Eurocódigos Estructurales

MIGUEL ANGEL GUTIERREZ FERNANDEZ, DR. ARQUITECTO

RESUMEN. Los Eurocódigos Estructurales comprenden un grupo de normas para el proyecto y ejecución de edificaciones y obras de ingeniería civil desde el punto de vista estructural y geotécnico, que son comunes para todo el ámbito europeo.

Se ha programado desarrollar nueve Eurocódigos Estructurales, cada uno de los cuales está compuesto, a su vez, de varias partes.

El CEN ha publicado el Eurocódigo 2: Proyecto de estructuras de hormigón. Parte 1-1: Reglas generales y reglas para edificación (ENV 1992-1-1:1991).

La versión oficial en español fue publicada por AENOR en enero de 1993, como la norma UNE-ENV 1992-1-1:1991 Experimental.

SUMMARY. Structural Eurocodes cover a group of norms for designing and construction of buildings and civil engineering works. This is done from a structural and geotechnical point of view common to all of Europe.

Nine Eurocodes are scheduled to be developed, each one of which is composed of various parts. The CEN has published the Eurocode 2: Concrete Structure Design. Part 1-1 General Rules and Construction Rules (ENV 1992-1-1:1991).

The official version was published in Spanish by AENOR on January of 1993, as the norm UNE-ENV 1992-1-1:1991.

INDICE GENERAL

1. Introducción 2. Campo de aplicación 3. Definiciones 4. Unidades 5. Control de calidad 6. Divulgación de los Eurocódigos Estructurales

1. INTRODUCCION

1.1 La Comisión de Comunidades Europeas (CEE) inició el trabajo de establecer un conjunto de reglas técnicas armonizadas para el proyecto de edificaciones y trabajos de ingeniería civil que sirviese, inicialmente, como una alternativa a las diferentes reglas vigentes en los distintos estados miembros y que, finalmente, las sustituyese. Estas reglas técnicas son conocidas como los **Eurocódigos Estructurales**.

En 1990, después de consultar a sus respectivos estados miembros, la CCE encomendó el trabajo del futuro desarrollo de los Eurocódigos Estructurales al **Comité Europeo de Normalización (CEN)**, cuyo **Comité Técnico CEN/TC 250** es el responsable de su elaboración. A su vez, el CEN/TC 250 ha formado **varios subcomités** para trabajar en cada uno de los Eurocódigos estructurales.

Los Eurocódigos estructurales comprenden un grupo de normas para el proyecto y ejecución de edificaciones y obras de ingeniería civil desde el punto de vista estructural y geotécnico.

Estos Eurocódigos estructurales serán en un futuro, que deseamos no sea muy lejano, los códigos de cálculo y diseño de estructuras de construcción (dimensionado, disposiciones constructivas, ejecución y control de calidad) **comunes** para todo el ámbito europeo (Comunidad Europea y Asociación Europea de Libre Cambio). Tendrán una influencia decisiva en la implantación real y práctica de varias directivas comunitarias relacionadas con la Edificación y la Ingeniería Civil, especialmente en la **Directiva Europea sobre los Productos de Construcción (DPC)** (Directiva 89/106/CEE) (R.D. 1630/1992).

El CEN ha publicado en forma de **Norma Europea Experimental (ENV)**, el **Eurocódigo 2: Proyecto de estructuras de hormigón. Parte 1-1:**

Reglas generales y reglas para edificación (ENV 1992-1-1:1991); en marzo de 1992 publicó también su Erratum ENV 1992/AC (fe de erratas al documento citado).

Esta Norma Europea Experimental fue aprobada por el CEN el 27-12-1991, como una norma experimental para su aplicación provisional. El periodo de validez de esta ENV se limita inicialmente a tres años. Los miembros del CEN pasados dos años, enviarán sus comentarios, en particular sobre la posible conversión de la ENV en **Norma Europea (EN)**.

La versión oficial en español de la ENV 1992-1-1:1991 y de la ENV 1992-1-1/AC, ha sido publicada en enero 1993 por AENOR, también en forma de Norma Experimental, como la norma UNE ENV 1992-1-1:1991 Experimental.

Esta norma UNE-ENV 1992-1-1 no es obligatoria en España, donde están vigentes y son de obligado cumplimiento las **Instrucciones** de hormigón **EH-91, EP-93 y EF-88**.

Sin embargo, las especificaciones técnicas contenidas en la citada norma experimental pueden ser utilizadas de acuerdo con lo establecido en el último párrafo del artículo 1º de las Instrucciones EH-91 y EP-93. que dice: *"El autor del proyecto y el director de la obra están obligados a conocer y tener en cuenta las prescripciones de la presente Instrucción pero pueden, bajo su personal responsabilidad, emplear sistemas de cálculo, disposiciones constructivas, etc., diferentes"*.

Esta libertad de uso quedará reforzada cuando se apruebe y promulgue en el Boletín Oficial del Estado el correspondiente **Documento de Aplicación Nacional (NAD)** para España.

Por otra parte, esta norma experimental se convertirá en una futura **norma armonizada** que contribuirá a la libre circulación de personas y productos de construcción en el ámbito de la Unión Europea y acabará integrándose en las reglamentaciones técnicas españolas de obligado cumplimiento sobre la materia.

1.2 Actualmente están programados los siguientes nueve **Eurocódigos estructurales**:

- **EN 1991:** Eurocódigo 1. Bases de proyecto y acciones sobre las estructuras.
- **EN 1992:** Eurocódigo 2. Proyecto de estructuras de hormigón.
- **EN 1993:** Eurocódigo 3. Proyecto de estructuras de acero.
- **EN 1994:** Eurocódigo 4. Proyecto de estructuras mixtas de hormigón y acero.
- **EN 1995:** Eurocódigo 5. Proyecto de estructuras de madera.
- **EN 1996:** Eurocódigo 6. Proyecto de estructuras de mampostería.
- **EN 1997:** Eurocódigo 7. Proyecto geotécnico.
- **EN 1998:** Eurocódigo 8. Reglas de proyecto para la resistencia al sismo de estructuras.
- **EN 1999:** Eurocódigo 9. Reglas de Proyecto de estructuras de aluminio.

Cada uno estos Eurocódigos está compuesto, a su vez, de varias partes.

1.3 El Eurocódigo 2, además de la **Parte 1-1, Reglas generales y reglas para edificación**, ya publicada, consta de **otras partes** que, actualmente, se están desarrollando o están en proyecto, estas son las siguientes:

- **Parte 1A:** Estructuras de hormigón en masa o ligamente armado.
- **Parte 1B:** Estructuras de hormigón prefabricado.
- **Parte 1C:** Utilización de hormigones ligeros.
- **Parte 1D:** Utilización de tendones de pretensado sin adherencia o externos.
- **Parte 1E:** Diseño a fatiga de estructuras de hormigón.
- **Parte 1O:** Resistencia al fuego de estructuras de hormigón.
- **Parte 2:** Puentes de hormigón armado y pretensado.

Tabla 2.3 Coeficientes parciales de seguridad de las propiedades de los materiales		
Combinación	Hormigón γ_c	Acero pasivo o tendones de pretensado γ_s
Fundamental	1,5	1,15
Accidental (excepto sismos)	1,3	1,0

Figura 1

- **Parte 3:** Cimentaciones y pilotes de hormigón.
- **Parte 4:** Estructuras para contener líquidos.
- **Parte 5:** Estructuras provisionales. Estructuras con corto periodo de vida útil.
- **Parte 6:** Obras de ingeniería civil de tipo masivo (presas).

1.4 La Parte 1-1 del Eurocódigo 2, ya publicada, consta de siete capítulos y cuatro anexos, y trata las siguientes materias:

- **Capítulo 1:** Introducción
- **Capítulo 2:** Bases del proyecto
- **Capítulo 3:** Propiedades de los materiales
- **Capítulo 4:** Cálculo de las secciones y elementos estructurales.
- **Capítulo 5:** Detalles.
- **Capítulo 6:** Construcción y acabado.
- **Capítulo 7:** Control de calidad.
- **Anexo 1:** Efectos dependientes del tiempo.
- **Anexo 2:** Análisis no lineal.
- **Anexo 3:** Procedimientos adicionales de cálculo para pandeo.
- **Anexo 4:** Comprobación analítica de flechas.

2. CAMPO DE APLICACION

2.1 Se pretende que esta primera parte del Eurocódigo 2 se aplique de manera experimental en el proyecto de edificios y obras de ingeniería civil en hormigón armado o pretensado hechos con áridos de densidad normal: *"Se pretende que esta Norma Experimental sea usada con los NAD vigentes (EH-91, EP-93 y EF-88) en el país donde las edificaciones o los trabajos de ingeniería civil estén localizados"*.

2.2 Para la validez de aplicación de esta norma :

- a) El Eurocódigo considera que:
- *"El personal que proyecta la estructura tiene la cualificación y experiencia apropiadas;*
 - *se lleva una adecuada supervisión y control de calidad en fábrica, en las plantas y en la obra;*
 - *el personal que lleva a cabo la construcción tiene ña destreza y experiencia apropiadas;*
 - *los materiales y los productos se usan tal y como se específica en este Eurocódigo o en las especificaciones pertinentes del material o producto;*

Tabla 1.1
Lista de términos equivalentes en los idiomas comunitarios
(a falta de completar para los demás idiomas comunitarios)

Español	Inglés	Francés	Alemán	Italiano	Holandés
Construcción	Construction works	Construction	Bauwerk	Costruzione	Bouwwerk
Ejecución	Execution	Exécution	(Bau-) Ausführung	Esecuzione	Uitvoering
Estructura	Structure	Structure	Tragwrk	Struttura	Draag-constructie
Naturaleza de la construcción	Type of building or civil engineering works	Nature de construction	Art des Bauwerks	Tipo di costruzione	Type bouwwerk
Tipo de estructura	Form of structure	Type de structure	Art des Tragwerks	Tipo di struttura	Type draag-constructie
Material de construcción	Construction material	Matériau de construction	Baustoff; Werkstoff (Stahlbau)	Materiale da costruzione	Constructie materiaal
Modo de construcción	Type of construction	Mode de construction	Bauart	Sistema costruttivo	Bouwwijze
Procedimiento de ejecución	Method of construction	Procédé d'execution	Bauverfahren	Procedimento esecutivo	Bouwmethode
Sistema estructural	Structural system	Système structural	Tragsystem	Sistema strutturale	Constructief systeem

Figura 2

- la estructura tendrá el mantenimiento adecuado y;
- la estructura será utilizada de acuerdo con el proyecto".

b) "Los procedimientos de cálculo serán sólo válidos cuando se cumplan las exigencias en cuanto ejecución y puesta en obra especificadas en el Capítulo 6 (Construcción y acabado), y en el Capítulo 7 (Control de calidad).

c) Los valores numéricos identificados por |_] son indicativos. Los estados miembros pueden especificar en estos casos otros valores".

Como ejemplo, en la figura número 1 se representa la Tabla 2.3 de la UNE-ENV 1992-1-1: 1991 Experimental.

3. DEFINICIONES

3.1 Se utilizará la terminología de la Norma ISO 8930, salvo indicación expresa en contra.

Se establecen los significados de los siguientes términos, comunes a todos los Eurocódigos.

– **Construcción:** Todo lo que es construido o es el resultado de operaciones de construcción. Este término cubre tanto edificaciones como obras de ingeniería civil. Se refiere a la construcción completa incluyendo tanto los elementos estructurales como los no estructurales.

– **Ejecución:** La actividad de crear una edificación u obra de ingeniería civil. El término cubre los trabajos "in situ" y puede también referirse a la fabricación de elementos fuera de obra y su posterior instalación en ella.

– **Estructura:** Combinación organizada de partes conectadas entre sí diseñada para proveer un cierto grado de rigidez. Este término se refiere a las partes sometidas a carga.

– **Naturaleza de la construcción:** Tipo de construcción con indicación de su finalidad (vivienda, nave industrial, puente de carretera, etc).

– **Tipología de la estructura:** Forma de la estructura con indicación de la disposición de sus elementos (viga, estructura triangulada, arco, puente colgante, etc.).

– **Material de construcción:** Material que se usa en las construcciones, por ejemplo, hormigón, acero, madera, de mampostería, etc.

– **Tipo de construcción:** Indicación del material principal de la construcción, por ejemplo, hormigón armado, estructura metálica, de madera, de sillería.

– **Procedimiento de construcción:** Forma en la que se va a llevar a cabo la construcción (hormigonado in situ, prefabricado, voladizos sucesivos, etc).

– **Sistema estructural:** Elementos resistentes de la construcción y la forma en que se considera que trabajan a efectos de su modelización.

3.2 También se establece los términos equivalentes en los idiomas de la Comunidad.

En la figura número 2 se representa la tabla 1.1

de la UNE-ENV 1992-1-1:1991 Experimental, en la que se expone la lista de los citados términos equivalentes.

4. UNIDADES

Se adoptan las unidades del **Sistema Internacional (SI)**, recomendándose las siguientes para los cálculos:

- Fuerzas y cargas: kN, kN/m, kN/m²
- Densidad: kg/m³
- Peso específico: kN/m³
- Tensiones y resistencias: N/mm² (=MN/m² = MPa)
- Momentos (flexiones, ...): kNm

5. CONTROL DE CALIDAD

5.1 A continuación se hace un breve comentario al Capítulo 7, Control de Calidad, en el que se especifica "un mínimo de medidas de control necesarias para el proyecto y construcción de estructuras de hormigón".

El control de calidad abarcará a **todas las fases del proceso constructivo:** proyecto, producción, ejecución y uso. Comprende las actividades necesarias para que la estructura proyectada y construida dé una respuesta aceptable, esto es, "se mantenga en condiciones para el uso que se va a hacer de ella teniendo en cuenta su coste y el periodo de vida útil proyectado; y dentro del adecuado grado de seguridad, soporte todas las acciones y situaciones previsibles durante su ejecución o uso, y que tenga una durabilidad adecuada en relación con los costes de mantenimiento".

5.2 En esta ENV se definen tres **sistemas básicos de control** en función del agente del proceso constructivo que lo realice, siendo diferentes los objetivos de cada sistema:

- Control interno
- Control externo
- Control de conformidad

Control interno: "se lleva a cabo por el proyectista, el contratista, subcontratista, o por el proveedor, cada uno dentro del alcance de su tarea específica dentro del proceso de construcción". Esto se lleva a cabo:

- por su propia iniciativa **interna** o
- de acuerdo con **reglas externas**, establecidas por el cliente o por una organización independiente".

Control externo: "comprendiendo todas las medidas para el cliente, se lleva a cabo por una organización independiente encargada de esta labor por el cliente o por la autoridad competente. Este control consiste en:

- la verificación de las medidas de control interno (hasta el punto exigido por las especificaciones de orden externo) o

Tabla 7.1
Elementos objeto de control de producción y ejecución

Objeto	Control de materiales y producción	Referencia	Control de ejecución y acabado	Referencia
Hormigón	Materiales y constituyentes Composición, producción, hormigón fresco, hormigón endurecido	ENV 206, 11	Transporte, colocación y compactado	ENV 206, 11
		ENV 206, 11	Curado	ENV 206, 11.2.4
			Acabado superficial	ENV 206, 11
Encofrado y cimbras	Materiales	De acuerdo con las especificaciones relativas al material	Robustez, instalación, retirada, contraflecha, desviaciones Apoyo en el terreno Espesor Superficie interna	ENV 206, 10.8, 11.2.3, 11.2.4 6.3.2 6.3.2 ENV 206, 11.2.3, 2.3, 11.2.4
Armadura	Propiedades específicas del material	3.2 6.3.3 7.6.5.2	Manejo y almacenamiento, cortado, ensamblaje, fijación, solapos y juntas	6.3.3.2 6.3.3.2 6.3.3.5
	Condiciones superficiales	6.3.3.2	Solapos y empalmes Soldadura Colocación Recubrimiento de la armadura	6.3.3.4 6.3.3.3 6.3.3.5, ENV 206, 11.2.3 6.3.3.5
Acero de pretensado y dispositivos de pretensado	Propiedades específica del material.	3.3, 3.4	Manejo y almacenamiento	6.3.4.2
	Condición superficial	6.3.4.2 ENV 206, 11.2.3	Cortado	6.3.4.3
	Dispositivos de pretensado	3.4 2.4	Colocación	6.3.4.4, ENV 206, 11.2.3
	Rectitud de los tendones	6.3.4.3	Dispositivos de pretensado	6.3.4
	Lechada	6.3.4.6.2	Tesado Inyectado	7.6.5.3, 6.3.4.5 6.3.4.6
Elementos estructurales Unidades prefabricadas			Desviaciones dimensionales	6.2
			Curvatura, deflexión	6.2
			Adecuación al pedido	7.6.5.2

Figura 3

– procedimientos adicionales de control independientes de los sistemas de control interno".

Control de conformidad: "se realiza para verificar que un servicio particular o tarea de producción se ha llevado a cabo de acuerdo con las especificaciones establecidas previamente. El control de conformidad forma parte generalmente del control externo.

5.3 En función de las diferentes etapas del proceso constructivo, distingue:

- Control de proyecto;
- Control de la producción y de la ejecución;
- Control de la estructura completa;

Control de la proyecto: "debe estar conforme con los procedimientos administrativos adecuados nacionales o de la CCE."

Control de la producción y de la ejecución: "comprende todas las medidas necesarias para el mantenimiento y regulación de la calidad de los materiales y de la mano de obra de acuerdo con los requisitos especificados". Aclaramos que los requisitos especificados deben estar en los documentos del proyecto. Este control consta de inspecciones y ensayos, e incluye la interpretación de los resultados de los ensayos".

5.4 Los objetivos del control de la producción y de la ejecución se resumen en la Tabla 7.1 de la UNE-ENV 1992-1-1: 1991, en ella se indican las operaciones de control de materiales y producción y de control de ejecución y acabado de diversos elementos que necesitan ser controlados y las referencia al apartado correspondiente en esta norma y, también, a la norma ENV 206 (Concrete-performance, production, placing and compliance criteria).

Esta tabla de la UNE-ENV 1992-1-1: 1991 se reproduce en la figura número 3.

5.5 En este apartado 7 (control de calidad) de la norma que se comenta, se definen además los siguientes aspectos:

a) En el apartado del control de producción y de la ejecución (7.6):

- Elementos del control de la producción y de la ejecución (7.6.3).
- Ensayos iniciales (7.6.4).
- Verificaciones durante la construcción (7.6.5).
- Requisitos generales (7.6.5.1).
- Controles de recepción de obra (7.6.5.2).
- Controles previos al hormigonado y durante el tesado (7.6.5.3).
- Controles de conformidad (7.6.6).

b) Control y mantenimiento de la estructura finalizada (7.7).

6. DIVULGACION DE LOS EUROCODIGOS

Sería muy conveniente establecer un programa de divulgación de los Eurocódigos, comenzando por los siete capítulos y cuatro anexos de Parte 1-1, recogida en la UNE-ENV 1992-1-1: 1991 ya publicada, y continuando sucesivamente con las siguientes publicaciones.

Es de suponer que en el año 2000 toda esta normativa esté ya armonizada y sea por tanto de obligado cumplimiento en la Unión Europea.

Los técnicos relacionados con la edificación deberán conocerla y aplicarla en toda su extensión.