

CUADERNOS INTEMAC

**Influencia del tipo de acero en la capacidad de
redistribución en losas de hormigón armado**

**Influence of the type of steel on the redistribution
capacity in reinforced concrete slabs**

José Calavera Ruiz
Doctor Ingeniero de Caminos

Honorino Ortega Valencia
Doctor Ingeniero de Caminos



INTEMAC

INSTITUTO TECNICO DE MATERIALES Y CONSTRUCCIONES

N.º 39
3.º TRIMESTRE '00

INTEMAC



METIRE UT SCIAS

INTEMAC

INSTITUTO TECNICO DE MATERIALES Y CONSTRUCCIONES

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES Y CONSTRUCCIONES

CONTROL DE PROYECTO

CONTROL DE OBRA

GARANTIA DE CALIDAD

SONDEOS, ENSAYOS E INFORMES GEOTECNICOS

INFORMES DE PATOLOGIA, REHABILITACION Y REFUERZOS DE CONSTRUCCIONES

OBRAS PUBLICAS
EDIFICACION
INSTALACIONES



INTEMAC
A U D I T

AUDITORIA TECNICO-ECONOMICA DE CONSTRUCCIONES

- ASESORIA EN EL PLANTEAMIENTO Y EN LA CONTRATACION DE LA OBRA
- SEGUIMIENTO DE COSTOS Y PLAZOS DURANTE LA CONSTRUCCION
- VALORACIONES DE TERRENOS, INMUEBLES Y CONSTRUCCIONES
- AUDITORIAS DE TRABAJOS PARCIALES Y DE LIQUIDACION DE LA OBRA



INTEMAC
E C O

AUDITORIA TECNICA MEDIOAMBIENTAL

CONTROL DE IMPACTO AMBIENTAL

Obras Públicas
Edificación
Instalaciones

CONTROL DE CALIDAD AMBIENTAL

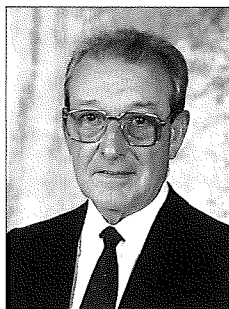
Aire
Agua
Ruido

AUDITORIA MEDIOAMBIENTAL

ASESORAMIENTO EN MATERIA DE MEDIO AMBIENTE

**INFLUENCIA DEL TIPO DE ACERO EN LA CAPACIDAD DE
REDISTRIBUCIÓN EN LOSAS DE HORMIGÓN ARMADO**

**INFLUENCE OF THE TYPE OF STEEL ON THE REDISTRIBUTION
CAPACITY IN REINFORCED CONCRETE SLABS**



José Calavera Ruiz

Doctor Ingeniero de Caminos
Catedrático de Edificación y Prefabricación de la ETS
de Ingenieros de Caminos, Canales y
Puertos de Madrid.
Presidente de Intemac
PhD., Civil Engineering
Head of Department of Building and Prefabrication
ETS de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Madrid.
Intemac's President



Honorino Ortega Valencia

Doctor Ingeniero de Caminos
Director de SERVICELSA
Compañía Española de Laminación, S. L.
PhD., Civil Engineering
SERVICELSA's Director

Copyright © 2001, 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 - 4006 -2001
Infoprint, S.A. - San Vicente Ferrer, 40

I N D E X

- 1. INTRODUCTION**
- 2. RESEARCH OBJECTIVES**
- 3. DUCTILITY OF CONCRETE REINFORCEMENTS**
- 4. DESCRIPTION OF THE STRUCTURAL MODEL CHOSEN IN THE EXPERIMENTAL STUDY**
- 5. RESULTS OBTAINED**
- 6. REINFORCEMENT DUCTILITY VS MAXIMUM REDISTRIBUTION**
- 7. REINFORCEMENT DUCTILITY VS SAFETY AGAINST COLLAPSE**
- 8. CONCLUSIONS AND PROPOSALS**

ÍNDICE

- 1. INTRODUCCIÓN**
- 2. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**
- 3. LA DUCTILIDAD DE LAS ARMADURAS PARA HORMIGÓN**
- 4. DESCRIPCIÓN DEL MODELO ESTRUCTURAL ELEGIDO EN EL ESTUDIO EXPERIMENTAL**
- 5. RESULTADOS OBTENIDOS**
- 6. RELACIÓN DUCTILIDAD DE LAS ARMADURAS VS REDISTRIBUCIÓN MÁXIMA**
- 7. RELACIÓN DUCTILIDAD DE LAS ARMADURAS VS SEGURIDAD FRENTE AL COLAPSO**
- 8. CONCLUSIONES Y PROPUESTAS**

SUMMARY

This paper is based on the results and essential conclusions of the author's doctor's thesis, directed by Prof. José Calavera.

On the one hand it proposes a method for measuring the ductility of the steel used for reinforcing concrete with a single parameter for comparison and classification of reinforcements on the grounds of ductility.

On the other, it reviews the results of tests conducted on 12 solid slabs, continuous over two spans, with four different reinforcement ratios determined in such a way that, on the section subject to the greatest stress, the steel is the weak link, i.e. the component that fails first (situation in domain 2, point A). The reinforcement bars used were all made of steel of the same nominal strength and diameter but different ductility. The results of this experimental study evince the importance of steel ductility in the performance and real safety of structures against collapse; the paper also sets forth a series of conclusions and proposals in connection with this interesting subject.

1. INTRODUCTION

The question of redistribution of stresses in a structure or safety against collapse necessarily involves a discussion of its non-linear behaviour.

It is generally thought that the earliest studies, conducted over a century ago, of non-linear, also known as plastic, behaviour of materials and, therefore, structures were prompted by the observation of two separate phenomena. On the one hand, it was found that in practice the strength of statically indeterminate steel members was substantially greater than the design strength calculated using the principles of linear, sometimes also called elastic, theory.

On the other, strain in these same statically indeterminate structures, after a certain point, was found to rise steeply with very small load increases, a pattern that diverged from the linear behaviour envisaged.

It was nearly spontaneously assumed that the only explanation for this unpredicted behaviour was the existence of creep or plastification processes in the material.

As the years went by and research continued, these phenomena came to be more and more precisely understood and even mathematically formulated (Tresca, St Venant, Levy, Von Mises, Prandtl, Melan, Prager, Kacinzy, Bleich, Baker, Thurlimann and many others studied non-linear behaviour in steel structures). Studies on non-linear behaviour in connection with reinforced concrete techniques were undertaken much later, after World War II, and it was not until 1953 that Professors A.L.L. Baker, Macchi and Guyon, among others, spurred research on the subject within the CEB.

Since reinforced concrete is a composite material, such studies called for in-depth research, on the one hand, into the behaviour of each material (concrete and steel) separately under different situations and, on the other, into the interaction between the two once joined to acquire an understanding of the behaviour of the compound structure as a whole.

In the earliest research on non-linear behaviour in reinforced concrete members, it was assumed that the concrete was the cause of collapse in all cases, since the steel was thought to be sufficiently ductile so as not to limit the rotation of the plastic hinges formed. Thus, for instance, the Model Code published in 1978 disregarded the effect of the steel on rotation capacity altogether in its formulation of the rotation vs x/d relationship.

Later research, in particular in Germany (Eligehausen, Langer, Eibl, Curbach and Stempniewski, among others) revealed differential behaviour in non-linear regimes depending on the ductility characteristics of the steel used in the reinforcement. On the basis of such research, the rotation - x/d curve was modified in the Model Code published in 1990, adopting a model in which the type of steel, in terms of ductility, has an effect on the maximum admissible plastic rotation capacity.

In Spain, Intemac's Main Laboratory, in conjunction with the Asociación de Trefiladores del Acero (Association of Cold-working Steel Manufacturers), conducted an experimental survey on the behaviour of statically indeterminate slabs (with two equal spans) reinforced with steel with different degrees of ductility (very low, low and high) to study the relationship between steel ductility and the actual redistribution capacity in the slabs.

These trials were used, as indicated above, in the doctor's thesis authored by Honorino Ortega and directed by Dr. José Calavera.

The author wishes to thank the Asociación de Trefiladores de Acero (ATA) for their support in this study as well as the Intemac Central Laboratory staff for their invaluable assistance during the research process and, in particular, Professor J. Calavera, without whose expertise and advice this research would not have been possible.

2. OBJECTIVES OF THIS PAPER

Three basic objectives were addressed:

RESUMEN

Este trabajo se basa en los resultados y conclusiones básicas de la tesis doctoral del autor, dirigida por el Profesor D. José Calavera.

Se propone, por un lado, una forma de medir mediante un único parámetro la ductilidad de los aceros utilizados como armaduras para hormigón armado, de forma que se puedan comparar y clasificar con arreglo al mismo.

Por otro, se estudian los resultados de los ensayos sobre 12 losas continuas de dos vanos, de sección maciza, armadas con cuatro cuantías diferentes elegidas de forma que, en la sección más solicitada, sea el acero el que alcance, en primer lugar, su agotamiento (situación en el dominio 2, pivote A). El armado para conseguir las citadas cuantías se realiza con aceros de la misma resistencia nominal y del mismo diámetro pero con distinta ductilidad. Los resultados de este estudio experimental, ponen de manifiesto la importancia de la ductilidad del acero en relación con el comportamiento así como con la seguridad real de la estructura frente al colapso y proporciona un conjunto de conclusiones y propuestas en relación con este interesante tema.

1. INTRODUCCIÓN

Siempre que se trata sobre la capacidad de redistribución o la seguridad frente al colapso de una estructura se implica la consideración de su comportamiento no lineal.

Está generalmente admitido que fueron dos los caminos que, hace más de un siglo, condujeron al inicio del estudio del comportamiento no lineal, a veces llamado plástico, de los materiales y, por ende, de las estructuras. Por una lado, se observó como en la práctica la capacidad resistente de piezas hiperestáticas de acero aumentaba, de forma muy considerable, en relación con la obtenida a través de los principios de la teoría lineal, a veces también llamada elástica.

Por otro lado, se comprobó, en estas mismas estructuras hiperestáticas, cómo a partir de un momento dado, las deformaciones que se obtenían eran muy importantes para pequeños incrementos de la carga, apartándose del comportamiento lineal previsto.

De forma casi espontánea se pensó en que un cierto fenómeno de fluencia o plastificación debía producirse en el material para justificar este apartamiento del comportamiento previsto.

Así, a través de los años se fueron conociendo cada vez con más precisión estos fenómenos y su formulación matemática se hizo realidad (Tresca, St. Venant, Levy, Von Mises, Prandtl, Melan, Prager, Kacinyz, Bleich, Baker, Thurlimann, y tantos otros que estudiaron el comportamiento no lineal en el campo de las estructuras metálicas).

En la técnica del hormigón armado, los estudios sobre el comportamiento no lineal se retrasan considerablemente hasta después de acabada la Segunda Guerra Mundial y solo a partir de 1953 se inicia un fuerte impulso de su investigación en el seno del CEB, auspiciada, entre otros, por los Profesores A.L.L. Baker, Macchi y Guyon.

Al ser el hormigón armado un material compuesto, se hizo preciso estudiar en profundidad, por un lado, el comportamiento bajo distintas situaciones de cada material por separado (hormigón y acero) y, por otro, las interacciones entre ambos una vez unidos para llegar a conocer el comportamiento del compuesto hormigón armado.

En las primeras investigaciones sobre el comportamiento no lineal de elementos de hormigón armado, se supuso que el hormigón era el causante en todos los casos del colapso ya que al acero se le suponía ductilidad suficiente para no limitar las rotaciones de las rótulas plásticas formadas. Así, en el Código Modelo del 78, se adopta para la relación rotaciones - x/d , un esquema en el que el acero no interviene en la capacidad de rotación.

Investigaciones posteriores, sobre todo en Alemania (Eligehausen, Langer, Eibl, Curbach y Stempniewski, entre otros) manifiestan el diferente comportamiento en régimen no lineal en función de las características de ductilidad del acero empleado como armadura. Con base en estas investigaciones se modifica la curva rotaciones - x/d en el Código Modelo de 1990 y se adopta una en la que el tipo de acero, en función de su ductilidad, influye en la capacidad de rotación plástica máxima admisible.

En España y con la colaboración de la Asociación de Trefiladores del Acero, se realiza un estudio experimental, llevado a cabo por el Laboratorio Central de Intemac sobre el comportamiento de losas hiperestáticas (de dos vanos iguales) armadas con aceros de distintos niveles de ductilidad (muy bajo, bajo y alto) con el fin de estudiar la relación entre la ductilidad del acero y la capacidad de redistribución real alcanzada en las losas.

Estos ensayos fueron utilizados, como se ha dicho con anterioridad, en la tesis doctoral de Honorino Ortega, dirigida por el Prof. D. José Calavera.

El autor agradece la colaboración de la Asociación de Trefiladores del Acero (ATA) para la realización de los ensayos y de todas las personas del Laboratorio Central de Intemac, donde se llevaron a cabo los mismos, por su inestimable ayuda durante todo el proceso de la investigación.

2. OBJETIVOS DE ESTE TRABAJO

Tres son sus objetivos básicos:

- a) Concept of ductility applied to reinforcements. Proposal for assessing ductility by means of the plastic energy factor and the ductility factor.
- b) Study of the dependency of redistribution capacity in the members tested on the ductility of the reinforcement steel.
- c) Assessment of real safety against collapse of the structural members studied for different degrees of steel ductility.

Objective a)

Ductility may be simply defined as the capacity of steel to resist substantial strain under stress values above its elastic limit. Although this concept is readily understood, its quantitative assessment is no simple matter.

The definition of reinforcement ductility is based on the consideration of two parameters that can be obtained from steel stress-strain curves: the **total elongation under maximum loading** or $\epsilon_{m\acute{a}x}$ and the **fs/fy** ratio, also known as **toughness**, i.e., the relationship between the ultimate strength or maximum unit stress (**fs**) and the yield strength or stress corresponding to the elastic limit (**fy**). The higher these parameters are, the greater is ductility but, as pairs of values are involved, ductility cannot be univocally quantified. Moreover, in some situations these parameters may not provide sufficient information to compare or grade different kinds of steel in terms of this characteristic.

This paper proposes two methods for quantifying ductility and classifying steel in accordance with a single parameter, as discussed in Section 3 below.

Objective b)

As noted, the experimental protocol called for testing 12 slabs in which reinforcement ratios and steel ductility varied along the lines of the model described in Section 4. The results of the tests –to collapse– conducted on these structures are reviewed from different standpoints, relating the maximum redistribution capacity actually obtained to the ductility of the reinforcement used. This question is discussed in Section 6. Naturally, the reinforcement ratios adopted were restricted to the domain in which the steel is the weaker of the two materials in bending.

Objective c)

Another very interesting issue is likewise addressed, i.e., the relationship between steel ductility and a structural member's real safety against collapse. This involves comparing the real test load to the theoretical loads obtained by applying the verification formulas generally used for structural concrete sections. In this regard, the approximate verification formulas contained in Code EH-91 and the new EHE published in 1999 were applied. These questions are discussed in Section 7.

3. DUCTILITY OF CONCRETE STEEL REINFORCEMENT

One of the ways the author proposes to assess reinforcement ductility is by quantifying the available **plastic energy** in the steel, i.e., the area delimited by the stress-strain curve and the strain axis, bound at the upper end by the value of total elongation under maximum loading or $\epsilon_{m\acute{a}x}$, as shown in Figure 1.

This assessment method affords a solution for classifying steel in terms of ductility, as shown in Figure 2, by using the so-called **Plastic Energy Factor (P.E.F.)** which represents the value of such energy available in the steel.

Another way to quantify the ductility value is by finding the area delimited by the stress-strain curve, a line parallel to the x (strain) axis that cuts across the y-axis at the yield strength value and a line parallel to the y (stress) axis intercepting the x axis at the $\epsilon_{m\acute{a}x}$ value (see Figure 3). This parameter is termed the **Ductility Factor (F.D.)**.

The classification of steel in terms of ductility resulting from this second approach to the problem is shown in Figure 4.

In either case, i.e., whether computed by means of plastic energy or the ductility factor, reinforcement ductility can be univocally assessed and compared on the grounds of the fs/fy ratio and $\epsilon_{m\acute{a}x}$ values deriving from the stress-strain curve, values, which, in any event, must be furnished and guaranteed by the steel manufacturer in question.

4. DESCRIPTION OF THE STRUCTURAL MODEL CHOSEN IN THE EXPERIMENTAL SURVEY

The structural model adopted in the trials was a solid slab, continuous over two spans and with a uniform section, as illustrated in Figure 5.

With respect to the reinforcement, the same steel section was used over spans and supports, assuming, therefore, the maximum redistribution allowed in Slab Code EF 96 which, percentage-wise, means a very high degree of redistribution (on the order of 30%).

A considerable amount of effort had to be deployed to classify or, in some cases, even treat, the available steel to achieve the ductility levels envisaged for the reinforcement.

FACTOR DE ENERGÍA PLÁSTICA PLASTIC ENERGY FACTOR

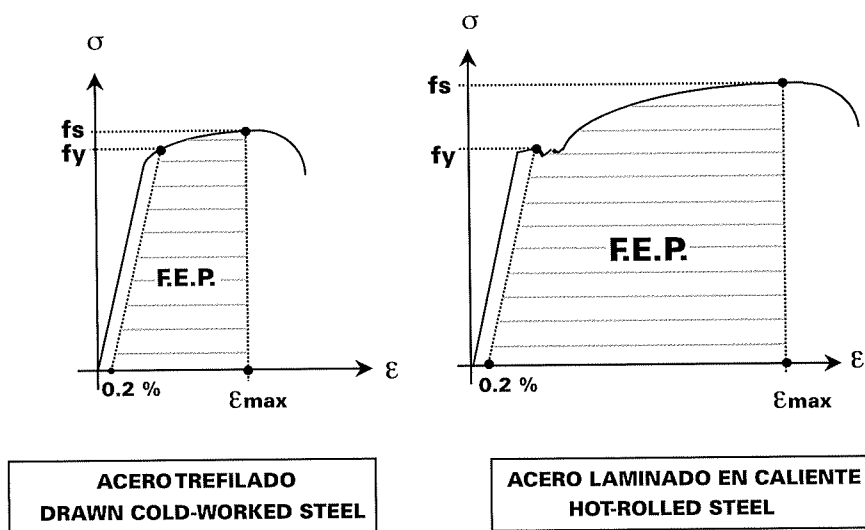


Fig. 1

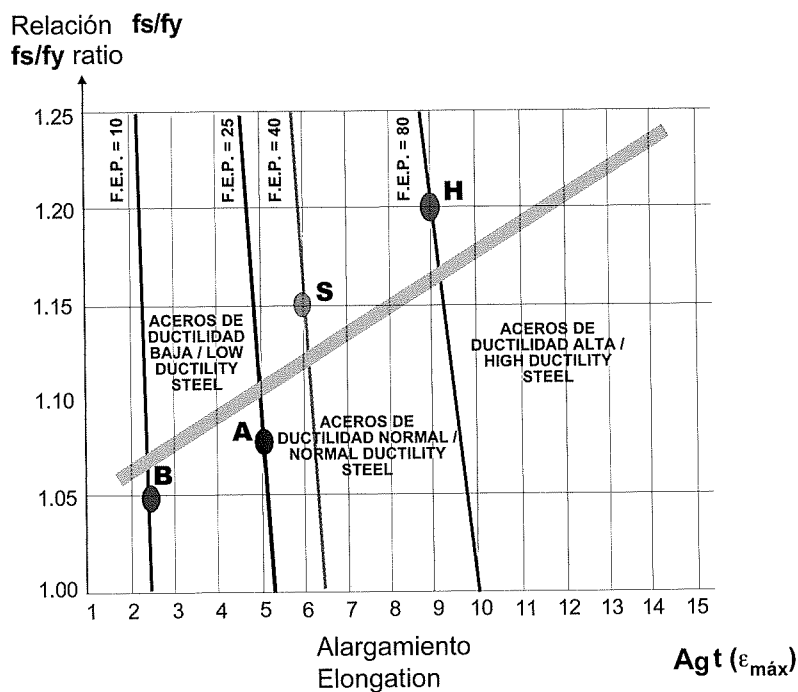


Fig. 2. Clasificación mediante el Factor de Energía Plástica (FEP) de aceros de $f_y = 500$ Mpa.
Fig. 2. Plastic Energy Factor (FEP) classification of steels with $f_y = 500$ Mpa.

FACTOR DE DUCTILIDAD DUCTILITY FACTOR

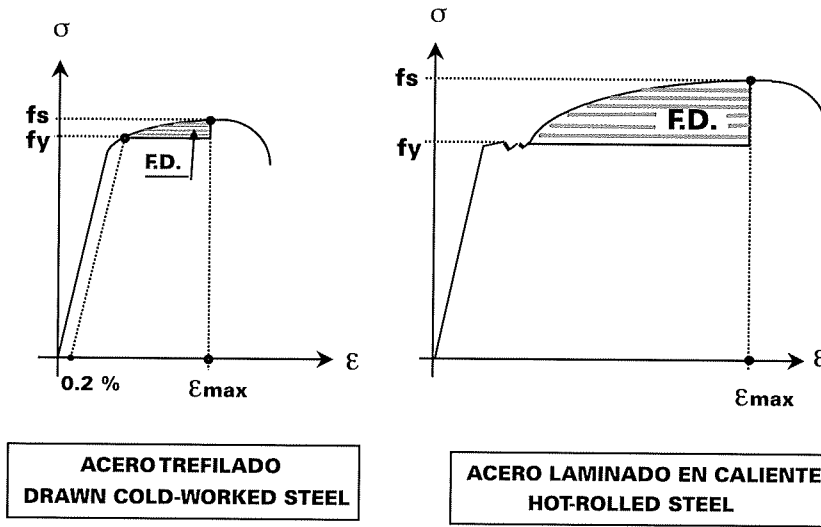


Fig. 3

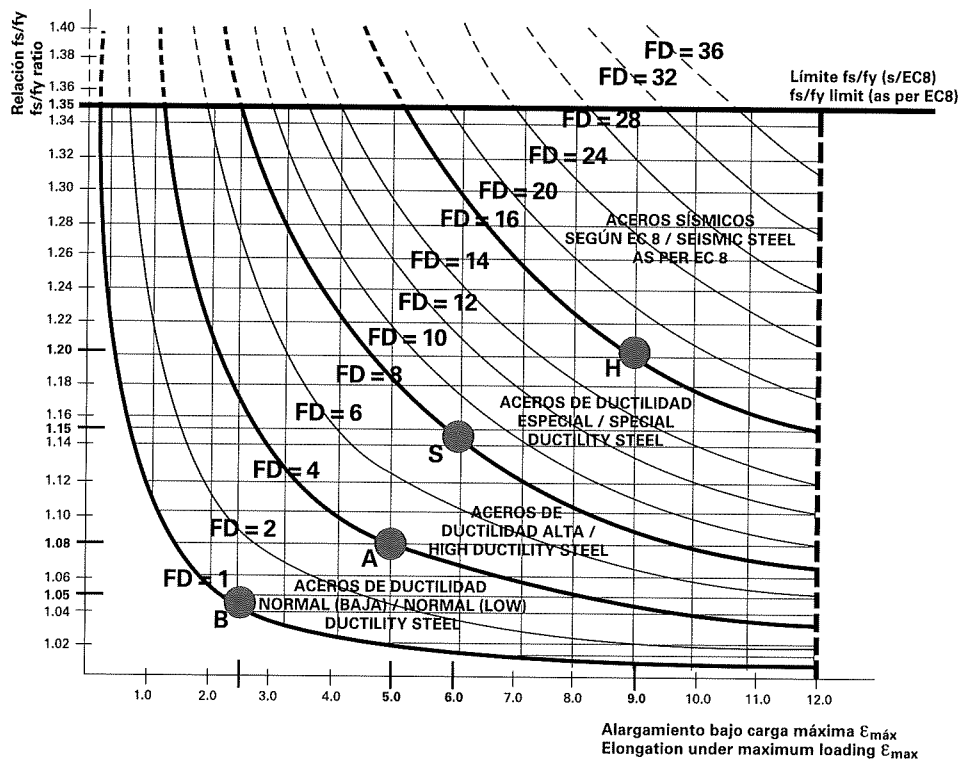


Fig. 4. Factor de ductilidad. Curvas de equiductilidad. Tipos de aceros.
Fig. 4. Ductility factor. Ductility curves. Types of steel.

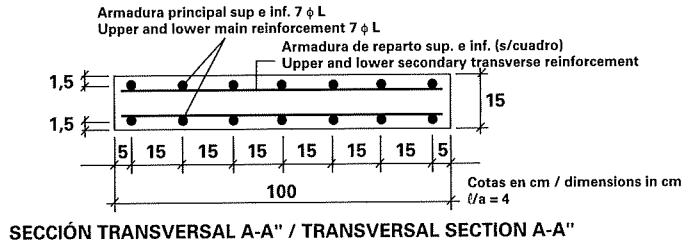
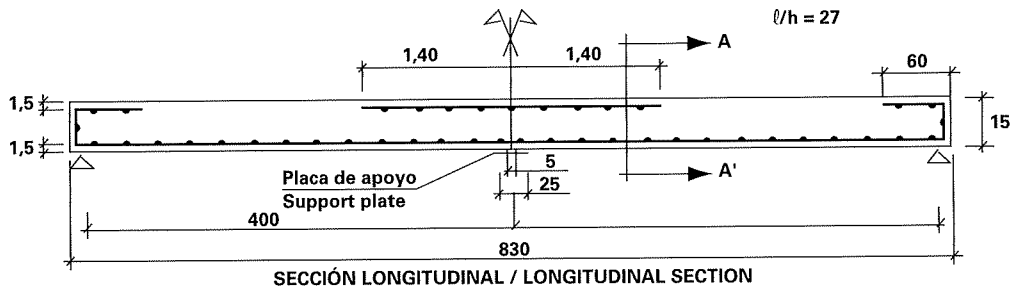


Fig. 5. Definición del modelo. Geometría. Disposición de las armaduras.
Fig. 5. Definition of model. Geometry. Reinforcement pattern.

		HORMIGÓN CONCRETE	ARMADURAS REINFORCEMENT					
Losa Slab	Identificación Id. label	Resistencias a a compresión Compression strength Mpa (1)	Alarg. Rotura: A5 Eing. at failure: A5 (%) (2)	$\epsilon_{c,max}$ $\epsilon_{c,max}$ (%) (2)	f_s/f_y (2)	Límite elástico f_y Yield strength f_y Mpa (2)	Carga de rotura f_s Ultimate strength f_s Mpa (2)	Representación gráfica Graphic representation (3)
1	TA ϕ 6	22.0	11.5	1.0	1.05	634.8	653.7	□ 1
2	TA ϕ 8	20.3	12.0	1.5	1.06	638.3	676.2	□ 2
3	TA ϕ 10	26.5	10.5	1.6	1.02	608.7	619.1	□ 3
4	TA ϕ 12	30.8	8.8	0.9	1.00	597.5	599.5	□ 4
5	TN ϕ 6	26.1	11.4	1.8	1.07	607.7	651.0	△ 5
6	TN ϕ 8	19.7	11.7	1.8	1.04	610.9	635.6	△ 6
7	TN ϕ 10	26.6	14.0	3.2	1.04	597.1	619.6	△ 7
8	TN ϕ 12	21.4	11.2	3.2	1.06	542.6	575.0	△ 8
9	SD ϕ 6	17.6	27.9	11.6	1.14	563.8	640.6	○ 9
10	SD ϕ 8	17.1	22.9	10.1	1.12	590.3	660.9	○ 10
11	SD ϕ 10	17.5	24.1	9.8	1.11	600.3	665.7	○ 11
12	SD ϕ 12	23.7	23.7	10.5	1.13	599.2	679.2	○ 12

- (1) Valores medios determinados sobre probetas curadas en condiciones análogas a las losas y ensayadas a la misma edad que éstas.
Mean values determined from specimens cured under conditions analogous to slab curing conditions and tested at the same age.
- (2) Valores medios de los resultados de los ensayos realizados sobre la arm. principal (ver tablas de resultados).
Mean values resulting from tests conducted on main reinf. (see results tables).
- (3) Estos símbolos se utilizarán en lo sucesivo para representar a cada losa en gráficos, cuadros, etc.
These symbols will be used hereafter to represent slabs in graphs, tables, etc.

- ACERO TREFILADO CON TRATAMIENTO ESPECIAL PARA OBTENER MUY BAJA DUCTILIDAD.
DRAWN COLD-WORKED STEEL SPECIALLY TREATED TO GET VERY LOW DUCTILITY.
- △ ACERO TREFILADO NORMAL B500T EMPLEADO HABITUALMENTE EN MALLAS ELECTROSOLDADAS.
NORMAL DRAWN COLD-WORKED STEEL, TYPE B500T, GENERALLY USED IN WELDED WIRE FABRIC.
- ACERO SOLDABLE LAMINADO EN CALIENTE TIPO B500S.
HOT-ROLLED WELDABLE STEEL, TYPE B500S.

Cuadro I. Características de los materiales.
Table I. Material characteristics.

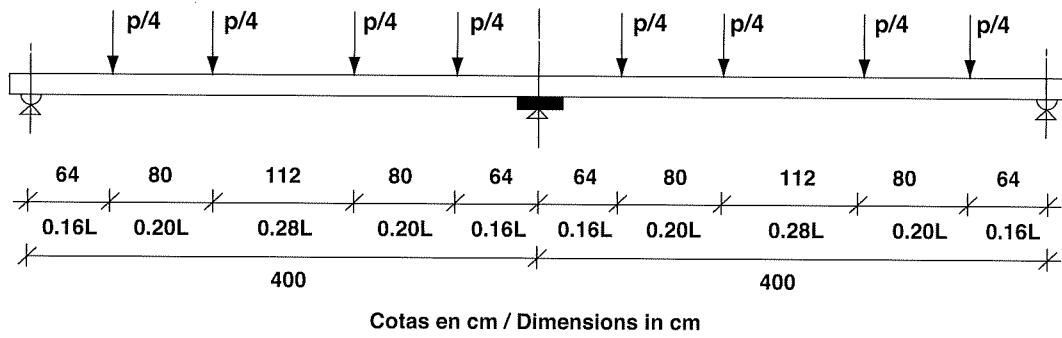
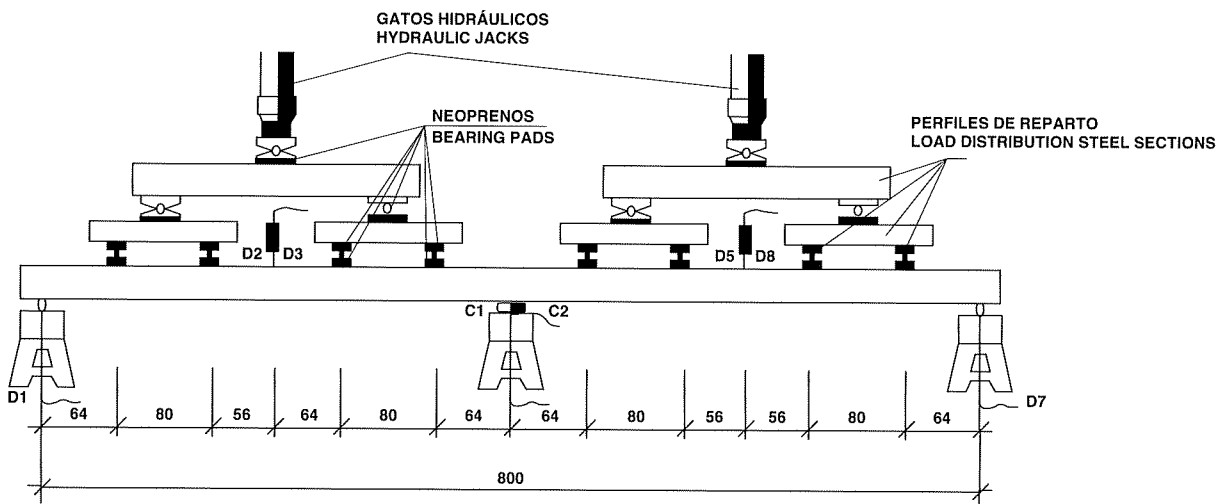


Fig. 6. Definición del modelo. Esquema de cargas.
 Fig. 6. Definition of model. Load pattern.



NOTAS / NOTES:
 Cotas en cm / Dimensions in cm
 C = células de carga / C = load cells
 D = captadores inductivos LVDT / D = LVDT displacement gauges

Fig. 7. Disposición del ensayo e instrumentación.
 Fig. 7. Test set-up and instrumentation.

	LOSA n°	CARGA TOTAL MÁXIMA (t)	MTO. APOYO MÁXIMO (mt)	MTO. DE VANO MÁXIMO (mt)
CUANTÍA (*) 0.15%	1	4,70	2,29	1,77
	5	4,67	1,94	1,89
	9	4,63	2,13	1,91
ARMADO 7 ø 6	2	7,94	3,56	2,98
	6	7,67	3,26	2,87
	10	8,16	3,23	3,34
CUANTÍA (*) 0.27%	3	10,81	4,59	4,35
	7	11,86	4,62	4,83
	11	12,79	4,75	5,41
ARMADO 7 ø 8	4	15,13	6,07	6,29
	8	15,35	6,41	6,06
	12	17,61	6,69	6,95

□ ACERO DE MUY BAJA DUCTILIDAD △ ACERO DE BAJA DUCTILIDAD ○ ACERO DE ALTA DUCTILIDAD

(*) Cuantía de acero referida a la sección útil de hormigón.

Cuadro II.

	SLAB No.	TOTAL MAXIMUM LOAD (t)	MAXIMUM SUPPORT MOMENT (mt)	MAXIMUM SPAN MOMENT (mt)
RATIO (*) 0.15%	1	4.70	2.29	1.77
	5	4.67	1.94	1.89
	9	4.63	2.13	1.91
REINFORCEMENT 7 ø 6	2	7.94	3.56	2.98
	6	7.67	3.26	2.87
	10	8.16	3.23	3.34
RATIO (*) 0.27%	3	10.81	4.59	4.35
	7	11.86	4.62	4.83
	11	12.79	4.75	5.41
REINFORCEMENT 7 ø 8	4	15.13	6.07	6.29
	8	15.35	6.41	6.06
	12	17.61	6.69	6.95

□ VERY LOW DUCTILITY STEEL △ LOW DUCTILITY STEEL ○ HIGH DUCTILITY STEEL

(*) Ratio of reinforcement area referred to effective concrete section area.

Table II.

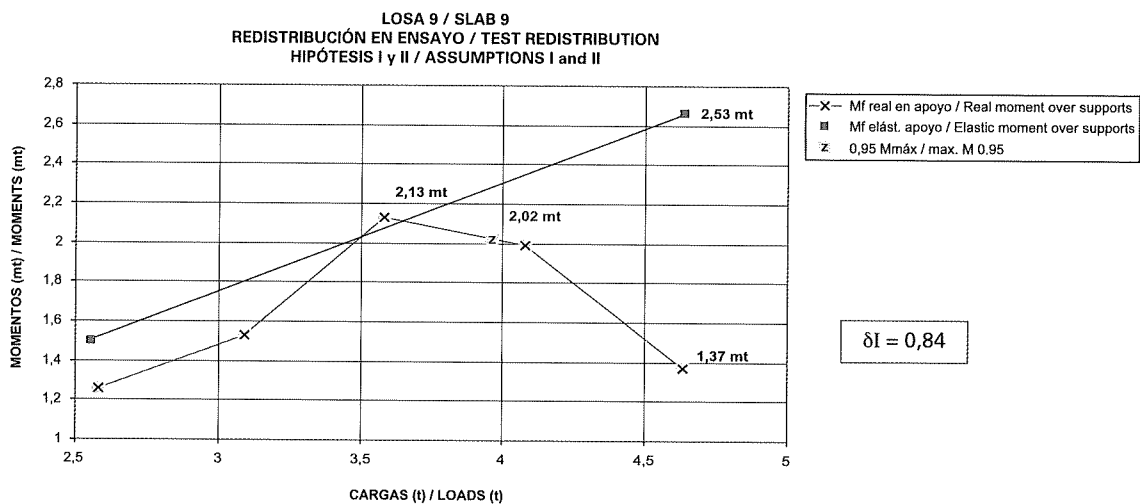
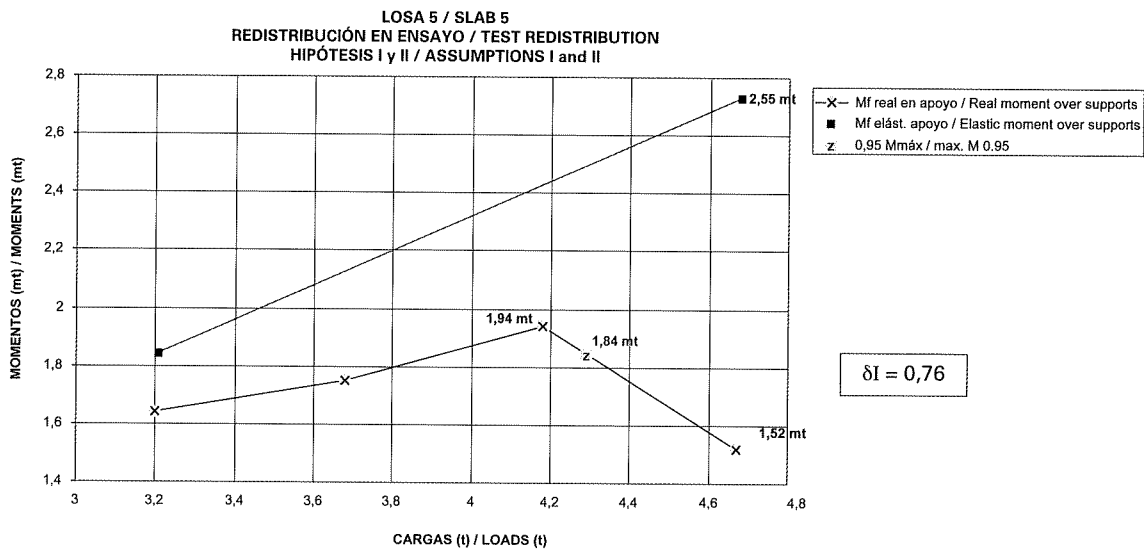
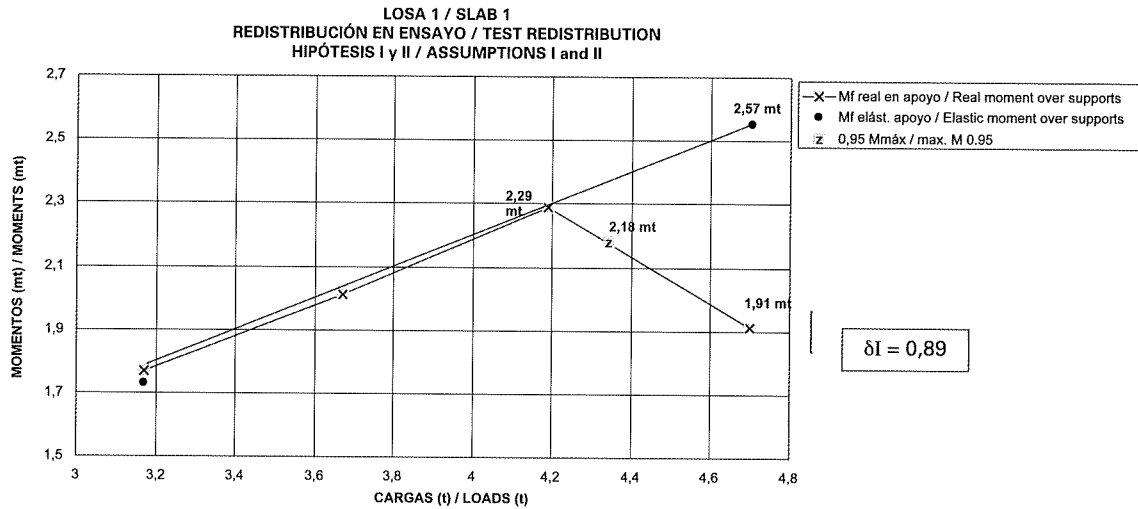
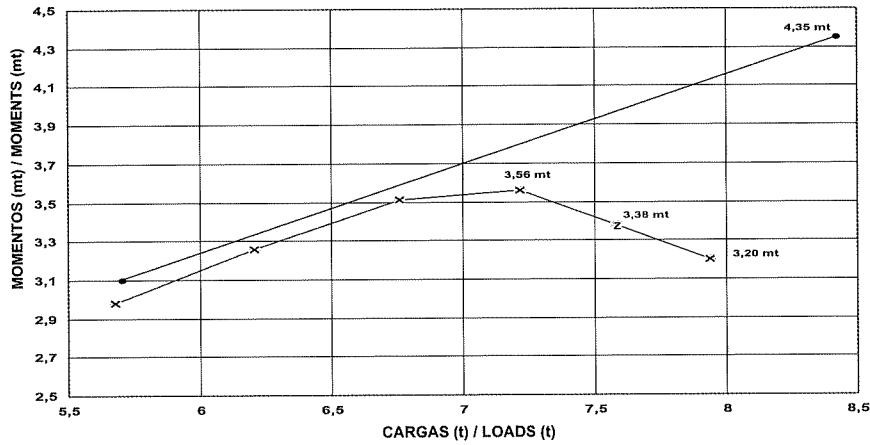


Fig. 8. Comparación redistribución obtenida en ensayo en losas de igual armado con aceros de distinta ductilidad. ARMADO 7 Ø 6 mm.

Fig. 8. Comparison of test redistribution obtained in slabs reinforced at same ratio but with different ductility steel. REINFORCEMENT 7 Ø 6 mm.

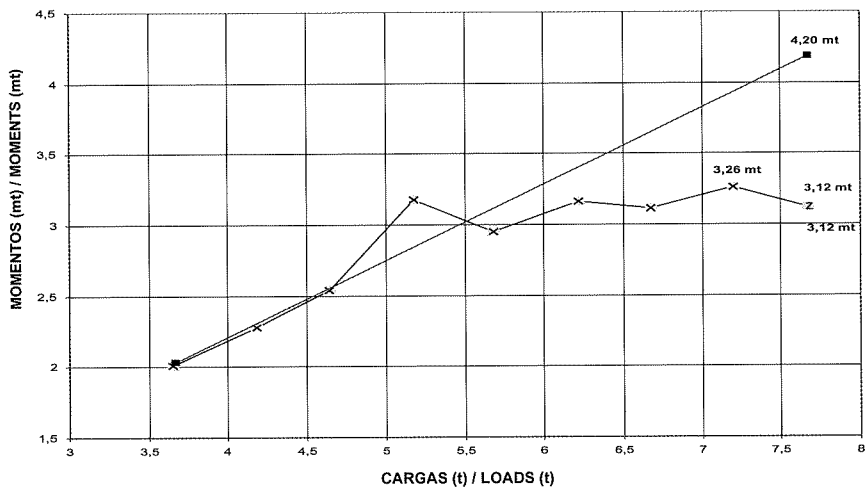
LOSA 2 / SLAB 2
REDISTRIBUCIÓN EN ENSAYO / TEST REDISTRIBUTION
HIPÓTESIS I y II / ASSUMPTIONS I and II



-x- Mf real en apoyo / Real moment over supports
• Mf elást. apoyo / Elastic moment over supports
z 0,95 Mmáx / max. M 0.95

$\delta I = 0,82$

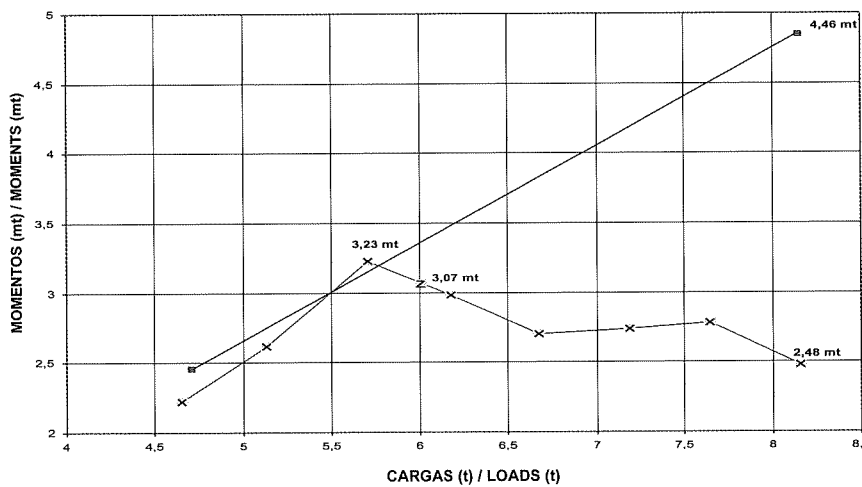
LOSA 6 / SLAB 6
REDISTRIBUCIÓN EN ENSAYO / TEST REDISTRIBUTION
HIPÓTESIS I y II / ASSUMPTIONS I and II



-x- Mf real en apoyo / Real moment over supports
■ Mf elást. apoyo / Elastic moment over supports
z 0,95 Mmáx / max. M 0.95

$\delta I = 0,78$

LOSA 10 / SLAB 10
REDISTRIBUCIÓN EN ENSAYO / TEST REDISTRIBUTION
HIPÓTESIS I y II / ASSUMPTIONS I and II



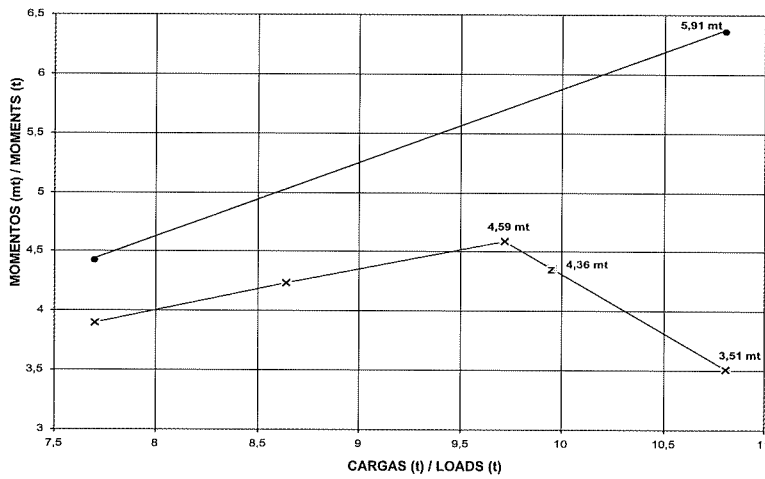
-x- Mf real en apoyo / Real moment over supports
■ Mf elást. apoyo / Elastic moment over supports
z 0,95 Mmáx / max. M 0.95

$\delta I = 0,72$

Fig. 9. Comparación redistribución obtenida en ensayo en losas de igual armado con aceros de distinta ductilidad.
ARMADO 7 Ø 8 mm.

Fig. 9. Comparison of test redistribution obtained in slabs reinforced at same ratio but with different ductility steel.
REINFORCEMENT 7 Ø 8 mm.

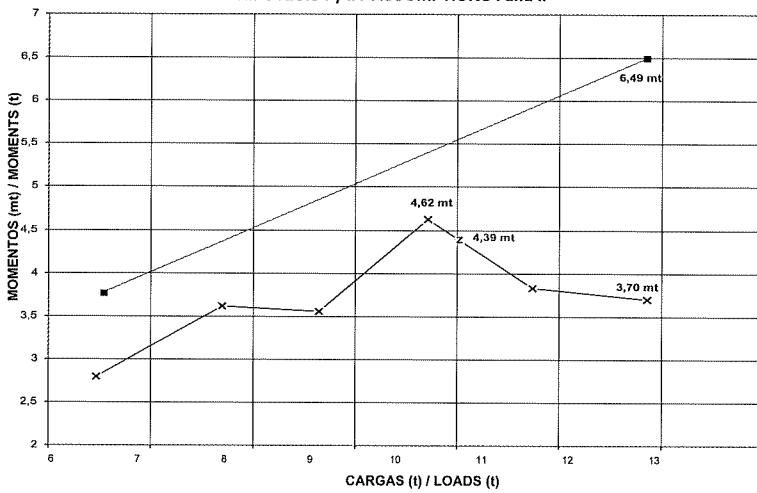
LOSA 3 / SLAB 3
 REDISTRIBUCIÓN EN ENSAYO / TEST REDISTRIBUTION
 HIPÓTESIS I y II / ASSUMPTIONS I and II



-x- Mf real en apoyo / Real moment over supports
 • Mf elást. apoyo / Elastic moment over supports
 z 0,95 Mmáx. / Max. M 0.95

$\delta I = 0,78$

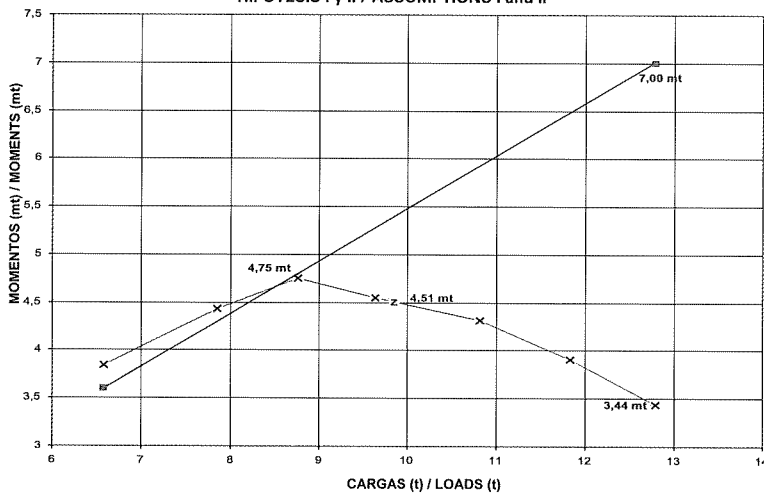
LOSA 7 / SLAB 7
 REDISTRIBUCIÓN EN ENSAYO / TEST REDISTRIBUTION
 HIPÓTESIS I y II / ASSUMPTIONS I and II



-x- Mf real en apoyo / Real moment over supports
 ■ Mf elást. apoyo / Elastic moment over supports
 z 0,95 Mmáx. / Max. M 0.95

$\delta I = 0,71$

LOSA 11 / SLAB 11
 REDISTRIBUCIÓN EN ENSAYO / TEST REDISTRIBUTION
 HIPÓTESIS I y II / ASSUMPTIONS I and II



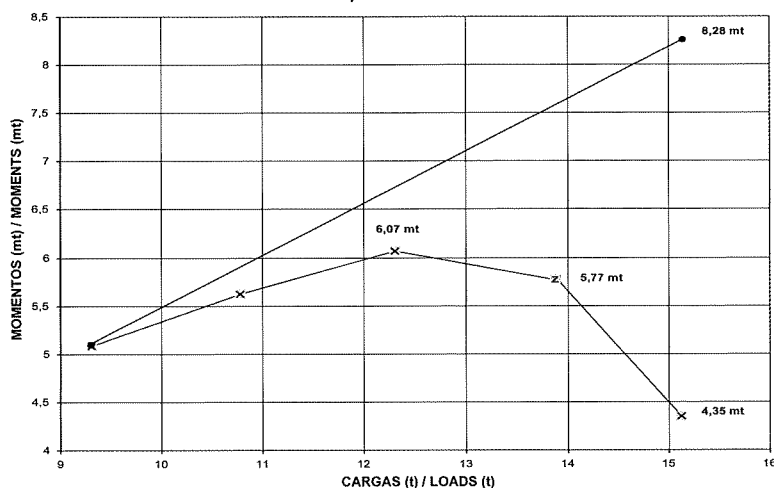
-x- Mf real apoyo central / Real moment over supports
 ■ Mf elást. apoyo / Elastic moment over supports
 z 0,95 Mmáx. / Max. M 0.95

$\delta I = 0,68$

Fig. 10. Comparación redistribución obtenida en ensayo en losas de igual armado con aceros de distinta ductilidad.
 ARMADO 7 Ø 10 mm.

Fig. 10. Comparison of test redistribution obtained in slabs reinforced at same ratio but with different ductility steel.
 REINFORCEMENT 7 Ø 10 mm.

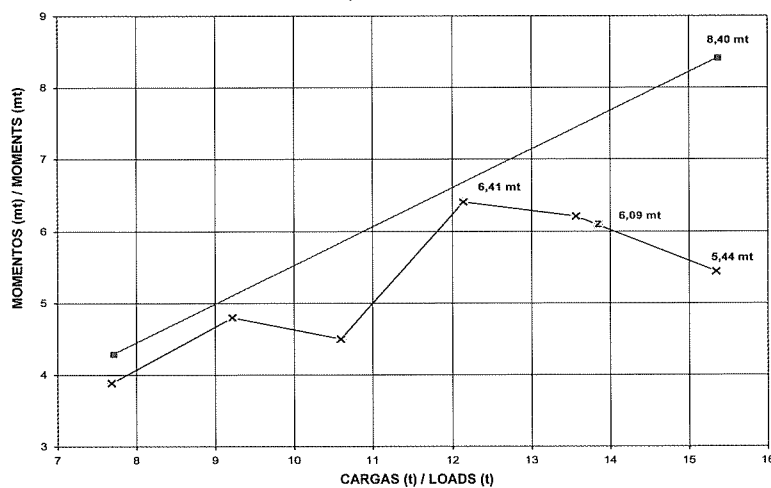
LOSA 4 / SLAB 4
REDISTRIBUCIÓN EN ENSAYO / TEST REDISTRIBUTION
HIPÓTESIS I y II / ASSUMPTIONS I and II



-x- Mf real apoyo central / Real moment over supports
• Mf elást. apoyo / Elastic moment over supports
z 0,95 Mmáx. / Max. m 0.95

$\delta I = 0,73$

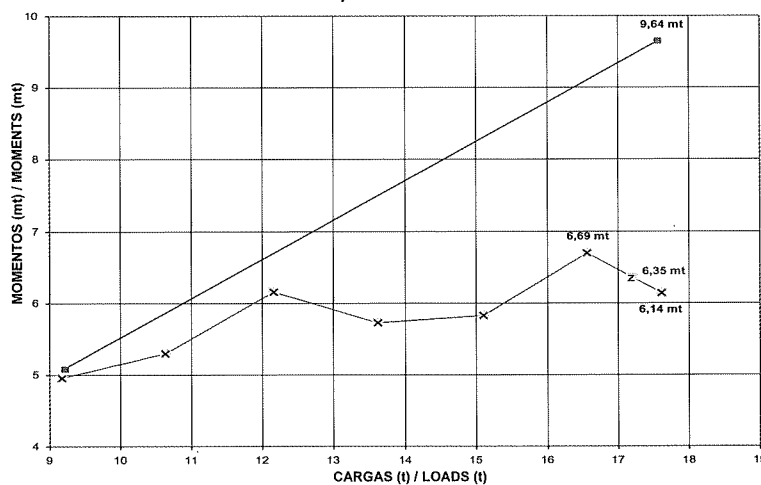
LOSA 8 / SLAB 8
REDISTRIBUCIÓN EN ENSAYO / TEST REDISTRIBUTION
HIPÓTESIS I y II / ASSUMPTIONS I and II



-x- Mf real apoyo central / Real moment over supports
• Mf elást. apoyo / Elastic moment over supports
z 0,95 Mmáx. / Max. m 0.95

$\delta I = 0,76$

LOSA 12 / SLAB 12
REDISTRIBUCIÓN EN ENSAYO / TEST REDISTRIBUTION
HIPÓTESIS I y II / ASSUMPTIONS I and II



-x- Mf real apoyo central / Real moment over supports
• Mf elást. apoyo / Elastic moment over supports
z 0,95 Mmáx. / Max. M 0.95

$\delta I = 0,69$

Fig. 11. Comparación redistribución obtenida en ensayo en losas de igual armado con aceros de distinta ductilidad. ARMADO 7 Ø 12 mm.

Fig. 11. Comparison of test redistribution obtained in slabs reinforced at same ratio but with different ductility steel. REINFORCEMENT 7 Ø 12 mm.

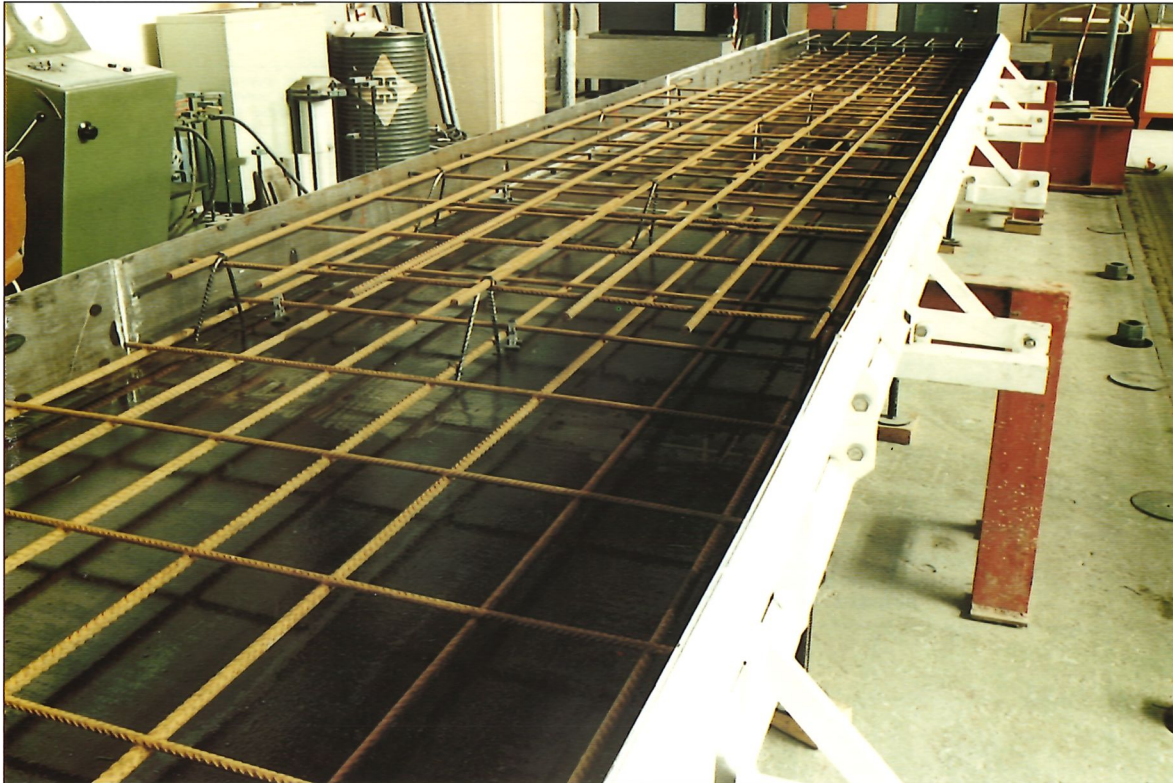


Foto 1. Colocación de las armaduras en un encofrado.
Photo 1. Placing reinforcement in forms.



Foto 2. Disposición general del ensayo.
Photo 2. General test set-up.

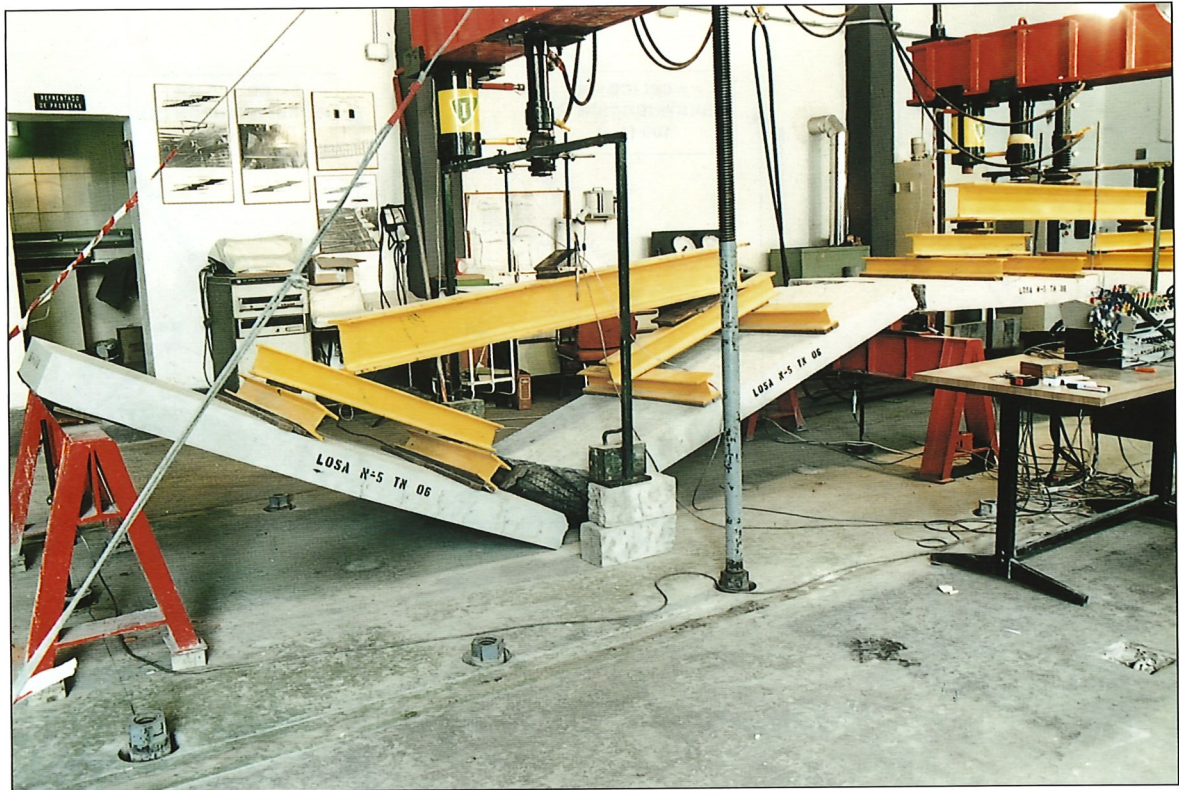


Foto 3. Colapso losa 5 (armada con acero de baja ductilidad).
Photo 3. Collapse of slab 5 (reinforced with low ductility steel).



Foto 4. Detalle rotura plástica formada en losa 12 (armada con acero de alta ductilidad).
Photo 4. Detail plastic hinge in slab 12 (reinforced with high ductility steel).

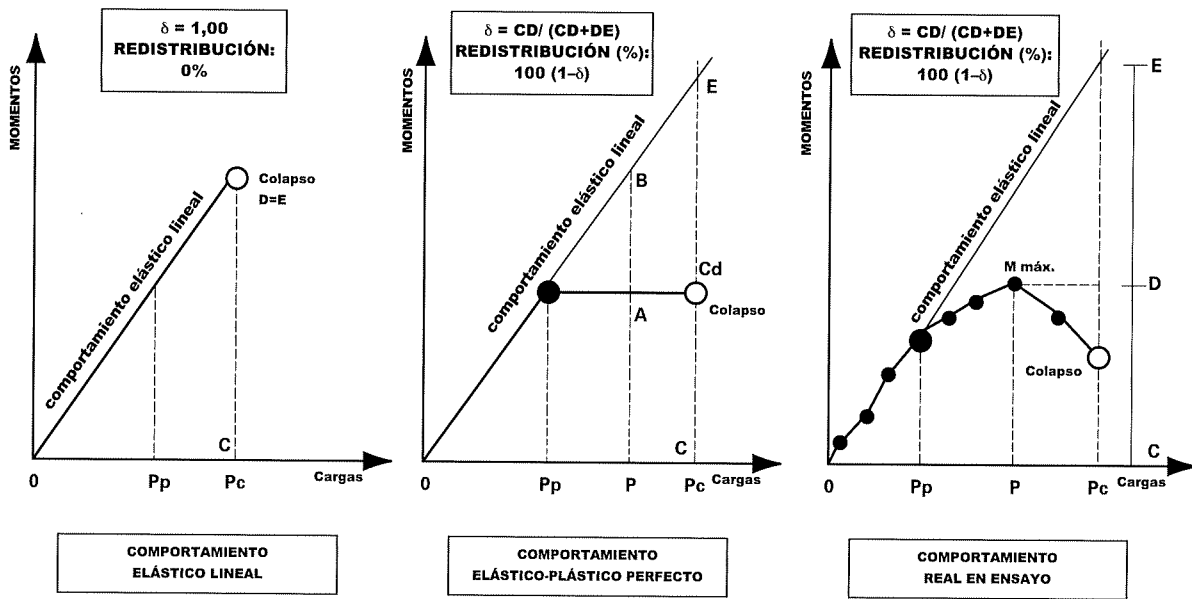


Fig. 12. Concepto de redistribución real en ensayo.

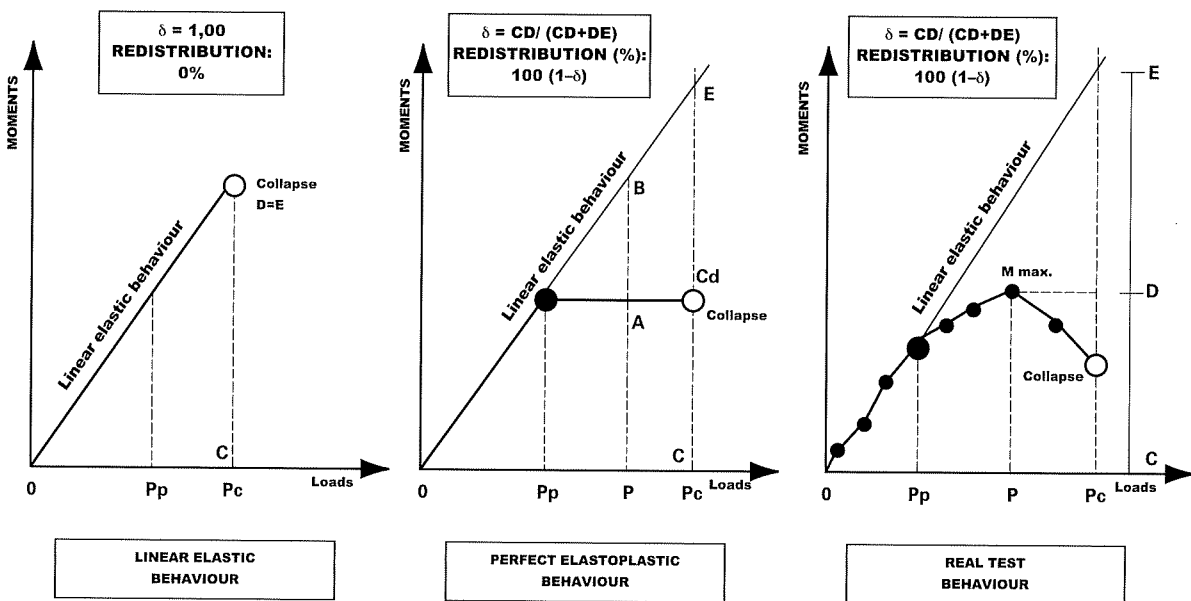
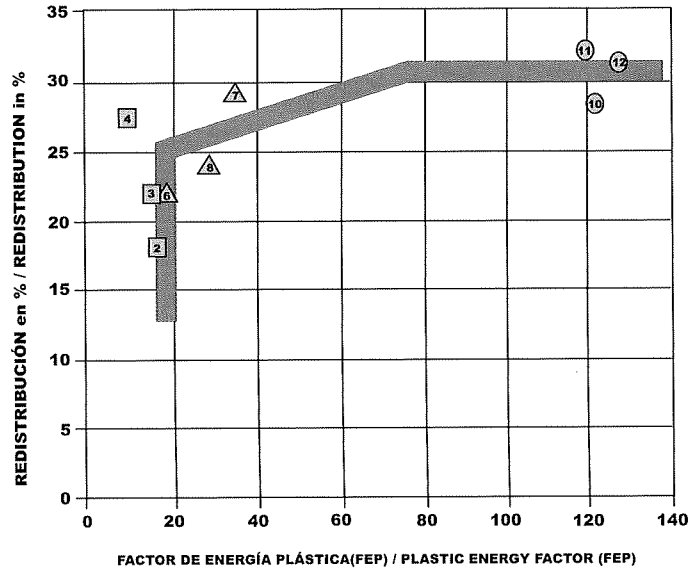
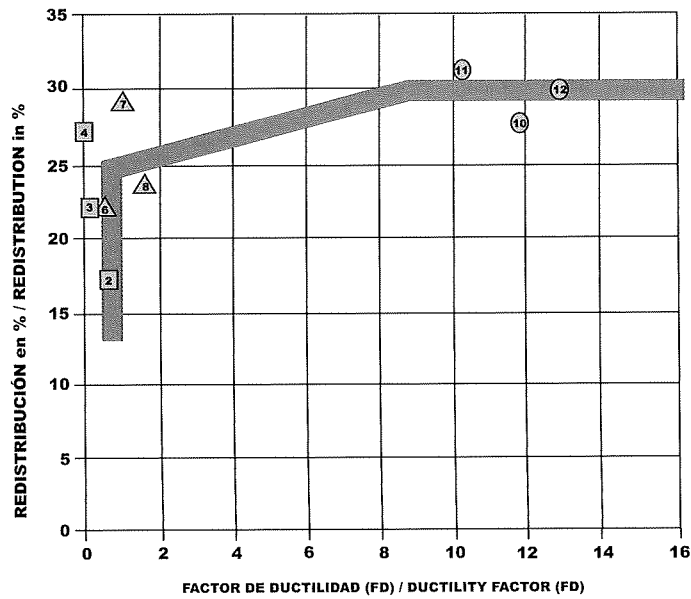


Fig. 12. Concept of real redistribution in testing.

FACTOR DE ENERGÍA PLÁSTICA (FEP) vs REDISTRIBUCIÓN
PLASTIC ENERGY FACTOR (FEP) vs REDISTRIBUTION



FACTOR DE DUCTILIDAD (FD) vs REDISTRIBUCIÓN
DUCTILITY FACTOR (FD) vs REDISTRIBUTION



ACERO DE MUY BAJA DUCTILIDAD / VERY LOW DUCTILITY STEEL

- 2 7 ø 8 mm
- 3 7 ø 10 mm
- 4 7 ø 12 mm

ACERO DE BAJA DUCTILIDAD / LOW DUCTILITY STEEL

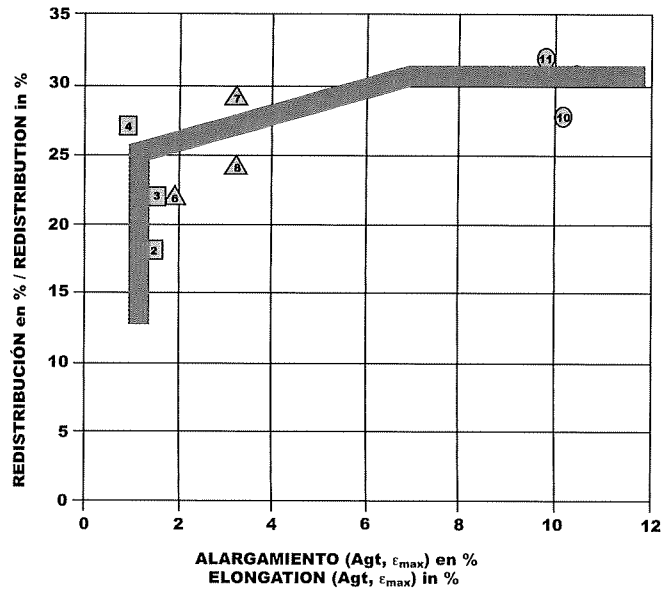
- 7 7 ø 8 mm
- 8 7 ø 10 mm
- 9 7 ø 12 mm

ACERO DE ALTA DUCTILIDAD / HIGH DUCTILITY STEEL

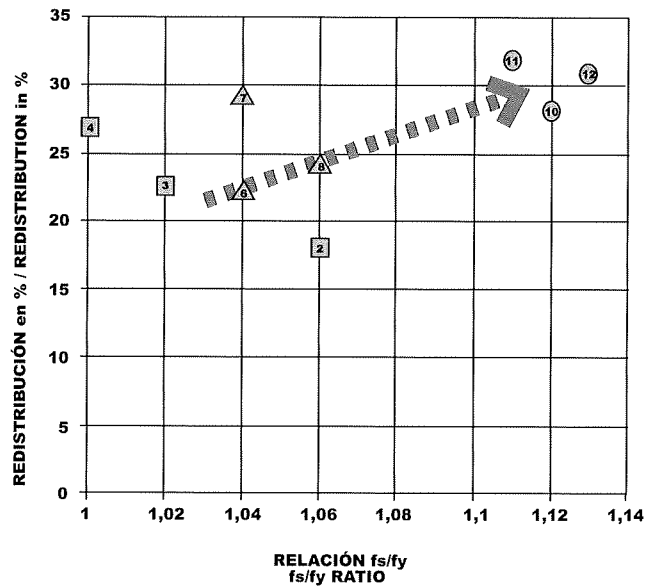
- 10 7 ø 8 mm
- 11 7 ø 10 mm
- 12 7 ø 12 mm

Fig. 13. Relación redistribución vs ductilidad (Factor de energía plástica "FEP" y factor de ductilidad "FD").
 Fig. 13. Redistribution vs ductility relationship (Plastic energy factor "FEP" and ductility factor "FD").

ALARGAMIENTO (Agt) vs REDISTRIBUCIÓN
ELONGATION (Elg) vs REDISTRIBUTION



fs/fy vs REDISTRIBUCIÓN
fs/fy vs REDISTRIBUTION



ACERO DE MUY BAJA DUCTILIDAD / VERY LOW DUCTILITY STEEL

2	7 ø 8 mm
3	7 ø 10 mm
4	7 ø 12 mm

ACERO DE BAJA DUCTILIDAD / LOW DUCTILITY STEEL

7	7 ø 8 mm
8	7 ø 10 mm
10	7 ø 12 mm

ACERO DE ALTA DUCTILIDAD / HIGH DUCTILITY STEEL

10	7 ø 8 mm
11	7 ø 10 mm
12	7 ø 12 mm

Fig. 14. Relación redistribución real vs parámetros clásicos de ductilidad (alargamiento Agt y relación fs/fy).
 Fig. 14. Real redistribution vs conventional ductility parameters (elongation Elg and fs/fy ratio).

**RELACIÓN DUCTILIDAD DEL ACERO vs SEGURIDAD
STEEL DUCTILITY vs SAFETY**

Fórmula de comprobación a flexión simple según IEH-91, con:
Flexure verification formula accordingly IEH-91:
 $\gamma_s = 1.00 \quad \gamma_c = 1.00 \quad \gamma_f = 1.00$

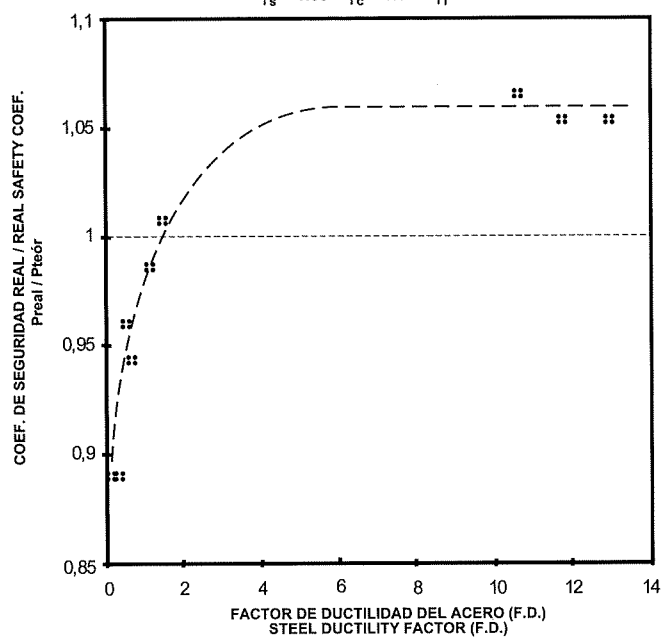


Fig. 15.

**RELACIÓN DUCTILIDAD DEL ACERO vs SEGURIDAD
STEEL DUCTILITY vs SAFETY**

Fórmula de comprobación a flexión simple según EHE, con:
Flexure verification formula accordingly EHE:
 $\gamma_s = 1.00 \quad \gamma_c = 1.00 \quad \gamma_f = 1.00$

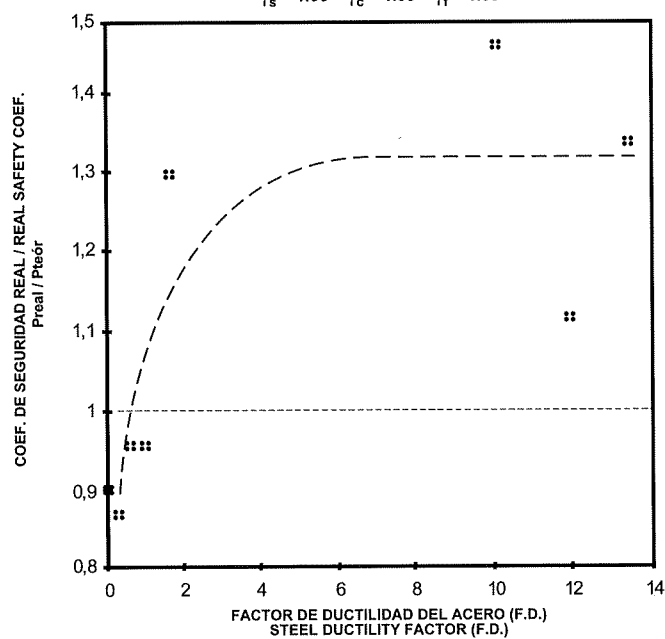


Fig. 16.

**RELACIÓN DUCTILIDAD DEL ACERO vs SEGURIDAD
STEEL DUCTILITY vs SAFETY**

Fórmula de comprobación a flexión simple según IEH-91, con:
Flexure verification formula accordingly IEH-91:
 $\gamma_s = 1.00$ $\gamma_c = 1.00$ $\gamma_f = 1.00$

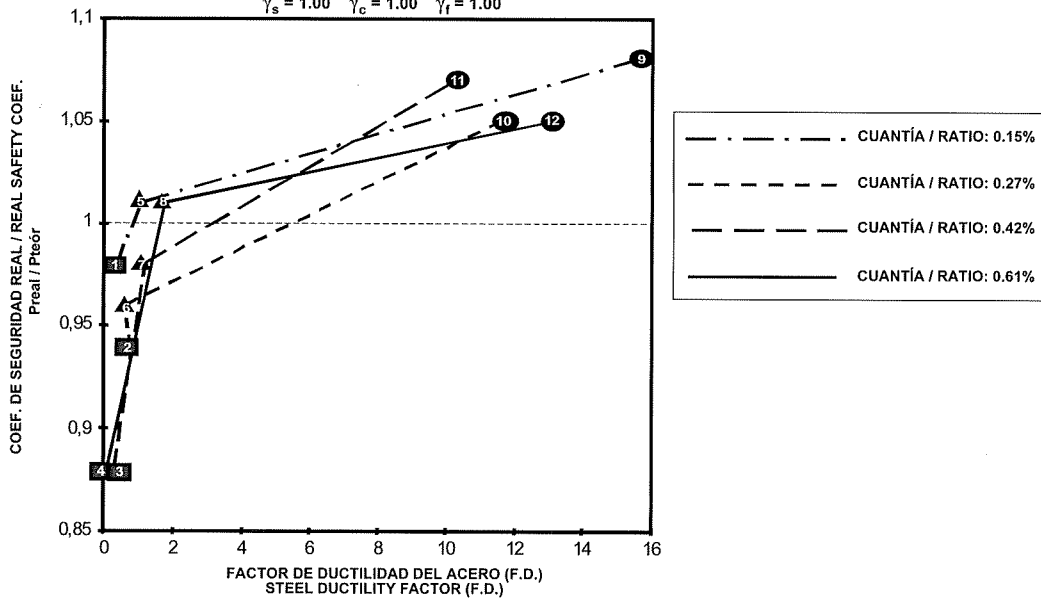


Fig. 17

**RELACIÓN DUCTILIDAD DEL ACERO vs SEGURIDAD
STEEL DUCTILITY vs SAFETY**

Fórmula de comprobación a flexión simple según EHE, con:
Flexure verification formula accordingly EHE:
 $\gamma_s = 1.00$ $\gamma_c = 1.00$ $\gamma_f = 1.00$

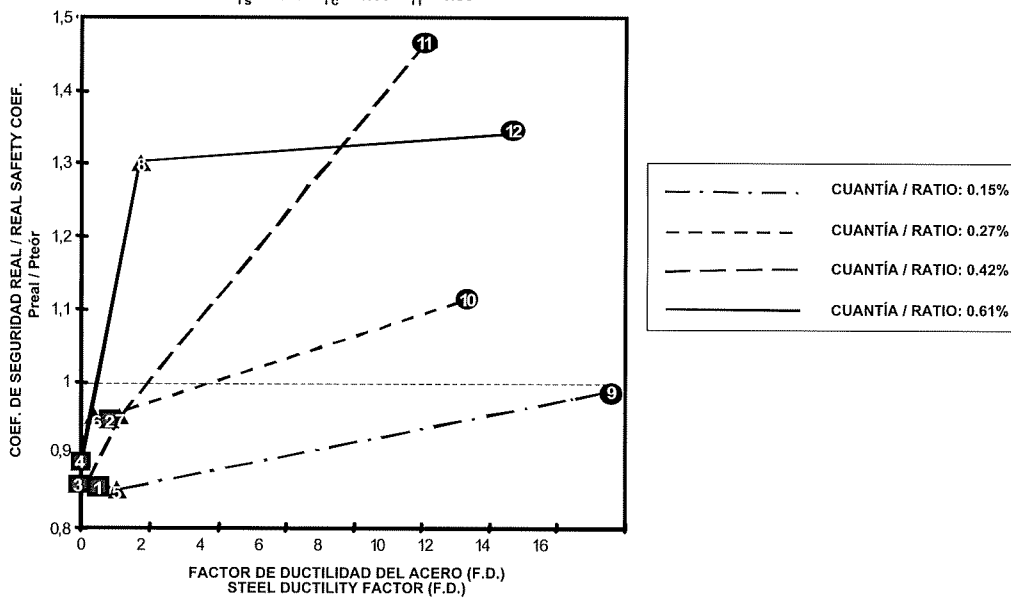


Fig. 18

**RELACIÓN DUCTILIDAD DEL ACERO vs SEGURIDAD
STEEL DUCTILITY vs SAFETY**

Fórmula de comprobación a flexión simple según IEH-91
Flexure verification formula accordingly IEH-91
LOSAS 1, 5 y 9 (cuantía 0,15%)
SLABS 1, 5 and 9 (ratio 0.15%)

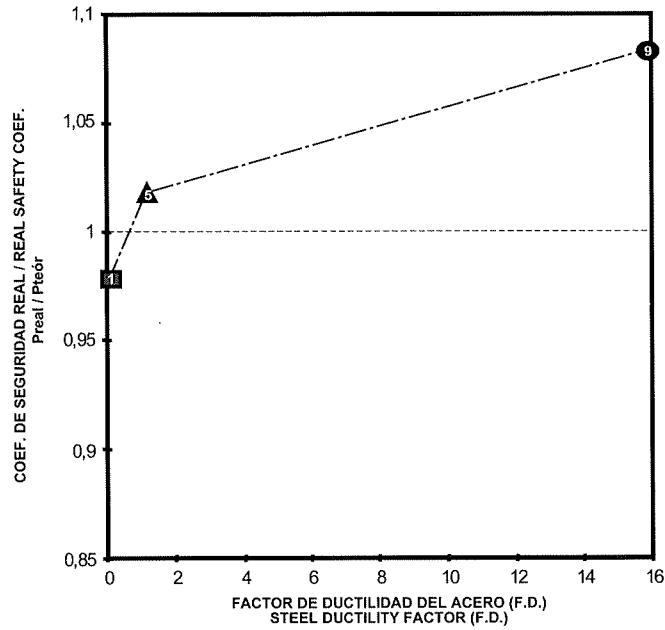


Fig. 19

**RELACIÓN DUCTILIDAD DEL ACERO vs SEGURIDAD
STEEL DUCTILITY vs SAFETY**

Fórmula de comprobación a flexión simple según IEH-91
Flexure verification formula accordingly IEH-91
LOSAS 2, 6 y 10 (cuantía 0,27%)
SLABS 2, 6 and 10 (ratio 0.27%)

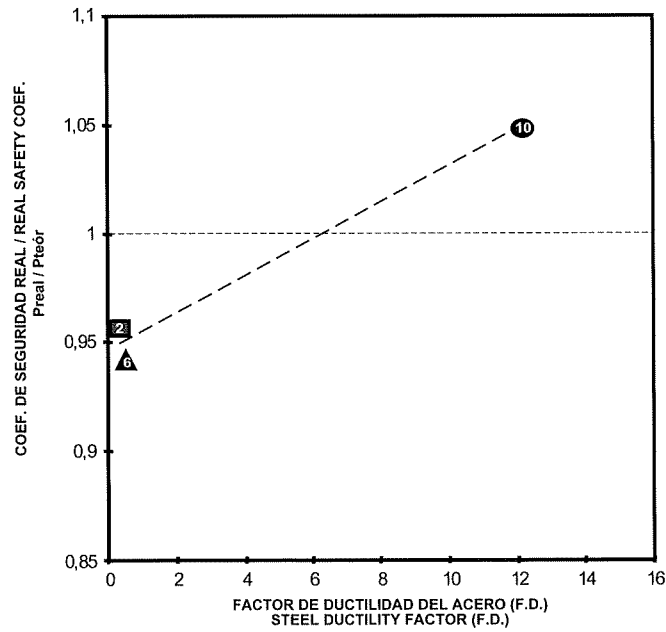


Fig. 20

**RELACIÓN DUCTILIDAD DEL ACERO vs SEGURIDAD
STEEL DUCTILITY vs SAFETY**

Fórmula de comprobación a flexión simple según IEH-91
Flexure verification formula accordingly IEH-91
LOSAS 3, 7 y 11 (cuantía 0,42%)
SLABS 3, 7 and 11 (ratio 0.42%)

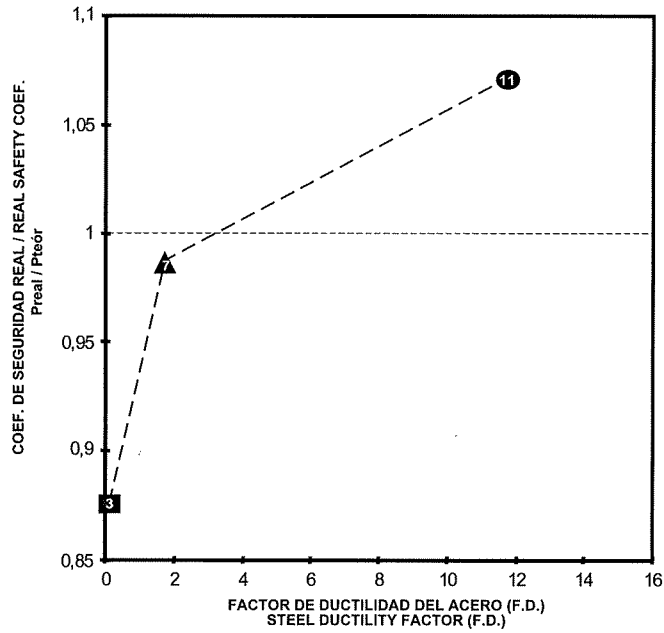


Fig. 21

**RELACIÓN DUCTILIDAD DEL ACERO vs SEGURIDAD
STEEL DUCTILITY vs SAFETY**

Fórmula de comprobación a flexión simple según IEH-91
Flexure verification formula accordingly IEH-91
LOSAS 4, 8 y 12 (cuantía 0,61%)
SLABS 4, 8 and 12 (ratio 0.61%)

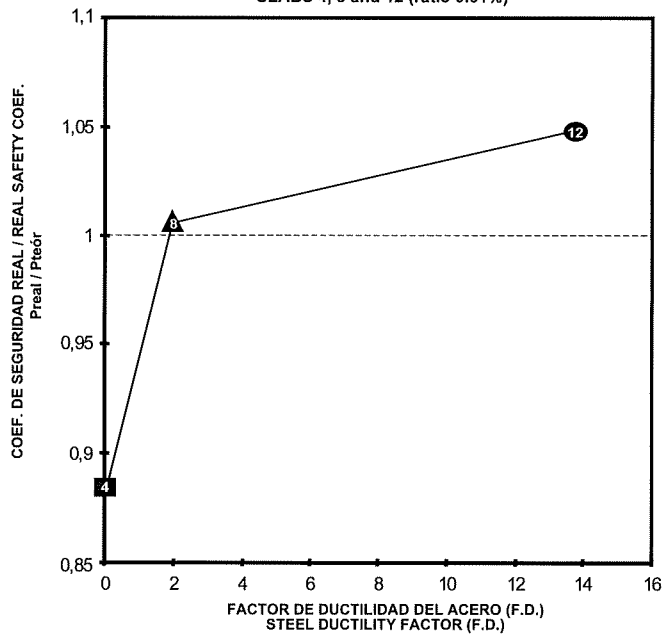


Fig. 22

**RELACIÓN DUCTILIDAD DEL ACERO vs SEGURIDAD
STEEL DUCTILITY vs SAFETY**

Fórmula de comprobación a flexión simple según EHE
Flexure verification formula accordingly EHE
LOSAS 1, 5 y 9 (cuantía 0,15%)
SLABS 1, 5 and 9 (ratio 0.15%)

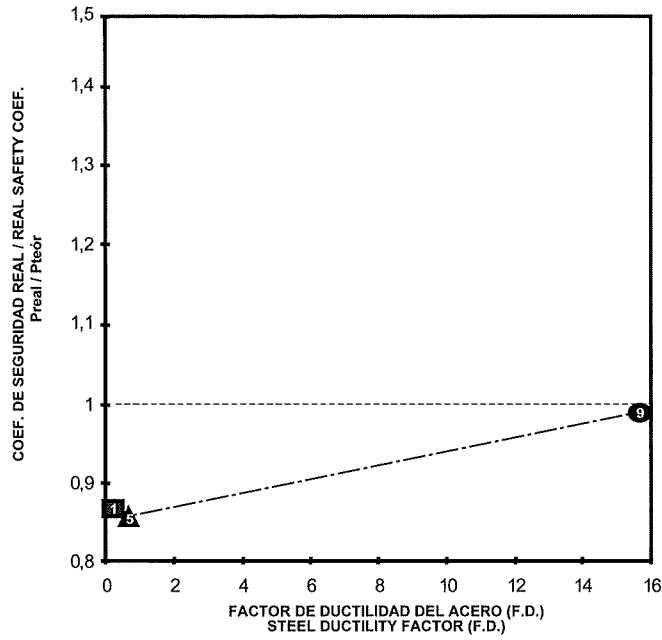


Fig. 23

**RELACIÓN DUCTILIDAD DEL ACERO vs SEGURIDAD
STEEL DUCTILITY vs SAFETY**

Fórmula de comprobación a flexión simple según EHE
Flexure verification formula accordingly EHE
LOSAS 2, 6 y 10 (cuantía 0,27%)
SLABS 2, 6 and 10 (ratio 0.27%)

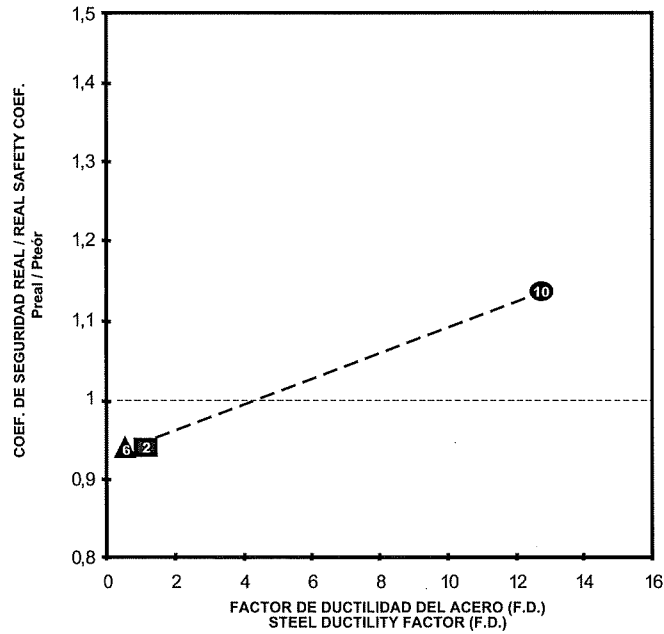


Fig. 24

**RELACIÓN DUCTILIDAD DEL ACERO vs SEGURIDAD
STEEL DUCTILITY vs SAFETY**

Fórmula de comprobación a flexión simple según EHE
Flexure verification formula accordingly EHE
LOSAS 3, 7 y 11 (cuantía 0,42%)
SLABS 3, 7 and 11 (ratio 0.42%)

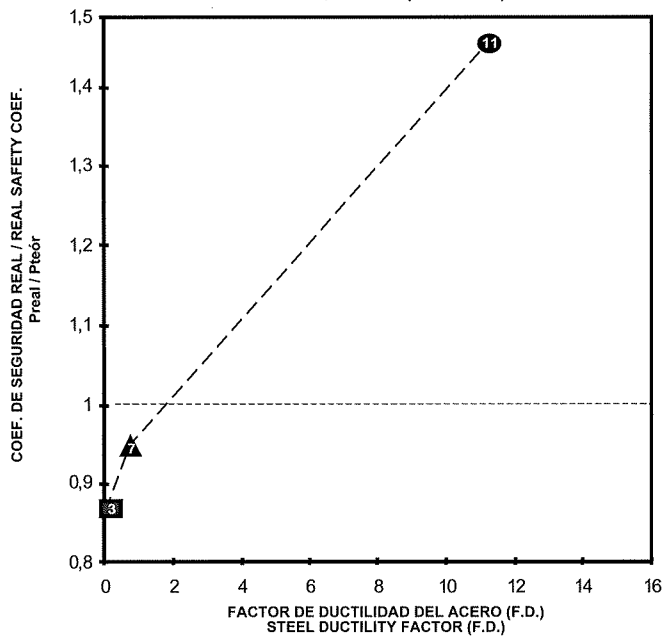


Fig. 25

**RELACIÓN DUCTILIDAD DEL ACERO vs SEGURIDAD
STEEL DUCTILITY vs SAFETY**

Fórmula de comprobación a flexión simple según EHE
Flexure verification formula accordingly EHE
LOSAS 4, 8 y 12 (cuantía 0,61%)
SLABS 4, 8 and 12 (ratio 0.61%)

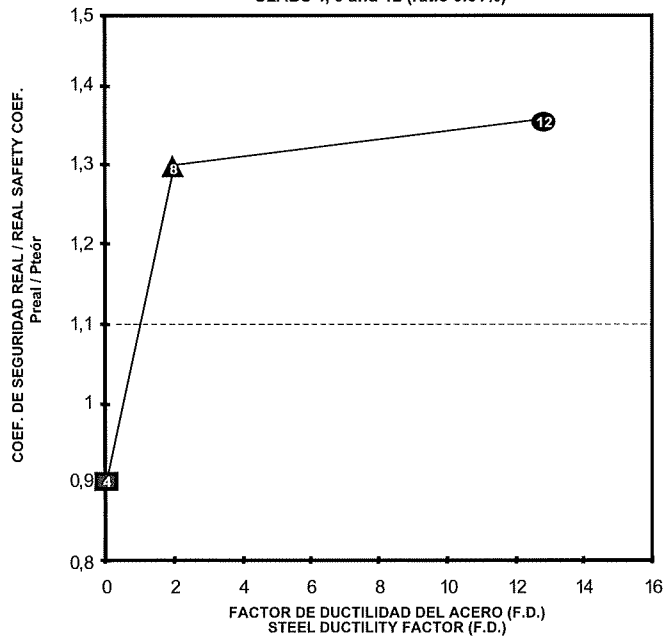


Fig. 26

- a) Concepto de ductilidad aplicado a las armaduras. Propuesta de valoración de la ductilidad a través de los conceptos del factor de energía plástica y del factor de ductilidad.
- b) Estudio de la capacidad de redistribución de los elementos considerados en función del nivel de ductilidad del acero utilizado en su armado.
- c) Valoración de la seguridad real frente al colapso en función de la ductilidad del acero para los elementos estructurales considerados.

Objetivo a)

De una forma sencilla, podemos definir la ductilidad como la capacidad de un acero para admitir deformaciones importantes bajo tensiones superiores a su límite elástico.

Aunque es un concepto que se entiende con facilidad, su valoración numérica no es tan sencilla.

La forma de definir la ductilidad de una armadura se ha basado en la consideración de dos parámetros obtenibles a partir de la curva tensiones-deformaciones del acero: el **alargamiento bajo carga máxima**, $\epsilon_{m\acute{a}x}$ y la relación **fs/fy**, llamada también **endurecimiento**, entre la tensión máxima (**fs**) y la tensión correspondiente al límite elástico (**fy**). La ductilidad es mayor cuanto mayor son los parámetros citados pero, al ser parejas de valores, no es posible mediante ellos cuantificar de forma unívoca el nivel de ductilidad. Por otro lado, pueden darse situaciones en las que los valores de los parámetros no permiten comparar ni graduar distintos aceros en relación con esta característica.

En este trabajo se proponen dos métodos para cuantificar la ductilidad y clasificar los aceros de acuerdo con un único parámetro, como se expone en el Apartado 3.

Objetivo b)

En el programa experimental se ensayaron, como ya se ha apuntado, 12 losas armadas con distintas cuantías de armado y aceros de diferentes ductilidades, de acuerdo con el modelo descrito en el Apartado 4. Se estudian, desde distintos puntos de vista, los resultados obtenidos en los ensayos hasta el colapso llevados a cabo sobre dichas estructuras, relacionándose las capacidades de redistribución máximas realmente obtenidas con el nivel de ductilidad de las armaduras empleadas. En el Apartado 6 se desarrolla este punto. Como es lógico, las cuantías adoptadas en los armados se limitan dentro del dominio en el cual el acero es el material que alcanza, en primer lugar, el agotamiento por flexión simple.

Objetivo c)

Se estudia también otro tema de mucho interés como es el referente a la relación entre la ductilidad del acero y la seguridad real frente al colapso del elemento estructural. Para ello, se comparan las cargas reales de ensayo con las teóricas obtenidas mediante la aplicación de las fórmulas habitualmente empleadas en la comprobación de secciones de hormigón estructural. En este sentido, se han aplicado las fórmulas aproximadas de comprobación contenidas en la Instrucción EH -91 y en la nueva EHE de 1999. En el Apartado 7 se exponen estos aspectos.

3. LA DUCTILIDAD DE LAS ARMADURAS PARA HORMIGÓN

Una de las formas que el autor ha propuesto para valorar la ductilidad de las armaduras es mediante la cuantificación de la **energía plástica** disponible en el acero, constituida por el área encerrada por la curva tensiones-deformaciones y el eje de deformaciones, tomando como abscisa límite superior la correspondiente al alargamiento bajo carga máxima $\epsilon_{m\acute{a}x}$ según queda expuesto en la Figura 1.

Esta forma de valorar la ductilidad proporciona una solución para su clasificación, como queda reflejado en la Figura 2 mediante el denominado **Factor de Energía Plástica (F.E.P.)** que viene a representar el valor de la citada energía disponible en el acero.

Otra forma de considerar el valor de la ductilidad, es mediante el área encerrada bajo la curva tensiones-deformaciones, la recta paralela al eje x (de deformaciones) por el límite elástico y la recta paralela al eje y (de tensiones) por el valor de $\epsilon_{m\acute{a}x}$ (ver Figura 3). Es el parámetro que se ha denominado **Factor de Ductilidad (F.D.)**.

Aplicando esta otra forma de afrontar el problema, llegamos a una clasificación de los aceros por su nivel de ductilidad que se representa en la Figura 4.

En ambos casos, ya sea mediante el factor de energía plástica o mediante el factor de ductilidad, se pueden valorar y comparar de una manera unívoca las ductilidades de las armaduras conociendo, a través de su curva tensiones-deformaciones, los valores de la relación fs/fy y del alargamiento $\epsilon_{m\acute{a}x}$, valores que, en todos los casos deben ser declarados y garantizados por el fabricante del acero en cuestión.

4. DESCRIPCIÓN DEL MODELO ESTRUCTURAL ELEGIDO EN EL ESTUDIO EXPERIMENTAL

El modelo estructural adoptado en los ensayos, es el de una losa maciza de sección uniforme, continua de dos vanos iguales. En la Figura 5 se representa el esquema de dicho modelo.

En relación con las armaduras, se dispone la misma sección de acero en vanos y apoyo, lo que implica asumir la máxima redistribución admitida en la Instrucción de Forjados EF 96 y que, en porcentaje, supone un grado muy elevado de redistribución (del orden del 30%).

Table I shows the real values of the characteristics of the materials used in each slab. In the case of the steel, the values reflect the average of at least ten tests conducted on the bars used to reinforce the specimens tested.

The typology of the loads causing structural collapse is given in Figure 6. This method simulates the stress deriving from uniformly distributed live loads - the parameter generally considered in the design of such structures - with only minor deviation (under 2%).

The instrumentation used in the tests, which can be seen in Figure 7, is very simple, since stress is ascertained under each loading regime by measuring the statically indeterminate reaction in the specimen in the area over the middle support, a simple, reliable and low-cost procedure.

5. RESULTS OBTAINED

Slabs were tested to the collapse load in all cases. As indicated above, the measurement of the statically indeterminate reaction in each loading regime was estimated to compute the actual stress to be applied to achieve collapse. Table II shows the values of the collapse loads obtained for each slab, as well as the maximum load moments in slabs over supports and spans.

Other variables were likewise monitored and measured (deflection, cracking, etc.) and though the findings were very interesting, they have no bearing on the subject at hand.

For the question considered here, interest centres primarily on the relationship between loads and stress and, in particular, the actual relationship between loads and bending moments for the support and midspan sections.

As discussed above, the total maximum load at collapse, called the real collapse load (P_{real}), is found for each slab tested and subsequently compared to the theoretical bending failure load (P_{teor}). The latter is defined to be the load that yields the expected bending moment for the section of the structure subject to the greatest stress, i.e., the moment computed from verification formulas generally used in section design when the values substituted in such formulas are the real values of the parameters (real steel ratio, real elastic limit value, real concrete strength, etc.) found for that section of the slab.

6. DUCTILITY vs MAXIMUM REDISTRIBUTION

Figures 8 to 11 contain the graphs for the load-moment ratios obtained experimentally for the twelve cases tested, grouped in four sets of three on the grounds of steel ratios.

The maximum redistribution actually occurring in each case can be obtained from an analysis of these diagrams and application of the concept of test redistribution illustrated in Figure 12.

Graphs 13 and 14 are the result of comparing the redistribution values obtained to the different degrees of ductility of the steel used. Four factors indicative of reinforcement ductility were considered: the Plastic Energy Factor, the Ductility Factor, total elongation under maximum loading or $\epsilon_{m\acute{a}x}$ and the f_s/f_y ratio. With the exception of the f_s/f_y ratio, the relationship of all these factors to the degree of redistribution follows the same pattern, as can be seen in the figures referred above. While the f_s/f_y ratio also increases slightly with redistribution, this rise is not clearly defined, as Figure 14 shows.

7. DUCTILITY vs SAFETY AGAINST COLLAPSE

This is an aspect of unquestionable interest to this study, since it is indicative of a clear relationship between ductility and real safety against collapse.

A first glance at the results, taking account of no other considerations, suffices to see that in each trio of slabs with the same ratio, the highest real collapse loads obtained in the test correspond to the reinforcements with the highest ductility, except in the case of the minimum reinforcement ratio (0.15%), where the results are unpredictable and vary over a wide range (see Table II).

While this direct comparison to real collapse loads affords a rough indication of the relationship referred above, finer evidence is required to draw any general conclusions.

One way of broaching the issue is, as referred above, by comparing the real collapse loads obtained experimentally to the theoretical loads obtained from the verification formulas generally employed for sections subjected to bending, as discussed in section 5. This yields what might be called the real safety against collapse coefficient. This comparison is adequate only where the real values of the materials obtained by suitable testing, i.e., the concrete subjected to the same conditions as the structure and the steel inserted as reinforcement, are substituted in the formulas used to verify flexural strength. Therefore, in the verification formulas set forth below, the steel elastic limit and concrete compression strength (see Table I) values used for each slab are the real values. Moreover, no coefficients are applied to diminish material strength, i.e., $\gamma_s = 1.00$ and $\gamma_c = 1.00$.

These values are then used to compute the moment that theoretically causes failure in the section subject to the greatest stress (in this case, the section over the middle support); from there, the load causing that moment in the

Para conseguir los niveles de ductilidad previstos en las armaduras, fue preciso realizar un trabajo importante de clasificación de los aceros disponibles, así como el tratamiento de algunos de ellos para conseguir los niveles de ductilidad requeridos.

En el Cuadro I se reflejan los valores reales de las características de los materiales empleados en cada losa. En el caso de los aceros, los resultados reflejados responden a la media de, al menos, diez ensayos efectuados sobre el material introducido como armadura en cada una de las piezas ensayadas.

La tipología de las cargas aplicadas hasta colapso se recoge en la Figura 6. Con ella se consigue simular, con una desviación mínima (inferior al 2%) las solicitaciones de una sobrecarga uniformemente repartida, que es la que, de forma habitual, se considera en los cálculos de estas estructuras.

En la Figura 7 se refleja la instrumentación adoptada en los ensayos, que como puede verse, es muy sencilla ya que el conocimiento de las solicitaciones en cada estado de carga se basa en la medición, fácil, fiable y poco costosa de la reacción hiperestática sobre el apoyo central,

5. RESULTADOS OBTENIDOS

En todos los casos, las losas se ensayaron hasta colapso. Como ya se ha dicho, en los ensayos se previó la medida de la reacción hiperestática en cada estado de carga para calcular con ella las solicitaciones reales hasta el colapso. En el Cuadro II se exponen los valores de las cargas de colapso obtenidas en cada losa, así como los momentos máximos alcanzados para las mismas en apoyo y vano.

Además, se controlaron y midieron otras variables (flechas, fisuración, etc) que manifiestan también unos resultados muy interesantes pero fuera del entorno del tema que nos ocupa.

De forma fundamental interesan las relaciones entre cargas y esfuerzos y, sobre todo, las relaciones reales entre cargas y momentos flectores para las secciones de apoyo y de centro de vano.

Como se ha expuesto más arriba, para cada losa se obtiene la carga total máxima en ensayo alcanzada en el colapso, que se ha denominado carga real de colapso (P_{real}) y que se comparará con la carga teórica de agotamiento por flexión simple (P_{teor}) considerada como aquella que produce, en la sección más solicitada de la estructura, el momento flector obtenido a través de las fórmulas de comprobación habitualmente empleadas en el cálculo de secciones, introduciendo en las mismas los valores reales de las distintas características de dicha sección más solicitada del modelo ensayado (cuantía real de acero introducida, valor real del límite elástico, valor real de la resistencia del hormigón, etc).

6. RELACIÓN DUCTILIDAD vs REDISTRIBUCIÓN MÁXIMA

En las figuras 8 a 11 se exponen los gráficos correspondientes a las relaciones cargas-momentos obtenidas experimentalmente para los doce casos ensayados, agrupados de tres en tres en función de la cuantía de acero.

Del análisis de estos diagramas y mediante la aplicación del concepto de redistribución en ensayo expuesto en la Figura 12, se obtienen las redistribuciones máximas realmente ocurridas en cada caso.

Si se comparan los valores de las redistribuciones obtenidas con los diferentes medidas de la ductilidad del acero empleado, se obtienen los gráficos de las figuras 13 y 14. Se han considerado cuatro factores representativos del nivel de ductilidad de las armaduras: el Factor de Energía Plástica, el Factor de Ductilidad, el alargamiento bajo carga máxima $\epsilon_{m\acute{a}x}$ y la relación f_s/f_y . Todas, excepto la relación f_s/f_y , manifiestan el mismo tipo de tendencia en su relación con la redistribución alcanzada y que se refleja en las figuras citadas. La relación f_s/f_y , aunque manifiesta una cierta relación creciente con la redistribución, ésta no está bien definida, como puede verse en la Figura 14.

7. RELACIÓN DUCTILIDAD vs SEGURIDAD FRENTE AL COLAPSO

Este es un aspecto de indudable interés como parte de este trabajo ya que se manifiesta una relación clara entre ductilidad y seguridad real frente al colapso.

En una primera aproximación al tema, se constata que, sin hacer otras consideraciones, para cada trío de losas de la misma cuantía, las cargas reales más altas de colapso obtenidas en ensayo se corresponden con las armaduras de ductilidad más elevada, excepto en los casos de armado con la cuantía mínima (0.15%) que tienen un comportamiento imprevisible y muy disperso (ver Cuadro II).

Es evidente que esta comparación directa de las cargas reales de colapso, aunque proporciona una primera indicación, precisa un tratamiento más afinado para poder obtener conclusiones generales.

Una forma de tratar el tema es, como ya se ha apuntado, mediante la comparación de las cargas reales de colapso obtenidas experimentalmente con las cargas teóricas de cálculo obtenidas mediante las fórmulas de comprobación de secciones sometidas a flexión simple habitualmente empleadas, de acuerdo con lo ya expuesto en el Apdo. 5. Con ello, se obtiene lo que podría llamarse coeficiente real de seguridad frente al colapso, ya que se conoce la magnitud de la relación entre la carga real que colapsa la estructura frente a la nominal obtenida mediante el cálculo seccional en rotura empleado habitualmente en el proceso de dimensionamiento y armado de secciones. Para que la comparación sea adecuada, en las fórmulas de comprobación a flexión simple deberán introducirse los valores reales de las resistencias de los materiales obtenidos mediante los oportunos ensayos, tanto del hormigón mantenido en iguales condiciones que la estructura como del acero introducido como armadura en la misma. En las fórmulas de comprobación, que más abajo se exponen, se introducen por lo tanto, los valores reales del límite elástico del acero y de la resistencia a compresión del hormigón empleados en cada losa (ver Cuadro I). De igual forma, estas resistencias de los materiales no se afectan de ningún coeficiente de minoración, es decir $\gamma_s = 1,00$ y $\gamma_c = 1,00$.

structural scheme adopted can be immediately computed, assuming linear elastic behaviour followed by the redistribution capacity pattern adopted, which in this case equates the moments over spans and supports.

The comparison of the collapse load values actually reached in the test to the theoretical load values computed as discussed, P_{real}/P_{teor} , provides an indication of the real safety of the structure, irrespective of any safety coefficients that may be applied (material strength coefficient and load factor).

The formulas used to verify the ultimate moments in the sections subject to the greatest stress in each slab are as follows:

- **INSTRUCTION EH 91:** Annex 7 - Chapter 3 - Section 3.1.2

$$M_u = U_{s1} (1 - U_{s1} / (2U_c)) d, \text{ where}$$

$$U_{s1} = \text{Mechanical capacity of the reinforcement} = A_s f_y$$

$$U_c = \text{Mechanical capacity of the useful section of the concrete} = f_c b d$$

$$d = \text{Useful depth of the section}$$

- **EHE CODE :** Annex 8 -Section 3.2

$$M_u = 0,24 U_v d' (U_v - U_s) (1,5 U_s) / (0,6 U_v)^2 \text{ where}$$

$$U_v = 2 U_0 d' / d$$

$$U_0 = 0,85 f_c b d$$

$$U_s = A_s f_y$$

The steel ductility - P_{real}/P_{teor} ratio curve shown in Figure 15, in which the P_{teor} for the twelve slabs tested was obtained with the IEH-91 formula, clearly illustrates the pattern of the relationship between these two parameters.

The same relationship is charted in Figure 16, but with the P_{teor} obtained using the EHE formula. While more disperse than in the preceding case, the behaviour here also follows an upward trend.

Figures 17 to 26 illustrate this same relationship, i.e., between reinforcement ductility and real safety, but for trios of slabs with the same reinforcement ratio, allowing for comparison in cases where the only variable is reinforcement ductility, reinforcement ratios and bar diameters being constant.

This provides, on the one hand, an understanding of the general pattern of the ductility vs safety relationship (Figures 17 and 18) and, on the other, a procedure for quantifying the safety increments for each ratio as ductility increases. These two objectives are summarised in Section 8 below.

8. CONCLUSIONS

- For very low ratios, such as in slabs 1, 5 and 9 (with a ratio of 0.15%) behaviour is unpredictable and includes brittle failure with very little warning. Even so, with this minimum ratio, the slabs reinforced with high ductility steel provide greater safety than those reinforced with low ductility steel. The real increase in safety is estimated to be between 10% and 14%.
- Redistribution capacity increases with the ductility of the reinforcement used. For Ductility Factors lower than 8, the decline in redistribution capacity is substantial, and, indeed, the estimated redistribution values are not reached with low or very low ductility steel.
- Generally speaking, steel reinforcement ductility has a decisive effect on real safety against collapse: greater ductility means greater safety.

The general pattern of this relationship is very similar, as would logically be expected, to the behaviour of the ductility vs redistribution relationship, with a decline in real safety for ductility factors lower than 8.

This ductility level (FD around 8) corresponds, according to Figure 4, to so-called high ductility steel, with minimum parameters of $\epsilon_{m\acute{a}x} > 6\%$ and an f_s/f_y ratio > 1.15 .

In steel with lower ductility, safety levels clearly decline.

By way of illustration, for the slabs with higher than minimum ratios, the real safety achieved with high ductility steel, applying IEH 91, is found, depending on the ratio, to be between 10% and 19% greater than the figures for lower ductility steel.

Under the EHE approach, the increase in real safety obtained with such ductile steels, compared to low ductility steels, ranges from 17% to 52%.

Con estos valores, se calcula para cada losa el valor del momento que agota teóricamente la sección más solicitada (en este caso, la sección del apoyo central) y, con él, es inmediato el cálculo de la carga que le produce en el esquema estructural adoptado, bajo la hipótesis de comportamiento elástico lineal y posterior aplicación de la redistribución de momentos adoptada en este caso y que corresponde a igualar los momentos de vano y apoyo.

La comparación de los valores de las cargas de colapso realmente alcanzadas en ensayo con los valores de las cargas teóricas calculadas según lo expuesto, P_{real}/P_{teor} , proporciona un indicativo de la seguridad real de la estructura independientemente de los coeficientes de seguridad que introduzcamos (minoración de las resistencias de los materiales y mayoración de las cargas).

Las fórmulas de comprobación empleadas para el cálculo en cada losa de los momentos últimos de las secciones más solicitadas son las siguientes:

- **INSTRUCCIÓN EH 91:** Anejo 7 – Capítulo 3 – Apdo. 3.1.2

$M_u = U_{s1} (1 - U_{s1} / (2U_c)) d$, siendo

U_{s1} = Capacidad mecánica de la armadura = $A_s f_y$

U_c = Capacidad mecánica de la sección útil de hormigón = $f_c b d$

d = Canto útil de la sección

- **INSTRUCCION EHE :** Anejo 8 – Apdo. 3.2

$M_u = 0,24 U_v d' (U_v - U_s) (1,5 U_s) / (0,6 U_v)^2$, siendo

$U_v = 2 U_0 d' / d$

$U_0 = 0,85 f_c b d$

$U_s = A_s f_y$

En la Figura 15 se expone la relación entre la ductilidad del acero y el cociente P_{real} / P_{teor} , siendo la P_{teor} obtenida a través de la fórmula de la IEH – 91, para las doce losas ensayadas con la tendencia que dicha relación presenta.

En la Figura 16 se expone, igualmente, la misma relación pero con la P_{teor} obtenida a través de la fórmula de la EHE. En este caso, se observa un comportamiento más disperso que en el anterior, pero igualmente se manifiesta una tendencia creciente.

Las figuras 17 a 26 exponen la misma relación entre ductilidad de las armaduras y seguridad real pero para cada trío de losas de igual cuantía, de forma que puedan compararse los casos en los que solo ha cambiado la ductilidad de la armadura manteniéndose las mismas cuantías y diámetros de las barras.

De esta forma se pueden conocer, por una lado, la forma general en la que se produce la relación ductilidad vs seguridad (figuras 17 y 18) y, por otro, cuantificar los incrementos de seguridad para cada cuantía en función del aumento de la ductilidad. Ambos objetivos se resumen en el Apdo.8 siguiente.

8. CONCLUSIONES

- A) Para cuantías muy bajas, como la correspondiente a las losas 1, 5 y 9 (cuantía del 0.15%) el comportamiento es impredecible con roturas frágiles y muy poco aviso previo. Aún así, con esta cuantía mínima, las losas armadas con acero de alta ductilidad proporcionan una seguridad superior a las armadas con aceros de baja ductilidad. Este aumento de la seguridad real se cifra entre un 10 % y un 14 %.
- B) La capacidad de redistribución aumenta con el incremento de la ductilidad de las armaduras dispuestas. Para valores del Factor de Ductilidad inferiores a 8, el descenso en la capacidad de redistribución es muy apreciable, de forma que con los aceros de muy baja y baja ductilidad no se alcanzan los niveles de redistribución previstos.
- C) En términos generales, la ductilidad del acero de las armaduras influye de manera decisiva en el nivel de seguridad real frente al colapso, de forma que a mayor ductilidad, mayor seguridad.

La tendencia general de comportamiento de esta relación es muy similar, como parece lógico, a la manifestada por la relación ductilidad vs redistribución, con un descenso de la seguridad real para valores del factor de ductilidad inferiores a 8.

Este nivel de ductilidad (FD alrededor de 8) corresponde, de acuerdo con la Figura 4, a los aceros denominados de alta ductilidad, con unos parámetros mínimos $\epsilon_{m\acute{a}x} > 6\%$ y una relación $f_s/f_y > 1.15$.

Los aceros con ductilidades inferiores, proporcionan unos niveles de seguridad claramente decrecientes.

A título de ejemplo, para las losas ensayadas con cuantías superiores a la mínima, el incremento de la seguridad real debida al empleo de acero de alta ductilidad puede llegar a alcanzar, si aplicamos la IEH 91, valores entre un 10 % y 19 %, según la cuantía, en relación con los obtenidos con aceros de inferior ductilidad.

La aplicación de la formulación de la EHE, proporciona un incremento de seguridad real para estos aceros dúctiles en relación con los de baja ductilidad situado entre un 17% y un 52%.

Relación de Personal Titulado de INTEMAC

Arquitectos

Fernández Sáez, Ana María
Fraile Mora, Serafín
Gil Vargas, Eduvigis
Jalvo García, Jaime
López-Nava Muñoz, Alberto Ignacio
Luzón Cánovas, José M^a
Sánchez Arroyo, Jesús M^a

Ingenieros de Caminos

Anlló Rodríguez, María
Baena Alonso, Eva
Barrios Corpa, Roberto
Beteta Cejudo, M^a Carmen
* Calavera Ruiz, José
Carpintero García, Ismael
Castillo Fernández, Luis Javier
Cortés Bretón, Juan María
Corral Folgado, Claudio
Díaz Heredia, Elena
Díaz Lozano, Justo
* Fernández Gómez, Jaime Antonio
Garay Sánchez, Raúl
Garrido Baró, Juan Carlos
Gil García, Alfonso
González González, Juan José
* González Valle, Enrique
* Hostalet Alba, Francisco
* Izquierdo Bernaldo de Quirós, José M^a
Jiménez Ortiz, Gonzalo
Ley Urzaiz, Jorge
Molero Rodríguez, Teresa
Munugarren Martínez, Miguel Angel
Recio Cañadas, Alba
Rodríguez Escribano, Raul Rubén
Rodríguez Romero, Jesús M^a
Sanz Pérez, Lorenzo
Sirvent Sirvent, Enrique
Tapia Menéndez, José
Torre Cobo, María Carmen

Ingeniero en Cartografía y Geodesia

López-Cantí Casas, Elisa

Ingenieros I.C.A.I.

Marín Estévez, Gonzalo
Escarpizo-Lorenzana Martínez, Jorge

Ingenieros Industriales

* Alvarez Cabal, Ramón Amado
Arroyo Arroyo, José Ramón
Bayonne Sopo, Enrique
Durán Boldova, José Miguel
Estrada Gómez, Rafael
* Santos Olalla, Francisco
* Valenciano Carles, Federico

Ingeniero de Minas

Ramos Sánchez, Adelina

Dra. en Ciencias Físicas

Tejedor Miralles, Beatriz

Dra. en Geografía e Historia

Calavera Vayá, Ana María

Licenciado en Ciencias Ambientales

Gil Esteban, Luis Miguel

Licenciados en Ciencias Geológicas

Abajo Clemente, Angel
Blanco Zorroza, Alberto
Clapés Contreras, M^a Carmen
Usillos Espín, Pablo

Licenciados en Ciencias Químicas

Grandes Velasco, Sylvia María
López Sánchez, Pedro
Morgado Sánchez, José Carlos

Licenciado en Derecho

* Jarillo Cerrato, Pedro

Arquitectos Técnicos

Andrés Alarcón, Manuel
Baena Alonso, Carmen
Carrato Moñino, Rosa M^a
Fernández Jiménez, Amelia
Martínez Pérez, Inmaculada
Miranda Valdés, Javier
Molina Jurado, David
Montejano Jiménez, María del Carmen
Muñoz Mesto, Angel
Sánchez Domínguez, Oscar

Ingenieros Técnicos Industriales

Díaz-Trechuelo Laffón, Antonio
González Carmona, Manuel
Madueño Morañón, Antonio
Muñoz Fuentes, Miguel Angel

Ingenieros Técnicos Obras Públicas

Andrés Alarcón, Manuel
Carrero Crespo, Rafael
Galán de Cáceres, M^a del Puerto
García Menéndez, David
González Isabel, Germán
González Nuño, Luis
Mata Soriano, Juan Carlos
Molina Collell, Blas
Montiel Sánchez, Ernesto
Muñoz Mesto, Angel
Romero Taboada, José Vicente
Rosa Moreno, José Andrés
Rozas Hernando, José Juan
Sánchez Vicente, Andrés
Sillero Olmedo, Rafael
Soto López, Elena del
Vicente Girón, Susana

Ingenieros Técnicos Topógrafos

Barragán Bermejo, M^a Vicenta
Campos Delgado, Juan Carlos
Carreras Ruiz, Francisco
Molero Vicente, M^a Isabel
Salado Rodilla, Rafael
Vicente Conde, M^a Isabel

Licenciado en C. Económicas y Empresariales

González Chavero, Antonio

Profesores Mercantiles

González Alvarez, Vicente
Sampedro Portas, Arturo

Técnico en Administración de Empresas

González del Olmo, M^a de la Peña de F.

Técnico en Informática

García Rodríguez, Juan Tomás

Técnico en Publicidad

Blanco Armas, Cristina

Topógrafo

Alquézar Falceto, Ricardo

NOTA: Todo el personal de INTEMAC trabaja en dedicación completa y exclusiva, con la excepción de las personas arriba indicadas con, a las que se autoriza la dedicación a la Enseñanza Universitaria en régimen de dedicación personal.

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 2000: 3300 pta.

ULTIMOS TITULOS PUBLICADOS

Cuaderno Nº 38
"Patología de instalaciones en la edificación".
Autor: **F. VALENCIANO CARLES**,
Ingeniero Industrial.

Cuaderno Nº 39
"Influencia del tipo de acero en la capacidad de redistribución en losas de hormigón armado".
Autores: **H. ORTEGA VALENCIA**,
Dr. Ing. de Caminos.
J. CALÁVERA RUIZ,
Dr. Ing. de Caminos

CUADERNOS DE PROXIMA APARICION

Cuaderno Nº 40
"Tendencias actuales en el cálculo sísmico".
Autores: **R. ÁLVAREZ CABAL**,
Dr. Ing. Industrial.
J. R. ARROYO ARROYO,
Ing. Industrial.
F. SANTOS OLALLA,
Ing. Industrial.
J. M. RODRÍGUEZ ROMERO,
Ing. de Caminos.
E. BAENA ALONSO,
Ing. de Caminos.

MONOGRAFÍAS INTEMAC

A partir de junio de 1998 INTEMAC emprendió una nueva línea de publicaciones con un carácter eminentemente práctico, destinadas a tratar temas muy concretos que, o bien presentan un nivel de problemas acusados en la práctica, o bien están insuficientemente cubiertos por la Normativa y la documentación técnica existente.

MONOGRAFÍA INTEMAC Nº 2 AGOTADO

"Puntos críticos en la impermeabilidad de azoteas y fachadas".
Autores: **J. Jordán de Urrés, J. Jalvo, J. M. Luzón y A. Muñoz Mesto**
Precio de la Monografía 3.200 Ptas.

MONOGRAFÍA INTEMAC Nº 3

"Aspectos visuales del hormigón".
Autores: **Prof. J. Calavera Ruiz, Prof. J. Fernández Gómez, G. González Isabel, P. López Sánchez, Prof. J. M. Pérez Lutzardo**
Precio de la Monografía 5.000 Ptas.

VIDEOS TECNICOS

INTEMAC, dentro de sus actividades en el campo de la formación, ha iniciado la edición de una serie de VIDEOS TECNICOS, analizando distintos campos de la construcción.

SERIE OBRAS DE HORMIGON EN MASA, ARMADO Y PRETENSADO.

REFERENCIA	TITULO	CONTENIDO	DURACION	PRECIO
Nº 8801 (1)	FABRICACION Y ENSAYO DE PROBETAS DE HORMIGON	Contempla, de forma completa y detallada, el proceso de toma de muestras de hormigón fresco en obra, medida de consistencia con el cono de Abrams, fabricación de probetas, curado en obra, transporte al laboratorio, curado en cámara, refrentado y ensayo a compresión.	27 min.	80.000 ptas* IVA INCLUIDO

* PRECIO para entregas dentro del territorio español

BOLETIN BIBLIOGRAFICO

BOLETIN BIBLIOGRAFICO
9207
SERVICIO DE DOCUMENTACION

INTEMAC viene realizando desde su fundación un BOLETIN BIBLIOGRAFICO 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 BOLETIN BIBLIOGRAFICO 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) 18.000 ptas.**

CONSULTAS E INFORMES BIBLIOGRAFICOS

INFORMES BIBLIOGRAFICOS
SERVICIO DE DOCUMENTACION

EL INSTITUTO tiene un SERVICIO DE DOCUMENTACION, que pone a su disposición y que le puede informar sobre cualquier tema relacionado con la Edificación, Instalaciones, Obra Civil y Urbanismo. Se efectúan CONSULTAS BIBLIOGRAFICAS sobre cualquiera de los temas indicados anteriormente, de acuerdo con las siguientes tarifas:

Apertura de expediente	2.000 ptas.
Cantidad a abonar por referencia	60 ptas.
Cantidad a abonar por hoja de fotocopia de documento	25 ptas

Además de la Consulta Bibliográfica correspondiente, el INFORME BIBLIOGRAFICO contiene un breve documento redactado por un especialista en el tema, miembro de INTEMAC, con una serie de recomendaciones sobre la Bibliografía básica, así como los comentarios correspondientes.

Tarifa correspondiente al Informe Bibliográfico: 15.000 ptas. más la tarifa de la consulta.

ARTICULOS TECNICOS

ARTICULOS TECNICOS
SERVICIO DE DOCUMENTACION

INTEMAC dispone de una amplia serie de trabajos publicados por nuestros técnicos en diferentes revistas. A continuación incluimos la lista de los últimos. Si está Vd. interesado, solicite relación completa de títulos.

- INFLUENCIA DE LA RUGOSIDAD Y LA CUANTÍA DE COSIDO EN EL COMPORTAMIENTO DE LAS PIEZAS COMPUESTAS SOLICITADAS A FLEXIÓN
Enrique González Valle; Jaime Gálvez Ruiz; Luis García Dutari; Ramón Álvarez Caval.
- EL HORMIGON DE ALTA RESISTENCIA (HSC): LAS CARACTERÍSTICAS QUE CONDICIONAN EL CALCULO ESTRUCTURAL. Enrique González Valle.
- LA REALIZACIÓN DE ENSAYOS DE INFORMACIÓN EN LAS OBRAS. Adolfo Delibes Liniere.
- INVESTIGACIÓN SOBRE REPARACIÓN DE ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO DAÑADAS POR CORROSIÓN DE ARMADURAS. Adolfo Delibes Liniere; Jaime Fernández Gómez.
- HORMIGONADO EN CONDICIONES METEOROLÓGICAS ADVERSAS: ESTUDIO DE LOS ACCIDENTES OCURRIDOS DURANTE EL HORMIGONADO DE UN TABLERO POSTENSADO.
Adolfo Delibes Liniere; Jaime Fernández Gómez; Miguel Angel Acón Robleña.
- LA INFLUENCIA DEL DIAGRAMA TENSIÓN DEFORMACIÓN EN EL CÁLCULO A FLEXIÓN DE SECCIONES REALIZADAS CON HORMIGONES DE ALTA RESISTENCIA.
Enrique González Valle; José M Iquiere; Bernaldo de Quirós.
- EFFECTOS DINÁMICOS EN PUENTES. VARIACION DEL COEFICIENTE DE IMPACTO.
Enrique López del Hierro Fernández; Juan José Benito Muñoz; Javier Gallego Valarde; Ramón Álvarez Cabal.
- CUBIERTAS METÁLICAS DE GRAN LUZ. Mercedes Gómez Álvarez; Justo Díaz Lozano; Ramón Álvarez Cabal.
- LA INSPECCIÓN Y ENSAYO. ORGANIZACIONES DE CONTROL DE CALIDAD Y LABORATORIOS.
José Calavera Ruiz.

P.V.P. 400 ptas./ ejemplar.



NUEVO
2001

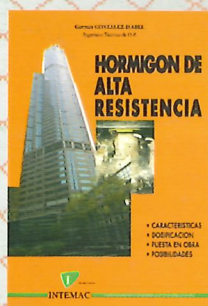
De acuerdo con la nueva instrucción EHE

MUROS DE CONTENCIÓN Y MUROS DE SÓTANO

J. CALAVERA (Dr. Ingeniero de Caminos)

- 374 páginas
- 244 Figuras
- 23 Fotografías
- 88 Referencias Bibliográficas
- Encuadernación en gualflex

Precio: 11.000 Pta.



HORMIGÓN DE ALTA RESISTENCIA

G. GONZÁLEZ-ISABEL
(Ingeniero Técnico de O. P.)

- 316 páginas
- Encuadernación en gualflex

Precio: 6.500 Pta.

CÁLCULO, CONSTRUCCIÓN Y PATOLOGÍA DE FORJADOS DE EDIFICACIÓN

J. CALAVERA (Dr. Ingeniero de Caminos)

Agotada la 4ª Edición
5ª Edición: Noviembre 2001

AGOTADO

MANUAL DE FERRALLA

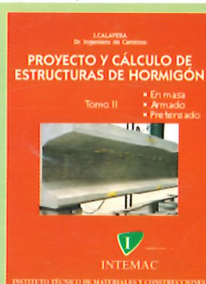
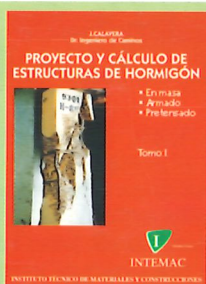
J. CALAVERA (Dr. Ingeniero de Caminos)

E. GONZÁLEZ VALLE
(Dr. Ingeniero de Caminos)
J. FERNÁNDEZ GÓMEZ
(Dr. Ingeniero de Caminos)

F. VALENCIANO (Ingeniero Industrial)

Nueva edición: Marzo 2002

AGOTADO



PROYECTO Y CÁLCULO DE ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN

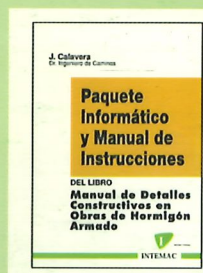
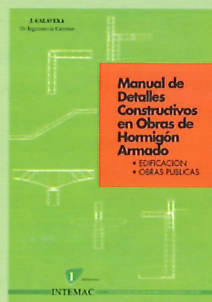
J. CALAVERA
(Dr. Ingeniero de Caminos)

De acuerdo con la nueva instrucción EHE

- EN MASA
- ARMADO
- PRETENSADO

- 2 Tomos con 2014 páginas
- 1296 Figuras
- 96 Fotografías
- 47 Ejemplos resueltos
- 139 Gráficos y Tablas de Cálculo
- 634 Referencias Bibliográficas

Precio de la obra completa: 24.000 Pta.



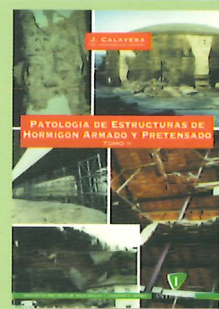
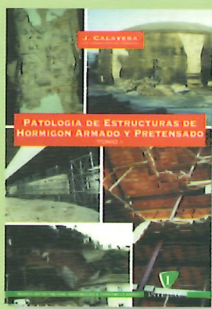
MANUAL DE DETALLES CONSTRUCTIVOS EN OBRAS DE HORMIGÓN ARMADO

J. CALAVERA (Dr. Ingeniero de Caminos)

- 506 páginas, tamaño UNE A-4
- 210 detalles constructivos
- 210 páginas de comentarios y recomendaciones
- Encuadernación en gualflex

Precio: - Libro: 17.000 Pta. - Paquete informático: 30.000 Pta.
(Manual de Instrucciones y Disquetes)

El libro y el programa se venden por separado

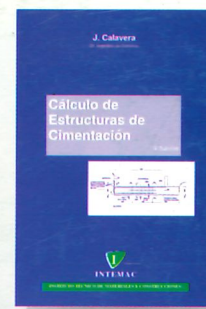


PATOLOGÍA DE ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO Y PRETENSADO

J. CALAVERA (Dr. Ingeniero de Caminos)

- Tomo I - Capítulos 1 a 12
- Tomo II - Atlas de fisuras - Ábacos de cálculo
- 680 páginas
- 231 fotografías
- 258 figuras
- 118 referencias bibliográficas
- Encuadernación en gualflex

Precio de la obra completa: 17.000 Pta.



NUEVO
2000

De acuerdo con la nueva instrucción EHE

CÁLCULO DE ESTRUCTURAS DE CIMENTACIÓN

J. CALAVERA (Dr. Ingeniero de Caminos)

- Un volumen con 519 páginas
- 271 Figuras
- 24 Ejemplos resueltos
- 39 Gráficos y Tablas de Cálculo
- 30 Tablas para el cálculo directo de Zapatas corridas según EHE, EUROCÓDIGO EC-2 Y ACI 318-99
- 30 Tablas para el cálculo directo de Zapatas aisladas según EHE, EUROCÓDIGO EC-2 Y ACI 318-99
- 90 Referencias Bibliográficas
- Encuadernación en gualflex

Precio: 11.000 Pta.



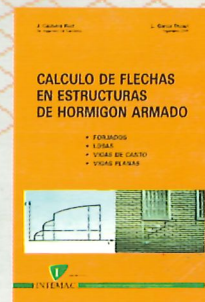
TECNOLOGÍA Y PROPIEDADES MECÁNICAS DEL HORMIGÓN

A. DELIBES (Dr. Ingeniero de Caminos)

2ª Edición

- 396 páginas
- Encuadernación en gualflex

Precio: 8.000 Pta.



CÁLCULO DE FLECHAS EN ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO

J. CALAVERA (Dr. Ingeniero de Caminos)

L. GARCÍA DUTARI (Ingeniero Civil)

- 336 páginas
- 312 tablas de comprobación de Forjados, Losas, Vigas de Canto y Vigas Planas
- Un disquete conteniendo tres programas informáticos de Cálculo de Flechas, para secciones de forma cualquiera
- Encuadernación en gualflex

Precio: 7.400 Pta.
(Libro más paquete Informático)

BARCELONA: Antón Fortuny 14-16. Esc. C. 4º 2º - Tel. 93 473 85 00 • Fax: 93 473 79 32 - 08950 Esplugues de Llobregat

MADRID: Monte Esquina, 30, 4º D - Tel. 91 310 51 58 • Fax: 91 308 58 65 - 28010 MADRID

MÁLAGA: San Lorenzo, 29, 4ºD - Tel. 95 212 25 76 • Fax: 95 222 88 29 - 29001 MÁLAGA

OVIEDO: Foncalada, 10, 3ªA - Tel: 985 22 29 85 - 33002 OVIEDO

SEVILLA: Héroes de Toledo - Tel. 95 465 64 11 • Fax: 95 465 65 04 - 41006 SEVILLA

VALENCIA: Doctor Romagosa, 1, 3º R - Edificio Lucini - Tel. 96 351 59 09 • Fax: 96 351 87 50 - 46002 VALENCIA

VALLADOLID: Pirlita, 37 Polg. de San Cristóbal - Tel. 983 29 22 44 • Fax: 983 29 23 78 - 47012 VALLADOLID

<http://www.intemac.es>



INTEMAC