

Guía para las especificaciones técnicas del hormigón

Designer's guide to concrete's technical specification

Pilar Crespo^a, Miguel Ortega^b, Maria João Freitas^c, Álvaro Serrano^d

^a ICCP del Estado. Dirección General de Carreteras. MITMS. Jefe del Área de Estructuras. pcrespo@transportes.gob.es

^b Ingeniero de Caminos Canales y Puertos. TYLin. Director General. miguel.ortega@tylin.com

^c Máster en Ingeniería Civil. TYLin. Jefe de Proyectos. mariajoao.freitas@tylin.com

^d Ingeniero de Caminos Canales y Puertos. MC2 Estudio de Ingeniería. Director Técnico. alvaro.serrano@mc2.es

RESUMEN

La necesidad de compatibilizar las normas europeas de producto, ejecución y control con el Código Estructural, de obligado cumplimiento en España en lo relativo a materiales, durabilidad, ejecución, control de calidad y mantenimiento, ha motivado la redacción de esta guía, de aplicación a las estructuras de la Red de Carreteras del Estado, en la que se recogen los criterios que aseguran el cumplimiento de ambos códigos a la hora de especificar el hormigón. Una adecuada especificación de los materiales en el proyecto es fundamental para garantizar que éstos presentan las propiedades esperadas y satisfacen las exigencias de durabilidad para el uso previsto, en las condiciones ambientales indicadas.

ABSTRACT

The need to ensure the compatibility between the European product, execution and control standards with *Código Estructural*, a Spanish standard of mandatory compliance regarding materials, durability, execution, quality control and maintenance, has motivated the drafting of this guide, applicable to the structures of *Red de Carreteras del Estado* (Spanish highway administration), which includes the criteria that ensures compliance with both codes when specifying concrete. An adequate specification of the materials in the project is essential to guarantee that they present the properties expected and that the durability requirements are satisfied for the intended use, in the environmental conditions indicated.

PALABRAS CLAVE: Eurocódigos, Código Estructural, hormigón, especificación técnica.

KEYWORDS: Eurocodes, concrete, technical specification.

1. Introducción y antecedentes

Desde la entrada en vigor de la Orden Circular 1/2019 [1], las estructuras de la Red de Carreteras del Estado deben proyectarse con los Eurocódigos y, por tanto, las especificaciones de los materiales deben efectuarse de acuerdo con estas normas. A su vez, el Real Decreto 470/2021 de 29 de junio, por el que se aprueba el Código Estructural [2], establece en su disposición adicional segunda que, cuando se

proyecte con los Eurocódigos, “además, se cumplirán las prescripciones recogidas en este Código relativas a los materiales, la durabilidad, la ejecución, el control de calidad y el mantenimiento de la estructura”.

La necesidad de resolver la compatibilidad entre las normas europeas de producto, ejecución y control citadas en los Eurocódigos, con el Código Estructural [2], de obligado

cumplimiento en España en lo relativo a materiales, durabilidad, ejecución, control de calidad y mantenimiento, ha motivado la redacción y publicación, por parte de la Dirección General de Carreteras, de la *Guía para las especificaciones técnicas del hormigón* [3] (Figura 1) en la que se recogen los criterios que aseguran el cumplimiento de ambos códigos a la hora de especificar el hormigón. Esta guía es parte de la serie *Guías Eurocódigos* cuyo objeto es contribuir a que la comunidad técnica española tenga un conocimiento más profundo de los distintos Eurocódigos y, en última instancia, facilitar su aplicación en los proyectos de la Dirección General de Carreteras.

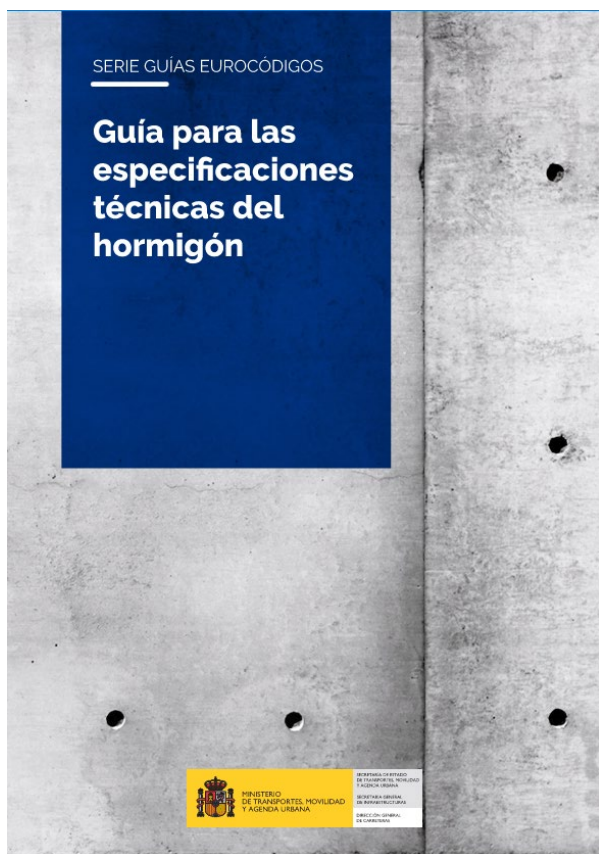


Figura 1. Guía para las especificaciones técnicas del hormigón [3]

2. Contenido de la *Guía para las especificaciones técnicas del hormigón*

En la *Guía para las especificaciones técnicas del hormigón* [3] se definen los requisitos del

hormigón que permiten una adecuada especificación de este material cuando se prescribe por propiedades. En primer lugar, se exponen los requisitos definidos por la normativa europea y, posteriormente, y con el objetivo de compatibilizar la especificación del hormigón según los Eurocódigos con la definida en el Código Estructural [2] (en cumplimiento de la disposición adicional segunda del RD de su aprobación), se procede a describir la equivalencia y compatibilidad existente entre las dos normas.

A modo de resumen y de forma compacta, en los últimos capítulos de la guía se incluye la información necesaria para la definición de un cuadro de especificaciones técnicas del hormigón y se concreta con un ejemplo práctico de un viaducto de hormigón pretensado.

3. La especificación técnica del hormigón según los Eurocódigos

Mediante la especificación del hormigón se garantiza que el material presenta las propiedades esperadas y admitidas en el cálculo y que se satisfacen las exigencias de durabilidad para el uso previsto, en las condiciones de ambiente indicadas.

Según el Eurocódigo 2 (en particular la parte 1-1 (UNE-EN 1992-1-1 [4]), que establece las reglas generales y reglas para edificación, y la parte 2 (UNE-EN 1992-2 [5]), que establece los criterios para el proyecto de puentes de hormigón), la norma de referencia para la definición de especificaciones, prestaciones, producción y conformidad del hormigón es UNE-EN 206 [6]. En su capítulo 6, la norma UNE-EN 206 [6] recoge tres tipos de especificaciones del hormigón; la *Guía para las especificaciones técnicas del hormigón* [3] trata únicamente la especificación del hormigón prescrito por propiedades.

Teniendo en cuenta los requisitos básicos (a incluir en todos los casos) y adicionales (a incluir cuando se considere necesario) recogidos

en la norma UNE-EN 206 [6] así como algunos criterios de buena práctica que permiten una definición más completa del material, el apartado 2.4 de la *Guía para las especificaciones técnicas del hormigón* [3] recoge los requisitos mínimos a incluir en el cuadro de especificaciones técnicas del hormigón de un proyecto. Son estos:

- Referencia al cumplimiento de la norma UNE-EN 206 [6].
- Tipo y función estructural.
- Clase de resistencia a compresión.
- Clase de consistencia.
- Tamaño máximo del árido.
- Clase de exposición.
- Nivel de control.
- Coeficiente parcial para la resistencia del hormigón.
- Recubrimiento.
- Máxima relación agua/cemento y mínimo contenido de cemento.
- Clase de contenido en cloruros.
- Densidad (para hormigón ligero o pesado).

La especificación técnica del hormigón según los Eurocódigos no coincide totalmente con la especificación técnica según el Código Estructural [2]. En el capítulo 4 de este artículo se expone la equivalencia entre las dos normas.

3.1 Tipo y función estructural

En la especificación de un hormigón es conveniente incluir una distinción en función del uso para el que se destina y, además, una referencia en el caso de que el hormigón sea autocompactante. Se debería distinguir entre:

- Hormigón en masa.
- Hormigón armado.
- Hormigón pretensado.
- Hormigón no estructural (como, por ejemplo, hormigón de limpieza).

Hay algunas diferencias entre la definición de este requisito según los Eurocódigos y según el Código Estructural [2]; la equivalencia entre las dos normas se explica en el apartado 4.1 de este artículo.

3.2 Clase de resistencia a compresión

El criterio para la definición de la clase de resistencia de un hormigón según los Eurocódigos es el siguiente:

- **CXX/YY** (hormigón de peso normal u hormigón pesado)
- **LCXX/YY** (hormigón ligero)

siendo **XX** la resistencia característica especificada del hormigón a compresión a 28 días, sobre probeta cilíndrica, expresada en MPa e **YY** la resistencia característica especificada del hormigón a compresión a 28 días, sobre probeta cúbica, expresada en MPa.

La clasificación del hormigón respecto a su clase de resistencia debe definirse según las tablas 12 (hormigones de peso normal y hormigones pesados) y 13 (hormigones ligeros) de UNE-EN 206 [6].

Hay algunas diferencias entre la definición de este requisito según los Eurocódigos y según el Código Estructural [2]; la equivalencia entre las dos normas se explica en el apartado 4.1 de este artículo.

3.3 Clase de consistencia

La consistencia del hormigón debe ser elegida de tal modo que, con los métodos de puesta en obra y compactación previstos, el hormigón rellene adecuadamente los encofrados, rodeando las armaduras y permitiendo la obtención de los recubrimientos exigidos.

La consistencia de un hormigón de compactación convencional se puede definir mediante la clase de asentamiento, la clase de compactación, la clase de esparcimiento o la clase de escurrimiento, según el criterio definido en las tablas 3, 4, 5 y 6 de UNE-EN 206 [6] o, alternativamente y en casos especiales, mediante su valor objetivo y método de ensayo.

Por lo general, la consistencia del hormigón se define mediante las clases correspondientes al ensayo de asentamiento del cono de Abrams (clases S1 a S5), tal como se puede observar en la Tabla 1.

La consistencia de los hormigones autocompactantes se especificará, por lo general, mediante las clases correspondientes a al ensayo de escurrimiento (clases SF1 a SF3, Tabla 2).

Los hormigones autocompactantes también se pueden clasificar por su viscosidad, capacidad de paso o resistencia a la segregación por tamiz, mediante la aplicación de las tablas 7 a 11 del apartado 4.2.2 de UNE-EN 206 [6].

Hay algunas diferencias entre la designación de este requisito según los Eurocódigos y según el Código Estructural [2]; la equivalencia entre las dos normas se explica en el apartado 4.2 de este artículo.

Tabla 1. Clases de asentamiento (adaptación de la Tabla 3 de UNE-EN 206 [6])

Clase	Asentamiento ensayado conforme a la norma EN 12350-2 [7]
	[mm]
S1	10 a 40
S2	50 a 90
S3	100 a 150
S4	160 a 210
S5 ^a	≥ 220

Tabla 2. Clases de escurrimiento (Tabla 6 de UNE-EN 206 [6])

Clase	Escurrecimiento ^a ensayado conforme a la norma EN 12350-8 [8]
	[mm]
SF1	550 a 650
SF2	660 a 750
SF3	760 a 850

^a La clasificación no se aplica a hormigones con $D_{\text{máx}}$ superior a 40 mm.

3.4 Tamaño máximo del árido

La idoneidad general de los áridos se establece:

- Para áridos naturales de peso normal, áridos pesados y escorias de alto horno enfriadas por aire, conformes con la norma UNE-EN 12620 [9].
- Para áridos ligeros, conformes con la norma UNE-EN 13055 [10].
- Para áridos recuperados, conformes con el apartado 5.2.3.3 de la propia UNE-EN 206 [6].

Según la norma UNE-EN 12620 [9], el tamaño máximo del árido para hormigón debe especificarse de acuerdo con el tamaño de uno de los tamices de las series básica, básica + serie 1 o básica + serie 2, incluidas en la Tabla 1 de dicha norma: En el caso de áridos ligeros, el tamaño máximo del árido debe ser especificado de acuerdo con la Tabla 1 de UNE-EN 13055 [10].

Tal como los Eurocódigos, el Código Estructural [2] remite a la norma UNE-EN 12620 [9] para la definición del tamaño máximo del árido por lo que, en este caso, la definición de este requisito es equivalente en las dos normas.

3.5 Clase de exposición

El ambiente al que está sometido un elemento de una estructura puede llegar a provocar su degradación como consecuencia de efectos distintos a los de las sollicitaciones consideradas en el análisis estructural.

La designación de la clase de exposición en función del tipo de ambiente se define en la Tabla 1 del apartado 4.1 de UNE-EN 206 [6], que corresponde, con alguna información complementaria, a la definida en la Tabla 4.1 del apartado 4.2 de UNE-EN 1992-1-1 [4].

En la Tabla 3 se incluye la designación de las clases de exposición a emplear en la especificación técnica del hormigón según los Eurocódigos y correspondiente descripción del ambiente.

Se puede dar el caso de que un elemento esté sometido a más de uno de los ambientes descritos en la Tabla 3, pudiendo ser necesario expresar su clase de exposición como una combinación de clases (mediante el signo de adición “+”). A modo de ejemplo, a una zapata enterrada de una pila que esté sometida a un ataque químico de agresividad débil, debería corresponder la clase de exposición XC2+XA1, donde XC2 corresponde a un ambiente húmedo, raramente seco (ambiente correspondiente a la mayoría de las cimentaciones), y XA1

corresponde a un ambiente de agresividad química débil.

Tabla 3. Clases de exposición según UNE-EN 1992-1-1 [4] y UNE-EN 206 [6]

Designación de la clase	Descripción del ambiente
1. Ningún riesgo de corrosión ni ataque	
X0	Para hormigón en masa o sin elementos metálicos incluidos: Todas las exposiciones salvo que haya abrasión, ataque químico o hielo/deshielo
	Para hormigón armado o con elementos metálicos incluidos: Muy seco
2. Corrosión por carbonatación	
XC1	Seco o permanentemente húmedo
XC2	Húmedo, raramente seco
XC3	Moderadamente húmedo
XC4	Ciclos de mojado y secado
3. Corrosión por cloruros de origen diferente al agua de mar	
XD1	Moderadamente húmedo
XD2	Húmedo, raramente seco
XD3	Ciclos de mojado y secado
4. Corrosión por cloruros de agua de mar	
	Expuesto al aire que contiene sal
XS1	marina, pero no a un contacto directo con el agua de mar
XS2	Permanentemente sumergido
XS3	Zonas en contacto con las mareas, zonas con salpicaduras de agua o de agua atomizada
5. Ataque por el hielo/deshielo con o sin agentes fundentes	
XF1	Saturación moderada en agua, sin agente fundente
XF2	Saturación moderada en agua, con agente fundente
XF3	Saturación elevada en agua, sin agente fundente
XF4	Saturación elevada en agua, con agente fundente o agua de mar
6. Ataque químico	
XA1	Ambiente de agresividad química débil
XA2	Ambiente de agresividad química moderada
XA3	Ambiente de agresividad química fuerte
7. Abrasión	
XM1	Abrasión moderada
XM2	Abrasión intensa
XM3	Abrasión extrema

En la guía se incluye una tabla más completa en la que se recoge la información de

la Tabla 1 de UNE-EN 206 [6] y a la que se añaden las clases de exposición de abrasión contempladas por UNE-EN 1992-1-1 [4] (y que no contempla la primera).

Al ser la definición de la clase de exposición según los Eurocódigos equivalente a la definición según el Código Estructural [2], en la guía se añaden, además, ejemplos informativos de las tablas 27.1.a y 27.1.d del Código Estructural [2], que facilitan la elección de las clases de exposición.

3.6 Nivel de control

El nivel de control debe definirse de acuerdo con la normativa nacional vigente, que, en el caso de España y a la fecha de redacción de la guía y de este artículo, es el Código Estructural [2]. Por un lado, se debe definir el nivel de control de la conformidad de la resistencia del hormigón durante el suministro y, por otro, el nivel de control de ejecución.

3.6.1 Nivel de control de la conformidad de la resistencia del hormigón durante el suministro

De acuerdo con el artículo 57.1 del Código Estructural [2], el control de conformidad de un hormigón deberá incluir el control de la docilidad, resistencia y durabilidad u otra característica que exija el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.

En el caso particular del control de conformidad de la resistencia, este puede ejecutarse mediante una de tres modalidades:

- Modalidad 1: control estadístico.
- Modalidad 2: control al 100 por 100.
- Modalidad 3: control indirecto.

En la guía se explica en que consiste cada una de las modalidades de control.

En general, en el proyecto de puentes de carretera, se aplicará la modalidad de control estadístico.

3.6.2 Nivel de control de ejecución

El nivel de control de ejecución identifica el nivel de control necesario para garantizar el nivel

adecuado de seguridad de una estructura. El Código Estructural [2] contempla, en sus artículos 14.3 y 22.4, dos niveles de control de la conformidad de los procesos de ejecución de las estructuras de hormigón: nivel normal y nivel intenso.

De acuerdo con el artículo 14.3 del Código Estructural [2], y salvo indicación en contra de la reglamentación específica aplicable, se deberá exigir un nivel de control de ejecución intenso para los elementos de hormigón de puentes.

3.7 Coeficiente parcial para la resistencia del hormigón

El coeficiente parcial para la resistencia del hormigón a emplear en la comprobación de los Estados Limite Últimos se define en la Tabla AN/1 del Anejo Nacional de UNE-EN 1992-1-1 [4]. Los valores se recogen en la Tabla 4.

Tabla 4. Coeficientes parciales para la ponderación de los materiales en la comprobación de los Estados Limite Últimos

Situaciones de proyecto	γ_c hormigón
Persistente o transitoria	1.5
Accidental	1.3

3.8 Recubrimiento

La determinación de los valores de los recubrimientos se analiza en detalle en la *Guía para la determinación de recubrimientos en estructuras de hormigón* [11] también de la Dirección General de Carreteras. En dicha guía se concluye que los recubrimientos se deben calcular según los artículos 43 y 44 del Capítulo 9 del Código Estructural [2], ya que están incluidos en la parte correspondiente a durabilidad, que, de acuerdo con su disposición adicional segunda, es de obligado cumplimiento.

3.9 Máxima relación agua/cemento y mínimo contenido de cemento en función de la clase de exposición

La máxima relación agua/cemento y el contenido mínimo de cemento de un hormigón están relacionados con la clase de exposición del elemento. En la determinación de estos parámetros se deberá tener en cuenta:

- Por un lado, los criterios recogidos en el Anexo F (Informativo) de la norma UNE EN 206 [6].
- Por otro lado, los criterios recogidos en el apartado 43 del Código Estructural [2].

La guía recoge una comparación entre los valores definidos por las dos normas para una misma clase de exposición. Tal como se puede observar en la Tabla 26 de la guía, en algunos casos, el Código Estructural [2] es conservador, pero en otros casos UNE-EN 206 [6] es la más conservadora. Tratándose el Anexo F de UNE-EN 206 [6] de un anejo informativo, en los cuadros de especificaciones técnicas del hormigón se deberán adoptar, para ambos parámetros, los valores indicados por el Código Estructural [2], normativa de obligado cumplimiento en lo relativo a durabilidad.

3.10 Densidad para el hormigón ligero y hormigón pesado

El hormigón ligero debe clasificarse mediante su clase de densidad o mediante el valor objetivo de la misma. Para la clasificación de un hormigón ligero mediante su clase de densidad, se debe aplicar el criterio de la Tabla 5, extraída del apartado 4.3.2 de UNE-EN 206 [6].

Tabla 5. Clases de densidad para hormigón ligero (adaptación de la Tabla 14 de UNE-EN 206 [6])

Clases de densidad	Rango de densidades ensayada conforme a la norma EN 12390-7
	[12] [kg/m ³]
D1.0	≥ 800 y $\leq 1\ 000$
D1.2	$> 1\ 000$ y $\leq 1\ 200$
D1.4	$> 1\ 200$ y $\leq 1\ 400$
D1.6	$> 1\ 400$ y $\leq 1\ 600$
D1.8	$> 1\ 600$ y $\leq 1\ 800$
D2.0	$> 1\ 800$ y $\leq 2\ 000$

El hormigón pesado debe definirse

mediante el valor objetivo.

3.11 Clase de contenido de cloruros

El contenido de cloruros de un hormigón se debe definir según las clases recogidas en la Tabla 15 de UNE-EN 206 [6] (Tabla 6). El contenido de cloruros no debe superar los valores máximos incluidos en dicha tabla, para la clase seleccionada.

Tabla 6. Máximo contenido de cloruros del hormigón (Tabla 15 de UNE-EN 206 [6])

Uso del hormigón	Clase de contenido en cloruros ^a	Máximo contenido de Cl ⁻ en masa de cemento ^b [%]
No contiene armadura de acero u otro metal incorporado con la excepción de ayudas para el izado resistente a la corrosión	Cl 1.00	1.00
Contiene armadura de acero u otro metal incorporado	Cl 0.20 Cl 0.40 ^c	0.20 0.40
Contiene armadura de acero pretensado en contacto directo con el hormigón	Cl 0.10 Cl 0.20	0.10 0.20

^a Para un uso específico del hormigón, la clase a aplicar depende de las disposiciones en vigor en el lugar de empleo del hormigón.

^b Cuando se emplean adiciones y se tienen en cuenta para el cálculo del contenido de cemento, el contenido de cloruros se expresa como el porcentaje de ion cloruro en masa de cemento más la masa total de adiciones que se tienen en cuenta.

^c Las disposiciones en vigor en el lugar de utilización pueden permitir clases de contenido de cloruros diferentes para hormigones que contengan cementos CEM III.

3.12 Notas generales adicionales

Además de la definición de los requisitos que especifican el material, es conveniente incluir alguna información adicional en los cuadros de especificaciones técnicas del hormigón relativas a:

- Vida útil de la estructura de 100 años (para puentes).

- Tipo de cemento.
- Posible ajuste de los requisitos definidos en el cuadro de especificaciones técnicas para zonas particulares dentro de un elemento, como, por ejemplo, la posible reducción del tamaño máximo del árido o de la clase de consistencia en zonas con elevada densidad de armado.

4. Equivalencia entre la especificación del hormigón según los Eurocódigos y el Código Estructural

La especificación del hormigón según el Código Estructural [2] se incluye en la guía y en este artículo para facilitar la comprensión de la correspondencia entre las dos normas.

El Código Estructural [2] define, en su artículo 33.6, el formato con el que se debe especificar un hormigón:

$$T - R / C / TM / A$$

Los requisitos a definir son los siguientes:

- T: función estructural. Se debe indicar si el hormigón a emplear es hormigón en masa (HM), hormigón armado (HA), hormigón pretensado (HP) u hormigón de limpieza (HL).
- R: resistencia característica especificada, en MPa.
- C: letra inicial del tipo de consistencia, según el artículo 33.5 del Código Estructural [2] (Seca (S), Plástica (P), Blanda (B), Fluida (F) o Líquida (L)).
- TM: tamaño máximo del árido en milímetros, según el artículo 30.3 del Código Estructural [2].
- A: designación de la clase de exposición, según el artículo 27.1 del Código Estructural [2].

En el caso particular de los hormigones de limpieza, de acuerdo con el Anejo 10 del Código Estructural [2] su especificación debe seguir el siguiente formato:

$$HL-150/C/TM$$

donde:

- HL significa hormigón de limpieza.
- 150 es la dosificación mínima de cemento, 150 kg/m³.
- C es la consistencia.
- TM es el tamaño máximo del árido.

Los requisitos exigidos por el Código Estructural [2] para la especificación de un hormigón coinciden con algunos de los requisitos exigidos por UNE-EN 206 [6]. No obstante, en algunos casos, la designación a atribuir a un determinado requisito varía en función de la norma, tal y como se describe en los apartados siguientes.

4.1 Equivalencia en la designación del tipo, función estructural y resistencia a compresión

En la Tabla 7 se incluye una comparación entre la designación del tipo, función y resistencia a compresión de un hormigón mediante las dos normas.

Tabla 7. Comparación entre la designación del tipo, función y resistencia a compresión de un hormigón mediante el Código Estructural [2] y los Eurocódigos

Designación de un hormigón armado de 25 MPa de resistencia a compresión a 28 días sobre probeta cilíndrica.	Designación según UNE-EN 206	Designación según el Código Estructural
	Hormigón armado, C25/30	HA-25

4.2 Equivalencia en la designación de la consistencia

La designación de la consistencia de un hormigón según UNE-EN 206 [6] es distinta a la designación del Código Estructural [2]. No obstante, tal como se muestra en la Tabla 8, es posible encontrar una correspondencia directa entre la forma definir la consistencia de un hormigón de compactación convencional mediante el ensayo de asentamiento según las

dos normas.

Tabla 8. Correspondencia entre la designación de la clase de consistencia según UNE-EN 206 [6] y el Código Estructural [2]

UNE-EN 206	Código Estructural
S1	Seca (S) / Plástica (P)
S2	Blanda (B)
S3	Fluida (F)
S4	Líquida (L)
S5	-

En el caso particular de los hormigones autocompactantes, existe una correspondencia directa entre la designación del Código Estructural [2] y de los Eurocódigos.

4.3 Tamaño máximo del árido y clase de exposición

La designación del tamaño máximo del árido y de la clase de exposición coincide en las dos normas.

5. Ejemplo de cuadro de especificaciones técnicas del hormigón

En la Tabla 9 se incluye un ejemplo de un cuadro de especificaciones técnicas del hormigón definido según los Eurocódigos (UNE-EN 1992-1-1 [4] y UNE-EN 206 [6]) para algunos elementos de un viaducto con tablero de hormigón pretensado.

Este cuadro debe servir únicamente como ejemplo del tipo de información (requisitos) a incluir en un cuadro de especificaciones técnicas del hormigón; los valores/clases atribuidos a cada requisito pretenden únicamente informar sobre la designación a emplear y, por tanto, se deberán adaptar en función de las características de cada proyecto. En la guía se incluye el cuadro de especificaciones técnicas del hormigón para todos los elementos del viaducto.

Tabla 9. Ejemplo de cuadro de especificaciones técnicas del hormigón según los Eurocódigos

Elemento	Tablero	Prelosas prefabricadas en cabeza de pila	Alzado de pilas en contacto con el terreno natural	Zapatas de pilas	Hormigón de limpieza y nivelación
Material	Hormigón in-situ	Hormigón prefabricado	Hormigón in-situ	Hormigón in-situ	Hormigón in-situ
Tipo de hormigón	Pretensado	Armado	Armado	Armado	No estructural
Clase de resistencia a compresión	C50/60	C30/37	C40/50	C30/37	C12/15
Consistencia	S2	S2	S2	S3	S2
Tamaño máx de árido [mm]	20	20	20	20	30
Clase de exposición	XC4+XD3+XF4	XC3	XC2+XA1	XC2+XA1	X0
Rec. nominal [mm]	50	25	60	60	-
Max. rel A/C	0.45	0.55	0.50	0.50	-
Cont. Mín. cemento [kg/m ³]	325	300	325	325	150
Equivalencia con Código Estructural	HP-50/B/20/XC4+XD3+XF4	HA-30/B/20/XC3	HA-40/B/20/XC2+XA1	HA-30/F/20/XC2+XA1	HL-150/B/30
Normativa de proyecto	UNE-EN 1990, UNE-EN 1991, UNE-EN 1992, UNE-EN 1997 y UNE-EN 1998 (de acuerdo con la Orden Circular 1/2019 de la Dirección General de Carreteras)				
Clase de contenido de cloruros	Cl 0.40 en todos los elementos de hormigón armado (Cl 0.20 si el elemento está expuesto a una clase de exposición XD o XS) Cl 0.20 en los elementos de hormigón pretensado (Cl 0.10 si el elemento está expuesto a una clase de exposición XD o XS)				
Vida Útil	100 años				
Coficiente parcial en Estado Límite Último	$\gamma_c=1.50$				
Nivel de control de conformidad de la resistencia del hormigón durante el suministro	Estadístico, según el Código Estructural				
Control de ejecución	Intenso, según el Código Estructural				

Referencias

[1] Orden circular 1/2019, Dirección General de Carreteras, Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible. Enlace de descarga:

https://www.transportes.gob.es/recursos/mfom/comodin/recursos/2019-03-18_oc_aplicacion_eurocodigos_0.pdf

[2] Código Estructural, Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible, 2021.

[3] Guía para las especificaciones técnicas del hormigón, Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible, 2023. Enlace de descarga:

<https://publicaciones.transportes.gob.es/gui-a-para-las-especificaciones-tecnicas-del-hormigon-serie-gu%C3%ADAs-eurocodigos>

[4] UNE-EN 1992-1-1, Eurocódigo 2. Proyecto de estructuras de hormigón. Reglas generales

y reglas para edificación, AENOR

- [5] UNE-EN 1992-2, Eurocódigo 2. Proyecto de estructuras de hormigón. Puentes de hormigón, AENOR
- [6] UNE-EN 206:2013+A2, Eurocódigo 2. Proyecto de estructuras de hormigón. Puentes de hormigón, AENOR
- [7] EN 12350-2, Testing fresh concrete. Part 2: Slump test.
- [8] EN 12350-8, Testing fresh concrete. Part 8: Self-compacting concrete - Slump-flow test.
- [9] UNE-EN 12620, Áridos para hormigón, AENOR.
- [10] UNE-EN 13055, Áridos ligeros. Parte 1: Áridos ligeros para hormigón, mortero e inyectado, AENOR.
- [11] Guía para la determinación de recubrimientos en estructuras de hormigón, Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible, 2023. Enlace de descarga:
[Guía para la determinación de recubrimientos en estructuras de hormigón. Serie Guías Eurocódigos - Centro de Publicaciones](#)
- [12] EN 12390-7, Testing hardened concrete. Part 7: Density of hardened concrete.