



ANEJO 17

Recomendaciones para la utilización del hormigón autocompactante

1 Alcance

A los efectos de este Anejo, se define como hormigón autocompactante aquel hormigón que, como consecuencia de una dosificación estudiada y del empleo de aditivos superplastificantes específicos, se compacta por la acción de su propio peso, sin necesidad de energía de vibración ni de cualquier otro método de compactación, no presentando segregación, bloqueo de árido grueso, sangrado, ni exudación de la lechada.

El hormigón autocompactante añade a las propiedades del hormigón convencional, en cualquiera de las clases resistentes, la propiedad de autocompactabilidad, descrita anteriormente.

Las prescripciones incluidas en el Articulado de esta Instrucción, están avaladas por la experiencia en hormigones convencionales, cuya docilidad se mide por su asiento en el cono de Abrams, según la UNE-EN 12350-2. En este Anejo se recogen unas recomendaciones para el empleo adecuado de estos hormigones que, por su autocompactabilidad, poseen propiedades en estado fresco que le confieren una docilidad que no puede ser evaluada mediante su asiento en el cono de Abrams.

Corresponde al Autor del Proyecto o, en su caso, a la Dirección Facultativa prescribir el tipo de hormigón autocompactante más adecuado en cada caso.

2 Complementos al texto de esta Instrucción

Seguidamente se indican, por referencia a los Títulos, Capítulos, Artículos y Apartados de esta Instrucción (con objeto de facilitar su seguimiento), recomendaciones para el empleo de hormigón autocompactante.

TÍTULO 1.º BASES DE PROYECTO

Son aplicables las bases establecidas en el articulado de la Instrucción.

TÍTULO 2.º ANÁLISIS ESTRUCTURAL

CAPÍTULO V. Análisis estructural

Son aplicables los principios y métodos de cálculo establecidos en el articulado.

Para cualquier análisis en el tiempo, así como para el cálculo de pérdidas o de flechas diferidas, el módulo de elasticidad, la fluencia y la retracción pueden ser diferentes en su valor y desarrollo en el tiempo a los hormigones de compactación convencional.



A falta de ensayos experimentales que proporcionen los parámetros reológicos de este hormigón, éstos se obtendrán de la consulta de textos especializados.

TÍTULO 3.º PROPIEDADES TECNOLÓGICAS DE LOS MATERIALES

CAPÍTULO VI. Materiales

Los materiales componentes utilizados en los hormigones autocompactantes son los mismos que los empleado en los hormigones de compactación convencional de acuerdo con esta Instrucción, incluyendo además otros, más abajo especificados, que deben cumplir con los requisitos normativos de calidad que les corresponda. Es de especial importancia que los hormigones autocompactantes se fabriquen con la mayor regularidad posible por lo que es muy importante la selección inicial y el control de los materiales así como la previa validación de cualquier dosificación.

El hormigón autocompactante se fabricará preferiblemente con los cementos que resulten adecuados para tal fin en función del tipo y cantidad de las adiciones que contengan, o bien con cemento común tipo CEM I, las adiciones al hormigón reglamentadas (Artículo 30 de esta Instrucción) y utilizando, cuando así se requiera, un “filler” inerte adecuado como árido de corrección de la granulometría de la arena en los diámetros más finos que pasan por el tamiz 0'063 mm.

De una u otra manera se debe conseguir una cantidad de finos (partículas que pasan por el tamiz 0'125 mm) suficiente para alcanzar la propiedad de autocompactabilidad. La cantidad total de finos menores de 0'125 mm aportada por el cemento, las adiciones al hormigón y los áridos, necesaria para fabricar hormigón autocompactante es del orden del 23%, en peso, de la masa del hormigón, pudiendo determinarse, cuando sea necesario, con mayor precisión mediante los ensayos característicos correspondientes.

En el hormigón autocompactante, se pueden utilizar, cuando sea necesario, al igual que en el hormigón de compactación convencional, otros componentes tales como el agua reciclada de las propias plantas de hormigón, los pigmentos, los aditivos reductores de retracción basados en glicoles, o las fibras, con las mismas limitaciones y especificaciones que en el hormigón convencional.

Artículo 26.º Cementos

Se utilizarán cementos que cumplan la reglamentación específica vigente. Cuando se utilicen cementos para usos especiales específicos para hormigón autocompactante que incluyan en su composición una cantidad de adición complementaria destinada exclusivamente a dotar al hormigón autocompactante de la cantidad de partículas finas (partículas que pasan por el tamiz 0'125 mm) necesaria, las cantidades mínimas a emplear de dichos cementos serán tales que, después de deducir la cantidad de adición complementaria que contengan, cumplan con las exigidas en el Artículo 37.3.2 de esta Instrucción. Además, la cantidad de adición complementaria no se computará a los efectos de obtener la relación agua/cemento, ni la cantidad máxima de cemento. Tanto el valor máximo de la relación agua/cemento, como la cantidad máxima de cemento cumplirán con las especificaciones incluidas en el Articulado de esta Instrucción.



Artículo 28.º Áridos

El tamaño máximo de árido para el hormigón autocompactante, definido según el Artículo 28.3 de esta Instrucción, se limita a 25 mm, siendo recomendable utilizar tamaños máximos comprendidos entre 12 mm y 20 mm, en función de la disposición de armaduras.

Los materiales fillers son unos 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 fillers adecuados aquellos que provienen de los mismos materiales que los áridos que cumplen las prescripciones especificadas en el Artículo 28 de esta Instrucción.

De acuerdo con la Norma UNE EN 12620 la granulometría de un filler se define en la tabla siguiente (Tabla A17. 1)

Tabla A17. 1. Granulometría del filler

Tamiz de tamaño (mm)	Porcentaje que pasa en masa
2	100
0'125	85 a 100
0'063	70 a 100

Los ensayos iniciales de tipo, el control de producción en fábrica y la certificación de dicho control, en cuanto al filler se refiere, se establecen en la Norma UNE EN 12620.

Se recomienda, exclusivamente para el caso de los hormigones autocompactantes, que la cantidad resultante de sumar el contenido de partículas de árido fino que pasan por el tamiz UNE 0,063 y la adición caliza, en su caso, del cemento no sea mayor de 250 kg/m³ de hormigón autocompactante.

Para el almacenamiento del filler se utilizarán medios similares a los utilizados para el cemento, debiéndose utilizar recipientes o silos impermeables que lo protejan de la humedad y de la contaminación.

La demanda de agua de los finos inertes que pasan por el tamiz UNE 0,063 se debe compensar mediante el empleo de aditivos superplastificantes adecuados que garanticen el cumplimiento de las relaciones agua/cemento especificadas en el Artículo 37.3.2. de esta Instrucción, garantizando de este modo la durabilidad.

Artículo 29.º Aditivos

El uso de un aditivo superplastificante es requisito fundamental en el hormigón autocompactante y, en ocasiones, puede ser conveniente el uso de un aditivo modulador de la viscosidad que minimiza los efectos de la variación del contenido de humedad, el contenido de finos o la distribución granulométrica, haciendo que el hormigón autocompactante sea menos sensible, en cuanto a la propiedad de autocompactabilidad se refiere, a pequeñas variaciones en la calidad de las materias primas y en sus proporciones.



Su empleo se realizará después de conocer su compatibilidad con el cemento y las adiciones, comprobando un buen mantenimiento de las propiedades reológicas durante el tiempo previsto para la puesta en obra del hormigón autocompactante, así como las características mecánicas correspondientes mediante la realización de ensayos previos.

Los aditivos superplastificantes cumplirán la Norma UNE EN 934-2.

Los aditivos moduladores de viscosidad ayudan a conseguir mezclas adecuadas minimizando los efectos de la variación del contenido de humedad, el contenido de finos o la distribución granulométrica,.

Los aditivos moduladores de viscosidad deben cumplir los requisitos generales incluidos en la Tabla 1 de UNE EN 934-2.

Artículo 30.º Adiciones

No se contempla el uso de adiciones que no estén amparadas por el Artículo 30.º de esta Instrucción.

Artículo 31.º Hormigones

Como se desprende de su definición, el hormigón autocompactante tiene tres propiedades intrínsecas básicas:

- Fluidez o habilidad de fluir sin ayuda externa y llenar el encofrado
- Resistencia al bloqueo o habilidad de pasar entre las barras de armadura
- Estabilidad dinámica y estática, o resistencia a la segregación, que le permite alcanzar finalmente una distribución uniforme del árido en toda su masa.

31.1. Composición

Los componentes del hormigón autocompactante son los mismos que los del hormigón estructural convencional, aunque las proporciones de los mismos pueden variar 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.

31.3 Características mecánicas

En el hormigón autocompactante el valor de la resistencia a compresión es una referencia imprescindible.

La evolución de la resistencia a compresión con el tiempo puede considerarse equivalente a la de un hormigón de compactación convencional. Sin embargo, como se ha mencionado, se deberá tener en cuenta, en algunos casos, la posibilidad de un retraso en la ganancia de resistencia inicial debido a las dosis mayores de aditivos utilizados.

Para la resistencia a tracción pueden hacerse las mismas consideraciones que para la resistencia a compresión. Por lo tanto, pueden aplicarse las relaciones entre ambas resistencias propuestas por el Artículo 39.1. de esta Instrucción para la resistencia a tracción y a flexotracción.

31.5. Docilidad del hormigón

La docilidad del hormigón autocompactante no puede ser caracterizada por los medios descritos en el artículo 31.5 de esta Instrucción para el hormigón convencional. La

caracterización de la autocompactabilidad se realiza a través de métodos de ensayo específicos que permiten evaluar las prestaciones del material en términos:

- de fluidez, mediante ensayos de escurrimiento según UNE 83.361 o de ensayos de escurrimiento en embudo en V, según UNE 83.364.
- de resistencia al bloqueo, mediante ensayos del escurrimiento con anillo J, según UNE 83.362 y mediante ensayos de la caja en L, según UNE 83.363.
- y de resistencia a la segregación.

Si bien no existen ensayos normalizados para evaluar la resistencia a la segregación, la misma se puede apreciar a partir del comportamiento del material en los ensayos de escurrimiento y embudo en V. En el ensayo de escurrimiento debe observarse una distribución uniforme del árido grueso y ningún tipo de segregación o exudación en el perímetro de la "torta" final del ensayo.

La Tabla A17.2 muestra los rangos admisibles de los parámetros de autocompactabilidad que deben cumplirse, en cualquier caso, según los diferentes métodos de ensayo. Estos requisitos deberán cumplirse simultáneamente para todos los ensayos especificados. El Autor del proyecto o, en su caso, la Dirección Facultativa podrá definir un grado de autocompactabilidad más concreto mediante las categorías definidas en el apartado 39.2 de este Anejo, en función de las características de su obra.

Tabla A17.2. Requisitos generales para la autocompactabilidad

Ensayo	Parámetro medido	Rango admisible
Escurrecimiento	T_{50}	$T_{50} \leq 8 \text{ seg}$
	d_f	$550 \text{ mm} \leq d_f \leq 850 \text{ mm}$
Embudo en V	T_V	$4 \text{ seg} \leq T_V \leq 20 \text{ seg}$
Caja en L	C_{bL}	$0,75 \leq C_{bL} \leq 1,00$
Escurrecimiento con anillo J	d_{Jf}	$\geq d_f - 50 \text{ mm}$

Los hormigones autocompactantes deberán mantener las características de autocompactabilidad durante un período de tiempo, denominado como "tiempo abierto", que sea suficiente para su puesta en obra correcta en función de las exigencias operativas y ambientales del proyecto. Para la determinación del "tiempo abierto" se pueden utilizar los ensayos de caracterización indicados anteriormente, comparando el resultado de diversas repeticiones del mismo ensayo realizadas consecutivamente con la misma muestra.



TÍTULO 4º DURABILIDAD

CAPÍTULO VII. Durabilidad

Artículo 37º Durabilidad del hormigón y de las armaduras

37.3 Durabilidad del hormigón

Como consecuencia de la ausencia de vibración y al uso habitual de adiciones y fillers en el hormigón autocompactante, se suele obtener una interfase pasta-árido más densa que en los hormigones convencionales. Como consecuencia de ello, junto con la mayor compacidad general de la estructura granular, suele obtenerse una reducción en la velocidad de ingreso de la mayoría de los agentes agresivos.

La ausencia de vibración redundará, a su vez, en una capa exterior del hormigón de recubrimiento de superior densidad y, por tanto, menos permeable.

No obstante, en cualquier caso deberán respetarse los requisitos de máxima relación a/c y mínimo contenido de cemento exigidos en el punto 37.3.2 de esta Instrucción en función de la clase de exposición.

El comportamiento del hormigón autocompactante frente a ciclos de congelamiento y deshielo puede considerarse equivalente al del hormigón de compactación convencional, debiendo considerarse las mismas precauciones y especificaciones incluidas en el punto 37.3.2 de esta Instrucción para dicho hormigón convencional.

Debido a la microestructura más densa del hormigón autocompactante, el riesgo de desconchamiento explosivo podría resultar mayor para este material. Sin embargo, para hormigones autocompactantes en los que la adición de humo de sílice no sea significativa, el planteamiento de la resistencia al fuego puede ser el mismo que el incluido en el Anejo 7 de esta Instrucción para el hormigón convencional de igual clase resistente, o para los hormigones de alta resistencia cuando dicha adición sea relevante.

TÍTULO 5.º CÁLCULO

CAPÍTULO VIII. Datos de los materiales para el proyecto

Artículo 39.º Características del hormigón

Mientras que las propiedades en estado fresco del hormigón autocompactante difieren en gran medida de las del hormigón de compactación convencional, su comportamiento en términos de resistencias, durabilidad y demás prestaciones en estado endurecido puede considerarse similares a las de un hormigón convencional de igual relación a/c y elaborado con los mismos materiales componentes. Las propiedades del hormigón autocompactante en estado endurecido, a los que se refieren los siguientes apartados, se evaluarán con los mismos procedimientos de ensayo utilizados para el hormigón de compactación convencional.

En relación con su comportamiento a edad temprana, podrían producirse algunas variaciones en propiedades como la retracción y/o alteraciones en el tiempo de fraguado, como consecuencia de que incorporan, en general, dosis mayores de finos y aditivos.

En aplicaciones donde el módulo de elasticidad, la retracción por secado o la fluencia puedan ser factores críticos y el contenido en pasta o árido grueso varíe de forma sustancial sobre el normalmente utilizado, estas propiedades deben ser analizadas mediante ensayos específicos.

En general, las diferencias con el hormigón convencional son suficientemente pequeñas de forma que permiten utilizar para el hormigón autocompactante la formulación incluida en el Articulado de esta Instrucción. En particular, se pueden utilizar las mismas longitudes de anclaje de las armaduras activas y pasivas, iguales criterios para especificar la resistencia mínima del hormigón y el mismo tratamiento de las juntas de construcción.

39.1 Definiciones

En el hormigón autocompactante, pueden aplicarse las expresiones propuestas por el Artículo 39.1 de esta Instrucción que relacionan la resistencia a compresión y la resistencia a tracción y a flexotracción.

39.2. Tipificación de los hormigones

La tipificación de los hormigones autocompactantes es análoga a la de los hormigones de compactación convencional según el Artículo 39.2 de esta Instrucción, sin más que utilizar como indicativo C de la consistencia las siglas AC, (como, por ejemplo, HA-35/AC/20/IIIa), de acuerdo con la siguiente expresión.

T-R/AC/TM/A

Alternativamente, se podrá definir la autocompactabilidad mediante la combinación de las clases correspondientes al escurrimiento (AC-E), viscosidad (AC-V) y resistencia al bloqueo (AC-RB), de acuerdo con la siguiente expresión:

T-R/(AC-E+AC-V+AC-RB)/TM/A

donde T, M, TM y A tienen el mismo significado que el apartado 39.2 de la Instrucción y AC-E, AC-V y AC-RB, representan las clases correspondientes de acuerdo con las tablas A17.3, A17.4 y A17.5.

Tabla A17.3 Clases de escurrimiento

Clase	Criterio, según UNE 83.361
AC-E1	$550 \text{ mm} \leq d_f \leq 650 \text{ mm}$
AC-E2	$650 \text{ mm} < d_f \leq 750 \text{ mm}$
AC-E3	$750 \text{ mm} < d_f \leq 850 \text{ mm}^{(*)}$



Tabla A17.4 Clases de viscosidad

Clase	Criterio por el ensayo de escurrimiento, según UNE 83.361	Criterio alternativo por el ensayo del embudo en V, según UNE 83.364
AC-V1	$2'5 \text{ seg} < T_{50} \leq 8 \text{ seg}$	$10 \text{ seg} \leq T_v \leq 20 \text{ seg}$
AC-V2	$2 \text{ seg} < T_{50} < 8 \text{ seg}$	$6 \text{ seg} \leq T_v \leq 10 \text{ seg}$
AC-V3	$T_{50} \leq 2 \text{ seg}^{(*)}$	$4 \text{ seg} \leq T_v \leq 6 \text{ seg}^{(*)}$

Tabla A17.5 Clases de resistencia al bloqueo

Clase	Exigencia de la característica	Criterio por el ensayo del anillo J, según UNE 83362 (*)	Criterio por el ensayo de caja en L, según UNE 83363
AC-RB1	Exigible cuando el tamaño máximo del árido sea superior a 20 mm o el espesor de los huecos por los que pase el hormigón esté comprendido entre 80 y 100 mm	$d_{Jf} \geq d_f - 50 \text{ mm}$, con un anillo de 12 barras	$\geq 0,80$, con 2 barras
AC-RB2	Exigible cuando el tamaño máximo del árido sea igual o inferior a 20 o el espesor de los huecos por los que pase el hormigón esté comprendido entre 60 y 80 mm	$d_{Jf} \geq d_f - 50 \text{ mm}$, con un anillo de 20 barras	$\geq 0,80$, con 3 barras

(*) donde d_f representa el escurrimiento en el ensayo según UNE 83361 y

D_{Jf} representa el escurrimietno en el ensayo del anillo J, según UNE 83362

En el caso de que el hormigón deba pasar por zonas con espesores inferiores a 60 mm, se deberá analizar el comportamiento experimentalmente, diseñando elementos que permitan valorar la resistencia específica al bloqueo para el caso concreto.

En general, se considera la clase de autocompactabilidad AC-E1 como la más adecuada para la mayor parte de los elementos estructurales que se construyen habitualmente. En particular se recomienda su empleo en los siguientes casos:

- estructuras no muy fuertemente armadas,
- estructuras en las que el llenado de los encofrados es sencillo, el hormigón puede pasar por huecos amplios y los puntos de vertido del mismo no exige que se desplace horizontalmente largas distancias en el interior del encofrado.
- elementos estructurales en que la superficie no encofrada se separa ligeramente de la horizontal.



Por su parte, se recomienda la clase de autocompactabilidad AC-E3 en los siguientes casos:

- Estructuras muy fuertemente armadas.
- Estructuras en las que el llenado de los encofrados es muy difícil, el hormigón debe pasar por huecos muy pequeños y los puntos de vertido del mismo exigen que se desplace horizontalmente distancias muy largas en el interior del encofrado.
- Elementos estructurales horizontales en los que es muy importante conseguir la autonivelación del propio hormigón.
- Elementos estructurales muy altos, de gran esbeltez y muy fuertemente armados.

39.6. Módulo de deformación longitudinal del hormigón

Debido a que los hormigones autocompactantes contienen un mayor volumen de pasta que el hormigón de compactación convencional, y teniendo en cuenta que el módulo de elasticidad de la pasta es menor que el de los áridos, se podría prever un módulo de deformación ligeramente menor (entre un 7% y un 15%) para el caso del hormigón autocompactante.

A falta de datos experimentales, puede calcularse el módulo de deformación utilizando la formulación del articulado de esta Instrucción para el hormigón de compactación convencional. Cuando se requiera un conocimiento detallado del valor del módulo de deformación longitudinal, como por ejemplo en algunas estructuras con un proceso de construcción evolutivo en que el control de las deformaciones resulte crítico, se pueden hacer determinaciones experimentales de dicho valor, al igual que se hace cuando se utiliza hormigón de compactación convencional.

39.7. Retracción del hormigón

En general, es de aplicación la formulación del Artículo 39.7 de esta Instrucción. No obstante, debido a la composición del hormigón autocompactante, puede presentarse una mayor retracción, que debe considerarse como se indica a continuación.

Debido a que el hormigón autocompactante tiene una mayor cantidad de finos en su composición y una alta resistencia frente a la segregación, el material prácticamente no exuda agua durante la puesta en obra. Si bien teóricamente este aspecto resulta positivo, en la práctica el efecto puede resultar inverso, ya que muchas veces es el agua de exudación la que compensa el agua que se evapora en estado fresco y, consecuentemente, evita la fisuración por retracción plástica.

De esta manera, debido a las bajas relaciones agua/ligante que en general se consideran, cobra especial importancia el curado del hormigón autocompactante, especialmente en estructuras con altas relaciones superficie/volumen.

En el hormigón autocompactante, más fácilmente que en el hormigón de compactación convencional, puede darse una combinación de factores que podrían conducir a una significativa retracción endógena; un contenido de cemento superior y el uso de un cemento más fino (conducentes a un mayor calor de hidratación), la mayor cantidad de material fino en general y las bajas relaciones agua/finos.

La utilización de cenizas volantes y/o filler calizo puede contribuir a la reducción de la retracción endógena.



Si la retracción endógena del material es un parámetro significativo para la función de la estructura, deberá ser evaluada para la mezcla en cuestión durante un periodo de tiempo no menor a 3 meses a través de ensayos de laboratorio sobre probetas selladas inmediatamente después del desmolde.

De manera equivalente a lo que sucede con el hormigón de compactación convencional, un alto contenido de cemento conducirá a un mayor calor de hidratación, una consecuente dilatación y una posterior retracción térmica, lo cual en elementos de mediana o gran masa podría resultar crítico de cara a la fisuración. Se deben emplear las mismas precauciones que para el hormigón de compactación convencional.

Si la retracción por secado del material es un parámetro significativo para la función de la estructura, deberá ser evaluada para la mezcla en cuestión durante un periodo de tiempo no menor a 6 meses a través de ensayos de laboratorio sobre probetas expuestas a una atmósfera controlada.

39.8. Fluencia del hormigón

En general, puede utilizarse la formulación incluida en el Artículo 39.8 de esta Instrucción. El comportamiento en fluencia del hormigón autocompactante puede considerarse equivalente al de un hormigón de compactación convencional de igual relación a/c . Aunque para el mismo nivel resistente podrían producirse deformaciones ligeramente mayores, si el secado al aire es permitido esta diferencia puede desaparecer a causa del mayor refinamiento de la estructura de poros del hormigón autocompactante.

En aplicaciones donde la fluencia pueda ser un factor crítico, esta propiedad deberá ser tomada en cuenta durante el proceso de dosificación y verificada mediante ensayos específicos de laboratorio sobre probetas expuestas a una atmósfera controlada.

CAPÍTULO X. Cálculos relativos a los Estados Límite Últimos

Artículo 44.º Estado Límite de Agotamiento frente a cortante

Aunque no se han detectado diferencias dignas de ser tenidas en cuenta en el proceso de cálculo, debido al menor contenido de árido grueso, y en general de menor tamaño máximo, los hormigones autocompactantes presentan una superficie de fisura más "lisa" que la de los hormigones de compactación convencional de la misma resistencia. Esto reduce ligeramente la componente resistente de trabazón. En cualquier caso el cálculo correspondiente puede realizarse utilizando la formulación del articulado de esta Instrucción para el hormigón de compactación convencional.



TÍTULO 7.º EJECUCIÓN

Artículo 68.º Procesos previos a la colocación de las armaduras

68.2. Cimbras y apuntalamientos

Cuando se utilice hormigón autocompactante se tendrá en cuenta para el cálculo de cimbras, encofrados y moldes, que la ley de presión estática, ejercida por aquel, puede llegar a ser de tipo hidrostático.

68.3. Encofrados y moldes

Si bien el hormigón autocompactante no aumenta las pérdidas de lechada por las juntas del encofrado, es deseable asegurar una buena estanqueidad del mismo, como cuando se utiliza hormigón de compactación convencional.

Artículo 69.º Procesos de elaboración, armado y montaje de las armaduras

69.5. Criterios específicos para el anclaje y empalme de las armaduras

En términos medios, la adherencia entre las barras de armadura y el hormigón resulta superior para el hormigón autocompactante que para un hormigón convencional comparable. Por lo tanto, puede seguir considerándose la tensión de adherencia normalizada.

Artículo 70.º Procesos de colocación y tesado de las armaduras activas

70.2. Procesos previos al tesado de las armaduras activas

70.2.3. Adherencia de las armaduras activas al hormigón

Así mismo, la longitud de anclaje de las armaduras de pretensar puede determinarse con la formulación incluida en el punto 70.2.3 de esta Instrucción. No obstante es inadmisibles la construcción de elementos pretensados con hormigones autocompactantes de clase resistente inferior a la utilizada para su construcción con hormigón convencional.

Artículo 71.º Elaboración y puesta en obra del hormigón

71.2 Instalaciones de fabricación del hormigón

En el proceso de fabricación de hormigones autocompactantes se deben cuidar, especialmente, los siguientes aspectos:



El hormigón autocompactante debe fabricarse en central, que puede pertenecer o no a la obra.

Debe determinarse con precisión la humedad de los áridos durante su almacenamiento, y previamente a la mezcla y amasado de los componentes del hormigón, para evitar variaciones no previstas que afecten a la docilidad del hormigón.

La incorporación de aditivos puede realizarse en planta o en obra. Sin embargo, por las especiales características de este hormigón, es conveniente la combinación de ambas situaciones, bajo el control del fabricante del hormigón.

El transporte se efectuará mediante amasadora móvil o camión hormigonera

71.3 Fabricación del hormigón

71.3.1 Suministro y almacenamiento de materiales componentes

71.3.1.1 Áridos

En el caso de emplear un filler, se determinarán las características de filler de acuerdo con UNE EN 12620.

71.3.2 Dosificación de materiales componentes

Al dosificar un hormigón autocompactante, deberán contemplarse las correspondientes exigencias relacionadas con el proyecto, a saber:

exigencias estructurales: espaciado entre barras de armadura, dimensiones del elemento, complejidad arquitectónica del encofrado, caras vistas, particularidades del proyecto que puedan influir en el escurrimiento del hormigón como variaciones de espesores, abultamientos, etc.

operativas: modalidad de llenado (bomba, cubilote, canaleta, etc.), velocidad y duración del llenado, características del encofrado, visibilidad del hormigón durante el llenado, distancia a la que ha de llegar el escurrimiento, altura de caída, accesibilidad del camión hormigonera, posicionamiento de los equipos de bombeo, etc.

ambientales: clima y temperatura ambiente en el momento del llenado, temperatura de los materiales, duración del transporte, eventuales situaciones críticas de tráfico, etc.

de prestaciones: clase de exposición ambiental, resistencia característica, y demás requisitos de proyecto.

Como características generales, en un hormigón autocompactante el contenido total de los finos (tamaño de partícula $<0,125\text{mm}$), es decir, el cemento, las adiciones y fillers, se encuentra en el intervalo de $450\text{-}600\text{ kg/m}^3$ (180 a 240 litros/ m^3). El contenido de cemento está en el rango de 250 a 500 kg/m^3 . El volumen de pasta (agua, cemento, adiciones minerales activas, fillers y aditivos) se encuentra habitualmente por encima de los 350 litros/ m^3 .

Las limitaciones a los contenidos de agua y de cemento quedarán precisadas según las condiciones de exposición definidas en el articulado de esta Instrucción, de acuerdo con el Artículo 37.3.2.

Teniendo en cuenta que es básicamente la pasta la encargada de proporcionar la fluidez y arrastrar el árido, resulta lógico pensar en una granulometría continua y, más allá de las condiciones de espaciado entre barras, un tamaño máximo de árido no superior a los 25 mm . El volumen de árido grueso resulta menor en el hormigón



autocompactante que en el hormigón de compactación convencional, generalmente no superando el 50% del total de áridos.

En el caso de utilizar más de un aditivo, es importante constatar la compatibilidad entre ellos.

Una vez alcanzados los requisitos de autocompactabilidad (ver punto 31.5. de este Anejo), es imprescindible que la dosificación sea probada en la situación de suministro industrial a la obra.

71.5. Puesta en obra del hormigón

71.5.1. Vertido y colocación del hormigón

Cuando el hormigón autocompactante se coloque mediante bombeo se tendrá en cuenta el incremento de presión correspondiente.

Cuando se utiliza hormigón autocompactante se recomienda una distancia máxima de colocación de 10 m desde el punto en el que se vierte el hormigón.

El mejor acabado de las superficies vistas y la menor oclusión de aire se obtienen cuando el hormigón se deposita lo más cerca posible del fondo del encofrado, por lo que, cuando se bombea, es recomendable iniciar el hormigonado situando la manguera tan cerca como sea posible del mismo.

71.5.2. Compactación del hormigón

Debido a la condición de autocompactabilidad no es necesario, en general, someter al hormigón a un proceso de compactación.

71.5.3. Puesta en obra del hormigón en condiciones climáticas especiales

71.5.3.2. Hormigonado en tiempo caluroso

Deberán extremarse las medidas para disminuir el riesgo de desecación en las diferentes etapas de fabricación, transporte, puesta en obra y curado, en las primeras horas.

71.6 Curado del hormigón

Es conveniente realizar un buen curado que evite la desecación superficial y los efectos de la retracción plástica a la que el hormigón autocompactante puede resultar más vulnerable que el hormigón de compactación convencional.

TÍTULO 8º CONTROL

CAPÍTULO XVI. Control de la conformidad de los productos

Artículo 86.º Control del hormigón

Son aplicables los principios establecidos en el articulado.



Las condiciones de aceptación del hormigón autocompactante, en cuanto a las propiedades de autocompactabilidad que la caracterizan como tal, se establecen en función del resultado de los ensayos a los que se refiere el punto 86.3.2 de este Anejo y a las especificaciones incluidas en el punto 31.5 del mismo.

86.3.1. Ensayos de docilidad del hormigón

A diferencia de los hormigones de compactación convencional, la docilidad del hormigón autocompactante no se mide mediante la consistencia, sino mediante la propiedad de autocompactabilidad, cuyas especificaciones se recogen en el punto 31.5 de este Anejo.

Cuando se utilice hormigón autocompactante el control de las propiedades de autocompactabilidad se realizará en todos y cada uno de los camiones hormigonera o unidades de suministro, mediante un único ensayo de escurrimiento, según UNE 83361, por cada camión hormigonera o unidad de suministro, si se trata de hormigón en masa o armado, con armadura que no presente dificultades al paso del hormigón, o mediante un único ensayo de escurrimiento y otro con anillo J, según UNE 83363, si se trata de un hormigón densamente armado o pretensado.

El resto de los ensayos para la caracterización de la autocompactabilidad, recogidos en el punto 31.5. de este Anejo, mediante los métodos del embudo en V y caja en L, según UNE 83364 y 83363, respectivamente, se realizarán únicamente en la central de producción del hormigón, como ensayos previos, para ajustar la dosificación, y ensayos característicos.

86.3.2. Ensayos de resistencia del hormigón

Se realizarán del mismo modo que en hormigón de compactación convencional, pero con la modificación a la UNE 83301 de que las probetas se fabricarán por vertido simple, de una sola vez y sin ningún tipo de compactación. Únicamente se admitirá el acabado superficial con llana.

86.4. Control previo al suministro

Se considera recomendable, en cualquier caso, la realización sistemática de los ensayos previos para optimizar la dosificación a utilizar en los hormigones autocompactantes, prestando especial atención a la característica de autocompactabilidad.

A 22 Ensayos previos y característicos del hormigón

A22.2 Ensayos característicos de resistencia

Son aplicables los principios establecidos en el anejo 22 de esta Instrucción.