



enero 2008 – número especial

La publicación de la EHE supone un nuevo paso adelante en la sostenibilidad del hormigón
 ANDECE presenta este boletín para informar sobre los puntos principales en los que incide la instrucción

Contenido

LA INSTRUCCIÓN DE HORMIGÓN ESTRUCTURAL EHE-08 Y LA SOSTENIBILIDAD.....	2
0. Introducción.....	2
1. Antecedentes.....	2
2. Estrategias de sostenibilidad	2
2.1. Mantenimiento de las estructuras.....	3
2.2. Distintivos de Calidad Oficialmente Reconocidos (D.O.R.)	3
2.3. Control de producción	3
2.4. Consumo de materiales	4
2.4.1. Áridos reciclados.....	4
2.4.2. Aguas recicladas.....	5
2.5. Buenas prácticas medioambientales	5
3. Índice de contribución de la estructura a la sostenibilidad	5
3.1. Índice de sensibilidad medioambiental (ISMA).....	6
3.2. Índice de contribución de la estructura a la sostenibilidad (ICES)	6

LA INSTRUCCIÓN DE HORMIGÓN ESTRUCTURAL EHE-08 Y LA SOSTENIBILIDAD

0. Introducción

La sostenibilidad es un concepto global, no específico de las estructuras de hormigón, que requiere que se satisfagan una serie de criterios medioambientales, de carácter económico y social. La contribución a la sostenibilidad de las estructuras de hormigón depende del cumplimiento de criterios como el uso racional de la energía empleada (tanto para la elaboración de los productos de construcción, como para el desarrollo de la ejecución), el empleo de recursos renovables, el empleo de productos reciclados y la minimización de los impactos sobre la naturaleza como consecuencia de la ejecución y la creación de zonas de trabajo saludables.

Asimismo, el proyecto, la ejecución y el mantenimiento de las estructuras de hormigón pueden tener en cuenta otros aspectos como la **amortización de los impactos iniciales** durante la vida útil de la estructura, la **optimización de los costes de mantenimiento**, la incorporación de **técnicas innovadoras** resultado de estrategias empresariales de I+D+i, la formación continua del personal que participa en las diversas fases de la estructura, u otros aspectos de carácter económico o social.

1. Antecedentes

Durante los últimos años, los diferentes agentes sociales han venido manifestando una creciente sensibilidad por los aspectos ligados a la protección del medio ambiente y la consecución de un desarrollo sostenible. En este aspecto, lejos de considerar la construcción como una actividad inocua, la opinión pública tiende a percibirla como uno de los principales factores que colaboran para la afección al medio natural.

En el contexto anterior, cabe hacer alguna reflexión sobre la posible contribución a la sostenibilidad de las actividades de proyecto y ejecución de estructuras de hormigón. En tal sentido, la nueva Instrucción EHE-08 recoge el reto planteado desde la Sociedad, intentando liderar un proceso de mentalización de los agentes involucrados y estableciendo criterios y metodologías que contribuyan eficazmente a lograr estructuras que contribuyan mejor a la sostenibilidad. Por lo tanto, la EHE-08 considera necesario centrar la actividad de proyecto y construcción de las estructuras en un nuevo marco que considere de forma integral los aspectos económicos, sociales y ambientales.

La dimensión económica de la actividad ligada a las estructuras de hormigón puede valorarse a partir de los siguientes datos del año 2005, en el que la facturación de los sectores industriales relacionados con los materiales y productos incluidos en la Instrucción EHE ascendió a unos 16.400 millones de euros, lo que suponía alrededor del 2% del PIB. La contribución de los sectores del cemento, del hormigón preparado y el siderúrgico a esta cifra pueden valorarse en el 19,2%; 32,2% y 11,3%, respectivamente. Hay que tener en cuenta además, que en los datos anteriores no está incluida la propia actividad constructora.

Por otra parte, parece evidente la eficacia de la actividad constructora como instrumento para la atención de demandas sociales (vivienda, sanidad, educación, etc.), así como elemento de ordenación y vertebración del territorio. Además, la construcción presenta potencialidades como “sumidero ambiental” de manera que, a medida que avanza el conocimiento técnico actual, se permite aumentar el empleo de productos directamente reciclados o elaborados a partir de subproductos industriales, con el consiguiente efecto favorable como actividad incentivadora del reciclado y sensible a la preocupación por el consumo masivo de recursos naturales.

2. Estrategias de sostenibilidad

La Instrucción de Hormigón Estructural EHE-08, vigente desde el pasado 1 de diciembre, representa el marco reglamentario por el que se establecen las exigencias que deben cumplir las estructuras de hormigón para satisfacer los requisitos de seguridad estructural y seguridad en caso de incendio, además de la protección del medio ambiente.

La Instrucción es de aplicación a todas las estructuras y elementos de hormigón estructural, de edificación o de ingeniería civil, con algunas excepciones (tuberías, presas, estructuras mixtas, etc.)

Entre las principales novedades que recoge el nuevo texto con respecto a la Instrucción anterior (EHE-98) se encuentra el enfoque sostenible que adquiere ésta y que se resumen a continuación:

- **Incorporación de criterios de sostenibilidad en el proyecto, ejecución y mantenimiento de las estructuras de hormigón;**
- **Reciclado y reutilización de residuos (áridos reciclados, adiciones minerales procedentes de subproductos industriales, etc.);**

- **Prevención de generación de impactos durante la ejecución, fomentando el empleo de las mejores prácticas medioambientales;**
- **Establecimiento de un índice de contribución de la estructura a la sostenibilidad, etc.**

En este contexto anterior es en el que se enmarca la nueva Instrucción que, desde el punto de vista medioambiental y de sostenibilidad, plantea un conjunto de estrategias, alrededor de los siguientes aspectos.

2.1. Mantenimiento de las estructuras

El primer guiño a la sostenibilidad queda de manifiesto en el **Artículo 1** "Objeto". Mientras que en la anterior Instrucción el campo de aplicación de la misma se restringía al proyecto, construcción y control de las estructuras de hormigón, la EHE-08 amplía su alcance incluyendo el mantenimiento de las estructuras, con lo que se trata de abordar toda la vida útil de la estructura.

El **Artículo 103** define el mantenimiento de la estructura como el conjunto de actividades necesarias para que el nivel de prestaciones para el que ha sido proyectada no disminuya durante su vida útil de proyecto por debajo de un cierto umbral (características de resistencia mecánica, durabilidad, funcionalidad y, en su caso, estéticas). Para ello, a partir de la entrada en servicio de la estructura, la Propiedad debe programar y efectuar las actividades de mantenimiento que se indican en este Artículo, por lo que el proyecto de todo tipo de estructuras incluirá un Plan de Inspección y Mantenimiento, que defina las actuaciones a desarrollar durante toda la vida útil:

- **Puntos críticos de la estructura** precisados de especial atención a efectos de inspección y mantenimiento;
- **Periodicidad de las inspecciones,**
- **Medios auxiliares** para el acceso a las distintas zonas de la estructura, en su caso;
- **Técnicas y criterios de inspección** recomendados, etc.

El mantenimiento es una actividad de carácter preventivo, que evita o retrasa la aparición de problemas que, de lo contrario, tendrían una resolución más complicada y una cuantía económica muy superior.

El mantenimiento supone una buena forma de prolongar la vida útil de la estructura, con lo que los costes medioambientales debidos a la acción de construir la estructura y fabricar los productos que se colocan en ella se distribuirán mejor en el tiempo.

2.2. Distintivos de Calidad Oficialmente Reconocidos (D.O.R.)

Posiblemente la mejor estrategia sostenible sea la de utilizar un menor número de recursos para obtener los mismos resultados finales. En este sentido, la EHE establece unos **coeficientes reductores de la resistencia de los materiales** (hormigón y acero), que repercuten directamente en tener que emplear un mayor o menor número de material para satisfacer las exigencias básicas de la estructura:

	γC	γS
Elemento prefabricado elaborado con hormigón según Norma EN-206 (productos con marcado CE)	1,70	1,15
Elemento prefabricado con hormigón según EHE-08, acreditado por organismo de control o entidad de certificación (productos con o sin marcado CE)	1,50	1,15
Elemento prefabricado con distintivo de calidad (productos con o sin marcado CE)	1,35	1,10

Aquí adquiere especial relevancia el empleo de productos que posean el D.O.R., pues supone la utilización de los coeficientes penalizadores más bajos, con la consecuente optimización de secciones estructurales y un consumo menor de materiales, factores de los que se beneficiarán fabricantes, prescriptores y, en términos generales, la sociedad en su conjunto.

Para la obtención del D.O.R. (Anejo 19), la Instrucción establece una serie de requisitos que debe cumplir, en nuestro caso, el fabricante de prefabricados estructurales, y que deben ser verificados por un organismo externo que certifique su cumplimiento. Entre estos requisitos se encuentra que el fabricante debe tener su Sistema de Gestión de Calidad registrado según la UNE-EN-ISO 9001, así como una serie de especificaciones para los materiales que emplea y sus instalaciones.

2.3. Control de producción

Según datos manejados por la Comisión Permanente del Hormigón, sólo un **14% de las patologías de las estructuras eran debidas a fallos de los materiales frente a un 48% procedentes de errores en los proyectos**, y sin embargo el número de controles y ensayos realizados sobre los procesos industriales siempre han sido muy superiores.

La nueva EHE pretende corregir esta situación permitiendo reducir el número de ensayos en determinados casos sin mermar la calidad final de las estructuras, pues considera que, debido principalmente a la posesión del marcado CE de muchos de los productos que intervienen, la seguridad mínima de estos ya está garantizada y se exige al cliente de realizar ensayos adicionales.

La EHE contempla también la posibilidad de que el fabricante pueda utilizar para la determinación de la resistencia a compresión del hormigón, probetas cúbicas en vez de las tradicionales probetas cilíndricas (Art. 86.3.2.). Este hecho, a priori irrelevante, tiene una justificación clara que es la de reducir el número de residuos de hormigón y azufre.

Probeta cilíndrica 15x30 cm	Probeta cúbica 15x15 cm (ó 10x10 cm si $f_{ck} \geq 50 \text{ N/mm}^2$ y tamaño máximo árido < 12 mm)
Más residuo de hormigón	En torno al 40% menos de residuo de hormigón para la probeta cúbica de 15 cm de arista En torno al 80 % menos para la de 10 cm.

También se permite refrentar con mortero de azufre una sola de las caras, siempre que se cumpla una serie de condiciones de planeidad superficial y simetría. Solamente en el año 2004 se rompieron 6,5 millones de probetas, que generaron 82.000 toneladas de residuos, de los cuales 925 eran de mortero de azufre (producto altamente contaminante).

2.4. Consumo de materiales

La EHE-08 permite y fomenta el empleo de materiales más respetuosos con el medio ambiente.

La nueva Instrucción, en su **Art. 77.2** identifica una serie de criterios que permiten a cualquiera de los diferentes agentes (Fabricante, Constructor, Dirección Facultativa, etc.) diferenciar aquellos productos que pueden tener mayores valores añadidos desde el punto de vista medioambiental:

- **Materiales durables**
- **Materiales con mínimo mantenimiento**
- **Materiales simples**, preferiblemente de un único componente;
- **Materiales fáciles de poner en obra**
- **Materiales reciclables**
- **Materiales eficientes energéticamente**
- **Materiales salubres**, tanto para el personal durante la ejecución, como para los usuarios;

En general, una estructura tiene mayor valor a efectos de sostenibilidad cuando compatibiliza las exigencias definidas en el Art. 5 de la Instrucción con:

- **La optimización del consumo de materiales**, empleando menores cantidades de hormigón y de armaduras;
- **El empleo de cementos**: o que incorporen subproductos industriales, como las adiciones minerales admitidas por la reglamentación vigente, o que se obtengan mediante procesos que incorporen materias primas que producen menos emisiones de CO_2 a la atmósfera, o que se obtengan mediante procesos que consuman menos energía, especialmente mediante el uso de combustibles alternativos que permitan el ahorro de otros combustibles primarios y la valorización de residuos;
- **El empleo de áridos procedentes de procesos de reciclado**;
- **El uso de agua reciclada** en la propia planta de fabricación del hormigón;
- **El empleo de aceros**: o que procedan del reciclado de residuos férricos (chatarra), o que se obtengan mediante procesos que produzcan menores emisiones de CO_2 a la atmósfera, o que demuestren un aprovechamiento de sus residuos como, por ejemplo, de sus escorias, o que provengan de procesos que garanticen el empleo de materias primas férricas no contaminadas radiológicamente.

2.4.1. Áridos reciclados

El **Anejo 15** desarrolla las especificaciones para el uso de los áridos reciclados, entendiéndose como tal el hormigón fabricado con árido grueso reciclado procedente del machaqueo de residuos de hormigón.

El árido reciclado puede emplearse tanto para hormigón en masa como hormigón armado de resistencia característica no superior a 40 N/mm^2 , quedando excluido su empleo en hormigón pretensado.

Para su aplicación en hormigón estructural, este Anejo recomienda limitar el contenido de árido grueso reciclado al 20% en peso sobre el contenido total de árido grueso. Con esta limitación, las propiedades finales del hormigón reciclado apenas se ven afectadas en relación a las que presenta un hormigón convencional, siendo necesaria, para porcentajes superiores, la realización de estudios específicos y experimentación complementaria en cada aplicación.

En el Anejo se dan indicaciones sobre algunas de las propiedades del hormigón que pueden verse afectadas con sustituciones superiores al límite indicado.

En el caso de los hormigones no estructurales (Anejo 18) puede emplearse hasta un 100% de hormigones con áridos reciclados.

2.4.2. Aguas recicladas

El **Art. 27** contempla la posibilidad de emplear aguas recicladas procedentes del lavado de cubas en la propia central de hormigonado, siempre y cuando cumplan las especificaciones definidas en este artículo. Estas aguas se verterán sobre zonas específicas, impermeables y adecuadamente señalizadas, pudiendo así ser reutilizadas como agua de amasado para la fabricación del hormigón

2.5. Buenas prácticas medioambientales

Conscientes de que es la primera vez que la EHE recoge estos temas medioambientales y al objeto de facilitar su aplicación, la nueva instrucción incluye también una relación de lo que denomina “buenas prácticas medioambientales para la ejecución” que se definen en el **Art. 77.3.**

- Se vigilará que la totalidad del personal y subcontratas de la obra cumplan las exigencias medioambientales definidas por el Constructor;
- Se incluirán los criterios medioambientales en el contrato con los subcontratistas, definiendo las responsabilidades en las que incurrirán en el caso de incumplimiento;
- Se procurará la minimización de residuos, fomentando su reutilización y, en su caso, la gestión de los almacenamientos de residuos;
- Se planificará desde el comienzo de la obra, la contratación de un gestor autorizado para la recogida de residuos al objeto de evitar almacenamientos innecesarios;
- Se gestionará adecuadamente el consumo energético de la obra, procurando la contratación inmediata de sistemas de medición de los consumos que permitan conocer estos a la mayor brevedad, evitando además el empleo de grupos electrógenos que provocan un mayor impacto medioambiental;
- En el caso de tener que recurrirse a la demolición de alguna parte de la obra, ésta deberá hacerse empleando criterios de deconstrucción que favorezcan la clasificación de los correspondientes residuos, favoreciendo así su posterior reciclado;

- Se procurará minimizar el consumo de combustible mediante la limitación de las velocidades de la maquinaria y elementos de transporte por la obra, realizando un mantenimiento adecuado y mediante el fomento del empleo de vehículos de bajo consumo;
- Se evitará el deterioro de los materiales contenidos en sacos de papel, como por ejemplo el cemento, mediante un sistema de almacenamiento bajo cubierta que evite su meteorización y posterior transformación en residuo;
- Se gestionará adecuadamente las piezas que componen los encofrados y las cimbras, evitando que posteriores operaciones de la maquinaria de movimiento de tierras, las incorporen finalmente al suelo;
- Se dispondrán acopios en la obra de forma que se utilicen lo antes posible y ubicados con la mayor proximidad a las zonas donde se vayan a emplear en la obra;
- Se procurará que el montaje de las armaduras se lleve a cabo en zonas específicas para evitar la aparición incontrolada de alambres en los parámetros del elemento de hormigón correspondientes con los fondos de encofrado.

3. Índice de contribución de la estructura a la sostenibilidad

Por último, la EHE-08 define en el Anejo 13 un modelo de cálculo que permite valorar cuantitativamente la contribución de la estructura a cumplir los criterios en materia de sostenibilidad. Para ello, se han desarrollado dos índices:

- **Índice de sensibilidad medioambiental (ISMA)**
- **Índice de contribución de la estructura a la sostenibilidad (ICES).**

Se trata en ambos casos de parámetros susceptibles de ser calculados por procedimientos sencillos a partir de las condiciones previstas en el proyecto y desarrolladas durante la fase de ejecución de las obras. Su aplicación es voluntaria, salvo que la Propiedad especifique lo contrario. En este caso, la Propiedad debe comunicar al autor del Proyecto el nivel de sensibilidad que, en función del valor del ICES, deberá cumplir la estructura para que incorpore las correspondientes medidas en la redacción del Proyecto. Además, la Propiedad deberá considerarlo en el encargo de la ejecución, controlando su cumplimiento por parte del constructor y velar porque se transmitan a los usuarios, en

su caso, los criterios adecuados de mantenimiento.

3.1. Índice de sensibilidad medioambiental (ISMA)

Se define como “índice de sensibilidad medioambiental” de una estructura al resultado de aplicar la siguiente expresión:

$$ISMA = \sum_{i=1}^{i=11} \alpha_i \cdot \beta_i \cdot \gamma_i \cdot V_i$$

α_i , β_i , γ_i y V_i son coeficientes de ponderación, definidos en las tablas del Anejo, y que valoran la contribución a la sostenibilidad de once factores:

- **Características medioambientales del hormigón**
- **Características medioambientales de las armaduras**
- **Optimización del armado de los elementos**
- **Optimización ambiental del acero**
- **Nivel de control de la ejecución**
- **Empleo de áridos reciclados**
- **Optimización del cemento**
- **Optimización del hormigón**
- **Medidas específicas para control de los impactos**
- **Medidas específicas para gestionar los residuos**
- **Medidas específicas para gestionar el agua**

3.2. Índice de contribución de la estructura a la sostenibilidad (ICES)

Se define como “índice de contribución de la estructura a la sostenibilidad” (ICES) al resultado de aplicar la siguiente expresión:

$$ICES = a + b \cdot ISMA$$

debiendo cumplirse, además, que:

$$ICES \leq 1$$
$$ICES \leq 2 \cdot ISMA$$

donde:

a Coeficiente de contribución social.

b Coeficiente de contribución por extensión de la vida útil,

A partir del ICES, puede clasificarse la contribución de la estructura a la sostenibilidad, de acuerdo con los siguientes niveles:

Nivel A: $0,81 \leq ICES \leq 1,00$
Nivel B: $0,61 \leq ICES \leq 0,80$
Nivel C: $0,41 \leq ICES \leq 0,60$
Nivel D: $0,21 \leq ICES \leq 0,40$
Nivel E: $0,00 \leq ICES \leq 0,20$

donde A es el extremo máximo de la escala (máxima contribución a la sostenibilidad) y E es el extremo mínimo de la misma (mínima contribución a la sostenibilidad).

El Ministerio de Fomento tiene previsto colgar en su página web una sencilla aplicación informática para el cálculo del ICES.

Para más información o cualquier consulta relacionada con la nueva EHE-08, no dude en ponerse en contacto con los responsables del departamento técnico estructural Alejandro López y Daniel González

alopez@andece.org

daniel@andece.org