capacidad de relleno en zonas congestionadas, hormigones con carácter autonivelante o acabados óptimos. Es, más vulnerable a la segregación.*
- *Clase V2: Cuando deban reducirse las presiones sobre los encofrados. Los acabados son de menor calidad y son hormigones más sensibles a dejar marcas o producir juntas frías cuando se interrumpe el hormigonado.*

4.2. DESIGNACIÓN DEL HORMIGÓN.

En estas Recomendaciones se recogen tres posibilidades de designación del hormigón autocompactante:

- Mediante especificaciones generales.
- Mediante especificaciones de clase.
- De acuerdo con las características de la obra el proyectista puede fijar otros límites para los parámetros de autocompactabilidad. En este caso es aconsejable que se encuentren dentro de los límites de las especificaciones generales.

La tipificación de los hormigones autocompactantes es análoga a la de los hormigones convencionales indicados en el Artículo 39.2 de la EHE sin más que utilizar como indicativo C:

- AC para los hormigones autocompactantes, solamente sujetos a especificaciones generales.
- AC seguido entre paréntesis por la clase o clases –separadas por un guión- en las que se limita alguna característica de autocompactabilidad.
- AC seguido entre paréntesis por la especificación de una o varias –separadas por guiones- características de autocompactabilidad que decida el proyectista.

Ejemplos:

La tipificación de un hormigón autocompactante armado, de especificación general, de resistencia de proyecto 35 MPa. Tamaño máximo 15 milímetros y ambiente III_b + Q_b sería:

$$HA - 35 /AC/15/ III_b + Q_b$$

La tipificación de un hormigón autocompactante pretensado, definido por clase para fluidez F2 y viscosidad V2, de resistencia de proyecto 35 MPa, tamaño máximo 15 milímetros y ambiente II_a sería:

$$HP - 35/AC(F2-V2)/15/ II_a$$

El mismo hormigón del primer ejemplo, pero especificando un valor del escurrimiento entre 600 y 660 milímetros se tipificaría así:

$$HA - 35 /AC(df 600 - 660)/15/ III_b + Q_b$$

5. FABRICACIÓN Y TRANSPORTE A OBRA DEL HORMIGÓN.

Será de aplicación lo indicado en el artículo 69 de la Instrucción EHE con las siguientes especificaciones:

5.1. VERIFICACIÓN DE LA PLANTA DE HORMIGÓN.

El hormigón autocompactante debe fabricarse en central, perteneciente o no a la obra.

Antes de iniciar el proceso de hormigonado, y como control de recepción de la obra, la planta de hormigón deberá haber sido verificada, y aceptada por la Dirección de Obra, de acuerdo con el modelo de verificación de instalaciones de GIASA.

5.2. EQUIPOS DE AMASADO.

Para la fabricación de estos hormigones, es recomendable el uso de amasadoras fijas con las que se obtenga una mezcla homogénea y completamente amasada que haya sido verificada en el cumplimiento de las condiciones de homogeneidad fijadas en el 69.2.5 de la Instrucción EHE con una antigüedad máxima de 6 meses.

En el caso de que esto no sea posible y hayan de utilizarse para el amasado del hormigón equipos móviles, camiones hormigonera, antes de iniciarse el proceso de hormigonado, éstos deberán haber sido verificados y aprobados comprobándose la homogeneidad de sus amasadas de acuerdo con lo indicado en el artículo 69.2.5 de la Instrucción EHE. Esta comprobación no será preceptiva en el caso de disponer de ésta, realizada por laboratorio acreditado, con una antigüedad inferior a 6 meses.

Se prohibirá expresamente la incorporación de agua al hormigón, en el transporte y en la obra. La adición de los aditivos deberá realizarse siguiendo las indicaciones del fabricante y en función de las condiciones de transporte a obra, pudiendo ser conveniente añadir, total o parcialmente, el aditivo ya en obra, siempre bajo control del fabricante del hormigón.

El amasado puede requerir mayor tiempo del habitual, debido al alto contenido en pasta. Como consecuencia de la gran cohesión que presentan estas mezclas pueden formarse grumos o “bolas” de áridos segregados no fáciles de dispersar en la masa. Es conveniente amasar la mezcla menos fluidificada, y una vez homogéneamente mezclada, añadir el resto del agua y el aditivo. Se obtiene una mejor mezcla si se amasa el hormigón en una amasadora fija de eje forzado que cuando se amasa directamente en camión.

Si el amasado se realiza en camión, es conveniente, para conseguir una mezcla más homogénea:

- *Introducir 2/3 de agua, los áridos y el cemento y mezclar completamente.*
- *Una vez se obtenga una mezcla uniforme, añadir el resto del agua y los aditivos ajustando la consistencia final y amasado completo.*
- *Si es necesario, se realizará la carga en dos o más amasadas independientes.*

En caso de utilizar aditivos incorporadores de aire ocluido deben añadirse en la primera carga y amasado.

Se tendrá la precaución de no llenar excesivamente el camión a efectos de evitar derrames durante el transporte y facilitar el amasado.

5.3. TIEMPO ABIERTO. TIEMPO DE USO

Se entiende por Tiempo abierto el tiempo durante el cual el hormigón mantiene sus características de autocompactabilidad. Tiempo de uso es el necesario para la fabricación, el transporte y la colocación del hormigón.

Las particularidades de este hormigón exigen que diariamente se compruebe y ajuste en su caso la dosificación, principalmente de agua y aditivos, para garantizar las condiciones de autocompactabilidad durante todo el tiempo previsto de uso, que se fijará en función de las condiciones operativas y ambientales.

Diariamente deben realizarse ensayos sobre el hormigón fresco para comprobar que el tiempo abierto es superior al tiempo de uso prescrito para el hormigón. Ello se llevará a cabo por repetición de cada ensayo sobre la misma amasada, en planta y previo a la colocación en obra (Ver apartado 7.2.2.3). De ser necesario un mayor tiempo abierto se ajustará la cantidad de agua y aditivos.

6. PUESTA EN OBRA.

Será de aplicación lo indicado en los artículos 70 a 74 de la Instrucción EHE con las recomendaciones recogidas en los siguientes apartados.

6.1. ENCOFRADOS

Los encofrados y moldes utilizados para el HAC requieren alguna particularidad especial debido a las características de éste. El HAC no aumenta las pérdidas de lechada en las juntas de encofrado, si bien es deseable asegurar una buena estanqueidad del mismo como en el caso de utilizar hormigón convencional.

Debido a la fluidez y alta velocidad de puesta en obra de los HAC, los encofrados deben estar calculados para soportar presiones de tipo hidrostático –considerando el hormigón como un fluido de peso específico $\gamma = 24 \text{ KN/m}^3$, y han de contar con una rigidez suficiente para evitar deformaciones de la pieza fuera de tolerancias.

La superficie del encofrado en contacto con el hormigón debe presentar un perfecto estado, pues cualquier defecto se reflejará, con mayor intensidad de lo que ocurre con los hormigones tradicionales, en el acabado superficial del hormigón.

Normalmente la piel del encofrado utilizada con los HAC suele ser de acero o de superficies plastificadas no absorbentes con las que se obtienen unas texturas superficiales muy uniformes de color y con muy pocas burbujas.

Debe controlarse la cantidad de desencofrante. Un exceso puede retener las burbujas de aire y crear imperfecciones en la superficie, una aplicación normal puede ser del orden de 10 g/m² en el caso de superficies de acero. También debe cuidarse la elección del tipo de desencofrante, pues no debe ser tan viscoso que impida la salida del aire entre el encofrado y el hormigón. Los mejores resultados los ofrecen los aceites de base vegetal.

En los casos que se requiere cuidar el acabado de la superficie del hormigón conviene tener en cuenta:

- *En encofrados de madera sin revestir, conviene evitar la madera seca o completamente nueva ya que al tener una gran absorción puede crear defectos superficiales. La madera nueva debe tratarse con agentes sellantes y a medida que va teniendo más usos debe limitarse la cantidad de desencofrante utilizado.*
- *En el caso de materiales sintéticos no absorbentes es importante elegir bien el desencofrante para evitar los efectos mencionados. Se recomienda realizar alguna prueba.*

6.2. COLOCACIÓN DEL HORMIGÓN.

El HAC puede colocarse simplemente por caída libre y gravedad, con la ayuda de tubos tremi u otros dispositivos semejantes a los del hormigón tradicional, sin la utilización de vibrado para conseguir la compactación correcta, cuyo empleo puede ser perjudicial en estos hormigones.

En el caso de utilizar como modo de puesta en obra el bombeo cabe la posibilidad de realizar la colocación desde la parte más baja del encofrado, que incorporará una válvula para tal fin. Mediante este sistema se obtiene un acabado óptimo de los paramentos.

En el caso de hormigonados en caída libre, se debe limitar la altura máxima de vertido a 5 metros descargándolo de la forma más continua posible y empezando desde el centro del molde o encofrado.

Debe moverse el punto de descarga para que el hormigón no tenga que desplazarse más de 10 metros en horizontal dentro del molde, dado que la capacidad autocompactante no es ilimitada y los múltiples obstáculos que va encontrándose en el camino van dificultando su puesta en obra.

Se iniciará el vertido del hormigón desde el centro del molde o encofrado y se irá moviendo hacia los extremos, este vertido es preferible a utilizar varios flujos de descarga al poderse crear zonas de llenado insuficiente.

Los sistemas de acabado superficial son comunes a los de los hormigones tradicionales, aunque en casi todos los casos de hormigonado de elementos horizontales es necesario utilizar fratasado o tampeado de la superficie debido a la subida del aire ocluido que origina un burbujeo superficial que necesita repaso instantáneo.

Para los elementos superficiales que requieran pulido u otros tratamientos, los tiempos de espera para la aplicación son semejantes a los de los hormigones convencionales.

6.3. CURADO DEL HORMIGÓN.

Es importante realizar un buen curado que evite la desecación superficial y los efectos de la retracción plástica, a la que el HAC es más vulnerable que el hormigón tradicional.

El curado inicial se deberá empezar tan pronto como sea posible, después de la colocación y terminación de la superficie de tal forma que, sobre todo en elementos de elevada relación superficie/volumen, se evite la fisuración por retracción plástica.

Los tiempos de aplicación de los períodos de curado son similares a los utilizados en los hormigones tradicionales.

7. CONTROL DE CALIDAD DE LOS MATERIALES.

Será de aplicación lo indicado en el artículo 81 de la EHE con las especificaciones adicionales para la autocompactabilidad.

Se debe garantizar la autocompactabilidad de todas las partidas colocadas en obra, lo que implica disponer de un plan de control suficientemente exigente sobre:

- La recepción y acopio de los materiales componentes.
- Diseño de las fórmulas de trabajo.
- Ensayos previos y característicos.
- Determinación del tiempo abierto.
- El control de recepción en obra de todas las partidas antes de su colocación.

7.1. CONTROL DE LOS COMPONENTES DEL HORMIGÓN.

7.1.1. Cementos.

Será de aplicación lo indicado en el artículo 81.1 de la EHE.

7.1.2. Agua de amasado.

Será de aplicación lo indicado en el artículo 81.2 de la EHE.

7.1.3. Áridos gruesos y finos.

Será de aplicación lo indicado en el artículo 81.3 de la EHE, con las siguientes especificaciones:

7.1.3.1. Especificaciones

Son las indicadas en el artículo 2.3 de estas Recomendaciones.

Además de éstas, el módulo de finura de la arena no debe tener variaciones superiores a ± 0.20 .

7.1.3.2. Control de procedencia

Antes de comenzar la obra, siempre que varíen las condiciones de suministro, y si no se dispone de un certificado de idoneidad de los áridos que vayan a utilizarse emitido como máximo un año antes de la fecha de empleo por un laboratorio oficial u oficialmente acreditado, se realizarán los ensayos de identificación y los correspondientes a las condiciones físicas, químicas y mecánicas especificadas en el artículo 2.3 de estas Recomendaciones.

El suministrador facilitará copia de los controles y ensayos realizados sobre los áridos exigidos por el mercado CE.

7.1.3.3. Control de fabricación

Se examinará la descarga al acopio o alimentación de la central de fabricación, desechando los áridos que, a simple vista, presentasen restos de tierra vegetal, materia orgánica o tamaños superiores al máximo. Se acopiarán aparte aquellos que presentasen alguna anomalía de aspecto, tal como distinta coloración, segregación, lajas, plasticidad, etc. y se vigilará la altura de los acopios y el estado de los separadores y accesos.

Sobre cada fracción de árido que se reciba se realizarán los siguientes ensayos

Al menos dos veces al día, una por la mañana y otra por la tarde:

- Determinación inmediata (método del carburo, método del alcohol...), de la humedad de los áridos.
- Análisis granulométrico, según la UNE-EN 933-1.
- Equivalente de arena del árido fino, según la UNE 83131.
- En su caso, el contenido de partículas arcillosas del árido fino, según la UNE-EN 933-9.

Al menos una vez en semana:

- Índice de lajas del árido grueso, según la UNE-EN 933-3.

Al menos una vez al mes:

- Determinación de la absorción de agua UNE-EN 1097-6.

- Sustancias perjudiciales, según el artículo 28 de la EHE.
 - Terrones de arcilla, según UNE 7133:58.
 - Partículas blandas, según UNE 7134:58.
 - Material retenido por el tamiz 0.063 y que flota en un líquido de peso específico 2, según UNE 7244:71.
 - Compuestos totales de azufre, según UNE-EN 1744-1:99.
 - Sulfatos solubles en ácido, según UNE-EN 1744-1:99.
 - Cloruros, según UNE-EN 1744-1:99.

7.1.4. Filler

7.1.4.1. Especificaciones

Son las indicadas en el apartado 2.3 de estas Recomendaciones.

7.1.4.2. Control de procedencia

Todas las partidas recibidas en obra vendrán provistas del albarán.

El suministrador facilitará copia de los controles y ensayos realizados sobre el filler exigidos por el mercado CE.

El responsable de la recepción del filler de la planta, deberá conservar durante un mínimo de 100 días una muestra de filler de cada lote de suministro.

7.1.4.3. Control de fabricación

Cada 200 toneladas se realizarán los siguientes ensayos:

- Análisis granulométrico (UNE-EN 933-1).
- Contenido de partículas arcillosas del árido fino (UNE-EN 933-9).

7.1.5. Aditivos y adiciones.

Será de aplicación lo indicado en el artículo 81.4 de la EHE.

7.2. CONTROL DEL HORMIGÓN.

7.2.1. Control de calidad del hormigón.

Será de aplicación lo indicado en el artículo 82 de la EHE.

7.2.2. Control de la consistencia, autocompactabilidad del hormigón

7.2.2.1. Ensayos previos.

Se realizarán en laboratorio antes de comenzar el hormigonado. Su objeto es establecer la dosificación de acuerdo con lo indicado en el apartado 3.4 de estas Recomendaciones.

Para llevarlos a cabo se fabricarán, al menos, dos amasadas distintas, sobre las que se realizarán los siguientes ensayos:

- Determinación de las resistencias mecánicas.
- Ensayos de autocompactabilidad:
 - Escurrimiento (UNE 83361).
 - Escurrimiento con el anillo japonés (UNE 83362).
 - Método de la caja en "L" (UNE 83363).
 - Embudo en "V" (UNE 83364).

Estos ensayos no serán precisos si la planta dispone de los mismos, para igual tipo de HAC con iguales componentes e igual dosificación, con una antigüedad inferior a 6 meses.

7.2.2.2. Ensayos característicos.

Se realizarán con la planta que se empleará en la obra, con la dosificación aceptada en los ensayos previos. Su objeto es garantizar, antes del proceso de hormigonado, la idoneidad de la dosificación y del proceso de fabricación que se va a emplear.

Para llevarlos a cabo se fabricarán, al menos, dos amasadas distintas, sobre las que se realizarán los siguientes ensayos:

- Determinación de las resistencias mecánicas.
- Ensayos de autocompactabilidad:
 - Escurrimiento (UNE 83361).
 - Escurrimiento con el anillo japonés (UNE 83362).
 - Método de la caja en "L" (UNE 83363).
 - Embudo en "V" (UNE 83364).
- Determinación del tiempo abierto:

Para ello se repetirán todos los ensayos anteriormente citados transcurrido el tiempo previsto de uso, manteniendo al hormigón en el medio de transporte que se empleará en obra.

El tiempo abierto se considerará favorable si:

- Las resistencias a compresión, en ambas tomas para cada amasada, cumplen lo indicado en el artículo 87 de la EHE.
- Las condiciones de autocompactabilidad, en ambos casos, cumplen las especificaciones exigidas en proyecto a dicho hormigón (generales o de clase).

Estos ensayos característicos no serán precisos si la planta ha suministrado el mismo tipo de hormigón, (igual tipificación, componentes y dosificación), con una antigüedad inferior a 1 mes.

7.2.2.3. Ensayos de control de la fabricación.

Control en planta

Diariamente, en planta y sobre el primer envío de hormigón, se realizarán los ensayos de autocompactabilidad:

- Escurrimiento (UNE 83361).
- Escurrimiento con el anillo japonés (UNE 83362).
- Método de la caja en "L" (UNE 83363).
- Embudo en "V" (UNE 83364).

Estos mismos ensayos, se repetirán en planta cada 100 metros cúbicos.

Control de recepción en obra

Sobre el primer envío, y siempre en caso de duda de la duración del tiempo abierto, se realizarán los ensayos de autocompactabilidad:

- Escurrimiento (UNE 83361).
- Escurrimiento con el anillo japonés (UNE 83362).
- Método de la caja en "L" (UNE 83363).
- Embudo en "V" (UNE 83364).

Para la segunda y resto de partidas que se reciban en obra, se realizarán, de una manera alterna, uno de los siguientes ensayos:

- Escurrimiento (UNE 83361).
- Escurrimiento con el anillo japonés (UNE 83362).

Asimismo se inspeccionarán visualmente las muestras, en estos ensayos, para comprobar la estabilidad del hormigón (exudación, ausencia de segregación, etc). Estas observaciones deberán reflejarse por escrito en el albarán de toma.

7.2.3. Control de la resistencia del hormigón.

Será de aplicación lo indicado en el artículo 84 EHE.

Las probetas para los ensayos a compresión se confeccionarán de acuerdo con las normas vigentes salvo que se rellenarán los moldes por vertido directo del hormigón, no siendo empleado ningún tipo de compactación. La toma de muestras se realizará de la primera descarga del camión, tras un amasado a alta velocidad de, al menos, 1 minuto de duración.

7.2.4. Control de las especificaciones relativas a la durabilidad del hormigón.

Será de aplicación lo indicado en el artículo 85 de la EHE.

El control indirecto, mediante el ensayo de permeabilidad al agua bajo presión, de las limitaciones de dosificación de cemento y relación agua/cemento se llevará a cabo en los mismos casos y con idénticas condiciones de aceptación a las ya existentes para el hormigón convencional.

7.2.5. Ensayos previos del hormigón.

Será de aplicación lo indicado en el artículo 86 de la EHE.

7.2.6. Ensayos característicos del hormigón.

Será de aplicación lo indicado en el artículo 87 de la EHE.

7.2.7. Ensayos de control del hormigón.

Será de aplicación lo indicado en el artículo 88 de la EHE.

7.2.8. Ensayos de información complementaria del hormigón.

Será de aplicación lo indicado en el artículo 89 de la EHE.

8. CONTROL DE EJECUCIÓN.

Será de aplicación lo indicado en el artículo 95 de la EHE con las siguientes comprobaciones específicas.

La Dirección de Obra comprobará todo lo indicado en estas Recomendaciones respecto a:

- Verificación de la planta.
- Dosificación.
- Ensayos previos y característicos.
- Control de calidad de los materiales.

Personal de la Dirección de la Obra estará presente a pie de tajo durante todo el proceso de hormigonado, comprobando y aceptando antes de la colocación del hormigón en el elemento:

- La fluidez del hormigón.
- La ausencia de segregación.
- La ausencia de bloqueo.