

# CUADERNOS INTEMAC

**Análisis comparativo entre los procedimientos propuestos por la Instrucción EHE-08  
y el EUROCÓDIGO EC-2 para el cálculo de flechas en vigas y forjados de hormigón armado**

**Comparative analysis of the calculation methods proposed by EHE-08 and EC-2  
for the assessment of deflections in reinforced concrete beams and slabs**

Eduardo Díaz Pavón Cuaresma  
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

Enrique Calderón Bello  
Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

Raúl Rodríguez Escribano  
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos



METIRE UT SCIAS

**INTEMAC**

INSTITUTO TECNICO DE MATERIALES Y CONSTRUCCIONES

**N.º 87**

**3.º TRIMESTRE '12**



METIRE UT SCIAS

## INTEMAC

### INSTITUTO TÉCNICO DE MATERIALES Y CONSTRUCCIONES

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES Y CONSTRUCCIONES

CONTROL DE PROYECTO

CONTROL DE OBRA

GARANTÍA DE CALIDAD

( O.C.T. ) CONTROL PARA EL SEGURO DE DAÑOS

INFORMES DE PATOLOGÍA, REHABILITACIÓN Y REFUERZOS DE CONSTRUCCIONES

OBRAS PÚBLICAS  
EDIFICACIÓN  
INSTALACIONES



## INTEMAC AUDIT

### AUDITORIA TÉCNICO-ECONÓMICA DE CONSTRUCCIONES

- ASESORÍA EN EL PLANTEAMIENTO Y EN LA CONTRATACIÓN DE LA OBRA
- SEGUIMIENTO DE COSTOS Y PLAZOS DURANTE LA CONSTRUCCIÓN
- VALORACIONES DE TERRENOS, INMUEBLES Y CONSTRUCCIONES
- AUDITORIAS DE TRABAJOS PARCIALES Y DE LIQUIDACIÓN DE LA OBRA



## INTEMAC ECO

### AUDITORÍA TÉCNICA MEDIOAMBIENTAL

CONTROL DE IMPACTO AMBIENTAL

Obras Públicas  
Edificación  
Instalaciones

CONTROL DE CALIDAD AMBIENTAL

Aire  
Agua  
Ruido

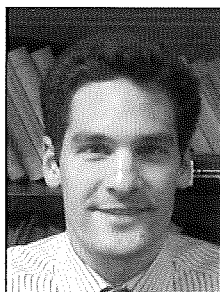
AUDITORIA MEDIOAMBIENTAL

ASESORAMIENTO EN MATERIA DE MEDIO AMBIENTE

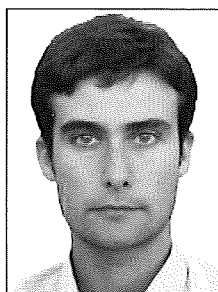
**ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LOS PROCEDIMIENTOS PROPUESTOS POR  
LA INSTRUCCIÓN EHE-08 Y EL EUROCÓDIGO EC-2 PARA EL CÁLCULO DE FLECHAS  
EN VIGAS Y FORJADOS DE HORMIGÓN ARMADO.**

---

**COMPARATIVE ANALYSIS OF THE CALCULATION METHODS PROPOSED BY  
EHE-08 AND EC-2 FOR THE ASSESSMENT OF DEFLECTIONS IN REINFORCED  
CONCRETE BEAMS AND SLABS.**



**Eduardo Díaz Pavón Cuaresma**  
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos  
Civil Engineer



**Enrique Calderón Bello**  
Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos  
PhD., Civil Engineering



**Raúl Rodríguez Escribano**  
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos  
Civil Engineer

Copyright © 2013, INTEMAC

Todos los derechos reservados. Ninguna parte de esta publicación puede ser reproducida o distribuida de ninguna manera ni por ningún medio, ni almacenada en base de datos o sistema de recuperación, sin el previo permiso escrito del editor.

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced or distributed in any form or by any means, or stored in a data base or retrieval system, without the prior written permission of the publisher.

ISSN 1133-9365

Depósito legal: M-4699-2013  
Villena Artes Gráficas - Herrera Oria, 242, Edif. B - 28035 Madrid

## **ÍNDICE**

- 2. INTRODUCCIÓN Y OBJETO**
- 2. METODOLOGÍA EMPLEADA**
- 3. RESULTADOS OBTENIDOS**
- 4. ANÁLISIS DE RESULTADOS**
- 5. CONCLUSIONES**

## **CONTENTS**

- 2. INTRODUCTION AND PURPOSE**
- 2. METHODOLOGY**
- 3. RESULTS**
- 4. ANALYSIS OF RESULTS**
- 5. CONCLUSIONS**

## ABSTRACT

*This article reports on a comparative analysis of the deflection values computed for a series of beams and structural floors using the methods described in the structural concrete code (EHE-08) valid in Spain and Eurocode 2 (EC-2), in effect in many other European countries. The findings for both were compared to the results obtained with the integration of curvature method (ICM), based, generally speaking, on studies conducted within the CEB.*

*The results of the code EHE-08 and the ICM procedures for the same beams and structural floors are likewise compared to the maximum deflection values allowed under Code EHE-08.*

*Four essential variables, namely type of member, type of span, span/effective depth ratio and live load, are analysed for their effect on cases commonly encountered in building construction.*

*This analysis reveals that, of the two procedures for estimating deflection (EHE and EC-2), EC-2 provides a better fit to the more precise ICM computations, with results generally on the side of safety, than EHE, particularly for flat beams and structural floors.*

## 1. INTRODUCTION AND PURPOSE

Wall and enclosure cracking due to the vertical deflection of beams and structural floors is one of the major unsolved problems in reinforced concrete buildings.

The legislation in force in Spain and other countries confronts the problem from two complementary perspectives:

- estimating deflection with reasonable precision.
- establishing ceilings for the deflection value.

In connection with the former, this article reports on the deflection values computed for a series of beams and structural floors using the methods described in the structural concrete code (EHE-08) [1] valid in Spain and *Eurocode 2* (EC-2) [2], in effect in many other European countries. The findings for each procedure were compared to the results obtained with the *Integration of Curvature Method* (ICM), developed by Calavera et al. [3], drawing from CEB studies [4].

In connection with the latter, the findings for the beams and structural floors computed with the code EHE-08 and ICM methods were compared to the deflection ceilings specified in EHE.

The four essential variables whose effect on building construction was analysed in the study were: type of member, type of span, span/effective depth ratio and live load.

The methodology and results, an analysis of the findings and the respective conclusions are discussed in the sections below.

## 2. METHODOLOGY

The analyses listed in the preceding Section were based on the deflection estimated for different types of beams and structural floors, in which the variables considered were:

- member type

## RESUMEN

*En el presente trabajo se ha realizado un análisis comparativo de los resultados obtenidos en la estimación del cálculo de flechas de distintos casos de vigas y forjados de acuerdo con la Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08) vigente en España, y los obtenidos en el Eurocódigo 2 (EC-2), vigente en muchos países de Europa. Dichos resultados han sido comparados con los obtenidos mediante el Método de Integración de Curvaturas (MIC), que a su vez está basado, en líneas generales, en los trabajos del CEB.*

*Además, hemos comparado los resultados obtenidos en las mismas vigas y forjados mediante la estimación con dicha Instrucción EHE-08 y con el MIC, con las limitaciones que dicha Instrucción fija.*

*En el estudio se han contemplado cuatro variables fundamentales (tipo de sección, diferentes condiciones de apoyo, relación luz/canto útil y magnitud de la sobrecarga de uso), para analizar su influencia en casos frecuentes de edificación.*

*Del análisis realizado, se deduce que, en ausencia de un cálculo preciso mediante MIC, entre los procedimientos de cálculo analizados para la estimación de flechas (EHE y EC-2) es preferible -fundamentalmente, en el caso de vigas planas y forjados- el empleo de EC-2, dado que presenta un mejor ajuste, con resultados en general del lado de la seguridad.*

## 1. INTRODUCCIÓN Y OBJETO

La fisuración de tabiques y cerramientos debido a la flecha vertical de vigas y forjados es uno de los principales problemas aún no resueltos en los edificios de hormigón armado.

Las distintas normativas, en España y en el resto de países, se han enfrentado al problema desde dos perspectivas complementarias:

- Estimando la flecha con una precisión razonable.
- Estableciendo límites superiores al valor de dicha flecha.

En relación con el primer punto, en el presente artículo se ha realizado un análisis comparativo de los resultados obtenidos en la estimación del cálculo de flechas de distintos casos de vigas y forjados de acuerdo con la *Instrucción de Hormigón Estructural* (EHE-08) [1] vigente en España, y los obtenidos en el *Eurocódigo 2* (EC-2) [2], vigente en muchos países de Europa. Dichos resultados han sido comparados con los obtenidos mediante el *Método de Integración de Curvaturas* (MIC) desarrollado en [3], que a su vez está basado, en líneas generales, en los trabajos del CEB [4].

En relación con el segundo, hemos comparado los resultados obtenidos en las mismas vigas y forjados mediante la estimación con dicha Instrucción EHE-08 y con el MIC, con las limitaciones que dicha Instrucción fija.

En el estudio realizado se han contemplado cuatro variables fundamentales (tipo de sección, diferentes condiciones de apoyo, relación luz/canto útil y magnitud de la sobrecarga de uso), para analizar su influencia en casos frecuentes de edificación.

En los siguientes apartados detallamos la metodología empleada, los resultados obtenidos, un análisis de dichos resultados, para finalmente establecer conclusiones de los análisis realizados.

## 2. METODOLOGÍA EMPLEADA

Con objeto de realizar los análisis indicados en el Apartado anterior, hemos estimado la flecha en distintos tipos de vigas y forjados, variando en cada uno de ellos las siguientes variables:

- type of span
- span/effective depth ratio ( $L/d$ )
- live load.

After defining the member to be calculated, it was designed strictly to the criteria set out in Annex 7 to EHE-08, after which its deflection was estimated with the procedures proposed in that code and EC-2 and with the ICM.

The variables analysed and a summary of the design criteria and fundamentals for each of the methods for estimating deflection are described in greater detail below.

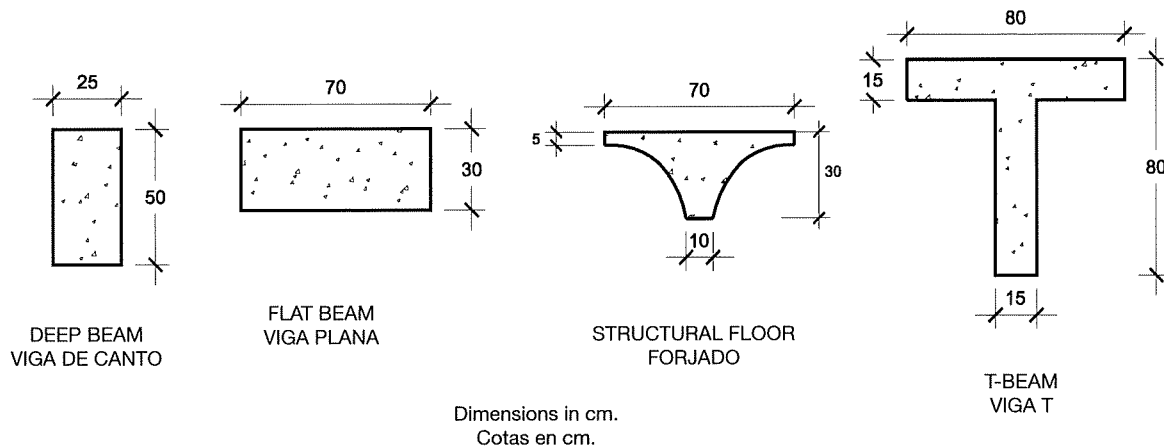
## 2.1. DESCRIPTION OF THE VARIABLES ANALYSED

The hypotheses adopted for each variable analysed are discussed in the following items.

### 2.1.1. MEMBER TYPE

As Figure 1 shows, three standard beam types were chosen (*deep beam*, *flat beam* and *T-beam*), along with a standard structural floor (with a fifth order parabolic easement curve).

Member geometry and dimensions are specified on the figure.



**Rough sketches of the sections studied**  
**Croquis esquemáticos de las secciones consideradas**

**Figure 1**  
**Figura 1**

For the purposes of calculating the load transmitted by the structural floor, the beams were assumed to be spaced at 4.5 m.

### 2.1.2. MEMBER TYPE

Three types of spans were analysed: *statically determinate* (or simple), *end* (or outer) and *inner*.

Bending moment diagrams were drawn up to design each type of span (statically determinate, end or inner) and member (*deep*, *flat* or *T-beam* or *structural floor*) as stipulated in Code EHE-08, and to compute deflection as described in items 2.2 and 2.3 below.



- Geometría de la sección
- Tipo de vano
- Relación Luz/canto útil (L/d)
- Magnitud de la sobrecarga

Una vez definido el elemento a calcular, hemos realizado un dimensionamiento estricto del mismo de acuerdo con los criterios recogidos en el Anejo 7 de la EHE-08, para posteriormente estimar su flecha con los procedimientos propuestos por dicha Instrucción EHE-08, por el EC-2 y por el MIC.

A continuación detallamos las variables analizadas, así como, de forma esquemática, los criterios que han guiado el dimensionamiento y los fundamentos de cada uno de los métodos de estimación de la flecha comparados:

## 2.1. DESCRIPCIÓN DE LAS VARIABLES ANALIZADAS

A continuación detallamos las hipótesis adoptadas sobre cada una de las variables analizadas:

### 2.1.1. SOBRE LA GEOMETRÍA EMPLEADA

Como se observa en la Figura 1 han sido analizadas tres secciones típicas de vigas (*viga de canto*, *viga plana*, y *vigas en T*) y una sección típica de forjado (con un acuerdo parabólico de grado 5).

En la misma Figura 1 indicamos los distintos parámetros geométricos que definen dichos elementos.

Por otro lado, cabe señalar que en el caso de las vigas hemos considerado un ancho tributario de los forjados sobre las mismas de 4,5 m.

### 2.1.2. SOBRE EL TIPO DE VANO ANALIZADO

Han sido analizados tres tipos de vano: *isostático* (o apoyado), *extremo* (o exterior) e *interior*.

En función del tipo de vano considerado (*isostático*, *extremo* e *interior*) y del tipo de elemento a calcular (*viga de canto* y *en T*, *viga plana* y *forjado*) hemos considerado distintos diagramas de momentos flectores tanto para el dimensionamiento de acuerdo con la Instrucción EHE -08 como para el cálculo de flechas que detallamos en los puntos 2.2 y 2.3 siguientes.

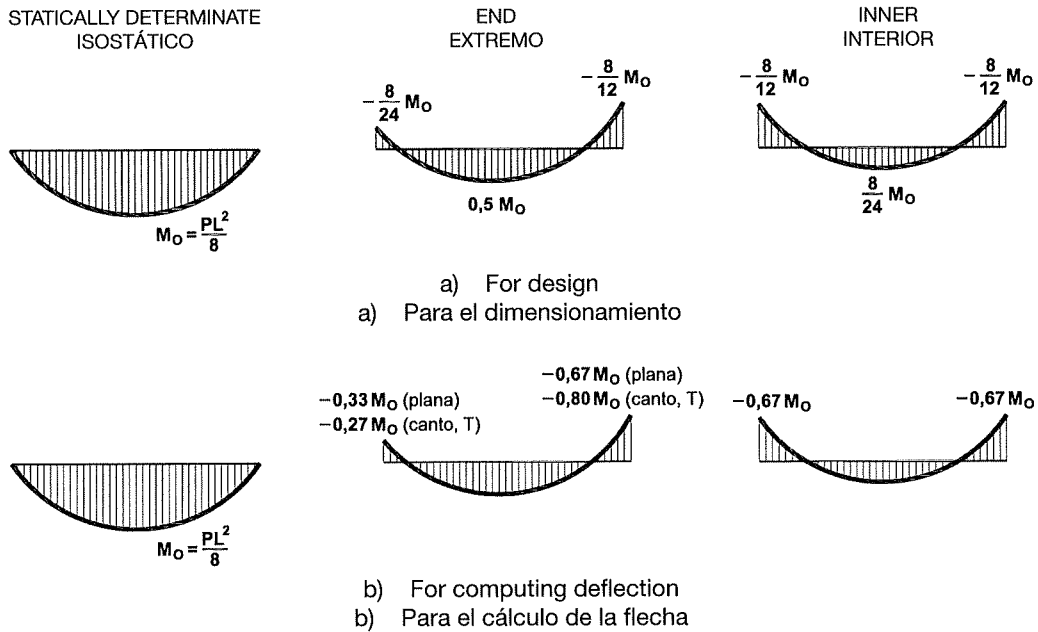
En las figuras 2 y 3 mostramos los diagramas correspondientes a las vigas y la sección de forjado, respectivamente.

Cabe señalar que sobre los diagramas empleados para el dimensionamiento hemos realizado una redistribución de momentos del 15% en todos los casos de vigas, y en el caso de los forjados, una distribución tal que igualara los momentos de vano y apoyo, tal y como se observa en la Figura 3.

### 2.1.3. SOBRE LA RELACIÓN LUZ/CANTO ÚTIL EMPLEADA

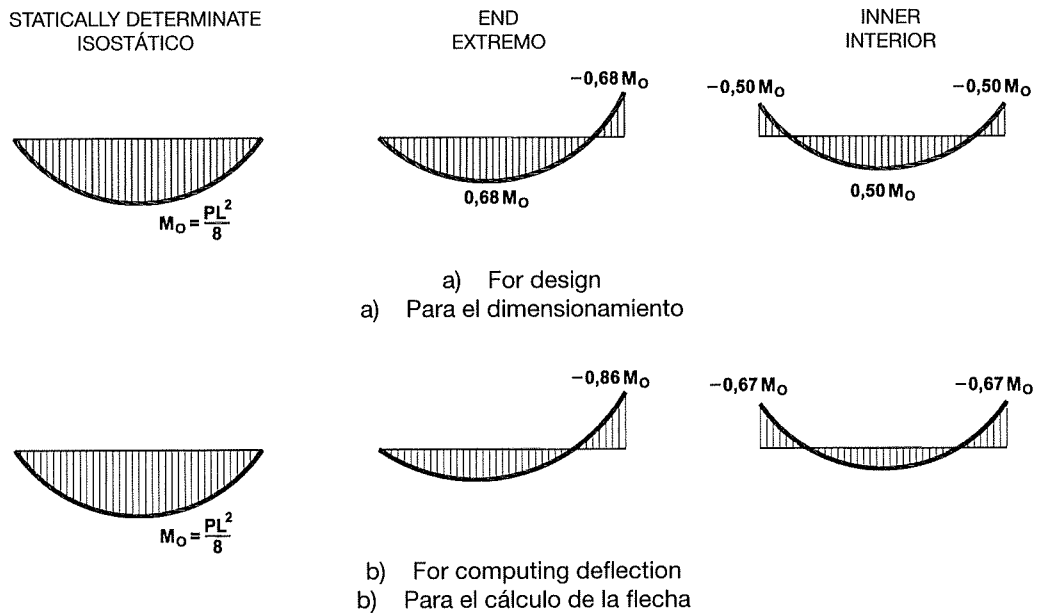
Como punto de partida para fijar la luz de cálculo de los elementos considerados, hemos empleado los criterios recogidos en la *Tabla 50.2.2.1a* de la Instrucción EHE-08. A partir de dicha tabla, la relación *Luz/Canto útil* en función del elemento a dimensionar ha respondido a un dimensionamiento *inferior*, *estricto* (que sería el valor correspondiente a la *Tabla 50.2.2.1a* referida anteriormente) o superior:

Figures 2 and 3 show the diagrams for the beams and structural floor, respectively.



**Bending moment diagrams used for *beams***  
**Diagramas de momentos flectores empleados en *vigas***

**Figure 1**  
**Figura 1**



**Bending moment diagrams used for the *structural floor***  
**Diagramas de momentos flectores empleados en el *forjado***

**Figure 2**  
**Figura 2**

**Tabla 1: Relaciones  $L/d$  empleadas**

ELEMENTO	TIPOS DE VANO	DIMENSIONAMIENTO $L/d$		
		INFERIOR	ESTRICTO	SUPERIOR
VIGAS	Isostático	12	14	16
	Extremo	16	18	20
	Interior	18	20	22
FORJADO	Isostático	18	20	22
	Extremo	24	26	28
	Interior	28	30	32

Cabe señalar que, a efectos del dimensionamiento, hemos considerado las vigas como elementos fuertemente armados y los forjados como elementos débilmente armados, de acuerdo con la clasificación indicada en la *Tabla 50.2.2.1a* antes referida y los *comentarios* de EHE al respecto. De acuerdo con la Instrucción, para las vigas en T adoptamos las esbelteces  $L/d$  de la *Tabla 1* multiplicadas por 0,8. Así mismo, para las secciones de forjado empleamos la fórmula de obtención del canto mínimo ( $h_{min}$ ) recogida en el artículo 50.2.2.1 de la Instrucción, para poder así estimar la luz de cálculo en cada caso.

En relación con el canto útil, cabe señalar que ha sido obtenido a partir del canto de la sección considerando un recubrimiento mecánico de las armaduras de 40 mm en todos los casos analizados.

#### 2.1.4. SOBRE LAS ACCIONES CONSIDERADAS

Los cálculos han sido realizados teniendo en cuenta las siguientes cargas permanentes:

Peso propio del forjado ..... 3,0 kN/m<sup>2</sup>

Tabiquería ..... 1,0 kN/m<sup>2</sup>

Solado ..... 1,5 kN/m<sup>2</sup>

En cuanto a las sobrecargas, hemos considerado dos hipótesis:

Sobrecarga 1 ..... 2,0 kN/m<sup>2</sup>

Sobrecarga 2 ..... 5,0 kN/m<sup>2</sup>

Sobre estas acciones hemos considerado los coeficientes de mayoración reglamentarios para el dimensionamiento de cada uno de los elementos.

Por último, para la estimación de las flechas, hemos considerado la historia de cargas indicada en la *Figura 4*

siendo:

$\Delta P1$  *la fracción de carga correspondiente del peso propio*

$\Delta P2$  *la fracción de carga correspondiente a particiones y cerramientos*

$\Delta P3$  *la fracción de carga correspondiente al solado*

$\Delta P4$  *la fracción de carga correspondiente a la sobrecarga de uso*

Note that the moments in the design diagrams for all the beams were redistributed by 15 %, while in the diagram for the structural floor the distribution equates the span and support moments, as shown in Figure 3.

### 2.1.1. SPAN/EFFECTIVE DEPTH RATIO

The criteria set out in Table 50.2.2.1a in Code EHE-08. were used as a starting point for establishing the design span for the members studied. Based on the table, three span/effective depth ratios were determined for each member: a *lower* and an *upper value* and an *intermediate value* (equivalent to the value found in Table 50.2.2.1a).

MEMBER	TYPE OF SPAN	L/d VALUE		
		LOWER	INTERMEDIATE*	UPPER
BEAM	Statically determinate	12	14	16
	End	16	18	20
	Inner	18	20	22
STRUCTURAL FLOOR	Statically determinate	18	20	22
	End	24	26	28
	Inner	28	30	32

\* Assuming the design steel ratio

For the intents and purposes of design, the beams were regarded as heavily and the structural floors as lightly reinforced members, further to the classification in aforementioned Table 50.2.2.1a and the respective code commentary. As specified in the code, the L/d ratios for T-beams were found by multiplying the values in Table 1 by 0.8. The formula for computing minimum depth ( $h_{min}$ ) laid down in Article 50.2.2.1 of the code was used to compute the design span for each structural floor studied.

Effective depth was computed from the section depth in all the cases analysed by assuming a 40-mm reinforcement cover.

### 2.1.2. ACTIONS STUDIED

The permanent loads used for the computations were:

structural floor self-weight.....3.0 kN/m<sup>2</sup>  
 partitions..... 1.0 kN/m<sup>2</sup>  
 flooring .....1.5 kN/m<sup>2</sup>

In addition, two live load hypotheses were considered:

live load 1 .....2.0 kN/m<sup>2</sup>  
 live load 2 .....5.0 kN/m<sup>2</sup>

Aunque no es objeto del presente trabajo, se ha analizado también la influencia en los resultados del proceso de cimbrado durante la construcción de las vigas y forjados. Para ello se ha considerado un cimbrado de dos plantas consecutivas, con un ritmo de construcción de 10 días por planta. Los resultados obtenidos no varían las conclusiones que se exponen en los siguientes apartados.

## 2.2. CRITERIOS PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE LAS SECCIONES

Como paso previo para la estimación de la flecha en cada una de los elementos indicados en el Apartado anterior, hemos realizado un dimensionamiento de los mismos de acuerdo con los criterios recogidos en el Anejo 7 de la Instrucción EHE-08, y partiendo de los diagramas de esfuerzos recogidos en las figuras 2 y 3.

Como base de partida para dicho dimensionamiento hemos considerado en todos los casos un hormigón tipo HA-25 y un acero tipo B500.

## 2.3. PROCEDIMIENTOS ANALIZADOS PARA LA ESTIMACIÓN DE LA FLECHA

Como ya hemos señalado, la estimación de la flecha la hemos realizado de acuerdo con los criterios recogidos en la Instrucción EHE-08, en la Normativa Europea EC-2, y por el procedimiento desarrollado en [3] basándose esencialmente en los criterios propuestos por el CEB, denominado *Método de Integración de Curvaturas* (MIC).

Los fundamentos de los tres procedimientos analizados difieren en algunos aspectos que pueden estar en el origen de algunas de las diferencias apreciadas en los resultados obtenidos y que recogeremos en los siguientes apartados. Por ello, exponemos brevemente en qué se basa cada uno de estos métodos (para una exposición detallada véase [3]).

Cabe indicar que los diagramas utilizados para el cálculo de flechas son los recogidos en las figuras 2 y 3.

Por último, podemos señalar que en el presente trabajo el cálculo de la flecha por los tres procedimientos descritos –EHE-08, EC-2 y MIC– lo hemos realizado utilizando el Programa Informático recogido en [3].

### 2.3.1. MÉTODO DE LA INSTRUCCIÓN EHE-08

El procedimiento de cálculo de flechas de la actual Instrucción EHE-08 mantiene sustancialmente los criterios recogidos en la Instrucción EH-88, que fue la primera que contempló el cálculo de flechas.

El método adoptado por EHE es el *Método de Branson* (utilizado también por otras normativas, como la americana ACI 318), que se basa en la definición de una inercia equivalente de la sección mediante la fórmula:

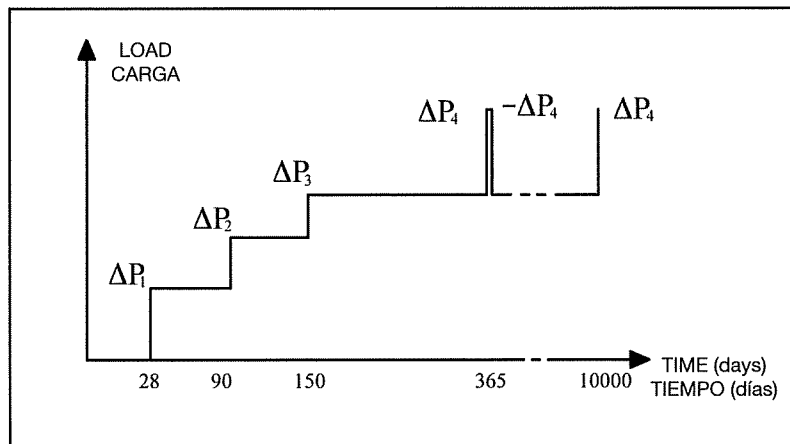
$$I_e = \left( \frac{M_f}{M_a} \right)^3 \cdot I_b + \left[ 1 - \left( \frac{M_f}{M_a} \right)^3 \right] \cdot I_f \leq I_b$$

donde:

$M_f$	es el momento de fisuración de la sección
$M_a$	es el momento aplicado en el momento del cálculo de la flecha
$I_b$	es la inercia bruta de la sección
$I_f$	es la inercia fisurada de la sección
$I_e$	es la inercia equivalente de la sección

The load factors applied to these actions to design each member were as established in the existing legislation.

Lastly, the load history used to estimate deflection values is given in the diagram in Figure 4.



**Load history adopted to calculate deformability of the members studied**  
**Historia de cargas adoptada para el cálculo de deformabilidad de los elementos comprobados**

**Figure 4**  
**Figura 4**

where:

- $\Delta P_1$  is the fraction of the load attributed to self-weight
- $\Delta P_2$  is the fraction of the load attributed to partitions and enclosures
- $\Delta P_3$  is the fraction of the load attributed to flooring
- $\Delta P_4$  is the fraction of the load attributed to the live load

While lying outside the purpose of the present study, an analysis was also conducted of the falsework present during beam and structural floor construction to determine its possible effect on the results. To this end, falsework was assumed to be installed for two consecutive storeys and the construction pace to be 10 days per storey. The findings did not vary the conclusions discussed in the sections below.

## 2.2. CRITERIA FOR MEMBER DESIGN

Prior to estimating the respective deflection value, each member was designed further to the criteria in Annex 7 to Code EHE-08, taking the force diagrams in figures 2 and 3 as a basis.

The materials assumed were RC-25 concrete and B500 steel.

## 2.3. PROCEDURES FOR ESTIMATING DEFLECTION

As noted earlier, deflection was estimated as per the criteria set out in Code EHE-08, Eurocode EC-2 and using the procedure denominated the integration of curvature method (ICM) developed by Calavera et al. [3] and based essentially on principles proposed by the CEB.

Es decir, el método, mediante un contraste de los ensayos disponibles, representa mediante  $I_e$  una transición del valor de  $I_b$  al  $I_c$  según crece el momento aplicado, y por lo tanto la fisuración.

Con base en dicho valor, se calcula la flecha instantánea para cada incremento de carga, en tanto que la flecha diferida de las cargas mantenidas se estima como:

$$f_d = f_i \cdot (1 + \lambda)$$

donde  $\lambda$  depende a su vez de la duración de la carga y de la cuantía de armadura comprimida.

Además, si bien la Instrucción EHE no lo recoge explícitamente, el resultado obtenido por dicho método debe ser corregido en función del espesor medio de la pieza y de la humedad relativa. En los cálculos realizados sí se ha considerado dicha corrección.

De lo indicado se deduce, por tanto, que la EHE considera la retracción y la fluencia para el cálculo de la flecha diferida de forma indirecta, mediante el coeficiente  $\lambda$  referido anteriormente y las correcciones de humedad y espesor antes indicadas.

Por otro lado, a continuación indicamos las limitaciones de flecha que recomienda la Instrucción EHE-08, con las cuales también hemos comparado los resultados obtenidos en los cálculos realizados:

$$f_{TOTAL} \leq \max\left(\frac{L}{250}, \frac{L}{500} + 1cm\right)$$

$$f_{ACTIVA} \leq \frac{L}{400} \text{ para vigas}$$

$$f_{ACTIVA} \leq \max\left(\frac{L}{500}, \frac{L}{1000} + 0,5cm\right) \text{ para forjados}$$

siendo  $L$  la luz en metros.

### 2.3.2. MÉTODO DEL EUROCÓDIGO 2

El procedimiento del Eurocódigo 2, basado en los estudios recogidos en [5], parte de aceptar que cualquier parámetro a relacionado con la deformación (deformaciones unitarias, rotaciones, curvaturas o las propias flechas), viene expresado con buena aproximación por la fórmula:

$$\alpha = \zeta \cdot \alpha_{II} + (1 - \zeta) \cdot \alpha_I$$

donde  $\zeta$  es un coeficiente de distribución que tiene en cuenta el fenómeno de *tensión-stiffening*.

Es decir, la flecha es un valor intermedio entre la correspondiente a la flecha con sección no fisurada (Estado I), y la correspondiente a sección fisurada (Estado II).

The three procedures differ in certain fundamental respects, which may be why differences were observed in the results, as discussed below. An overview of each method is given in the following sections (for a detailed description, see Calavera et al. [3]).

Deflection values were computed using the diagrams shown in figures 2 and 3.

In the present study, the software cited in Calavera et al. [3] was used to compute deflection pursuant to the three procedures described below (EHE-08, EC-2 and ICM).

### 2.3.1. CODE EHE-08 METHOD

Code EHE-08, which is presently in effect, recommends a procedure for computing deflection that is not materially different from the approach adopted in EH-88, the first version of the code to address such calculations.

The procedure adopted, the *Branson method* (also used in other texts, such as US standard ACI 318), is based on the definition of the effective moment of inertia from the following formula:

$$I_e = \left( \frac{M_f}{M_a} \right)^3 \cdot I_b + \left[ 1 - \left( \frac{M_f}{M_a} \right)^3 \right] \cdot I_f \leq I_b$$

where:

- $M_f$  is the cracking moment
- $M_a$  is the maximum moment in the member at the stage when deflection is computed
- $I_b$  is the moment of inertia about the centroidal axis of the gross section
- $I_f$  is the moment of inertia of the cracked section
- $I_e$  is the effective moment of inertia

In other words, drawing from a comparison of the trials available, the transition of the value of  $I_b$  to  $I_f$  as the moment applied, and hence cracking, increase, is represented in the method as  $I_e$ .

Based on that value, the immediate deflection is computed for each load increment, while the additional long-term deflection (resulting from concrete creep and shrinkage) caused by the sustained loads is estimated as:

$$f_d = f_i \cdot (1 + \lambda)$$

where  $\lambda$  depends on the duration of the load and the compression reinforcement ratio.

Moreover, while not explicitly stated in Code EHE, the result obtained with the aforementioned method must be corrected for mean member thickness and relative humidity. That correction was made in the calculations performed here.

The inference is, then, that in deflection computations, Code EHE addresses shrinkage and creep indirectly, via the coefficient  $\lambda$  and the corrections for humidity and thickness.

The results of the calculations performed were also compared to the deflection limits recommended by Code EHE-08 listed below:

$$f_{TOTAL} \leq \max \left( \frac{L}{250}, \frac{L}{500} + 1cm \right)$$

$$f_{effec} \leq \frac{L}{400} \quad \text{for beams}$$

$$f_{effec} \leq \max \left( \frac{L}{500}, \frac{L}{1000} + 0,5cm \right) \quad \text{for structural floors}$$

where L is the span in metres.



Además, el cálculo de dicha flecha se realiza con un módulo de elasticidad efectivo -excepto, en nuestra opinión, para el cálculo de la flecha debida a la sobrecarga- que depende del coeficiente de fluencia, de manera que se calcula directamente la flecha total (instantánea más diferida), y no es posible calcular la flecha activa.

Por otro lado, el método no incluye el cálculo de la flecha debida a la retracción, la cual hemos calculado aparte.

Por último, el método, tal y como está definido en el Eurocódigo, no incluye el caso de piezas hiperestáticas. En este sentido, la inercia correspondiente la hemos calculado con los criterios recogidos en la EHE-08.

### 2.3.3. MÉTODO DE INTEGRACIÓN POR CURVATURAS

Este procedimiento, desarrollado en [3] basándose en los trabajos desarrollados del CEB, consiste básicamente en el cálculo de la curvatura en cada sección a partir del momento que solicita la misma. Dicha curvatura, a su vez, es suma de tres componentes, correspondientes a la flecha instantánea, la de fluencia y la de retracción.

Una vez calculada la curvatura en cada sección, es posible calcular el diagrama de curvaturas que existe a lo largo de la pieza, para a continuación calcular las flechas.

La flecha así obtenida es exacta, salvo por las incertidumbres existentes en la asignación de propiedades a los materiales, condiciones de ambiente, etc (véase [3]- es la que hemos utilizado como referencia, y por tanto, con la que hemos comparado los valores obtenidos según EHE-08 y EC-2.

## 3. RESULTADOS OBTENIDOS

En la Tabla 2 mostramos la relación en porcentajes de los valores de flecha obtenidos según EHE o EC-2 respecto al método de referencia MIC. Así mismo, en las tablas 3 y 4 mostramos, respectivamente, la relación en porcentajes de los valores de flecha total y activa obtenidos según EHE, EC-2 y MIC, respecto de las limitaciones de flecha establecidas según EHE.

**Tabla 2: Relación flecha métodos EHE y EC-2 respecto MIC**

TIPO DE SECCIÓN >			VIGA DE CANTO			VIGA PLANA			VIGA EN T			FORJADO		
TIPO DE VANO	SC. DE USO	RELACIÓN L/d	FLECHA TOTAL		F. ACTIVA	FLECHA TOTAL		F. ACTIVA	FLECHA TOTAL		F. ACTIVA	FLECHA TOTAL		F. ACTIVA
			EHE/MIC	EC-2/MIC	EHE/MIC	EHE/MIC	EC-2/MIC	EHE/MIC	EHE/MIC	EC-2/MIC	EHE/MIC	EHE/MIC	EC-2/MIC	EHE/MIC
ISOST.	SC2	INFERIOR	103.7%	97.6%	123.7%	44.0%	145.3%	140.7%	108.8%	99.4%	136.7%	65.4%	104.0%	68.0%
		ESTRICTO	103.9%	97.0%	122.0%	56.2%	108.4%	138.4%	117.6%	98.2%	140.7%	65.4%	104.0%	68.0%
		SUPERIOR	101.2%	97.1%	115.8%	81.7%	101.7%	135.4%	121.4%	98.0%	142.5%	80.6%	100.6%	86.4%
	SC5	INFERIOR	96.3%	96.7%	111.0%	54.4%	108.9%	121.0%	104.2%	104.2%	119.9%	49.1%	107.3%	49.2%
		ESTRICTO	97.2%	97.5%	106.6%	76.6%	102.5%	117.8%	107.6%	97.0%	121.4%	64.4%	105.9%	66.4%
		SUPERIOR	108.0%	97.9%	117.2%	90.7%	98.3%	117.7%	111.2%	97.1%	122.5%	77.9%	100.3%	81.9%
EXTR.	SC2	INFERIOR	92.6%	96.9%	111.6%	82.2%	154.7%	81.1%	56.2%	92.9%	61.7%	36.6%	101.2%	32.9%
		ESTRICTO	104.4%	101.2%	127.7%	51.2%	118.9%	105.6%	68.5%	99.4%	75.9%	39.7%	95.1%	37.0%
		SUPERIOR	109.3%	103.1%	124.5%	56.2%	105.2%	121.6%	77.4%	77.4%	84.2%	52.9%	101.8%	52.4%
	SC5	INFERIOR	100.8%	104.0%	112.3%	48.1%	112.1%	96.2%	61.1%	61.1%	63.9%	35.5%	98.7%	33.0%
		ESTRICTO	101.6%	105.0%	115.6%	63.0%	112.4%	108.4%	75.0%	104.2%	80.7%	43.7%	103.6%	42.4%
		SUPERIOR	100.4%	101.3%	108.8%	78.9%	109.1%	113.0%	85.0%	106.2%	92.8%	56.2%	104.0%	56.5%
INT.	SC2	INFERIOR	89.6%	87.8%	95.7%	119.0%	227.7%	104.5%	77.0%	94.9%	82.5%	53.4%	101.1%	54.6%
		ESTRICTO	88.8%	87.6%	95.4%	140.7%	238.9%	112.7%	83.8%	91.7%	95.3%	54.5%	101.9%	55.7%
		SUPERIOR	88.3%	87.9%	93.9%	77.3%	123.4%	104.5%	97.7%	98.3%	111.4%	59.6%	119.5%	62.7%
	SC5	INFERIOR	80.8%	86.0%	83.9%	77.4%	129.4%	98.9%	77.0%	87.1%	79.7%	52.9%	101.9%	54.8%
		ESTRICTO	83.6%	87.6%	88.6%	83.3%	118.7%	94.4%	81.0%	89.3%	89.1%	59.9%	160.6%	64.0%
		SUPERIOR	77.4%	86.8%	79.4%	78.6%	96.4%	85.3%	85.6%	92.8%	91.4%	44.9%	118.0%	44.0%

### 2.3.2. EUROCODE METHOD 2

The Eurocode 2 procedure, based on studies compiled in Favre et al. [5], begins by assuming that any deformation-related parameter  $\alpha$  (strain, rotation, curvature or deflection) can be expressed reasonably accurately with the formula:

$$\alpha = \zeta \cdot \alpha_{II} + (1 - \zeta) \cdot \alpha_I$$

where  $\zeta$  is a distribution coefficient that factors *stress-stiffening* effects into the model.

In other words, deflection is an intermediate value between deflection in an uncracked (stage I) and a cracked section (stage II).

Moreover, since deflection is computed with an effective modulus of elasticity (except, in the present authors' opinion, for computing live load-induced deflection), which depends on the creep factor, total (immediate plus additional long-term) deflection is computed directly, precluding the calculation of incremental deflection.

The method makes no allowance for shrinkage-induced deflection, however, for which reason it was computed separately here.

Lastly, inasmuch as the method, as defined in the Eurocode, does not address statically indeterminate members, the respective moment was computed here to the criteria set out in EHE-08.

### 2.3.3. INTEGRATION OF CURVATURE METHOD

This procedure, which was developed in detail by Calavera et al. [3] on the grounds of studies conducted by the CEB, consists essentially of computing the curvature in each section from its moment of stress. Curvature, in turn, is the sum of three components: immediate, and creep- and shrinkage-induced deflection.

Once the curvature of each section is known, the curvature diagram and thereafter deflection can be computed for the entire member.

The deflection values found with this procedure, which are accurate except for the uncertainties surrounding environmental conditions or the assignment of properties to materials [3], were used here as the reference against which the values obtained with EHE-08 and EC-2 were compared.

## 3. RESULTS

Table 2 lists the deflection values obtained with EHE and EC-2 as percentages of the values found with the reference method, ICM. Tables 3 and 4, in turn, give the total and incremental deflection values, respectively, obtained with EHE, EC-2 and ICM as a percentage of the deflection limits laid down in EHE.

Tabla 3: Relación flecha total métodos EHE, EC-2 y MIC respecto limitaciones EHE

TIPO DE SECCIÓN >			VIGA DE CANTO			VIGA PLANA			VIGA EN T			FORJADO		
TIPO DE VANO	SC. DE USO	RELACIÓN L/d	EHE/LIM	EC-2/LIM	MIC/LIM	EHE/LIM	EC-2/LIM	MIC/LIM	EHE/LIM	EC-2/LIM	MIC/LIM	EHE/LIM	EC-2/LIM	MIC/LIM
ISOST.	SC2	INFERIOR	110.8%	104.2%	106.8%	15.5%	51.1%	35.2%	80.4%	73.4%	73.9%	69.9%	111.1%	106.8%
		ESTRICTO	155.5%	145.1%	149.6%	43.7%	84.3%	77.7%	114.0%	95.2%	97.0%	69.9%	111.1%	106.8%
		SUPERIOR	193.4%	185.5%	191.1%	93.0%	115.9%	113.9%	147.3%	118.8%	121.3%	105.4%	131.6%	130.8%
	SC5	INFERIOR	106.4%	106.8%	110.5%	33.3%	66.6%	61.1%	79.9%	79.9%	76.7%	30.6%	66.9%	62.4%
		ESTRICTO	142.8%	143.2%	146.9%	70.1%	93.7%	91.4%	103.4%	93.3%	96.1%	55.9%	92.0%	86.9%
		SUPERIOR	237.6%	215.3%	219.9%	108.3%	117.4%	119.4%	130.4%	113.9%	117.3%	82.9%	106.7%	106.4%
EXTR.	SC2	INFERIOR	102.1%	106.8%	110.3%	14.2%	26.7%	17.2%	40.4%	66.8%	71.9%	22.0%	60.9%	60.1%
		ESTRICTO	146.5%	141.9%	140.2%	26.7%	62.0%	52.1%	62.4%	90.5%	91.0%	35.0%	83.8%	88.2%
		SUPERIOR	183.6%	173.1%	168.0%	46.5%	87.2%	82.8%	84.6%	84.6%	109.3%	57.8%	111.3%	109.4%
	SC5	INFERIOR	112.4%	115.9%	111.5%	24.6%	57.3%	51.1%	47.0%	47.0%	76.9%	17.9%	49.9%	50.5%
		ESTRICTO	139.0%	143.6%	136.7%	46.5%	82.9%	73.7%	71.7%	99.7%	95.6%	30.0%	71.1%	68.6%
		SUPERIOR	170.8%	172.4%	170.2%	77.9%	107.7%	98.7%	95.8%	119.7%	112.8%	47.1%	87.1%	83.8%
INT.	SC2	INFERIOR	81.6%	79.9%	91.0%	12.4%	23.7%	10.4%	46.7%	57.6%	60.7%	10.4%	19.7%	19.4%
		ESTRICTO	98.6%	97.3%	111.0%	19.3%	32.8%	13.7%	66.1%	72.3%	78.9%	13.1%	24.5%	24.0%
		SUPERIOR	118.6%	118.0%	134.3%	35.5%	56.7%	45.9%	85.8%	86.4%	87.9%	20.1%	40.3%	33.7%
	SC5	INFERIOR	75.7%	80.5%	93.6%	19.4%	32.5%	25.1%	47.9%	54.2%	54.2%	7.7%	14.9%	14.6%
		ESTRICTO	138.2%	144.9%	165.4%	35.2%	50.2%	42.3%	66.4%	73.2%	81.9%	11.0%	29.4%	18.3%
		SUPERIOR	108.4%	121.5%	140.0%	53.6%	63.3%	65.7%	79.9%	86.6%	86.6%	17.7%	46.5%	39.4%

Tabla 4: Relación flecha activa métodos EHE, EC-2 y MIC respecto limitaciones EHE

TIPO DE SECCIÓN >			VIGA DE CANTO		VIGA PLANA		VIGA EN T		FORJADO	
TIPO DE VANO	SC. DE USO	RELACIÓN L/d	EHE/LIM	MIC/LIM	EHE/LIM	MIC/LIM	EHE/LIM	MIC/LIM	EHE/LIM	MIC/LIM
ISOST.	SC2	INFERIOR	129.7%	104.9%	18.1%	43.7%	89.9%	65.8%	122.0%	179.4%
		ESTRICTO	156.1%	128.0%	59.7%	104.7%	109.2%	77.6%	122.0%	179.4%
		SUPERIOR	176.1%	152.1%	132.6%	141.9%	126.4%	88.7%	179.4%	207.6%
	SC5	INFERIOR	132.0%	118.9%	46.8%	85.4%	93.3%	93.3%	54.3%	110.3%
		ESTRICTO	155.4%	145.8%	102.6%	127.3%	106.7%	87.9%	102.7%	154.7%
		SUPERIOR	235.4%	200.9%	159.8%	164.3%	121.9%	99.5%	154.4%	188.6%
EXTR.	SC2	INFERIOR	107.9%	96.7%	15.6%	15.7%	38.6%	62.6%	30.7%	93.3%
		ESTRICTO	143.5%	112.4%	32.6%	66.7%	54.2%	71.3%	50.0%	135.0%
		SUPERIOR	161.9%	130.0%	58.7%	107.6%	67.2%	79.8%	84.8%	161.9%
	SC5	INFERIOR	125.4%	111.7%	32.3%	69.8%	47.4%	74.1%	29.1%	88.4%
		ESTRICTO	142.5%	123.2%	64.5%	101.7%	67.6%	83.8%	49.3%	116.1%
		SUPERIOR	160.5%	147.4%	108.7%	132.9%	86.7%	93.4%	77.1%	136.5%
INT.	SC2	INFERIOR	78.9%	82.5%	14.9%	8.4%	47.0%	57.0%	12.4%	22.8%
		ESTRICTO	86.1%	90.2%	22.9%	10.4%	60.4%	63.4%	15.2%	27.3%
		SUPERIOR	96.6%	102.8%	42.0%	54.2%	71.7%	71.7%	25.0%	39.9%
	SC5	INFERIOR	76.9%	91.6%	26.3%	32.1%	49.0%	61.5%	10.8%	19.7%
		ESTRICTO	126.4%	142.7%	48.2%	55.3%	63.5%	71.2%	15.4%	24.0%
		SUPERIOR	95.3%	120.0%	67.1%	84.6%	70.8%	77.5%	25.8%	58.7%

**Table 2: Comparison of deflection computed with the EHE and EC-2 procedures to the ICM reference values (in per cent)**

MEMBER TYPE			DEEP BEAM			FLAT BEAM			T-BEAM			STRUCTURAL FLOOR		
SPAN TYPE	IV. LD	L/d RATIO	TOTAL DEFL.		EFF.DEF.	TOTAL DEFL.		EFF.DEF.	TOTAL DEFL.		EFF.DEF.	TOTAL DEFL.		EFF.DEF.
			EHE/ICM	EC-2/ICM	EHE/ICM	EHE/ICM	EC-2/ICM	EHE/ICM	EHE/ICM	EC-2/ICM	EHE/ICM	EHE/ICM	EC-2/ICM	EHE/ICM
STAT. DET.	LL2	LOWER	103.7%	97.6%	123.7%	44.0%	145.3%	140.7%	108.8%	99.4%	136.7%	65.4%	104.0%	68.0%
		INTRMED.	103.9%	97.0%	122.0%	56.2%	108.4%	138.4%	117.6%	98.2%	140.7%	65.4%	104.0%	68.0%
		UPPER	101.2%	97.1%	115.8%	81.7%	101.7%	135.4%	121.4%	98.0%	142.5%	80.6%	100.6%	85.4%
	LL5	LOWER	96.3%	96.7%	111.0%	54.4%	108.9%	121.0%	104.2%	104.2%	119.9%	49.1%	107.3%	49.2%
		INTRMED.	97.2%	97.5%	106.6%	76.6%	102.5%	117.8%	107.6%	97.0%	121.4%	64.4%	105.9%	66.4%
		UPPER	108.0%	97.9%	117.2%	90.7%	98.3%	117.7%	111.2%	97.1%	122.5%	77.9%	100.3%	81.9%
END	LL2	LOWER	92.6%	96.9%	111.6%	82.2%	154.7%	81.1%	56.2%	92.9%	61.7%	36.6%	101.2%	32.9%
		INTRMED.	104.4%	101.2%	127.7%	51.2%	118.9%	105.6%	68.5%	99.4%	75.9%	39.7%	95.1%	37.0%
		UPPER	109.3%	103.1%	124.5%	56.2%	105.2%	121.6%	77.4%	77.4%	84.2%	52.9%	101.8%	52.4%
	LL5	LOWER	100.8%	104.0%	112.3%	48.1%	112.1%	96.2%	61.1%	61.1%	63.9%	35.5%	98.7%	33.0%
		INTRMED.	101.6%	105.0%	115.6%	63.0%	112.4%	108.4%	75.0%	104.2%	80.7%	43.7%	103.6%	42.4%
		UPPER	100.4%	101.3%	108.8%	78.9%	109.1%	113.0%	85.0%	106.2%	92.8%	56.2%	104.0%	56.5%
INNER	LL2	LOWER	89.6%	87.8%	95.7%	119.0%	227.7%	104.5%	77.0%	94.9%	82.5%	53.4%	101.1%	54.6%
		INTRMED.	88.8%	87.6%	95.4%	140.7%	238.9%	112.7%	83.8%	91.7%	95.3%	54.5%	101.9%	55.7%
		UPPER	88.3%	87.9%	93.9%	77.3%	123.4%	104.5%	97.7%	98.3%	111.4%	59.6%	119.5%	62.7%
	LL5	LOWER	80.8%	86.0%	83.9%	77.4%	129.4%	98.9%	77.0%	87.1%	79.7%	52.9%	101.9%	54.8%
		INTRMED.	83.6%	87.6%	88.6%	83.3%	118.7%	94.4%	81.0%	89.3%	89.1%	59.9%	160.6%	64.0%
		UPPER	77.4%	86.8%	79.4%	78.6%	96.4%	85.3%	85.6%	92.8%	91.4%	44.9%	118.0%	44.0%

**Table 3: Comparison of total deflection computed with the EHE, EC-2 and ICM procedures to the deflection limits defined in EHE (in per cent)**

MEMBER TYPE			DEEP BEAM			FLAT BEAM			T-BEAM			STRUCTURAL FLOOR		
SPAN TYPE	IV. LD	L/d RATIO	EHE/LIM	EC-2/LIM	ICM/LIM	EHE/LIM	EC-2/LIM	ICM/LIM	EHE/LIM	EC-2/LIM	ICM/LIM	EHE/LIM	EC-2/LIM	ICM/LIM
			STAT. DET.	LL2	LOWER	110.8%	104.2%	106.8%	15.5%	51.1%	35.2%	80.4%	73.4%	73.9%
INTRMED.	155.5%	145.1%			149.6%	43.7%	84.3%	77.7%	114.0%	95.2%	97.0%	69.9%	111.1%	105.8%
UPPER	193.4%	185.5%			191.1%	93.0%	115.9%	113.9%	147.3%	118.8%	121.3%	105.4%	131.6%	130.8%
LL5	LOWER	105.4%		105.8%	110.5%	33.3%	66.6%	61.1%	79.9%	79.9%	76.7%	30.6%	66.9%	62.4%
	INTRMED.	142.8%		143.2%	146.9%	70.1%	93.7%	91.4%	103.4%	93.3%	95.1%	55.9%	92.0%	86.9%
	UPPER	237.6%		215.3%	219.9%	108.3%	117.4%	119.4%	130.4%	113.9%	117.3%	82.9%	106.7%	105.4%
END	LL2	LOWER	102.1%	106.8%	110.3%	14.2%	26.7%	17.2%	40.4%	66.8%	71.9%	22.0%	60.9%	60.1%
		INTRMED.	146.5%	141.9%	140.2%	26.7%	62.0%	52.1%	62.4%	90.5%	91.0%	35.0%	83.8%	88.2%
		UPPER	183.6%	173.1%	168.0%	46.5%	87.2%	82.8%	84.6%	84.6%	109.3%	57.8%	111.3%	109.4%
	LL5	LOWER	112.4%	115.9%	111.5%	24.6%	57.3%	51.1%	47.0%	47.0%	76.9%	17.9%	49.9%	50.5%
		INTRMED.	139.0%	143.6%	136.7%	46.5%	82.9%	73.7%	71.7%	99.7%	95.6%	30.0%	71.1%	68.6%
		UPPER	170.8%	172.4%	170.2%	77.9%	107.7%	98.7%	95.8%	119.7%	112.8%	47.1%	87.1%	83.8%
INNER	LL2	LOWER	81.6%	79.9%	91.0%	12.4%	23.7%	10.4%	46.7%	57.6%	60.7%	10.4%	19.7%	19.4%
		INTRMED.	98.6%	97.3%	111.0%	19.3%	32.8%	13.7%	66.1%	72.3%	78.9%	13.1%	24.5%	24.0%
		UPPER	118.6%	118.0%	134.3%	35.5%	56.7%	45.9%	85.8%	86.4%	87.9%	20.1%	40.3%	33.7%
	LL5	LOWER	75.7%	80.5%	93.6%	19.4%	32.5%	25.1%	47.9%	54.2%	54.2%	7.7%	14.9%	14.6%
		INTRMED.	138.2%	144.9%	165.4%	35.2%	50.2%	42.3%	66.4%	73.2%	81.9%	11.0%	29.4%	18.3%
		UPPER	108.4%	121.5%	140.0%	53.6%	63.3%	65.7%	79.9%	86.6%	86.6%	17.7%	46.5%	39.4%

## 4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

A continuación exponemos la metodología empleada en el tratamiento estadístico de resultados, así como el análisis realizado sobre los mismos.

### 4.1. TRATAMIENTO DE RESULTADOS

#### 4.1.1. COMPARACIÓN ENTRE LOS MÉTODOS DE CÁLCULO DE FLECHA

Además del análisis cualitativo de los resultados expuestos en el Apartado 3, hemos realizado un tratamiento estadístico preliminar<sup>1</sup> de dichos resultados de cara a poder analizarlos cuantitativamente. Dicho tratamiento ha consistido en obtener, para cada sección y método, los valores estadísticos correspondientes a distintas agrupaciones de valores en función de las variables consideradas (relación L/d, tipo de vano y sobrecarga de uso), así como dichos valores estadísticos para la población total de resultados de cada sección y método.

A modo de resumen, en las siguientes tablas recogemos los valores promedio y coeficientes de variación<sup>2</sup> de cada una de las poblaciones analizadas.

Cabe indicar que en las tablas correspondientes a promedios, hemos sombreado con trama de rayas los valores que superan en más de un 20% el valor de flecha obtenido por el MIC, y con trama de puntos los que son inferiores al 80% de dicho valor de referencia. Sin sombreado se presentan los resultados comprendidos entre dichos valores.

En el caso de las tablas correspondientes a coeficientes de variación, sin trama se presentan los valores cuyo coeficiente de variación es inferior a 0,15, con sombreado a puntos si dicho coeficiente de variación está comprendido entre 0,15 y 0,30, y con sombreado a rayas cuando el coeficiente de variación es superior a 0,30.

Tabla 5: Relación flecha total método EHE respecto MIC (promedios)

FLECHA TOTAL EHE/MIC (PROMEDIOS)					
TIPO DE SECCIÓN >		CANTO	PLANA <sup>(1)</sup>	T	FORJADO
TOTAL		96%	69%	89%	55%
RELACIÓN L/d	INFERIOR	94%	61%	81%	49%
	ESTRICTO	97%	66%	89%	55%
	SUPERIOR	97%	77%	96%	62%
TIPO DE VANO	ISOST.	102%	67%	112%	67%
	EXTR.	102%	63%	71%	44%
	INT.	85%	79%	84%	54%
SC. DE USO	SC2	98%	64%	90%	56%
	SC5	94%	72%	88%	54%

<sup>(1)</sup> Véanse los comentarios realizados en el Apartado 4.2.1 *Vigas planas*.

<sup>1</sup> Téngase en cuenta el reducido número de casos analizado.

<sup>2</sup> Hemos supuesto una distribución de valores normal, siendo el coeficiente de variación el cociente entre la desviación típica y el valor medio.

**Table 4: Comparison of incremental deflection computed with the EHE, EC-2 and ICM procedures to the deflection limits defined in EHE (in per cent)**

MEMBER TYPE			DEEP BEAM		FLAT BEAM		T-BEAM		STRUCTURAL FLOOR	
SPAN TYPE	LV. LD	L/d RATIO	EHE/LIM	ICM/LIM	EHE/LIM	ICM/LIM	EHE/LIM	ICM/LIM	EHE/LIM	ICM/LIM
STAT. DET.	LL2	LOWER	129.7%	104.9%	18.1%	43.7%	89.9%	65.8%	122.0%	179.4%
		INTRMED.	156.1%	128.0%	59.7%	104.7%	109.2%	77.6%	122.0%	179.4%
		UPPER	176.1%	152.1%	132.6%	141.9%	126.4%	88.7%	179.4%	207.6%
	LL5	LOWER	132.0%	118.9%	46.8%	85.4%	93.3%	93.3%	54.3%	110.3%
		INTRMED.	155.4%	145.8%	102.6%	127.3%	106.7%	87.9%	102.7%	154.7%
		UPPER	235.4%	200.9%	159.8%	164.3%	121.9%	99.5%	154.4%	188.6%
END	LL2	LOWER	107.9%	96.7%	15.6%	15.7%	38.6%	62.6%	30.7%	93.3%
		INTRMED.	143.5%	112.4%	32.6%	66.7%	54.2%	71.3%	50.0%	135.0%
		UPPER	161.9%	130.0%	58.7%	107.6%	67.2%	79.8%	84.8%	161.9%
	LL5	LOWER	125.4%	111.7%	32.3%	69.8%	47.4%	74.1%	29.1%	88.4%
		INTRMED.	142.5%	123.2%	64.5%	101.7%	67.6%	83.8%	49.3%	116.1%
		UPPER	160.5%	147.4%	108.7%	132.9%	86.7%	93.4%	77.1%	136.5%
INNER	LL2	LOWER	78.9%	82.5%	14.9%	8.4%	47.0%	57.0%	12.4%	22.8%
		INTRMED.	86.1%	90.2%	22.9%	10.4%	60.4%	63.4%	15.2%	27.3%
		UPPER	96.6%	102.8%	42.0%	54.2%	71.7%	71.7%	25.0%	39.9%
	LL5	LOWER	76.9%	91.6%	26.3%	32.1%	49.0%	61.5%	10.8%	19.7%
		INTRMED.	126.4%	142.7%	48.2%	55.3%	63.5%	71.2%	15.4%	24.0%
		UPPER	95.3%	120.0%	67.1%	84.6%	70.8%	77.5%	25.8%	58.7%

## 4. ANALYSIS OF RESULTS

The methodology used for a statistical analysis of the results is described below, together with the statistical findings.

### 4.1. PROCESSING

#### 4.1.1. COMPARISON OF DEFLECTION COMPUTING METHODS

In addition to the qualitative analysis of the findings set out in Section 3 above, the findings were the object of preliminary statistical processing<sup>1</sup> for subsequent quantitative analysis. That involved obtaining, for each member type and method, the statistical parameters for different groupings of the variables studied (L/d ratio, type of span and live load), as well as the parameters for the entire population of findings for each member type and method.

By way of summary, the tables below give the means and coefficients of variation<sup>2</sup> for all the populations analysed.

In the tables listing mean deflection, line shading denotes values more than 20 % greater than the ICM deflection and dot shading, values that are less than 80 % of that reference value. No shading indicates findings that lie between those two values.

In the tables giving the coefficients of variation, no shading denotes values of under 0.15, line shading values lying between 0.15 and 0.30 and dot shading values of over 0.30.

<sup>1</sup> Bearing in mind the small number of cases analysed.

<sup>2</sup> A normal distribution of average values has been supposed, being the variation coefficient the ratio between the standard deviation and the mean value.

Tabla 6: Relación flecha total método EHE respecto MIC (coeficientes de variación)

FLECHA TOTAL EHE/MIC (COEF. VARIACIÓN)					
TIPO DE SECCIÓN >		CANTO	PLANA <sup>(1)</sup>	T	FORJADO
TOTAL		0.16	0.49	0.72	0.50
RELACIÓN L/d	INFERIOR	0.04	0.20	0.29	0.13
	ESTRICTO	0.04	0.11	0.21	0.11
	SUPERIOR	0.08	0.08	0.15	0.16
TIPO DE VANO	ISOST.	0.01	0.25	0.02	0.09
	EXTR.	0.01	0.16	0.08	0.08
	INT.	0.01	0.00	0.04	0.03
SC. DE USO	SC2	0.05	0.24	0.46	0.26
	SC5	0.10	0.22	0.26	0.24

<sup>(1)</sup> Véanse los comentarios realizados en el Apartado 4.2.1 Vigas planas.

Tabla 7: Relación flecha total método EC-2 respecto MIC (promedios)

FLECHA TOTAL EC-2/MIC (PROMEDIOS)					
TIPO DE SECCIÓN >		CANTO	PLANA <sup>(1)</sup>	T	FORJADO
TOTAL		95%	115%	94%	107%
RELACIÓN L/d	INFERIOR	95%	130%	90%	102%
	ESTRICTO	96%	112%	97%	112%
	SUPERIOR	96%	106%	95%	107%
TIPO DE VANO	ISOST.	97%	111%	99%	104%
	EXTR.	102%	119%	90%	101%
	INT.	87%	117%	92%	117%
SC. DE USO	SC2	95%	123%	94%	103%
	SC5	96%	110%	93%	111%

<sup>(1)</sup> Véanse los comentarios realizados en el Apartado 4.2.1 Vigas planas.

Tabla 8: Relación flecha total método EC-2 respecto MIC (coeficientes de variación)

FLECHA TOTAL EC-2/MIC (COEF. VARIACIÓN)					
TIPO DE SECCIÓN >		CANTO	PLANA <sup>(1)</sup>	T	FORJADO
TOTAL		0.08	0.35	0.21	0.34
RELACIÓN L/d	INFERIOR	0.02	0.12	0.13	0.00
	ESTRICTO	0.03	0.02	0.02	0.26
	SUPERIOR	0.02	0.05	0.05	0.04
TIPO DE VANO	ISOST.	0.00	0.14	0.00	0.00
	EXTR.	0.00	0.14	0.17	0.01
	INT.	0.00	0.05	0.01	0.22
SC. DE USO	SC2	0.03	0.20	0.04	0.03
	SC5	0.05	0.08	0.16	0.27

<sup>(1)</sup> Véanse los comentarios realizados en el Apartado 4.2.1 Vigas planas.

**Table 5: Total deflection: comparison of EHE to ICM procedures (means, in per cent)**

TOTAL DEFL. EHE/ICM (MEANS)					
MEMBER TYPE >		DEEP B	FLAT B <sup>(1)</sup>	T	STR.FLR
TOTAL		96%	69%	89%	55%
L/d RATIO	LOWER	94%	61%	81%	49%
	INTRMED.	97%	66%	89%	55%
	UPPER	97%	77%	96%	62%
SPAN TYPE	ST.DET.	102%	67%	112%	67%
	END	102%	63%	71%	44%
	INNER	85%	79%	84%	54%
LIVE LOAD	LL2	98%	64%	90%	56%
	LL5	94%	72%	88%	54%

<sup>(1)</sup> See remarks in Section 4.2.1, Flat beams.

**Table 6: Total deflection: comparison of EHE to ICM procedures (coefficients of variation)**

TOTAL DEFL. EHE/ICM (COEF.VARIATION)					
MEMBER TYPE >		DEEP B	FLAT B <sup>(1)</sup>	T	STR.FLR
TOTAL		0.16	0.49	0.72	0.50
L/d RATIO	LOWER	0.04	0.20	0.29	0.13
	INTRMED.	0.04	0.11	0.21	0.11
	UPPER	0.08	0.08	0.15	0.16
SPAN TYPE	ST.DET.	0.01	0.25	0.02	0.09
	END	0.01	0.16	0.08	0.08
	INNER	0.01	0.00	0.04	0.03
LIVE LOAD	LL2	0.05	0.24	0.46	0.26
	LL5	0.10	0.22	0.26	0.24

<sup>(1)</sup> See remarks in Section 4.2.1, Flat beams.

**Table 7: Total deflection: comparison of EC-2 to ICM procedures (means, in per cent)**

TOTAL DEFL. EC-2/ICM (MEANS)					
MEMBER TYPE >		DEEP B	FLAT B <sup>(1)</sup>	T	STR.FLR
TOTAL		95%	115%	94%	107%
L/d RATIO	LOWER	95%	130%	90%	102%
	INTRMED.	96%	112%	97%	112%
	UPPER	96%	106%	95%	107%
SPAN TYPE	ST.DET.	97%	111%	99%	104%
	END	102%	119%	90%	101%
	INNER	87%	117%	92%	117%
LIVE LOAD	LL2	95%	123%	94%	103%
	LL5	96%	110%	93%	111%

<sup>(1)</sup> See remarks in Section 4.2.1, Flat beams.



Tabla 9: Relación flecha activa método EHE respecto MIC (promedios)

FLECHA ACTIVA EHE/MIC (PROMEDIOS)					
TIPO DE SECCIÓN >		CANTO	PLANA <sup>(1)</sup>	T	FORJADO
TOTAL		107%	72%	100%	56%
RELACIÓN L/d	INFERIOR	106%	65%	91%	49%
	ESTRICTO	109%	67%	101%	56%
	SUPERIOR	107%	81%	107%	64%
TIPO DE VANO	ISOST.	116%	71%	131%	70%
	EXTR.	117%	66%	77%	42%
	INT.	89%	82%	92%	56%
SC. DE USO	SC2	112%	67%	103%	58%
	SC5	103%	75%	96%	55%

<sup>(1)</sup> Véanse los comentarios realizados en el Apartado 4.2.1 Vigas planas.

Tabla 10: Relación flecha activa método EHE respecto MIC (coeficientes de variación)

FLECHA ACTIVA EHE/MIC (COEF. VARIACIÓN)					
TIPO DE SECCIÓN >		CANTO	PLANA <sup>(1)</sup>	T	FORJADO
TOTAL		0.34	0.76	1.13	0.70
RELACIÓN L/d	INFERIOR	0.09	0.38	0.52	0.19
	ESTRICTO	0.11	0.15	0.32	0.15
	SUPERIOR	0.13	0.14	0.23	0.22
TIPO DE VANO	ISOST.	0.02	0.37	0.04	0.12
	EXTR.	0.02	0.33	0.09	0.12
	INT.	0.03	0.01	0.07	0.05
SC. DE USO	SC2	0.14	0.46	0.72	0.37
	SC5	0.16	0.29	0.37	0.32

<sup>(1)</sup> Véanse los comentarios realizados en el Apartado 4.2.1 Vigas planas.

#### 4.1.2. COMPARACIÓN DE RESULTADOS CON LAS LIMITACIONES DE LA EHE-08

Complementariamente a los análisis expuestos en relación con la comparación entre los distintos métodos, hemos realizado un análisis análogo al expuesto anteriormente para las relaciones flecha del método respecto de las limitaciones de la Instrucción EHE. Dicha comparación la realizamos por lo tanto para el método de EHE y MIC. Cabe señalar que, en este caso, sólo se incluyen valores promedio, puesto que la dispersión de resultados ya se ha analizado mediante las tablas del Apartado anterior. En las tablas siguientes exponemos dichos promedios.

**Table 8: Total deflection: comparison of EC-2 and ICM procedures (coefficients of variation)**

TOTAL DEFL. EC-2/ICM (COEF. VARIATION)					
MEMBER TYPE >		DEEP B	FLAT B <sup>(1)</sup>	T	STR.FLR
TOTAL		0.08	0.35	0.21	0.34
L/d RATIO	LOWER	0.02	0.12	0.13	0.00
	INTRMED.	0.03	0.02	0.02	0.26
	UPPER	0.02	0.05	0.05	0.04
SPAN TYPE	ST.DET.	0.00	0.14	0.00	0.00
	END	0.00	0.14	0.17	0.01
	INNER	0.00	0.05	0.01	0.22
LIVE LOAD	LL2	0.03	0.20	0.04	0.03
	LL5	0.05	0.08	0.16	0.27

<sup>(1)</sup> See remarks in Section 4.2.1, Flat beams.

**Table 9: Incremental deflection: comparison of EHE to ICM procedures (means, in per cent)**

INCRMTL DEFL. EHE/ICM (MEANS)					
MEMBER TYPE >		DEEP B	FLAT B <sup>(1)</sup>	T	STR.FLR
TOTAL		107%	72%	100%	56%
L/d RATIO	LOWER	106%	65%	91%	49%
	INTRMED.	109%	67%	101%	56%
	UPPER	107%	81%	107%	64%
SPAN TYPE	ST.DET.	116%	71%	131%	70%
	END	117%	66%	77%	42%
	INNER	89%	82%	92%	56%
LIVE LOAD	LL2	112%	67%	103%	58%
	LL5	103%	75%	96%	55%

<sup>(1)</sup> See remarks in Section 4.2.1, Flat beams.

**Table 10: Incremental deflection: comparison of EHE and ICM procedures (coefficients of variation)**

INCRMTL DEFL. EHE/ICM (COEF. VARIATION)					
MEMBER TYPE >		DEEP B	FLAT B <sup>(1)</sup>	T	STR.FLR
TOTAL		0.34	0.76	1.13	0.70
L/d RATIO	LOWER	0.09	0.38	0.52	0.19
	INTRMED.	0.11	0.15	0.32	0.15
	UPPER	0.13	0.14	0.23	0.22
SPAN TYPE	ST.DET.	0.02	0.37	0.04	0.12
	END	0.02	0.33	0.09	0.12
	INNER	0.03	0.01	0.07	0.05
LIVE LOAD	LL2	0.14	0.46	0.72	0.37
	LL5	0.16	0.29	0.37	0.32

<sup>(1)</sup> See remarks in Section 4.2.1, Flat beams.

Tabla 11: Relación flecha total método EHE respecto limitación EHE (promedios)

FLECHA TOTAL EHE/LIM EHE (PROMEDIOS)					
TIPO DE SECCIÓN >		CANTO	PLANA <sup>(1)</sup>	T	FORJADO
TOTAL		135%	43%	81%	39%
RELACIÓN L/d	INFERIOR	98%	20%	57%	26%
	ESTRICTO	137%	40%	81%	36%
	SUPERIOR	169%	69%	104%	55%
TIPO DE VANO	ISOST.	158%	61%	109%	69%
	EXTR.	142%	39%	67%	35%
	INT.	104%	29%	65%	13%
SC. DE USO	SC2	132%	34%	81%	45%
	SC5	137%	52%	80%	33%

<sup>(1)</sup> Véanse los comentarios realizados en el Apartado 4.2.1 Vigas planas.

Tabla 12: Relación flecha total método MIC respecto limitación EHE (promedios)

FLECHA TOTAL MIC/LIM EHE (PROMEDIOS)					
TIPO DE SECCIÓN >		CANTO	PLANA <sup>(1)</sup>	T	FORJADO
TOTAL		139%	60%	88%	67%
RELACIÓN L/d	INFERIOR	104%	33%	69%	52%
	ESTRICTO	142%	59%	90%	65%
	SUPERIOR	171%	88%	106%	84%
TIPO DE VANO	ISOST.	154%	83%	97%	100%
	EXTR.	139%	63%	93%	77%
	INT.	123%	34%	75%	25%
SC. DE USO	SC2	134%	50%	88%	75%
	SC5	144%	70%	89%	59%

<sup>(1)</sup> Véanse los comentarios realizados en el Apartado 4.2.1 Vigas planas.

Tabla 13: Relación flecha activa método EHE respecto limitación EHE (promedios)

FLECHA ACTIVA EHE/LIM EHE (PROMEDIOS)					
TIPO DE SECCIÓN >		CANTO	PLANA <sup>(1)</sup>	T	FORJADO
TOTAL		133%	59%	76%	64%
RELACIÓN L/d	INFERIOR	108%	26%	61%	43%
	ESTRICTO	135%	55%	77%	59%
	SUPERIOR	154%	95%	91%	91%
TIPO DE VANO	ISOST.	164%	87%	108%	122%
	EXTR.	140%	52%	60%	54%
	INT.	93%	37%	60%	17%
SC. DE USO	SC2	126%	44%	74%	71%
	SC5	139%	73%	79%	58%

<sup>(1)</sup> Véanse los comentarios realizados en el Apartado 4.2.1 Vigas planas.

#### 4.1.2. COMPARISON OF RESULTS TO EHE-08 LIMITS

In addition to the aforementioned comparisons, the deflection values found by two of the methods, namely EHE and ICM, were compared to the limits laid down in Code EHE. Here only the means were compared (see the tables below), for scatter was analysed in the preceding item.

**Table 11: Total deflection: EHE method results compared to the limit values laid down in EHE (means, in per cent)**

TOTAL DEFL. EHE/EHE LIM (MEANS)					
MEMBER TYPE >		DEEP B	FLAT B <sup>(1)</sup>	T	STR.FLR
TOTAL		135%	43%	81%	39%
L/d RATIO	LOWER	98%	20%	57%	26%
	INTRMED.	137%	40%	81%	36%
	UPPER	169%	69%	104%	55%
SPAN TYPE	ST.DET.	158%	61%	109%	69%
	END	142%	39%	67%	35%
	INNER	104%	29%	65%	13%
LIVE LOAD	LL2	132%	34%	81%	45%
	LL5	137%	52%	80%	33%

<sup>(1)</sup> See remarks in Section 4.2.1, Flat beams.

**Table 12: Total deflection: ICM results compared to the limit values laid down in EHE (means, in per cent)**

TOTAL DEFL. ICM/EHE LIM (MEANS)					
MEMBER TYPE >		DEEP B	FLAT B <sup>(1)</sup>	T	STR.FLR
TOTAL		139%	60%	88%	67%
L/d RATIO	LOWER	104%	33%	69%	52%
	INTRMED.	142%	59%	90%	65%
	UPPER	171%	88%	106%	84%
SPAN TYPE	ST.DET.	154%	83%	97%	100%
	END	139%	63%	93%	77%
	INNER	123%	34%	75%	25%
LIVE LOAD	LL2	134%	50%	88%	75%
	LL5	144%	70%	89%	59%

<sup>(1)</sup> See remarks in Section 4.2.1, Flat beams.

**Table 13: Incremental deflection: EHE results compared to the limit values laid down in EHE (means, in per cent)**

INCRMTL DEFL. EHE/EHE LIM (MEANS)					
MEMBER TYPE >		DEEP B	FLAT B <sup>(1)</sup>	T	STR.FLR
TOTAL		133%	59%	76%	64%
L/d RATIO	LOWER	108%	26%	61%	43%
	INTRMED.	135%	55%	77%	59%
	UPPER	154%	95%	91%	91%
SPAN TYPE	ST.DET.	164%	87%	108%	122%
	END	140%	52%	60%	54%
	INNER	93%	37%	60%	17%
LIVE LOAD	LL2	126%	44%	74%	71%
	LL5	139%	73%	79%	58%

<sup>(1)</sup> See remarks in Section 4.2.1, Flat beams.

**Tabla 14: Relación flecha activa método MIC respecto limitación EHE (promedios)**

FLECHA ACTIVA MIC/LIM EHE (PROMEDIOS)					
TIPO DE SECCIÓN >		CANTO	PLANA <sup>(1)</sup>	T	FORJADO
TOTAL		122%	78%	77%	108%
RELACIÓN L/d	INFERIOR	101%	43%	69%	86%
	ESTRICTO	124%	78%	76%	106%
	SUPERIOR	142%	114%	85%	132%
TIPO DE VANO	ISOST.	142%	111%	85%	170%
	EXTR.	120%	82%	78%	122%
	INT.	105%	41%	67%	32%
SC. DE USO	SC2	111%	61%	71%	116%
	SC5	134%	95%	82%	100%

<sup>(1)</sup> Véanse los comentarios realizados en el Apartado 4.2.1 Vigas planas.

## 4.2. ANÁLISIS REALIZADO

### 4.2.1. COMPARACIÓN DE LOS MÉTODOS DEL CÁLCULO DE FLECHAS

Del análisis de resultados expuestos en el apartado anterior, podemos establecer las consideraciones que exponemos a continuación. A efectos de poder comparar los resultados obtenidos para los distintos métodos de cálculo, realizamos este análisis para cada una de las secciones consideradas, tomando siempre como patrón de comparación el valor de flecha obtenido por el MIC.

#### Vigas de canto:

Los valores de flecha total propuestos tanto por EHE como por EC-2 presentan una buena adecuación respecto MIC, con valores que oscilan entre el 85% y 102%. Entre ambas normativas es el EC-2 el que presenta una menor dispersión en el ajuste analizado.

En relación con la influencia de las variables consideradas (relación L/d, tipo de vano y sobrecarga de uso) sobre el mayor o menor ajuste de resultados, en general, para ambas normativas, observamos que dichas variables tienen cierta influencia, puesto que la dispersión de resultados obtenida cuando fijamos alguna de las mismas es inferior a la obtenida para la población total de resultados. En este sentido, de las tres variables consideradas, el tipo de vano (isostático, extremo o interior) tiene una mayor influencia, al presentar los coeficientes de variación más reducidos. En cuanto a la estimación de la flecha, ésta es ligeramente mejor cuanto más isostático es el vano. De la misma manera, la aproximación es también levemente mejor para valores de L/d mayores.

En cuanto a los valores de flecha activa propuestos por EHE, la adecuación respecto a MIC es análoga a la indicada para la flecha total, con una mayor ligera tendencia a sobrevalorar los resultados, así como una mayor dispersión en éstos.

#### Vigas planas:

Los valores de flecha total propuestos por EHE infravaloran en torno a un 30% los propuestos por MIC. Sin embargo, EC-2 da valores superiores a MIC, entre un 6% y 30% de éstos últimos. En cuanto a la dispersión del ajuste de cada normativa, en ambas es elevada, si bien el EC-2 presenta una menor dispersión indicativa de un mejor ajuste de resultados.

**Table 14: Incremental deflection: ICM results compared to the limit values laid down in EHE (means, in per cent)**

INCRMTL DEFL. ICM/EHE LIM (MEANS)					
MEMBER TYPE >		DEEP B	FLAT B <sup>(1)</sup>	T	STR.FLR
TOTAL		122%	78%	77%	108%
L/d RATIO	LOWER	101%	43%	69%	86%
	INTRMED.	124%	78%	76%	106%
	UPPER	142%	114%	85%	132%
SPAN TYPE	ST.DET.	142%	111%	85%	170%
	END	120%	82%	78%	122%
	INNER	105%	41%	67%	32%
LIVE LOAD	LL2	111%	61%	71%	116%
	LL5	134%	95%	82%	100%

<sup>(1)</sup> See remarks in Section 4.2.1, Flat beams.

## 4.2. ANALYSES

### 4.2.1. COMPARISON OF DEFLECTION COMPUTING METHODS

The analyses described in the preceding section gave rise to the observations discussed below. With a view to a rigorous comparison of the various computing procedures, each type of member is discussed separately, taking the ICM deflection values as the reference in all cases.

#### Deep beams:

The total deflection values found with both EHE and EC-2 provided a close fit to the ICM results, with percentages ranging from 85 to 102 %. Of the two procedures, EC-2 exhibited narrower dispersion.

Generally speaking, the variables studied (L/d ratio, type of span and live load) were observed to have a certain effect on the fit of the results, which were less widely scattered for any of the respective sub-populations than for the population as a whole. Of the three variables, span type (statically determinate, end or inner) proved to exert the greatest effect, with the smallest coefficients of variation. The deflection estimate improved slightly with more statically determinate spans. Similarly, the fit was somewhat better for greater values of L/d.

The EHE-computed incremental deflection value patterns with respect to the ICM reference were analogous to the patterns observed for total deflection, although with a slightly greater tendency to overestimate the results, which were more widely scattered.

#### Flat beams:

The total deflection values found with EHE underestimated the ICM values by around 30 %. EC-2, by contrast, yielded values from 6 to 30 % greater than the ICM figures. Dispersion was high in the fit for both procedures, although the narrower scatter found for EC-2 denoted a better fit of its results to the reference.

While the foregoing remarks are valid for most of the cases studied, exceptionally, for inner spans and intermediate or generously designed (=low) L/d ratios, the findings did not conform to the trend observed for the remaining cases. Under such circumstances, the deflection values found with EHE and EC-2 significantly overestimated the deflections computed with ICM. That was apparently due to the difference in the approach to concrete cracking and creep adopted by these standards with respect to the ICM procedure, particularly where the members failed to crack or only cracked under a high percentage of the total applied load. For all these reasons, these values were regarded as outliers and excluded from the statistical analysis.

The conclusions drawn for deep beams with respect to the variables studied are applicable to flat beams. Here, however, the L/d ratio as well as the type of span appeared to impact the results, which were more widely scattered for more statically determinate spans

Los comentarios antes referidos sobre el ajuste de resultados representan la generalidad de los casos estudiados, si bien cabe destacar que, excepcionalmente, para vanos interiores y relaciones L/d estrictas y/o holgadas se obtienen resultados que no es posible englobar en la tendencia observada para el resto de casos. En efecto, en estos casos los valores de flecha obtenidos según EHE y EC-2 sobrevaloran significativamente las flechas deducidas según MIC. Ello se debe, aparentemente, a las distintas consideraciones de estas normativas sobre la fisuración y la fluencia del hormigón respecto a MIC, sobre todo para los casos en los que las piezas no llegan a fisurarse, o bien la fisuración se produce para una fracción elevada de la carga total aplicada. Por todo ello, estos valores no han sido considerados a efectos del tratamiento de los datos.

Podemos deducir conclusiones análogas para las vigas planas a las indicadas para las vigas de canto, en relación con la influencia de las variables consideradas. En este caso, parece haber una mayor influencia de la relación L/d empleada y el tipo de vano: la dispersión de resultados aumenta para vanos más isostáticos y para relaciones L/d holgadas. En cuanto a la aproximación de resultados, únicamente se deduce que para relaciones L/d holgadas los resultados obtenidos con ambas normativas son ligeramente peores.

En cuanto a los valores de flecha activa propuestos por EHE, la adecuación respecto a MIC es análoga a la indicada para la flecha total, con una aún mayor dispersión en éstos.

#### Vigas en T:

Los valores de flecha total propuestos por EC-2 presentan una buena adecuación respecto MIC, con valores que oscilan entre el 90% y 99%. En el caso de EHE el ajuste es ligeramente peor, infravalorando en general los resultados entre un 5% y 20%. Entre ambas normativas es el EC-2 el que presenta una menor dispersión en el ajuste analizado.

En relación con la influencia de las variables consideradas (relación L/d, tipo de vano y sobrecarga de uso), es difícil establecer conclusiones claras, si bien en el caso de EHE parece que es el tipo de vano considerado la variable de mayor influencia.

En cuanto a los valores de flecha activa propuestos por EHE, la adecuación respecto a MIC es análoga a la indicada para la flecha total, con una mayor ligera tendencia a sobrevalorar los resultados (valores en general de entre un 90% y 110%), así como una mayor dispersión en éstos.

#### Forjados:

Del análisis de flechas totales y activas deducimos conclusiones totalmente análogas a las antes indicadas para las vigas planas. Es decir, los valores de flecha total propuestos por EHE infravaloran en torno a un 45% los propuestos por MIC. Sin embargo, EC-2 da valores superiores a MIC, en torno a un 10% superiores a estos últimos.

En relación con la dispersión de resultados, ésta también es elevada en el caso de EHE, mientras que para el EC-2 la dispersión es menor y justifica el mejor ajuste de resultados. Por otro lado, los valores obtenidos no nos permiten arrojar conclusiones tan específicas sobre la influencia de las variables consideradas, como en el caso de las vigas planas.

### **4.2.2. CUMPLIMIENTO DE LA LIMITACIÓN DE FLECHAS PROPUESTA POR EHE-08**

Dado que consideramos como referencia el *Método de Integración de Curvaturas* (MIC), analizamos previamente las flechas obtenidas respecto las limitaciones establecidas por EHE-08. Los valores expuestos en las tablas 12 y 14 ponen de manifiesto lo siguiente:

- En general, partiendo de los valores L/d propuestos por EHE (*Artículo 50.2.2.1*) para evitar el cálculo específico de flechas, obtenemos valores de flecha total que cumplen las limitaciones establecidas por dicha Instrucción, salvo para las vigas de canto. En dichas vigas, se superan en general holgadamente las limitaciones.
- Se observa que para todas las secciones consideradas, el tipo de vano tiene una notable influencia, puesto que cuanto más isostático es el vano más se tiende a aproximarse o superar el límite de flecha establecido por la Instrucción.
- En cuanto a las limitaciones de flecha activa, al igual que para la flecha total se siguen incumpliendo las limitaciones para las vigas de canto, si bien en este caso también se incumplen en general para las secciones de forjado.

and low L/d ratios. The accuracy delivered by the procedures recommended by both codes was observed to be impacted only slightly, and for the worse, by low L/d ratios.

The relationship between the incremental deflection values found with the EHE method and the ICM reference followed a pattern similar to the trend described for total deflection.

#### T-beams:

The total deflection values found with EC-2 provided a close fit to the ICM results, with percentages ranging from 90 to 99 %. The EHE results exhibited a slightly poorer fit, generally underestimating the ICM numbers by 5 to 20 %. The EC-2 findings were also less widely scattered.

Clear conclusions cannot be readily drawn with regard to the variables analysed (L/d ratio, span type, live load), although for EHE the variable with the heaviest impact would appear to be span type.

The EHE-computed incremental deflection value patterns with respect to the ICM reference were analogous to the patterns observed for total deflection, although with a slightly greater tendency to overestimate the results (most values between 90 and 110 %), which were more widely scattered.

#### Structural floors:

The conclusions drawn from the analysis of total and incremental deflections were wholly analogous to the findings for flat beams. The total deflection values obtained with the EHE procedure underestimated the ICM values by around 45 %. EC-2, by contrast, yielded values around 10 % greater than the ICM figures.

The narrower scatter in the EC-2 than in the EHE procedure would justify its better fit. In this case, however, the values obtained did not provide sufficient grounds for drawing conclusions as specific as found for flat beams with respect to the possible effect of the variables studied.

### **4.2.2. COMPLIANCE WITH THE EHE-08 DEFLECTION LIMIT**

Inasmuch as the integration of curves method (ICM) was used as a reference, the deflection values computed with this procedure were compared to the limits laid down in EHE-08. A number of deductions can be gleaned from the data in tables 12 and 14.

- The total ICM deflection values for all the members except deep beams, computed assuming L/d values that according to EHE would preclude the need to specifically compute deflection, lay within the limits set out in Article 50.2.2.1 of the Code. The deep beam values, by contrast, exceeded the limits amply.

- Span type was observed to have a considerable effect on fit for all the member types studied, for more statically determinate spans tended to approach or exceed the deflection limit specified in the Code.

- The incremental deflection values for deep beams, like the total deflection values for these members, were non-conforming. The results for structural floors also proved to be non-compliant according to this measure.

The deflections obtained with the EHE method, compared to the code's own limits (see tables 11 and 13), were observed to follow the same pattern as described above in connection with the ICM results (see Item 4.2.1 above). Since EHE underestimated total and incremental deflection for flat beams and structural floors considerably, the values obtained were closer to the limits laid down in the Code. For incremental deflection in structural floors, such underestimation led to values that conformed to the EHE code limits.

## **5. CONCLUSIONS**

The conclusions that may be drawn from the analyses performed are listed below.

- a) Both the EHE-08 and Eurocode EC-2 methods yield total (and in the case of EHE, incremental) deflection values very similar to the ICM values for deep and T-beams.



En cuanto a las flechas obtenidas por el método de EHE respecto a sus propias limitaciones (véanse las tablas 11 y 13), se observan evidentemente las mismas tendencias expuestas anteriormente en cuanto a la adecuación de dicho método respecto MIC (véase el Apartado 4.2.1 anterior). Dado que EHE infravalora notablemente los valores de flecha total y activa para vigas planas y forjados, los valores aportados se aproximan más a las limitaciones propuestas por esta norma. En el caso de las flechas activas, este hecho supone que del cálculo con EHE se obtengan valores que cumplen las limitaciones para las secciones de forjado.

## 5. CONCLUSIONES

Sobre los análisis realizados, expuestos en apartados anteriores, cabe establecer las siguientes conclusiones:

- a) Tanto la Instrucción EHE-08 como el Eurocódigo EC-2 dan valores de flecha (total, y en el caso de EHE, también activa) muy aproximados al MIC en el caso de secciones de vigas de canto y en T.
- b) En vigas planas, en cambio, las desviaciones de flecha obtenidas son significativas, infravalorando la flecha de forma muy apreciable la Instrucción EHE (en torno a un 30%, tanto la flecha total como la activa), mientras que el EC-2 sobrevalora dicha flecha total, en algunos casos también de forma importante.
- c) De la misma manera, la Instrucción EHE infravalora la flecha de los forjados analizados de forma muy significativa (en torno a un 45%, tanto la flecha total como la activa), mientras que también en este caso el método propuesto por el EC-2 arroja valores que son del orden de un 10% superiores a los obtenidos con el MIC.
- d) De las variables analizadas se observa que todas ellas tienen cierta influencia en la adecuación de la flecha mediante los distintos métodos. Si bien este análisis exige una población de casos mucho mayor, aparentemente para vanos más isostáticos y relaciones L/d holgadas, se obtienen mayores diferencias entre las flechas obtenidas por los distintos métodos. La influencia del valor de la sobrecarga parece que es menor.

De este análisis de las variables también se observa que la desviación de los resultados mediante el cálculo propuesto por el EC-2 es mucho menor que si los cálculos se realizan mediante la Instrucción EHE.

- e) Por último, de los análisis realizados en relación con las limitaciones de flecha recomendadas por la Instrucción EHE para minimizar la aparición de fisuras en elementos no estructurales, hemos comprobado que dichas limitaciones (en relación con los valores de flecha total propuestos por MIC y EHE) se cumplen con carácter general en las vigas planas, vigas en T y secciones de forjado, en tanto que en vigas de canto dichas limitaciones se incumplen holgadamente.

En el caso de las flechas activas, los resultados son análogos si bien los valores propuestos por MIC para forjados incumplen en muchos casos las limitaciones. Sin embargo, dado que EHE infravalora notablemente los valores de flecha total y activa para vigas planas y forjados, los valores aportados se aproximan más a las limitaciones propuestas por esta norma. En el caso de las flechas activas, este hecho supone que del cálculo con EHE se obtengan valores que cumplen las limitaciones para las secciones de forjado.

Por todo lo anterior, en opinión de los autores, en ausencia de un cálculo preciso mediante el *Método de Integración de Curvaturas* (MIC), entre los procedimientos de cálculo analizados para la estimación de flechas (EHE y EC-2) es preferible -fundamentalmente, en el caso de *vigas planas y forjados*- el empleo de EC-2, dado que presenta un mejor ajuste, con resultados en general del lado de la seguridad. Sin embargo, este Código no permite el cálculo directo de las flechas activas.

En este sentido, en nuestra opinión deben desarrollarse las siguientes líneas de investigación:

- Analizar en qué medida son de aplicación los procedimientos del cálculo de flechas propuestos por la Instrucción EHE (basada en el *Método de Branson*) y por el EC-2 a la comprobación de dichas flechas en vigas planas y forjados.
- Revisión de los cantos mínimos de vigas y forjados, recomendados por el *Artículo 50.2.2.1*, a efectos de un dimensionamiento que no exija la comprobación de las flechas.

- b) For flat beams, however, the deviations are significant. The EHE Code procedure underestimates (both total and incremental) deflection by around 30 %, while EC-2 overestimates total deflection, in some cases very substantially.
- c) Similarly, the EHE code method underestimates total and incremental deflection in the structural floors analysed very significantly (by around 45 %), whereas here also the EC-2 Method yields values on the order of 10 % higher than the deflection computed with ICM.
- d) All of the variables analysed exert some effect on the fit between the deflection values found with the various methods. While this analysis would call for a much larger population of case studies, statically determinate spans and low L/d values apparently widen the differences in the deflection computed by the methods studied. Live load would appear to have a lesser impact.

This analysis of variables also shows that the results found with the EC-2 procedure deviate much less from the reference values than the findings computed with the EHE method.

- e) Lastly, the total flat and T-beam as well as the structural floor deflection values found with ICM and EHE were observed to lie within the deflection limits recommended by Code EHE to minimise the appearance of cracks in non-structural elements, whereas deep beam deflection significantly exceeds those limits.

The results for incremental deflection follow a similar pattern, except as regards the values for structural floors computed with ICM, many of which are non-compliant. Since EHE underestimates total and incremental deflection for flat beams and structural floors considerably, however, the values obtained are closer to the limits laid down in the Code. For incremental deflection in structural floors, such underestimation leads to values calculated with the EHE procedure that conform to the EHE Code limits.

For all the foregoing, in the authors' opinion, in the absence of precise integration of curvature (ICM) calculations, of the two procedures for estimating deflection (EHE and EC-2), EC-2 provides a better fit with results generally on the side of safety, than EHE, particularly for flat beams and structural floors. EC-2 does not envisage direct computation of incremental deflection, however.

Future lines of research that might be conducted in this regard include:

- an analysis of the extent to which the procedures for computing deflection proposed in Code EHE (based on the Branson method) and EC-2 are suitable for determining flat beam and structural floor deflection
- a review of the minimum beam and structural floor depth recommended in Article 50.2.2.1 above which deflection need not be specifically determined to design these members.

## 6. REFERENCES

- [1] EHE-08. *Instrucción de Hormigón Estructural*. Ministerio de Fomento. Madrid. 2008.
- [2] EUROCODE EC-2. *Proyecto de estructuras de hormigón – Parte 1-1: Reglas generales y reglas para edificación*. 2004.
- [3] CALAVERA RUÍZ, J; GARCÍA DUTARI, L; y RODRÍGUEZ ESCRIBANO, R.; *Cálculo de flechas en estructuras de hormigón armado*. 2ª Edición, INTEMAC, 2009.
- [4] CEB-FIP MODEL CODE 1990.
- [5] FAVRE, R; KOPRINA, N., y RADOJICIC, A.; *Effects, différents, fissuration et deformations des structures du beton*. Geogi Saint-Sphorin. Lausanne. 1980.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

- [1] EHE-08. *Instrucción de Hormigón Estructural*. Ministerio de Fomento. Madrid. 2008.
- [2] EUROCODE EC-2. *Proyecto de estructuras de hormigón – Parte 1-1: Reglas generales y reglas para edificación*. 2004.
- [3] CALAVERA RUÍZ, J; GARCÍA DUTARI, L; y RODRÍGUEZ ESCRIBANO, R.; *Cálculo de flechas en estructuras de hormigón armado*. 2ª Edición, INTEMAC, 2009.
- [4] CEB-FIP MODEL CODE 1990.
- [5] FAVRE, R; KOPRNA, N., y RADOJICIC, A.; *Effects, différés, fissuration et deformations des structures du beton*. Geogi Saint-Sphorin. Lausanne. 1980.

## Relación de Personal Titulado de INTEMAC

### Arquitectos

Benito Díez, María Pilar  
Fernández Sáez, Ana María  
Fraile Mora, Serafín  
González Balseyro, María José  
Luzón Cánovas, José M<sup>a</sup>  
Nieto Esteban, Eva  
Sánchez Arroyo, Jesús M<sup>a</sup>  
Sicilia Mañá, Beatriz  
Vergara Pérez, Carlos

### Ingenieros Aeronáuticos

\* París Loreiro, Angel

### Ingenieros de Caminos

Baena Alonso, Eva  
Barrios Corpa, Roberto  
\* Calavera Ruiz, José  
Calderón Bello, Enrique  
Corbacho Vicioso, José Angel  
Cortés Bretón, Juan María  
De la Cuerda del Olmo, Francisco Javier  
De la Fuente Gómez, Ana Isabel  
\* Dávila Sánchez-Toscano, Suyapa  
\* Díaz Heredia, Elena  
Díaz Lorenzo, Lucía  
Díaz Pavón Cuaresma, Eduardo  
\* Fernández Gómez, Jaime Antonio  
Fernández Montes, David Constantino  
García de Diego Cano, Eva María  
Gómez Mariño, Cristina  
González González, Juan José  
\* Hostalet Alba, Francisco  
Jiménez Ortiz, Gonzalo  
León Bello, Raúl  
\* Ley Urzaiz, Jorge  
Menéndez Martínez, Laura  
Pérez García, Noemí  
\* Rodríguez Escribano, Raúl Rubén  
\* Rodríguez Romero, Jesús M<sup>a</sup>  
Rueda Contreras, Jorge Ladislao  
Ruiz Jiménez-Alfaro, Felipe  
Torre Cobo, María Carmen

### Ingenieros Civiles

Almeida da Silva, Pedro Miguel  
Teixeira Martins, Hermano Tiago

### Ingeniero Geólogo

Catalán Navarro, Antonio

### Ingeniero I.C.A.I.

Marín Estévez, Gonzalo

### Ingenieros Industriales

\* Alvarez Cabal, Ramón Amado  
Arroyo Arroyo, José Ramón  
Borraz López, Alfonso  
González Carmona, Manuel  
Liébana Ramos, Miguel Angel  
Pou Esquiús, Carles  
Ramírez de la Pinta, Rubén  
\* Valenciano Carles, Federico

### Ingeniero de Minas

Ramos Sánchez, Adelina

### Dra. en Geografía e Historia

Calavera Vayá, Ana María

### Licenciado en Ciencias Ambientales

Gil Esteban, Luis Miguel

### Licenciado en C. Económicas y Empresariales

González Chavero, Antonio

### Licenciado en Ciencias Físicas

Salas Roa, Luis David

### Licenciada en Ciencias Políticas y de la Administración

Estébanez Morer, Ana María

### Licenciados en Ciencias Químicas

Grandes Velasco, Silvia María  
López Sánchez, Pedro

**Licenciado en Derecho**

Jarillo Cerrato, Pedro

**Licenciados en Geología**

Blanco Zorroza, Alberto

Casado Chinarro, Alejandro

Catalán Navarro, Antonio

Martín López, Jesús Heliodoro

Usillos Espín, Pablo

**Licenciada en Filología Hispánica**

Valentín Sierra, M<sup>a</sup> Consuelo

**Master of Science in Civil Engineering**

Hoogendoorn, Peter Paul

**Arquitectos Técnicos**

Carrato Moñino, Rosa M<sup>a</sup>

Díaz Lorenzo, Lucía

Jiménez Salado, Borja

Montejano Jiménez, María del Carmen

Vicente Minguela, Francisco

**Ingeniero Técnico Aeronáutico**

Domenech Mestre, Alberto

**Ingeniero Técnico Forestal**

Collazo Rial, Manuel Ramón

**Ingeniero Técnico en Informática de Gestión**

Esteban Pérez, Ramón

Macías Gómez, Juan José

**Ingenieros Técnicos Industriales**

Ases Rodríguez, Cristóbal

Jiménez Rodríguez, José Antonio

Madueño López, Javier

Madueño Moraño, Antonio

Quílez Hernáiz, Sonia

Villar Riñones, Jesús

**Ingenieros Técnicos Obras Públicas**

Martínez Vicente, Cristina

Mata Soriano, Juan Carlos

Montiel Sánchez, Ernesto

Muriel León, Carlos

Ortiz del Campo, Natalia

Pardo de Agueda, Juan Luis

Rivera Jiménez, Marta

Romero García, Daniel

Rosa Moreno, José Andrés

Rozas Hernando, José Juan

Sánchez Tomé, Elena

Sanz Ruiz, Idoya

**Ingenieros Técnicos Topógrafos**

Barragán Bermejo, M<sup>a</sup> Vicenta

Carreras Ruiz, Francisco

de Francisco Rodríguez, Francisco

López Jiménez, Luis

Martínez Ochando, Eduardo

Sánchez Martín, María de la O

Torés Campos, Ana M<sup>a</sup>

**Técnicos en Administración de Empresas**

Cebrián Sobrino, M<sup>a</sup> José

**Técnico en Publicidad**

Blanco Armas, Cristina



## CUADERNOS INTEMAC

CUADERNOS INTEMAC es una publicación trimestral, bilingüe en español e inglés, en forma de monografías que recogen trabajos realizados por los técnicos del Instituto o presentados en los Cursos y Conferencias organizados por el mismo.

Los temas tratados cubren tanto el campo de las Obras Públicas como el de la Edificación y sus Instalaciones.

Precio de la suscripción Año 2012: 35 €



## ÚLTIMOS TÍTULOS PUBLICADOS

### Cuaderno Nº 85

"Los accidentes de los puentes; errores de ayer y de hoy, lecciones para el mañana".

Autores: **Jorge Ley Urzáiz, Enrique González Valle.**

### Cuaderno Nº 86

"Comparación de los diagramas rectangulares y parábola rectángulo en flexocompresión recta según el Eurocódigo 2 y la instrucción EHE-08 para hormigones de alta resistencia".

Autores: **Miguel A. Liébana Ramos, Noemí Pérez García, Rubén Ramírez de la Pinta.**

## CUADERNOS DE PRÓXIMA APARICIÓN

### Cuaderno Nº 87

"Análisis comparativo entre los procedimientos propuestos por la instrucción EHE-08 y el Eurocódigo EC2 para el cálculo de flechas en vigas y forjados de hormigón armado".

Autores: **Eduardo Díaz-Pavón, Enrique Calderón Bello, Raúl Rodríguez Escrbano.**

### Cuaderno Nº 88

"Terremoto en Lorca".

Autores: **Ramón Álvarez Cabal, Raúl Rodríguez Escrbano, Laura Menéndez Martínez.**

Consulte lista completa de la Colección

## MONOGRAFÍAS INTEMAC

Publicación de INTEMAC con un carácter eminentemente práctico destinada a tratar temas muy concretos que, o bien presentan un nivel de problemas acusado en la práctica, o bien están insuficientemente cubiertos por la Normativa y la documentación técnica correspondientes.



### MONOGRAFÍA INTEMAC Nº 5

"Mantenimiento y reparación de paramentos de hormigón".

Autores: **R. Barrios Corpa, C. Beteta Cejudo, E. Díaz Heredia,**

**Prof. J. Fernández Gómez, J. M. Rodríguez Romero.**

Precio de la Monografía 38 €

### MONOGRAFÍA INTEMAC Nº 6

"Patología, técnicas de intervención y limpieza de fábricas de ladrillo".

Autores: **P. López Sánchez, J. M. Luzón Cánovas, I. Martínez Pérez, A. Muñoz Mesto, A. Fernández Sáez.**

Precio de la Monografía 38 €

### MONOGRAFÍA INTEMAC Nº 7

"Estructuras de madera".

Autores: **J. M. Izquierdo y Bernaldo de Quirós.**

Precio de la Monografía 38 €

## NOTAS DE INFORMACIÓN TÉCNICA NIT



Con independencia de la serie de Cuadernos de INTEMAC, de los que se publica un número trimestral, bilingüe en español e inglés, en INTEMAC se producen, con acentuada frecuencia notas de información sobre aspectos concretos que pensamos que no solamente tienen una utilidad interna, sino que pueden resultar interesantes para muchos Técnicos de la Construcción.

Las Notas se envían únicamente por correo (pago por transferencia o tarjeta de crédito).

### NIT-5 (06)

Influencia de la oxidación y de las manchas de mortero sobre la adherencia de armaduras de hormigón

J. Calavera Ruiz, A. Delibes, J. M. Izquierdo y Bernaldo de Quirós, G. González Isabel.

Edición en español, en color. 12 páginas

Precio 14 €

### NIT-6 (07)

El previsible descenso de la seguridad en pilares con la entrada en vigor del Eurocódigo EC-2, y la necesidad de un control estricto de la calidad del hormigón en pilares

J. Calavera Ruiz.

Edición en español, en color. 10 páginas

Precio 12 €

## VÍDEOS TÉCNICOS Y DVD'S

### Fabricación y ensayo de probetas de hormigón.

Nº 2001 (1-1)

Contempla de forma completa y detallada el proceso de toma de muestras de hormigón fresco en obra, la medida de la consistencia con el Cono de Abrams, fabricación de probetas, curado en obra, transporte al laboratorio, curado en cámara, refrentado y ensayo a compresión.

Esta nueva versión del vídeo 8801 (1), introduce las modificaciones de EHE y un sistema de estudio de la distribución de presiones de la prensa sobre la probeta así como los aspectos particulares del ensayo de hormigones de alta resistencia.

30 minutos - 25 €



### Fabricación y control de calidad de barras y mallas para hormigón armado.

Nº 2002 (1-2)

Muestra el proceso de laminación en fábrica de las barras y alambres, la fabricación de mallas y los ensayos de tracción, doblado, arrancamiento de nudos y determinación de las características geométricas del corrugado y el ensayo de Beam-test para la determinación de las características de adherencia.

30 minutos - 25 €



### Compresión centrada en hormigón armado.

Nº 2002 (1-4)

Contempla la rotura de siete pilares a escala real, variando resistencias de hormigón desde 25 Mpa a 70 Mpa, las cuantías de armaduras, la separación de estribos y la velocidad de carga conectando todo ello con las fórmulas de cálculo.

35 minutos - 25 €



### Flexión simple en hormigón armado.

Nº 2002 (1-3)

Incluye el ensayo a rotura de cinco vigas a escala real, con diferentes cuantías y diferentes desarrollos de adherencia conectando todo ello con las fórmulas de cálculo.

35 minutos - 25 €

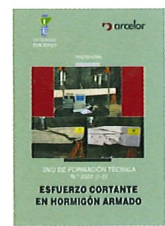


### Esfuerzo cortante en hormigón armado.

Nº 2002 (1-5)

Muestra el ensayo a rotura por corte (Tracción diagonal, corte flexión, compresión diagonal, etc.) conectando todo ello con las fórmulas de cálculo.

25 minutos - 25 €



## BOLETÍN BIBLIOGRÁFICO

INTEMAC viene realizando desde su fundación un BOLETÍN BIBLIOGRÁFICO para uso interno, que ofrece, en una lectura rápida, un panorama general de todas las publicaciones técnicas disponibles. Desde 1991, esta publicación bimestral, ha sido puesta a disposición del público.

EL BOLETÍN BIBLIOGRÁFICO incluye:

Fotocopia del índice y de los resúmenes de los artículos contenidos en las 105 revistas técnicas que se reciben en el Instituto referentes a los campos de la Edificación, Instalaciones, Obras Públicas y Urbanismo. Una sección de Normativa reciente, nacional y extranjera.

Secciones de Bibliografía y Cursos.

Una sección de Congresos, Reuniones Técnicas y Ferias de próxima celebración en todo el mundo.



Tarifa de suscripción anual (6 números) 200 €

Consulte otras publicaciones

[www.intemac.es](http://www.intemac.es)



## Patología de estructuras de hormigón armado y pretensado 2ª edición (2 tomos)

J. Calavera (Dr. Ingeniero de Caminos)

**Precio: 135 €**



## Fichas de ejecución de obras de hormigón 3ª edición

J. Calavera (Dr. Ingeniero de Caminos)

**Precio: 68 €**

**Nueva publicación**



## Proyecto y Cálculo de Estructuras de Hormigón 2ª edición (2 tomos)

J. Calavera (Dr. Ingeniero de Caminos)

**Precio: 180 €**

**Nueva edición**



## Manual para la redacción de informes técnicos en construcción 2ª edición

J. Calavera (Dr. Ingeniero de Caminos)

**Precio: 90 €**

**Nueva edición**



## Manual de Ferralla 3ª edición

J. Calavera, E. González Valle, J. Fernández Gómez, F. Valenciano

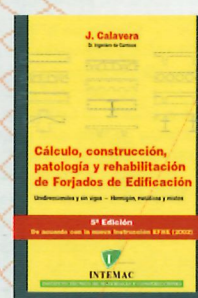
**Precio: 45 €**



## Proyecto de estructuras de hormigón con armaduras industrializadas

J. Calavera, E. González Valle, J. Fernández Gómez, F. Valenciano

**Precio: 50 €**



## Cálculo, construcción, patología y rehabilitación de forjados de edificación 5ª edición

J. Calavera (Dr. Ingeniero de Caminos)

**Precio: 113 €**



## Evaluación de la capacidad resistente de estructuras de hormigón

J. Fernández Gómez, G. González Isabel, F. Hostalet Alba, J. Mª Izquierdo, J. Ley Urzaiz

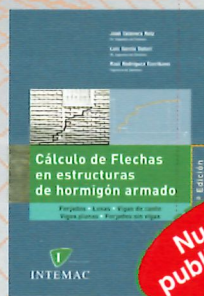
**Precio: 64 €**



## Muros de contención y muros de sótano 3ª edición

J. Calavera (Dr. Ingeniero de Caminos)

**Precio: 80 €**



## Cálculo de flechas en estructuras de hormigón armado 2ª edición

J. Calavera (Dr. Ingeniero de Caminos), L. García Dulari (Ingeniero Civil), R. Rodríguez (Ingeniero de Caminos)

**Precio: 110 €**

**Nueva publicación**



## Manual de detalles constructivos en obras de hormigón armado

J. Calavera (Dr. Ingeniero de Caminos)

**Libro: 123 - CD-ROM: 198 €**

El libro y el CD-ROM pueden adquirirse conjuntamente o por separado

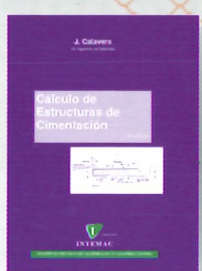
Software asociado en ficheros de AutoCAD



## Ejecución y control de estructuras de hormigón

J. Calavera, P. Alaejos Gutiérrez, J. Fernández Gómez, E. González Valle, F. Rodríguez García

**Precio: 133 €**



## Cálculo de estructuras de cimentación 4ª edición

J. Calavera (Dr. Ingeniero de Caminos)

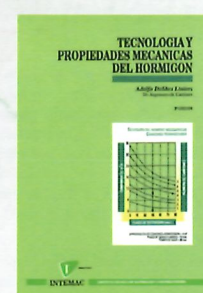
**Precio: 80 €**



## Hormigón de alta resistencia

G. González-Isabel (Ingeniero Técnico de O. P.)

**Precio: 47 €**



## Tecnología y propiedades mecánicas del hormigón

A. Delibes (Dr. Ingeniero de Caminos)

**Precio: 57 €**