

Hormigón de altas prestaciones



0.- DESCRIPCIÓN GENERAL	3
1.- CAMPO DE APLICACIÓN	3
2.- OBJETIVO	3
3.- CONDICIONES TÉCNICAS	3
3.1.- Tipo de ambiente	3
3.2.- Resistencia característica del hormigón	3
3.3.- Consistencia según Abrams	4
3.4.- Tamaño máximo del árido	4
4.- PROCEDIMIENTO DE EJECUCIÓN	4
4.1.- Diseño de la mezcla	4
4.1.1.- Cemento.....	4
4.1.2.- Adiciones.....	5
4.1.3.- Relación agua/cemento	5
4.1.4.- Superplastificantes/reductores de agua de alta actividad.....	6
4.1.5.- Arenas.....	6
4.1.6.- Árido grueso.....	7
4.1.7.- Distribución granulométrica.....	8
4.1.8.- Aditivo reductor de retracción.....	9
4.2.- Mezcla de los componentes	9
4.3.- Transporte	10
4.3.1.- Transporte intermitente.....	10
4.3.2.- Transporte continuo.....	10
4.4.- Puesta en obra	10
4.5.- Compactación	11
4.6.- Curado	12
4.7.- Desencofrado	12
5.- INFORMACIÓN DE LOS PRODUCTOS EMPLEADOS	13
5.1.- Criterios de selección de aditivos superplastificantes/reductores de agua de alta actividad para el hormigón de altas prestaciones	13
5.2.- Criterios de selección de microsílíce	13
5.3.- criterios para la elección de líquidos de curado	14
5.4.- Aditivo reductor de retracción	14
5.5.- Criterio de selección de los agentes desmoldeantes	14
6.- RECOMENDACIONES ESPECIALES	15
7.- ENSAYOS DE CONTROL DE EJECUCIÓN	15
7.1.- Consistencia según UNE-EN 12350-2	15
7.2.- Resistencia a compresión según UNE-EN 12390-3	15
7.3.- Impermeabilidad según UNE-EN 12390- 8	15
7.4.- Determinación del contenido de aire según UNE-EN 12350-7	15
7.5.- Resistencia a flexotracción según UNE-EN 12390-5	15

0.- DESCRIPCIÓN GENERAL

En el presente Pliego de Condiciones se pretende dar una visión general sobre los pasos necesarios para la confección y puesta en obra del hormigón de altas prestaciones, empleando para ello las indicaciones de la instrucción **EHE-08**.

1.- CAMPO DE APLICACIÓN

Este procedimiento es aplicable a la confección de hormigón de altas prestaciones (altas resistencias mecánicas y elevada durabilidad), empleado en prefabricación, en hormigón postesado, y en todas aquellas ocasiones en las que se requieran elevadas resistencias finales (resistencia característica de proyecto superior a 50 N/mm² a los 28 días, en probetas cilíndricas de 15x30 cm, según **Artículo 31.3**. de la **EHE-08**).

2.- OBJETIVO

Fabricación, puesta en obra y curado de hormigón de altas prestaciones.

3.- CONDICIONES TÉCNICAS

Para la fabricación de hormigón de altas prestaciones es preciso disponer de los siguientes datos de partida que deberán ser suministrados por el usuario del mismo.

3.1.- Tipo de ambiente.

Deberá clasificarse el ambiente en que se encuentra la estructura afectada dentro de los grupos señalados en la **EHE-08**, en el **Artículo 8.2.3**, “Clases específicas de exposición ambiental en relación con otros procesos de degradación distintos de la corrosión”.

Comentarios:

Por los requerimientos del hormigón de alta resistencia, que demanda unas bajas relaciones agua/cemento y unas cantidades elevadas de cemento, la formulación considerando los requerimientos del tipo de ambiente no tiene apenas repercusión.

3.2.- Resistencia característica del hormigón.

Se entiende por hormigón de altas prestaciones aquel que tiene una resistencia característica de proyecto superior a 50 N/mm^2 28 días en probeta cilíndrica de 15x30 cm según el **Artículo 31.3**. de la **EHE-08**. A edades iniciales, será variable en función del tiempo y requerimientos considerados.

Comentarios:

*Se deben hacer un número determinado de probetas, dependiendo de que el control sea normal o intenso (según **Artículo 92** de la **EHE-08**) para asegurar la resistencia determinada en el proyecto.*

3.3.- Consistencia según Abrams.

Se tomará la consistencia medida según el ensayo **UNE-EN 12350-2**. En general, en hormigón para prefabricado se trabaja con consistencias líquidas, para reducir tareas de vibrado, conseguir mejores acabados y poder rellenar perfectamente los espacios en zonas densamente armadas.

Comentarios:

Generalmente, y para minimizar las pérdidas de resistencia por el factor de puesta en obra, en hormigones de alta resistencia se trabaja con consistencias fluidas (cono 10-15 cm) o líquidas (cono superior a 15 cm).

3.4.- Tamaño máximo del árido.

Definido en el **Artículo 28.3** de la Instrucción **EHE-08**.

Comentarios:

El tamaño máximo de árido no suele pasar de 20 mm siendo frecuente el empleo de áridos de 12 mm de tamaño máximo. Los áridos más gruesos disminuyen la adherencia con la pasta de cemento dando lugar a resistencias inferiores.

La forma de los áridos es fundamental ya que dentro de la que proporciona el machaqueo debe parecerse más a la cúbica y no poseer gránulos aciculares o planos.

4.- PROCEDIMIENTO DE EJECUCIÓN

4.1.- Diseño de la mezcla.

No existen métodos específicos para el diseño de hormigones de altas prestaciones. Los métodos convencionales de dosificación de hormigón no ofrecen resultados satisfactorios porque en este caso se trabaja con curvas totalmente discontinuas, empleando elevadas cantidades de cemento (o cemento mas adición) y relaciones agua/cemento extremadamente bajas. Para ello resulta imprescindible realizar ensayos previos con los materiales originales de la obra para ajustar las dosificaciones.

4.1.1.- Cemento.

El cemento a emplear debe proporcionar elevada resistencia mecánica con la finalidad de conseguir una pasta de elevadas prestaciones. Generalmente se emplean cementos I-52,5R y I-42,5R, aunque son perfectamente utilizables cementos SR. En la elección del tipo de cemento (ver **tabla A.4.2 del Anejo 4 de la EHE-08**) debe tenerse en cuenta que son preferibles los que dan lugar a una baja demanda de agua y tienen un menor contenido en aluminato tricálcico (C_3A).

Comentarios:

La dosificación de cemento estará comprendida entre 380 y 500 Kg/m³, en función del empleo y tipo de adición, de la resistencia final requerida y de la demanda de resistencia inicial.

4.1.2.- Adiciones.

En la dosificación de hormigones de altas resistencias pueden incorporarse adiciones, en general cenizas volantes y sobre todo microsílíce. La microsílíce, debido a su elevado poder puzolánico, es la adición más adecuada para la fabricación de hormigones de elevada resistencia, ya que mejora de forma importante propiedades como la impermeabilidad, compacidad, resistencia a la segregación y resistencia mecánica.

La microsílíce resulta prácticamente imprescindible si se desean resistencias mecánicas superiores a 65-70 MPa.

La adición de microsílíce suele oscilar entre el 5% y el 10% sobre peso de cemento (según **Artículo 30 de la EHE-08**), aunque en casos aislados se pueden llegar a utilizar dosis de hasta el 20%. Siempre deberá cumplir las prescripciones del **Artículo 30.2 de la EHE-08**.

Si se demandan altas resistencias a corta edad, las cenizas volantes no serán la adición más adecuada debido a su carácter ralentizador. La microsílíce puede ser válida.

Comentarios:

La microsílíce (**MEYCO MS 610**) tiene una gran actividad puzolánica que ejerce su acción de forma más rápida y eficaz que las puzolanas naturales y que las cenizas volantes, sin embargo debido a su gran finura demanda mayor cantidad de agua de amasado de aquí que sea preciso emplear superplastificantes (gama **GLENIUM**) para poder trabajar con relaciones agua/cemento reducidas. Sin embargo, la adición de microsílíce se hace indispensable en la fabricación de Hormigones de Altas Prestaciones (H.A.P.) ya que además incrementar notablemente la resistencia a compresión del hormigón, también proporciona una mayor trabajabilidad y cohesividad al mismo.

4.1.3.- Relación agua/cemento.

Teniendo en cuenta que la cantidad de agua añadida a la mezcla es uno de los factores que determinan directamente las resistencias tanto iniciales como finales del hormigón, la relación agua/cemento deberá mantenerse lo más baja posible. En el caso de hormigón de altas resistencias, la relación agua/cemento será extremadamente baja, hasta 0,28-0,30, con lo que la utilización de aditivos superplastificantes será imprescindible.

Comentarios:

Se debe utilizar la menor cantidad de agua posible en el amasado de hormigones y morteros, debido a que el agua sobrante de la hidratación saldrá de la masa generando un producto poroso, permeable con malas propiedades mecánicas y resistentes.

4.1.4.- Aditivo superplastificante/reductor de agua de alta actividad.

El empleo de superplastificantes es imprescindible para obtener trabajabilidades aceptables con relaciones agua/cemento mencionadas (ver **Artículo 29** de la **EHE-08**). Se utilizan superplastificantes que permiten reducir hasta aun 30% o más del agua de amasado, manteniendo la consistencia requerida. Los mejores resultados se obtienen con los aditivos basados en éter policarboxílico.

La dosificación de aditivo acostumbra a ser elevada debido a que debe reducirse una importante proporción de agua de amasado y a su vez fluidificar hasta la consistencia deseada (en ocasiones hasta como líquido).

En función de la demanda de la resistencia requerida o en caso contrario del mantenimiento de consistencia requerido, siempre en relación con las características de los materiales empleados así como de las condiciones ambientales, deberá seleccionarse el aditivo superplastificante/reductor de agua de alta actividad adecuado en función de sus propiedades (tal como se expone en el apartado 5).

Comentarios:

No es recomendable utilizar aditivos basados en lignosulfonatos, ya que a grandes dosis tienen un efecto retardante.

*Considerando las características de los aditivos a emplear y las demandas que implica un hormigón de altas prestaciones, la adición del superplastificante/reductor de agua de alta actividad queda prácticamente limitada a productos basados en policarboxilatos de la gama **GLENIUM** (ver tabla 5.1).*

4.1.5.- Arenas.

En general se utilizan arenas naturales lavadas, con bajo contenido en finos, aunque las arenas de machaqueo también podrán ser utilizadas.

Arenas de mala calidad pueden incrementar la demanda de agua y reducir así las prestaciones del hormigón a corto y largo plazo. En consecuencia, deben presentar un grado de pureza muy elevado.

En cualquier caso las arenas empleadas deberán cumplir con las exigencias descritas en **EHE-08 Artículo 28**.

Comentarios:

Las arenas no deben poseer exceso de finos debido a que los finos los incorpora la alta dosificación de cemento y las adiciones de cenizas volantes o microsílíce, por esta razón hay que emplear arenas con un módulo granulométrico del orden de 3.

4.1.6.- Árido grueso.

Su resistencia no debe ser inferior a la que caracterizará la pasta o, por defecto, a la especificada para el hormigón en cuestión. Para ello, su selección debe ser cuidadosa, como indica el **Artículo 28** de la **EHE-08**.

Comentarios:

Los áridos gruesos deben proceder de machaqueo de rocas de gran resistencia. Los áridos finos deben ser arenas silíceas rodadas debido a que requieren una menor cantidad de agua de mojado.

Hay que tener presente que el hormigón puede fallar, a pesar de estar hecho con áridos resistentes, por falta de adherencia entre la pasta y el árido, por lo que la textura superficial, la forma y la limpieza son también fundamentales.

El tamaño máximo de árido acostumbra a limitarse a 20 mm por razones de adherencia con la pasta y para minimizar la rotura de éstos. En general se trabaja con áridos de machaqueo y con coeficiente de forma no inferior a 0,25.

A continuación, se exponen algunos ejemplos de áridos y sus resistencias.

Kg/cm²



4.1.7.- Distribución granulométrica.

Se trabaja con curvas discontinuas, aumentando la cantidad de grava respecto a las requeridas empleando los métodos de dosificación tradicionales. Generalmente se emplean proporciones árido grueso/arena cercanas al 1,5.

Debido a los requerimientos de los hormigones de alta resistencia sobre la cantidad de agua de amasado empleada, la absorción de los áridos debe estar perfectamente controlada para considerar con exactitud el agua de adición (siempre que sea posible atendiendo a la docilidad/aspereza del hormigón).

Comentarios:

Cuando en un árido existen fracciones de todos los tamaños comprendidas entre el más pequeño y el mayor del mismo, se dice que el árido posee una “granulometría continua”. Si, por el contrario la continuidad de tamaños desaparece, faltando algunas fracciones, se dice que el árido posee “granulometría discontinua”.

Si los áridos están secos o húmedos, pueden aún absorber más agua de la que poseen, y de hecho, la absorben al amasar el hormigón.

Si los áridos están saturados, no pueden absorber más agua de la que poseen. Si los áridos están mojados, ceden agua a los demás ingredientes del hormigón.

4.1.8.- Aditivo reductor de retracción.

La elevada cantidad de cemento empleada en el hormigón de alta resistencia y la baja cantidad de agua libre acentúan los problemas derivados de la retracción. Para ello, el empleo de aditivos reductores de retracción mejora la calidad y la resistencia mecánica del hormigón (siendo muy evidente en el caso de los hormigones de altas prestaciones), minimizando la dependencia de la calidad del hormigón con la mano de obra involucrada (en este caso referente al curado).

Comentarios:

El agua empleada para la fabricación del hormigón tiene dos misiones fundamentales: agua de combinación, y agua de trabajabilidad, que siempre se evaporará, creando en el hormigón una red capilar que hará permeable el hormigón. Esta agua de trabajabilidad ha de procurar que sea siempre la menor posible (si se desean hormigones realmente durables).

*Con la finalidad de reducir la retracción del hormigón y así evitar problemas de fisuración, es necesaria la utilización de **RHEOCURE SFR-2**.*

4.2.- Mezcla de los componentes.

Los mejores resultados se obtienen mezclando con amasadora. El tiempo de amasado es superior al del hormigón convencional, siendo aconsejable incrementar el empleado en éstos, como mínimo, en un 50%. Se seguirán las prescripciones del **Artículo 71** de la **EHE-08**.

El amasado en camión es posible si bien no es tan efectivo como en el caso del mezclado en amasadora. Tanto en el mezclado de amasadora y sobretodo del mezclado en camión, es recomendable un amasado previo de los componentes secos.

En el caso de hormigones de alta resistencia es recomendable el empleo de amasadoras fijas en la central de hormigón, así como incrementar como mínimo en un 50% el tiempo de amasado respecto al empleado en hormigones convencionales con los medios usuales. (**Artículo 71.3.3** de la **EHE-08**).

Comentarios:

Es preferible mezclar en planta amasadora ya que el amasado es más enérgico, uniforme, sin riesgos de contaminación y permite una correcta dosificación del aditivo.

*La mezcla tiene que ser homogénea y perfectamente amasada y tiene que satisfacer los dos requisitos de la **tabla 71.2.4** de la **EHE-08**.*

4.3.- Transporte.

4.3.1.- Transporte intermitente.

El transporte intermitente se realiza por medio de carretillas, cubas, dúmpers, camiones, blondinas, etc. Se escogerá el método adecuado en función de las necesidades concretas de la obra, protegiendo el hormigón de la lluvia, el calor, el viento y las vibraciones para evitar alteraciones en la homogeneidad.

4.3.2.- Transporte continuo.

Se usará para obtener altos rendimientos de hormigonado, empleando cintas transportadoras, el bombeo neumático o mecánico. También está especialmente indicado cuando los métodos de transporte tienen un difícil acceso hasta el lugar de colocación.

En el transporte en camión, se recomienda no transportar más de las 2/3 partes de la capacidad del camión.

El transporte del hormigón se realizará siguiendo el **Artículo 71.4.1** de la **EHE-08**.

Comentarios:

*Hay que tener una atención especial en tiempo caluroso, recomendándose un aumento de la cantidad de aditivo (gama **GLENIUM**).*

4.4.- Puesta en obra.

En ningún caso se tolerará la colocación en obra de masas con indicios de fraguado.

Un buen proceso de colocación del hormigón debe evitar que se produzca segregación y conseguir que la masa llene perfectamente todas las esquinas del encofrado y recubra bien las armaduras en toda su superficie.

Anteriormente al vertido se debe comprobar si las presiones que origina la velocidad de hormigonado son resistidas por el sistema de encofrados, así como prever las juntas de hormigonado dejando esperas embebidas si fuese necesario.

El sistema de puesta en obra más sencillo consiste en verter el hormigón desde el dispositivo de transporte (cuba, cubilote, etc.) hasta el encofrado, molde o lugar donde se haya de colocar. Se deben tomar todas las medidas para evitar la caída libre del hormigón desde una altura superior a los dos metros, a fin de impedir que se rompa la homogeneidad de la mezcla al caer más rápidamente el árido grueso que el resto de los componentes y evitar daños a los encofrados.

No se colocarán en obra capas o tongadas de hormigón cuyo espesor sea superior al que permita una compactación completa de la masa. Como regla general, este espesor estará comprendido entre 30-60 cm, en función de los métodos de compactación y forma del encofrado.

El vertido de grandes montones y su posterior distribución por medio de vibradores no es recomendable, ya que produce una notable segregación de la masa.

Se tendrá especial cuidado en evitar el desplazamiento de las armaduras durante la puesta en obra, manteniendo el recubrimiento mínimo establecido para cada caso particular.

La correcta puesta en obra seguirá las prescripciones del **Artículo 71.5** de la **EHE-08**.

Comentarios:

En ningún caso se añadirá agua al hormigón para la recuperación de cono ya que la adición de agua tiene como consecuencia una disminución de resistencias así como fisuraciones. Se recomienda añadir más aditivo al llegar a la obra. (Artículo 71.4.2 de EHE-08).

4.5.- Compactación.

Se realizará la compactación del hormigón con objeto de conseguir la máxima homogeneidad en la distribución de los componentes del hormigón así como conseguir la máxima compacidad posible, ya que de ello depende la resistencia del hormigón y la permeabilidad, y con ello la durabilidad y la protección contra la corrosión de las armaduras. El método de compactación a seguir será función de la consistencia. A la vez, se

adaptará en lo posible a las condiciones particulares de cada caso, considerando, por ejemplo, el tipo de elemento estructural.

Tabla 71.2 de la EHE-08

Consistencia	Tipo de compactación
Seca	Vibrado energético
Plástica	Vibrado normal
Blanda	Vibrado normal o picado con barra
Fluida	Picado con barra o vibrado ligero

En el caso de vibradores de molde o encofrado deberá verificarse que el tipo de vibración de éstos sea la adecuada.

La compactación se realizará siguiendo el **Artículo 71.5.2** de la **EHE-08**.

Comentarios:

La utilización de un hormigón fluido, frente a un blando reduce sustancialmente el tiempo de vibrado para su compactación, y como consecuencia, se mejoran las condiciones de trabajo además de dar una mayor garantía de calidad.

4.6.- Curado.

Es el conjunto de operaciones necesarias para evitar la evaporación o la pérdida de agua de amasado del hormigón. Deberá realizarse manteniendo húmedas las superficies de los elementos hormigonados desde el primer momento de su colocación y prolongarse como mínimo 7 días.

El curado mediante agua debe seguir las exigencias del **Artículo 27** de la **EHE-08** referente a la calidad del agua empleada.

Para el curado podrán emplearse agentes filmógenos (ver tabla 5.3). La extensión del líquido de curado se realizará mediante pulverizador, brocha, cepillo o rodillo procurando dejar una película fina y continua.

Los procedimientos de curado se describen en el **Artículo 71.6** de la **EHE-08**.

Comentarios:

*El hormigón gana resistencia por el elevado contenido en cemento, que genera un elevado calor de hidratación. Esto, conjuntamente con la reducida cantidad de agua, lo hace susceptible a fenómenos de desecación. Para ello el curado resulta imprescindible mediante el empleo de agentes de curado (gama **BETTOCURE**), ya que la calidad final de un hormigón de alta resistencia va estrechamente ligada con la eficacia del curado. Un curado insuficiente o ineficaz produce retracción y fisuración que reduce de forma considerable la resistencia y la durabilidad.*

4.7.- Desencofrado.

Los diferentes moldes o encofrados se retirarán sin producir sacudidas ni choques en la estructura y siempre que el hormigón haya alcanzado la resistencia necesaria para soportar con seguridad y sin deformaciones los esfuerzos a los que se verá sometido. Podrá realizarse ensayos de información para determinar la posibilidad o no de desmoldar.

Para facilitar la tarea de desencofrado se recomienda el uso de productos antiadherentes que serán aplicados al molde antes de verter el hormigón (ver tabla 5.5).

El **Artículo 74** de la **EHE-08** describe las operaciones de desmoldeo.

Comentarios:

Si se emplean aditivos reductores de retracción para mejorar los rendimientos de hidratación y reducir la microfisuración interna del hormigón producto de la retracción por secado, la utilización de estos no exime del uso de agentes de curado externo en el caso de hormigones de altas prestaciones.

5.- INFORMACIÓN DE LOS PRODUCTOS EMPLEADOS

Para completar la información sobre los productos citados en el presente procedimiento será necesario consultar las Fichas Técnicas y las Hojas de Datos de Seguridad de los mismos.

5.1.- Criterios de selección de aditivos para el hormigón de altas prestaciones.

Aditivo	Propiedad	Aplicación
GLENIUM ACE	<ul style="list-style-type: none"> • Altas resistencias iniciales. 	<ul style="list-style-type: none"> • Hormigón prefabricado, pretensado y autocompactante. • Climas fríos.
GLENIUM SKY	<ul style="list-style-type: none"> • Altas resistencias iniciales y finales. • Buen mantenimiento de la consistencia. 	<ul style="list-style-type: none"> • Todo tipo de hormigones. • Climas cálidos.

5.2.- Criterios de selección de microsílíce.

• Aditivo	• Características	• Función
• MEYCO MS 685	•Suspensión de nanosílíce precipitada.	•Incremento de compacidad, impermeabilidad y resistencias mecánicas.
• MEYCO MS 610	•Microsílíce en polvo.	•Incremento de compacidad, impermeabilidad y resistencias mecánicas.

5.3.- Criterios para la elección de líquidos de curado.

Aditivo	Base del aditivo	Aplicación
MASTERKURE 114	Disolución de resinas sintéticas.	<ul style="list-style-type: none"> • Hormigón blanco/visto.
MASTERKURE 220	Emulsión de resinas en agua. Exento de disolventes.	<ul style="list-style-type: none"> • Hormigón visto. • Acabado transparente. • Posibilidad tratamientos posteriores sin ser necesaria su eliminación.
MASTERKURE 230	Disolución de resinas sintéticas pigmentadas.	<ul style="list-style-type: none"> • Pistas aeropuertos, carreteras. <i>Cumple el ensayo de California (CALTRANS 90-7:01 B).</i>

5.4.- Aditivo reductor de retracción.

Aditivo	• Función	• Propiedades
RHEOCURE SFR-2	<ul style="list-style-type: none"> • Reducción de la tensión superficial del agua retenida en los microporos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Reducción de la retracción en un 50-60%. • Reducción de la fisuración. • Capacidad fluidificante.

5.5.- Criterio de selección de los agentes desmoldeantes.

Aditivo	Tipo de encofrado	Base del producto.	Calidad del acabado
RHEOFINISH 217	Metálico, madera, fenólico, plástico.	Aceite vegetal en agua.	Alta.
RHEOFINISH 290	Metálico, madera, fenólico, plástico.	Aceites minerales.	Media.

6.- RECOMENDACIONES ESPECIALES

- En ningún caso debe añadirse agua al hormigón a su llegada a obra o en caso de pérdida de consistencia.
- Controlar el rango de dosificación de los aditivos empleados, sin que excedan el máximo ni el mínimo recomendado en cada caso.
- En la colocación mediante vertido directo del hormigón evitar la caída directa desde alturas superiores a los dos metros.
- Al hormigonar sobre una junta fría se debe eliminar la lechada de cemento existente con chorreado de arena o agua a presión, y aplicar puente de unión, con el fin de asegurar una buena adherencia con el soporte reciente.
- Compactar con vibrado de abajo hasta arriba, hasta ver aparecer una humectación brillante en superficie.
- Respetar en cualquier caso los tiempos de curado recomendados.
- Deben considerarse las propiedades mecánicas de los áridos para la consecución de la resistencia mecánica deseada.
- En hormigones de alta resistencia, en ocasiones el refrentado con azufre es insuficiente, Una posible solución es el pulido, la otra es la elaboración de probetas cúbicas 15x15 cm o de 10x10 cm, si el tamaño máximo del árido es menor a 12 mm.

$$f_c = \lambda_{cil,cub15} \cdot f_{c,cúbica}$$

donde:

f_c Resistencia a compresión, en N/mm², referida a probeta cilíndrica de 15x30cm.

$f_{c,cúbica}$ Resistencia a compresión, en N/mm², obtenida a partir de ensayos realizados en probetas cúbicas de 15cm de arista.

$\lambda_{cil,cub15}$ Coeficiente de conversión, obtenido de la Tabla 86.3.2.a

Tabla 86.3.2.a Coeficiente de conversión

Resistencia en probeta cúbica, f_c (N/mm ²)	$\lambda_{cil,cub15}$
$f_c < 60$	0.90
$60 \leq f_c < 80$	0.95
$f_c \geq 80$	1.00

7.- ENSAYOS DE CONTROL DE EJECUCIÓN

Para el control de la correcta ejecución de los trabajos podrán tomarse muestras del hormigón (según norma **UNE-EN 12350-1** "Ensayos de hormigón fresco-Toma de muestras") para la realización de los siguientes ensayos:

7.1.- Consistencia según UNE-EN 12350-2.

7.2.- Resistencia a compresión según UNE-EN 12390-3.

7.3.- Impermeabilidad según UNE-EN 12390-8.

7.4.- Determinación del contenido de aire según UNE-EN 12350-7.

7.5.- Resistencia a flexión según UNE-EN 12390-5.