

CUADERNOS INTEMAC

**Comportamiento de la armadura comprimida en piezas flectadas de
hormigón armado**

**Behaviour of compression reinforcement in reinforced concrete flexural
members**

Juan M.^a Cortés Bretón
Dr. Ingeniero de Caminos



INTEMAC

INSTITUTO TECNICO DE MATERIALES Y CONSTRUCCIONES

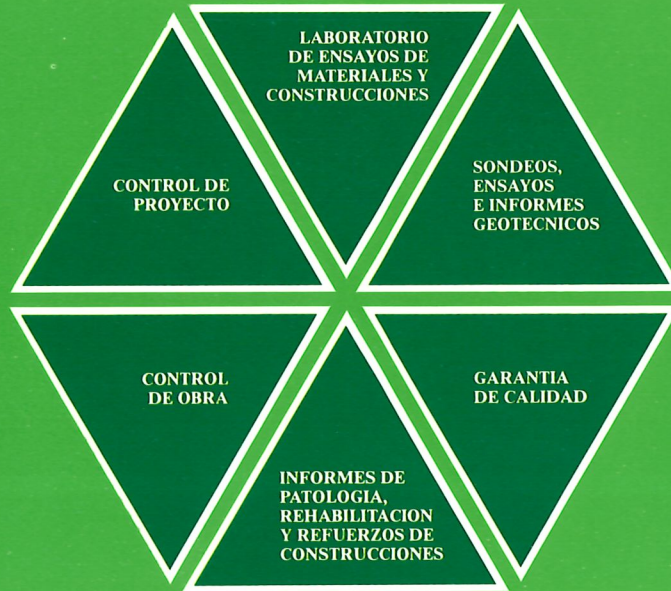
N.º 10
2.º TRIMESTRE '93



INTEMAC

INSTITUTO TECNICO DE MATERIALES Y CONSTRUCCIONES

OBRAS PUBLICAS
EDIFICACION
INSTALACIONES



INTEMAC
AUDIT



AUDITORIA TECNICO-ECONOMICA
DE CONSTRUCCIONES

**COMPORTAMIENTO DE LA ARMADURA COMPRIMIDA EN PIEZAS FLECTADAS DE
HORMIGON ARMADO**

**BEHAVIOUR OF COMPRESSION REINFORCEMENT IN REINFORCED CONCRETE
FLEXURAL MEMBERS**



Juan M.ª Cortés Bretón
Dr. Ingeniero de Caminos
Director de la División de Control
de Obra de INTEMAC.

Juan M.ª Cortés Bretón
Dr. Civil Engineer
Director of the Site Control Division
of INTEMAC.

Copyright © 1993, 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.

ISBN 84-87892-12-4

Depósito legal: M-10989-1993
Torreanguelo Arte Gráfico, S. A. Batalla de Belchite, 19

INDICE

- 1 INTRODUCCION
- 2 CRITERIO DE LA NORMATIVA
- 3 ANALISIS DEL FENOMENO REAL
- 4 SOPORTE EXPERIMENTAL
- 5 RECOMENDACIONES PRACTICAS
- 6 BIBLIOGRAFIA

INDEX

- 1 INTRODUCTION
- 2 NORMATIVE CRITERION
- 3 ANALYSIS OF THE ACTUAL PHENOMENON
- 4 EXPERIMENTAL WORK
- 5 PRACTICAL RECOMMENDATIONS
- 6 BIBLIOGRAPHY

RESUMEN

El autor expone los resultados de una investigación llevada a cabo en el Laboratorio Central de INTEMAC, que permite modificar el criterio normativo sobre la cuantía de armadura transversal en piezas de hormigón armado sometidas a esfuerzos de flexión simple, con barras comprimidas, lo que permite una apreciable simplificación de la ferralla y una economía indudable.

1 INTRODUCCION

Las estructuras actuales de hormigón armado y fundamentalmente las de edificación, presentan un fuerte condicionamiento de canto en sus elementos horizontales de piso, para adaptarse por un lado a criterios funcionales, en los que prima la eliminación de obstáculos en el acabado de los paramentos de techo y por la mejora de coste y plazo que ello representa, al simplificar de forma apreciable los procesos constructivos y por ello lograr mejores rendimientos.

La optimización del canto de los elementos estructurales horizontales trae consigo, en la mayor parte de las ocasiones, la necesidad de disponer la armadura en el bloque comprimido de las jácenas, al no optar en general por una disminución de las luces de los vanos. En estos casos, la aplicación del articulado de la Instrucción EH-91 conduce a la disposición de una armadura transversal en cuantía proporcional a la longitudinal, por razones que aunque no se explicitan, se comprende que están presuntamente basadas en evitar el posible pandeo de la armadura, que en definitiva encarecen directa e indirectamente la construcción de la estructura.

En múltiples ocasiones, analizando la seguridad de elementos estructurales de este tipo durante el control del proyecto de la estructura o en el estudio de cualquier tipo de disfunción o capacidad resistente de estructuras ya construidas, nos encontramos con el dilema de considerar o no la armadura situada en el bloque comprimido de las secciones más solicitadas, en las que no se ha tenido en cuenta la especificación sobre la armadura transversal citada anteriormente, lo que puede cambiar el dictamen final sobre el nivel de seguridad del elemento en cuestión. Hay que darse cuenta de que en secciones de centro de vano siempre existe como mínimo la armadura denominada de montaje que, aunque en pequeña cuantía, podría cubrir una determinada escasez en el nivel de seguridad del elemento en el caso de que pudiera considerarse su colaboración.

Pues bien, desde hace tiempo, este aspecto venía siendo considerado, al constatar que no tenía un soporte experimental directo, sino a lo sumo el basado en el comportamiento de las armaduras de pilares. Véase (4).

Por otro lado, nunca habíamos detectado casos reales en los que pudieran observarse fallos en secciones de vigas por pandeo de las armaduras comprimidas sin especiales disposiciones de atado con estribos. Es por esto por lo que en 1989 INTEMAC abordó la realización de una investigación experimental sobre el comportamiento de las armaduras comprimidas en piezas sometidas a flexión, que fue objeto de la Tesis Doctoral del Autor del presente Cuaderno (*).

2 CRITERIO DE LA NORMATIVA

Teóricamente, al someter a una barra a un estado de compresión axil, su capacidad portante está condicionada por el estado límite último de inestabilidad por pandeo. Si la barra constituye parte de la armadura de un elemento de hormigón armado, su posible pandeo se limita mediante la disposición de una armadura transversal en forma de estribos, que rodeándola, evita su posible deformación hacia fuera del núcleo del elemento, ya que el pandeo en el sentido contrario está coaccionado por la existencia del propio hormigón.

El fenómeno ha sido estudiado teóricamente por múltiples autores, sobre la base de considerar el caso de estados de compresión simple en pilares y modelizado como se indica en la figura 1, considerando una barra semiinfinita con coacciones elásticas en los puntos de situación de los estribos.

(*) CORTÉS BRETÓN, J., «Estudio Experimental de la Capacidad Mecánica de Secciones de Hormigón con Armadura Comprimida según el Grado de Coacción al Pandeo de las Armaduras». Tesis Doctoral bajo la dirección de J. CALAVERA. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Universidad Politécnica de Madrid, 1989.

ABSTRACT

The author discusses the results of research performed in INTEMAC's Main Laboratory that provide support for amending specifications on the amount of lateral reinforcement needed in concrete members with compression bars and subject to simple flexure, which would mean a substantial reduction of workmanship and unquestionable savings.

1 INTRODUCTION

Recent high demands placed on reinforced concrete structures —and in particular those used in building— as regards the depth of horizontal flooring elements address, on the one hand, the need to meet functional requirements where the emphasis is on the elimination of obstacles in finishing ceiling surfaces and, on the other, the savings in time and money this represents by considerably simplifying building processes which in turn leads to better performance.

Optimizing the depth of horizontal structural elements usually entails placing reinforcement bars in the compression block of beams, since the alternative —decreasing span— is normally ruled out. In such cases, the provisions of Instruction EH-91 call for lateral reinforcement proportional to the longitudinal one for reasons that, while not explicitly stated, are understood to be presumably based on avoiding possible buckling of the reinforcement. Implementation of these provisions increases construction costs both directly and indirectly.

When analyzing the safety of structural elements of this type in the review of structural design, analysis of dysfunctions of any nature or study of the resistance of existing structures, we are often faced with the dilemma of whether or not to consider the reinforcement placed in the compression block of the sections under greatest stress, in which the above-mentioned specification on latitudinal reinforcement has not been observed; this has a direct bearing on the final conclusions about the degree of safety of the element in question. It should be borne in mind that in mid-span sections there is always at least a minimum, so-called "assembly reinforcement", which could —to a limited extent— cover safety shortcomings in the element itself if it could be considered to be contributing in this regard.

Indeed, this aspect has been under consideration for some time, since no direct experimental support could be found in the literature, with the possible exception of that based on the behaviour of columns reinforcements. See (4).

Further, we had never detected actual cases where failures observed in beam sections without special tie of the compression reinforcement could be attributed to the buckling of those bars. For this reason, in 1989 INTEMAC undertook experimental research on the behaviour of compressed reinforcements in flexural members, which became the subject of the author's PhD dissertation (*).

2 NORMATIVE CRITERION

Theoretically, when a bar is subjected to axial compression its capacity is conditional upon the ultimate limit state of buckling instability. If the bar is part of the reinforcement of a concrete element, possible buckling can be limited by placing lateral reinforcement in the form of ties which, passing around it, prevent possible deformation outwards from the core of the element, since buckling in the other direction is contrained by the concrete itself.

Many authors have done theoretical studies of this phenomenon, on the basis of simple compression states in columns and modelling as indicated in figure 1, assuming a semi-infinite bar having elastic constraints at each point where a tie is placed.

(*) CORTÉS BRETÓN, J. "Experimental Study of the Mechanical Capacity of Concrete Sections with Compression Reinforcement in relation to the Degree of Reinforcement Buckling Constraint". Doctor's Thesis led by J. CALAVERA. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Universidad Politécnica de Madrid, 1989.

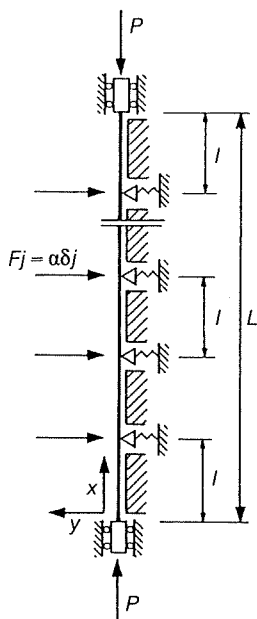


Figura 1

La normativa española, de la misma manera que la de la mayoría de los países de nuestro entorno, considera el modelo de comportamiento expuesto y, por tanto, establece una limitación para la separación y el diámetro de los estribos, función del diámetro de la barra comprimida más delgada, con independencia de que el estado de sollicitación sea el de flexión simple o compuesta (Dominios 2, 3 y 4) o el de compresión simple o compuesta (Dominio 5), es decir, con independencia de que la armadura situada en la zona comprimida haya sido dispuesta por exigencias resistentes u otras. Así de los enunciados del articulado extraeremos las frases siguientes:

Artículo 38.1 Flexión simple o compuesta.

... «si existen además armaduras en compresión, para poderlas tener en cuenta en el cálculo será preciso que vayan sujetas por cercos cuya separación "S₁" sea igual o inferior a 15 veces el diámetro ϕ min. de la barra comprimida más delgada»...

Artículo 38.2 Compresión simple o compuesta.

... «además, tales barras irán sujetas por cercos o estribos cuya separación "S₁" habrá de ser igual o inferior a 15 veces el ϕ min. de la barra comprimida más delgada»...

3 ANALISIS DEL FENOMENO REAL

En la realidad el comportamiento de las barras comprimidas en elementos sometidos a flexión simple está condicionado por dos aspectos que en nuestra opinión contribuyen decisivamente a que el fenómeno real sea claramente mejor que el que hasta ahora ha servido de base para las especificaciones normativas.

En primer lugar, el recubrimiento del hormigón de la barra juega un papel más favorable en el constreñimiento de la armadura frente a pandeo, para el caso de estos elementos, que en las piezas sometidas a esfuerzos preponderantes de compresión. Igualmente, y no sin una importante relación con el anterior, es preciso considerar que la deformación cóncava del elemento se opone a la tendencia de la barra a pandear hacia el exterior, corrigiendo así la aparición del «empuje al vacío» que teóricamente plantea el inicio del pandeo de la barra hacia el exterior de la pieza.

Aparece por tanto, una coacción más en el modelo teórico comúnmente adoptado para el fenómeno, ya citado antes, que podría asimilarse también a coacciones elásticas aplicadas entre los estribos, como suma de los dos aspectos enunciados.

Por supuesto, que tanto la calidad del hormigón del recubrimiento, como su espesor, influyen de forma decisiva, así como la deformabilidad del elemento, aspecto éste favorecido, por desgracia, por el limitado canto de la pieza.

4 SOPORTE EXPERIMENTAL

Aparte, como decíamos, de la experiencia adquirida con el comportamiento de cientos de casos observados en el desarrollo de la actividad profesional en el campo de la Patología de estructuras dentro de INTEMAC, durante 1989 desarrollamos la investigación experimental del fenómeno en el Laboratorio Central del Instituto, situado en Torrejón de Ardoz (Madrid), investigación consistente en el ensayo de 13 modelos reales de viga de canto reducido en los que se forzaron premeditadamente las condiciones de atado de la armadura longitudinal mediante estribos.

En las figuras 2 y 3 y en el Cuadro I, se pueden observar las características del modelo, los valores adoptados para las variables de la investigación en cada caso y la instrumentación dispuesta.

SECCION

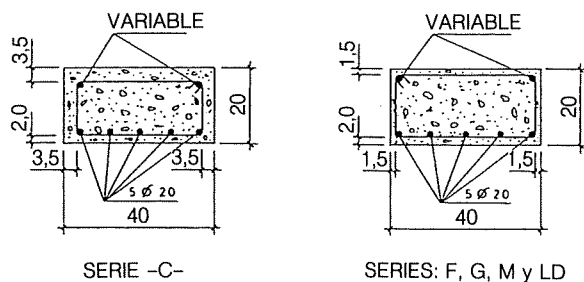


Figura 2

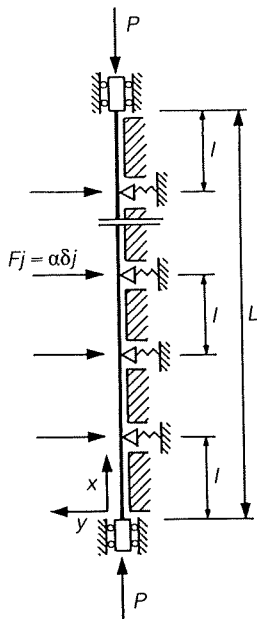


Figure 1

In Spain, as in most of its neighbouring countries, specifications take account of the behaviour model described above and, therefore, establish standards for minimum size of stirrups and spacing between them based on the diameter of the smallest compression bar, irrespective of whether the state of stress consists of simple or compound flexure or of simple or compound compression; i. e., irrespective of whether the reinforcement located in the compression zone was placed there for reasons of resistance or others. The following extracts from the text of the specification illustrate this point:

Article 38.1 Simple or compound flexure.

... "if there are, in addition, compression reinforcements, in order to be considered in the calculations they must be tied by stirrup with a spacing, « S_p », less than or equal to 15 times the min. diameter ϕ of the smallest compression bar"...

Article 38.2 Simple or compound compression.

... "further, such bars shall be held by ties and the spacing between them, « S_p », must be less than or equal to 15 times the min. ϕ of the smallest compression bar"...

3 ANALYSIS OF THE ACTUAL PHENOMENON

The actual behaviour of compression reinforcing bars in elements subject to simple flexure depends on two aspects which in our opinion contribute decisively to making the actual situation clearly more favourable than what has been used to date the basis for normative specifications.

In the first place, the concrete cover of the bar plays a more favourable role in constraining reinforcement buckling, in the case of such elements, than in members subject to substantial compressive stress. Likewise, another closely related aspect of this question is that the sag deflection of the element offsets the bar's tendency to buckle outwards, thus correcting the problem of "void thrust" theoretically posed when the bar begins to buckle out.

Hence, there is a further constraint in the generally accepted theoretical model for this phenomenon, described above, that could be likened as well to elastic constraints applied between links, and which would consist of the combined effect of the two aspects discussed in the previous paragraph.

Naturally, both the quality and the thickness of the concrete cover have a decisive effect, as does the deformability of the element which is unfortunately greater due to the scant depth of the member.

4 EXPERIMENTAL WORK

In addition to the experience mentioned above, acquired from hundreds of case studies on behaviour as an INTEMAC professional working in the field of Structural Pathology, in 1989 we conducted experimental research on the phenomenon in the Institute's Main Laboratory located in Torrejón de Ardoz, Madrid. Tests were run on 13 kinds of *slat beams* in which enclosure conditions of the longitudinal reinforcement were deliberately stretched to a maximum.

Model characteristics, the values adopted for the variables in each case and the instruments used are shown in figures 2 and 3 and Table I.

SECTIONS

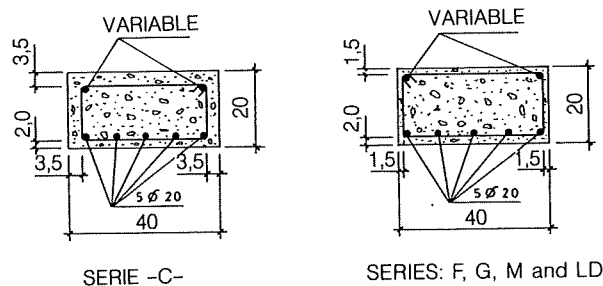
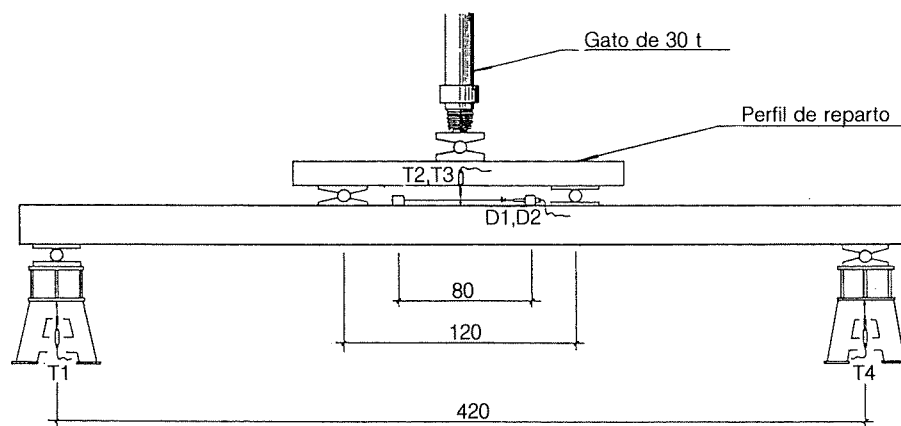


Figure 2



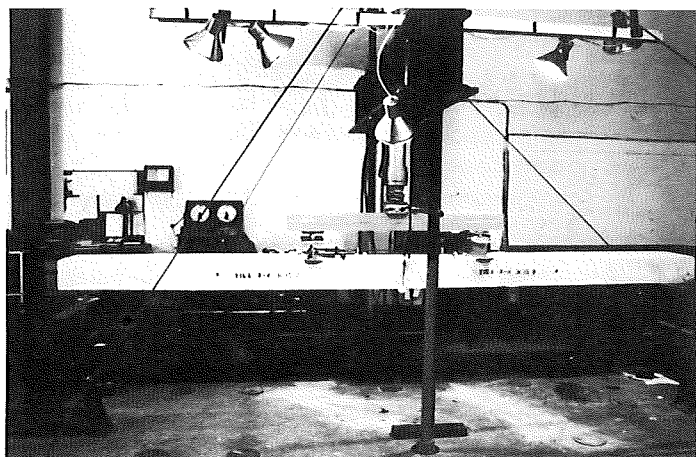
Cotas en cm
T y D: Captadores inductivos LVDT

Figura 3

CUADRO I - VIGAS ENSAYADAS

SERIE	VIGA	DIAMETRO DE LA ARMADURA COMPRIMIDA AEH-500 N (*)	SEPARACION DE ESTRIBOS	RECUBRIMIENTOS REALES (CM)		TIPO DE CARGA				
				d	d'					
G)	Principal	20	15 \emptyset	16,8	1,7	Corta duración				
	Diámetro						G-25	25 \emptyset	17,0	2,7
	Grueso						G-40	40 \emptyset	17,1	2,8
M)	Principal	16	15 \emptyset	17,3	2,6	Corta duración				
	Diámetro						M-25	25 \emptyset	17,1	2,4
	Medio						M-40	40 \emptyset	17,3	2,4
F)	Principal	10	15 \emptyset	17,1	2,0	Corta duración				
	Diámetro						F-25	25 \emptyset	17,2	2,5
	Fino						F-40	40 \emptyset	17,5	2,5
C)	comple-	20	15 \emptyset	17,0	4,5	Corta duración				
	mentaria						C-25	25 \emptyset	17,1	4,6
							C-40	40 \emptyset	17,0	4,5
LD)	Larga Duración	G-40LD	20	40 \emptyset	17,0	2,5	Larga duración			

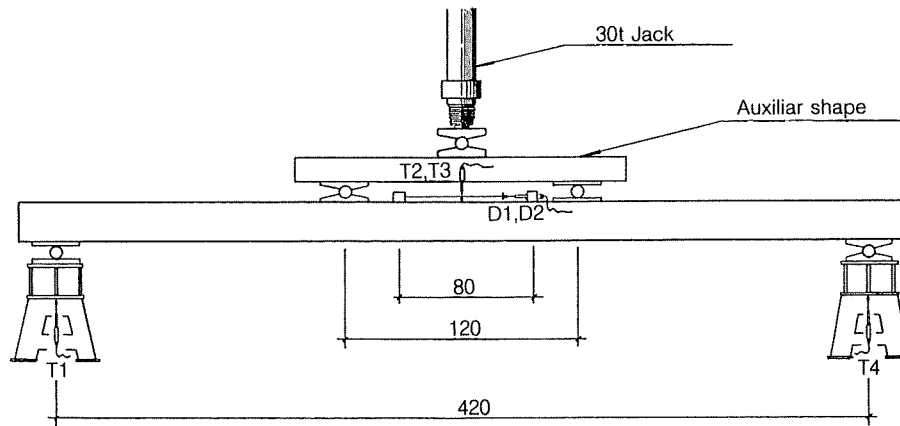
(*) El límite elástico obtenido en los ensayos del acero superó siempre el valor $f_y = 5.100 \text{ kp/cm}^2$.



Fotografía 1

Resultaba importante disponer una armadura de tracción elevada, para poder agotar la armadura comprimida, movilizandoo un gran bloque comprimido. Como puede verse en el Cuadro II, las deformaciones a nivel de la armadura comprimida superan ampliamente el valor 0,0035.

En los casos más extremos y para armaduras de diferentes diámetros, se forzó la separación de estribos hasta 2,7 veces la máxima permitida por la Instrucción EH-91 y se dispuso un recubrimiento reducido de 15 mm., por debajo de la limitación normativa, al menos para los casos de diámetros mayores, con objeto de «exagerar» el campo de investigación.



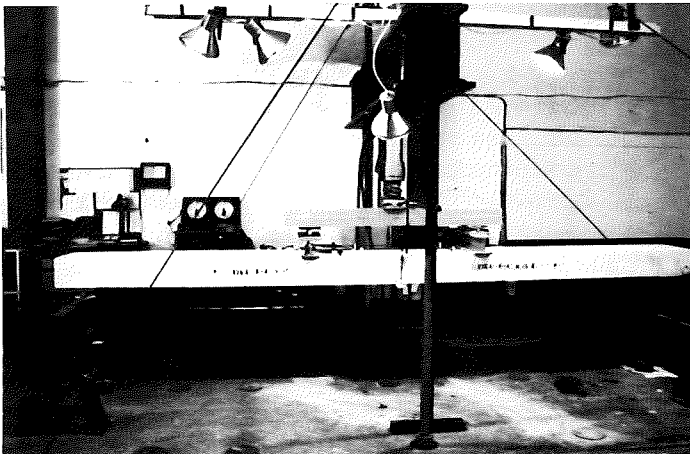
Dimensions in cms
T and D: LVDT Inductive Sensors

Figure 3

TABLE I - BEAMS TESTED

SERIES	BEAM	DIAMETER OF COMPRESSION REINFORCEMENT AEH-500 N (*)	SPACING BETWEEN TIES	ACTUAL COVER (CM)		TYPE OF LOAD
				d	d'	
G) Main Diameter Large	G-15	20	15 \emptyset	16.8	1.7	Short duration
	G-25		25 \emptyset	17.0	2.7	
	G-40		40 \emptyset	17.1	2.8	
M) Main Diameter Intermediate	M-15	16	15 \emptyset	17.3	2.6	Short duration
	M-25		25 \emptyset	17.1	2.4	
	M-40		40 \emptyset	17.3	2.4	
F) Main Diameter Small	F-15	10	15 \emptyset	17.1	2.0	Short duration
	F-25		25 \emptyset	17.2	2.5	
	F-40		40 \emptyset	17.5	2.5	
C) Complementary	C-15	20	15 \emptyset	17.0	4.5	Short duration
	C-25		25 \emptyset	17.1	4.6	
	C-40		40 \emptyset	17.0	4.5	
LD) Long Duration	G-40LD	20	40 \emptyset	17.0	2.5	Long duration

(*) The elastic limit obtained on steel testing always passes the value $f_y = 5,100 \text{ Kp/cm}^2$.



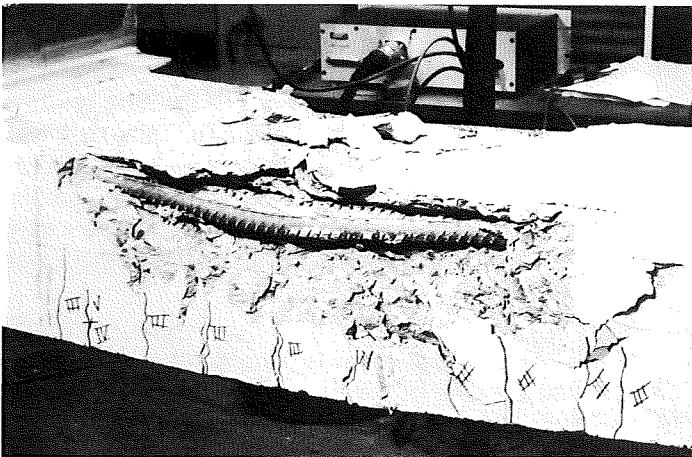
Photography 1

It was found that high tensile reinforcement was needed to *develop the capacity* of the compression reinforcement, thus mobilizing a large compression block. As Table II shows, compression reinforcement strain is far higher than 0.0035.

The spacing between stirrups was increased, at most, for bars of different diameters, to up to 2.7 times the maximum allowed under Instruction EH-91, and the cover was reduced to 15 mm under the specified minimum, at least in the case of the larger bars, to test behaviour under "exaggerated" conditions.

CUADRO II – ANALISIS DE LOS RESULTADOS

SERIE	VIGA TIPO	DEFORMACION UNITARIA DE LA FIBRA SUPERIOR ϵ	MOMENTO FLECTOR DE ROTURA MR (mxT)	MOMENTO ULTIMO TEORICO MK (mxT)	MR/MK
G	15	0,0055	12,2	11,8	1,04
	25	0,0050	13,8	13,1	1,05
	40	0,0061	13,2	12,3	1,08
M	15	0,0054	13,8	12,6	1,09
	25	0,0056	13,5	12,5	1,08
	40	0,0057	13,1	12,7	1,03
F	15	0,0057	11,6	11,6	1,00
	25	0,0065	9,7	9,6	1,01
	40	0,0055	11,4	11,5	0,99
C	15	0,0049	12,6	12,3	1,03
	25	0,0050	12,1	12,1	1,00
	40	0,0042	13,2	12,3	1,07
G-LD	40	0,0072	13,7	13,2	1,04



Fotografía 2

Aparte de los resultados obtenidos en la comparación entre los esfuerzos de agotamiento de la pieza calculados teóricamente y los obtenidos en la realidad, que figuran en el Cuadro II, tanto para la consideración de que existe como de que no existe la armadura comprimida, se pudo comprobar que, habiéndose conseguido que la armadura pandeese en rotura en la mayoría de los casos (ver fotografías núms. 2 y 3), en ninguno pandeó hacia el exterior de la pieza en el plano vertical.

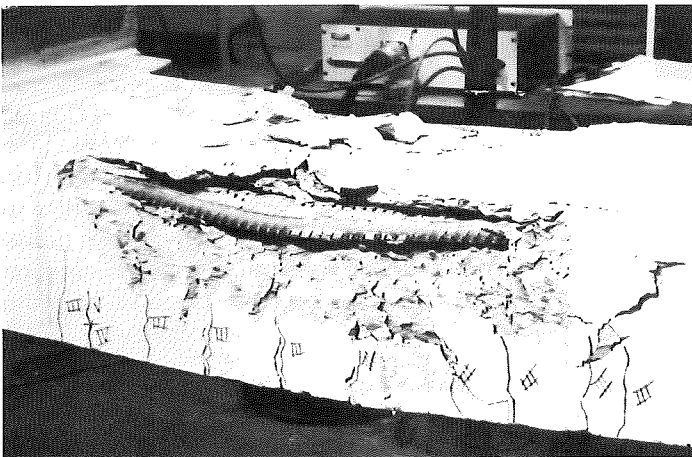
Esto parece apoyar la hipótesis de que la curvatura de la pieza en flexión ofrece una coacción suficiente a la barra frente al pandeo en ese plano. En los casos reales y salvo en piezas

prefabricadas que no conformen posteriormente una pieza compuesta, el pandeo de la armadura en el plano horizontal está impedido por la propia continuidad de la pieza en ese plano, caso de una viga con su losa superior, o el de una vigueta en idéntica situación, con lo que el comportamiento será más «seguro» que en las piezas ensayadas en la investigación.

Se puede asegurar en definitiva que en todos los casos la rotura se produjo por agotamiento del hormigón a compresión y que el pandeo de la armadura sobrevino como consecuencia de ello y no al contrario. Por tanto, la capacidad portante de la pieza no se redujo por desplazar los estribos a distancias superiores a las indicadas en la Instrucción EH-91.

TABLE II – ANALYSIS OF RESULTS

SERIES	BEAM TYPE	UNIT STRAIN ON UPPER FIBER ϵ	BENDING MOMENT AT COLLAPSE MR (mxT)	ULTIMATE THEORETICAL MOMENT MK (mxT)	MR/MK
G	15	0.0055	12.2	11.8	1.04
	25	0.0050	13.8	13.1	1.05
	40	0.0061	13.2	12.3	1.08
M	15	0.0054	13.8	12.6	1.09
	25	0.0056	13.5	12.5	1.08
	40	0.0057	13.1	12.7	1.03
F	15	0.0057	11.6	11.6	1.00
	25	0.0065	9.7	9.6	1.01
	40	0.0055	11.4	11.5	0.99
C	15	0.0049	12.6	12.3	1.03
	25	0.0050	12.1	12.1	1.00
	40	0.0042	13.2	12.3	1.07
G-LD	40	0.0072	13.7	13.2	1.04



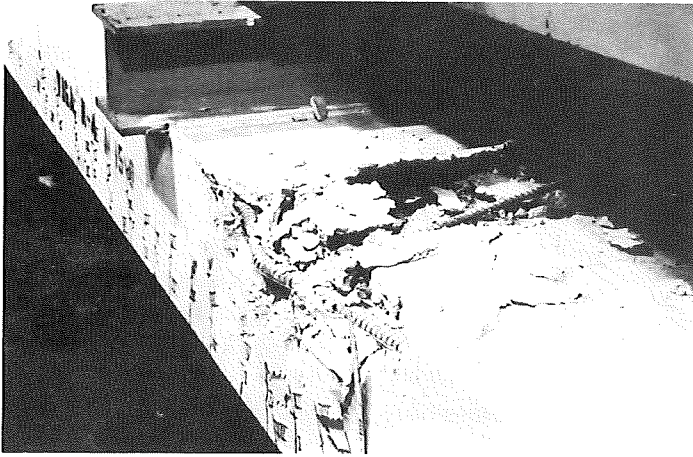
Photography 2

In addition to the results obtained in comparing theoretical internal forces of the member and the values actually found as shown in Table II, it was observed that having made the reinforcement *buckle to collapse* in most cases (see photographs 2 and 3), not a single member buckled outward vertically, irrespective of whether or not there was compression reinforcement.

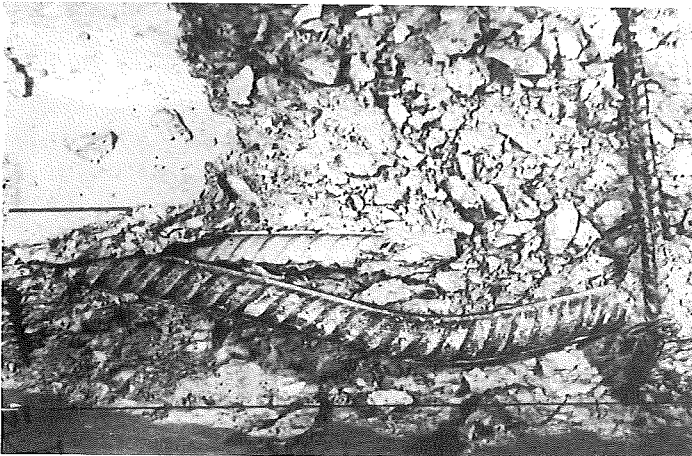
This would seem to support the assumption that bending of the flexural member represents a sufficient constraint to the bar in respect of vertical buckling. In real-life situations, with the exception of prefabricated members that are not later made into a composite member, horizontal buckling is prevented in the reinforcement bar by the horizontal continuity of the member itself, such as the case of a beam or a girder and its adjacent slab, so that behaviour will be even "safer" than in

the members tested experimentally.

Indeed, the evidence is that in all cases collapse occurred when reaching the compression concrete strength thus making the reinforcement bar to buckle, rather than the other way around. Thus, spacing links farther apart than specified in Instruction EH-91 did not occasion a decline in the member's portative capacity.



Fotografía 3



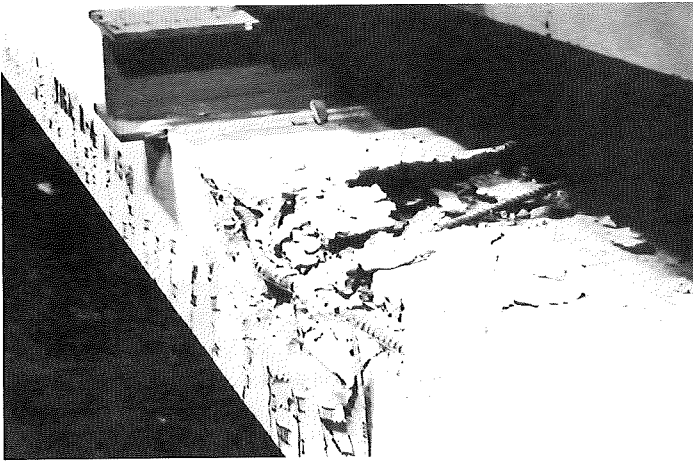
Fotografía 4

5 RECOMENDACIONES PRACTICAS

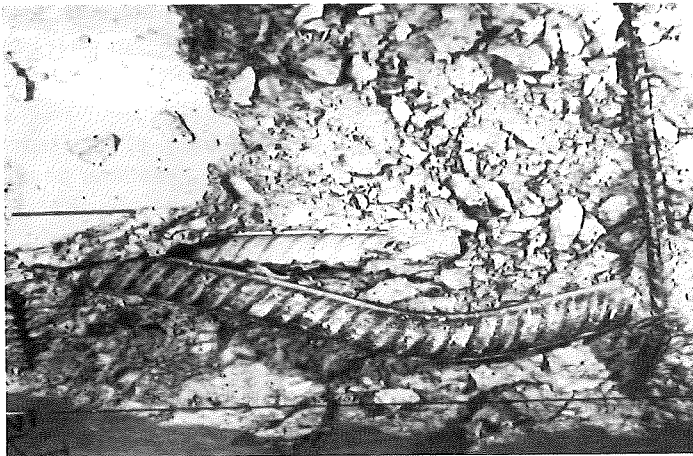
En primer lugar, creemos deben revisarse los aspectos normativos, de acuerdo con la investigación que hemos llevado a cabo, que, como se ha dicho, aporta una base experimental a la observación práctica del día a día sobre el comportamiento resistente de las piezas flectadas con armadura comprimida.

Con respecto a la aplicación práctica del fenómeno investigado, queremos destacar tres casos, que aportan de forma inmediata una reducción del coste de las estructuras de vigas, tanto de canto como planas, que ya está aplicando la División de Control de Proyecto de INTEMAC:

1. Posibilidad de disponer una separación entre estribos superior a la limitación de 15 veces el diámetro de la barra comprimida, para piezas flectadas, en aquellas secciones en que la distancia entre cercos no esté condicionada por otros condicionantes en función del canto, esfuerzo cortante, etc.
2. En elementos ya construidos, el resultado de la investigación permite considerar como colaborante al bloque de comprensión, a toda armadura situada en la zona comprimida, sin necesidad de que la separación entre estribos sea inferior a una longitud determinada. En muchos casos, puede esto mejorar el nivel de seguridad del elemento hasta valores tolerables y conducir, por tanto, a eliminar la necesidad de un refuerzo.
3. Por el mismo motivo, tanto en Proyecto como en el estudio de estructuras ya construidas, la armadura comprimida puede considerarse prácticamente siempre en el cálculo de flechas, lo cual mejora de forma sensible la deformación plástica diferida. Véase (5).



Photography 3



Photography 4

5 PRACTICAL RECOMMENDATIONS

Firstly, we feel that normative aspects should be revised in view of our research results, which, as mentioned, lend experimental support to the day-to-day practical observation of the strength of flexural members with compression reinforcement.

With respect to the practical application of the phenomenon studied, we wish to discuss three factors which lead to an immediate reduction in costs of both depth and flat beams and which are already being implemented by INTEMAC's Project Control Division:

1. Possibility of spacing links at distances greater than the established limit —15 times the diameter of the compression bar— for flexural members, in those sections where the spacing between links is not conditional upon such aspects as height, shear, etc.
2. In existing elements, experimental results show that any reinforcement in the compression zone may be considered to contribute to the compression block, whether or not the spacing between links is under a given value. In many cases, this may enhance the safety level of the element to tolerable values thus eliminating the need for further strengthening.
3. For this same reason, both in Design and in the study of existing structures, compression reinforcement may nearly always be taken into consideration in deflection calculations, making for a substantial improvement in long-term deflections. See (5).

6 BIBLIOGRAFIA REFERENCES

1. ACI Committee 318: «Building Code Requirements for Reinforced Concrete (ACI 318-89)». American Concrete Institute, Detroit, 1989.
2. British Standard Institution, BS 8110/1985.
3. CEB-FIP: «Code Modèle pour les Structures en Béton». Comité Euro-International du Béton, 1978.
4. CALAVERA, J.: «Proyecto y Cálculo de Estructuras de Hormigón Armado para Edificios» (2 tomos), INTEMAC, Madrid, 1984.
5. FERNANDEZ GOMEZ, J.; RODRIGUEZ LOPEZ, F.: «Estudio de la capacidad resistente de secciones de hormigón armado en flexión simple con armadura de compresión no necesaria pero existente». *Hormigón y Acero*, n.º 161, 4.º Trimestre 1986.
6. Deutsche Institute für Normung DIN 1045, 1988.
7. EH-91 «Instrucción para el Proyecto y la Ejecución de Obras de Hormigón en Masa o Armado». Comisión Permanente del Hormigón, Madrid, 1991.
8. MAKARICHEV, V. V. and MYROMSKI, K. P.: «Transverse Flexure in Reinforcement Under Compression». *Betón i Zhelezhobeton*, n.º 6, June 1987.
9. NEUNER, J. and STOKL, S.: «Versuche zur Kuicksicherung von Druckbeams pruchten Bewehrungsstaben».
10. Règles BAEL/83: «Règles Techniques de Conception et de Calcul des Ouvrages et Construtions en Béton Armé suivant la Méthode des Etats-limites», 1983.
11. SCRIBNER, C. F.: «Reinforcement. Buckling in Reinforced Concrete Flexural Members», *ACI Journal*, Nov-Dec, 1986.

Relación de personal titulado

Arquitectos

Jalvo García, Jaime
Luzón Cánovas, José M.^a
Pulido Muñoz, José

Ingeniero Aeronáutico

Cerdó Alonso-Misol, Gonzalo

Ingeniero Agrónomo

Valdés Tamames, Begoña

Ingenieros de Caminos

Acón Robleda, Miguel Angel
Arroyo Pérez, José Alberto
Calavera Ruiz, José
Cortés Bretón, Juan María
Corral Folgado, Claudio
Delibes Liniars, Adolfo
Díaz Lozano, Justo
Espinós Espinós, José
Fernández Gómez, Jaime Antonio
Ferrer Serafi, Carles
Ferrerías Elela, Román
Gómez Alvarez, Mercedes
González González, Juan José
González Valle, Enrique
Hostalet Alba, Francisco
Izquierdo Bernaldo de Quirós, José M.^a
Jordán de Urríes de la Riva, Jorge
Ley Urzaiz, Jorge
Penón Molins, Eduardo
Rodríguez Moragón, Julio
Sanz Pérez, Lorenzo
Sirvent Sirvent, Enrique
Tapia Menéndez, José
Torre Cobo, María Carmen

Ingenieros Civiles

Jai, Jamaledine

Ingeniero I.C.A.I.

Marín Estévez, Gonzalo

Ingenieros Industriales

Alvarez Cabal, Ramón Amado
Aparicio Betrián, Pedro Francisco
Aparicio Puig, José Antonio
Bueno Bueno, Jorge
Durán Boldova, José Miguel
Valenciano Carles, Federico

Ingeniero de Minas

Ramos Sánchez, Adelina

Ingeniero de Montes

Martínez Lorente, José Alberto

Ingeniero Naval

Vázquez Domínguez, Juan Manuel

Licenciado en Ciencias Físicas

Díaz Paniagua, Carlos

Licenciado en Ciencias Geológicas

Blanco Zorroza, Alberto
Massana Mila, Joan

Licenciados en Ciencias Químicas

Grandes Velasco, Sylvia María
López Sánchez, Pedro
Morgado Sánchez, José Carlos
Rodríguez-Maribona Gálvez, Isabel Ana

Licenciada en Geografía e Historia

Calavera Vaya, Ana María

Arquitectos Técnicos

Cervera García, Eduardo
Fernández de Caleyá Molina, Alberto J.
Fuente Rivera, Jesús de la
Montejano Jiménez, María del Carmen
Muñoz Mesto, Angel
Oros Rey, Ana Isabel
Seisdedos Domínguez, Lucía

Ingenieros Técnicos Industriales

Alonso Miguel, Félix Benito
Díaz-Trechuelo Laffon, Antonio
González Carmona, Manuel
Laserna Parrilla, María Teresa
Madueño Moraño, Antonio
Sánchez Orgaz, Miguel Angel

Ingeniero Técnico de Minas

Ballesteros Peinado, Luis Alberto

Ingenieros Técnicos de Obras Públicas

Alañón Juárez, Alejandro
Aranda Cabezas, Luis
Blanco García, Fernando
Carrero Crespo, Rafael
Esteban García, Juan José
Fernández Corredera, Carlos
González Isabel, Germán
González Nuño, Luis
Mata Soriano, Juan Carlos
Montiel Sánchez, Ernesto
Muñoz Mesto, Angel
Pardo de Agueda, Juan Luis
Rosa Moreno, José Andrés
Rozas Hernando, José Juan
Sánchez Vicente, Andrés

Ingenieros Técnicos Topógrafos

Carreras Ruiz, Francisco
López-Canti Casas, Elisa

Profesores Mercantiles

González Alvarez, Vicente
Sampedro Portas, Arturo

Técnico en Informática

García Rodríguez, Juan Tomás

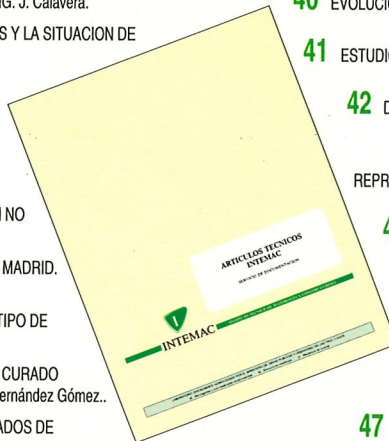
Topógrafo

Alquezar Falcetto, Ricardo

ARTICULOS TECNICOS

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.

- 30 COMPATIBILITY OF STRUCTURES WITH OTHER PARTS OF THE BUILDING. J. Calavera.
- 31 LA FLEXIBILIDAD DE LOS FORJADOS, SUS CONDICIONANTES TECNICOS Y LA SITUACION DE SU NORMATIVA. E. González Valle.
- 32 CALCULO DE FLECHAS A LARGO PLAZO EN FORJADOS. J. Calavera, J. A. Fernández Gómez.
- 33 ESTUDIO EXPERIMENTAL DE LAS CONDICIONES DE APOYO DE LOS FORJADOS PREFABRICADOS. J. Calavera, J. A. Fernández Gómez.
- 34 ESTUDIO DE LA CAPACIDAD DE RESISTENCIA DE SECCIONES DE HORMIGON ARMADO EN FLEXION SIMPLE CON ARMADURA DE COMPRESION NO NECESARIA PERO EXISTENTE. J. Fernández Gómez, F. Rodríguez López.
- 35 EXPERIENCIAS SOBRE LAS ARCILLAS EXPANSIVAS DEL SUBSUELO DE MADRID. J. Tapia, J. Fernández Moya.
- 36 DESCIMBRADO DE ESTRUCTURAS DE HORMIGON. IMPORTANCIA DEL TIPO DE CEMENTO Y CURADO. J. Fernández Gómez.
- 37 ESTUDIO EXPERIMENTAL DE LA INFLUENCIA DE LAS CONDICIONES DE CURADO INICIAL EN LA RESISTENCIA DE PROBETAS MOLDEADAS DE HORMIGON. J. Fernández Gómez..
- 38 ASPECTOS PRACTICOS DE LA COMPROBACION DE FLECHAS EN FORJADOS DE EDIFICACION. E. González y J. Fernández Gómez.
- 39 RESISTENCIA A LA HELADA DE PILARES DE HORMIGON. A. Delibes, J. Fernández Gómez y G. González Isabel.

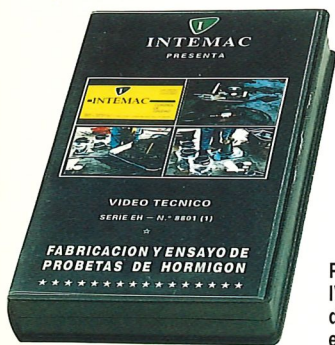


- 40 EVOLUCION DE DEFORMACIONES DE FORJADOS PRETENSADOS. J. Calavera, R. Corres, J. Fernández Gómez, F. J. León González y J. Ley Urzaiz.
- 41 ESTUDIO EXPERIMENTAL DE LA INFLUENCIA DE LA EJECUCION EN LA RESISTENCIA Y RASANTE DE PIEZAS EN FLEXION. E. González Valle.
- 42 DIAGNOSTICO Y EVALUACION DE CONSTRUCCIONES DE HORMIGON DAÑADAS POR EL FUEGO. A. Delibes.
- 43 TRATAMIENTO DE CURADO Y CONTROL DE HORMIGON. ¿SON REPRESENTATIVOS LOS ENSAYOS? CONSERVACION DE PROBETAS DE HORMIGON EN OBRA. A. Delibes y G. González Isabel.
- 44 EMPALMES MECANICOS DE ARMADURAS. RECOMENDACIONES DEL CEB. A. Delibes, I. Ortega y V. Ríos.
- 45 ESTUDIO EXPERIMENTAL DEL COMPORTAMIENTO A FLEXION: TENSIONES RASANTES Y DEFORMACIONES DE FORJADOS COMPUESTOS DE CHAPA Y HORMIGONES NORMALES O LIGEROS. J. Jordán de Urries.
- 46 LA ESTIMACION IN SITU DE LA RESISTENCIA DEL HORMIGON ENDURECIDO. APLICACION A LOS HORMIGONES DE VIGAS PRETENSADAS PREFABRICADAS. F. Hostalet.
- 47 ESTUDIO EXPERIMENTAL DE LA INFLUENCIA DEL PANDEO DE LA ARMADURA COMPRIMIDA EN LA CAPACIDAD PORTANTE DE ELEMENTOS DEL HORMIGON ARMADO SOMETIDO A FLEXION SIMPLE. J. Cortés.
- 48 QUALITY ASSURANCE AND RESEARCH LABORATORIES. J. Calavera y J. A. Aparicio.

PRECIO: 300 PTAS.
POR ARTICULO.

VIDEOS TECNICOS

INTEMAC, dentro de sus actividades en el campo de la FORMACION, ha iniciado la edición de una serie de VIDEOS TECNICOS referentes a los distintos campos de la construcción.



Precio: 80.000 Ptas.
IVA incluido (ventas dentro del territorio español).

SERIE EN OBRAS DE HORMIGON EN MASA, ARMADO Y PRETENSADO	TITULO	CONTENIDO	DURACION
N.º 8801 (1)	FABRICACION Y ENSAYO DE PROBETAS DE HORMIGON	Contempla, en 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 de obra, transporte al laboratorio, curado en cámara, refractado y ensayo a compresión.	27 min.
EN PREPARACION			
N.º 8802 (2) MUESTREO Y ENSAYO DE ARMADURAS DE HORMIGON ARMADO Y PRETENSADO.	N.º 9001 (5) EJECUCION DE ESTRUCTURAS DE HORMIGON (I).	N.º 9102 (8) PIEZAS DE HORMIGON PRETENSADO SOMETIDAS A FLEXION SIMPLE.	
N.º 8901 (3) PIEZAS DE HORMIGON ARMADO SOMETIDAS A FLEXION SIMPLE.	N.º 9002 (6) EJECUCION DE ESTRUCTURAS DE HORMIGON (II).		
N.º 8902 (4) PIEZAS DE HORMIGON ARMADO SOMETIDAS A COMPRESION.	N.º 9101 (7) PIEZAS DE HORMIGON ARMADO SOMETIDAS A ESFUERZO CORTANTE.		

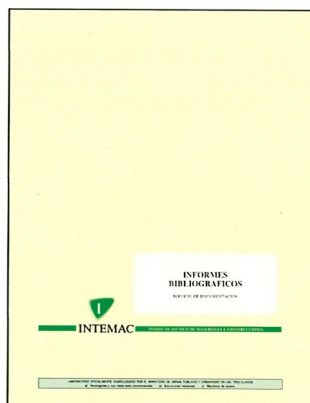
CONSULTAS E INFORMES BIBLIOGRAFICOS

El INSTITUTO dispone de 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: 10 Ptas. más 20% sobre el total.

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.

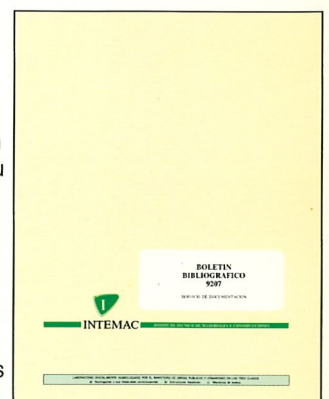
Tarifa correspondiente al Informe Bibliográfico: 15.000 Ptas. más la tarifa de la Consulta.



BOLETIN BIBLIOGRAFICO

INTEMAC viene realizando desde su fundación un BOLETIN BIBLIOGRAFICO para uso interno de su personal, con el fin de permitirle que, en una lectura rápida, tenga un panorama general de las publicaciones técnicas disponibles. Dicho BOLETIN, incluye:

- Fotocopia del índice y de los resúmenes de los artículos contenidos en las casi cien 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.
- Una sección de Congresos y Reuniones Técnicas, de próxima celebración en todo el mundo.
- A partir de 1991, esta publicación bimestral ha sido puesta a disposición del público al precio de 18.000 Ptas. la suscripción anual.



SERVICIO DE DOCUMENTACION

2ª EDICION 1991

3ª EDICION 1991



* De acuerdo con las Instrucciones EH-91 y EF-88, con referencia al EUROCODIGO EC-2, Model Code CEB-FIP/1990 y ACI 318-89.

«PROYECTO Y CALCULO DE ESTRUCTURAS DE HORMIGON ARMADO PARA EDIFICIOS»

Autor: J. CALAVERA

2ª Edición, 1991, de acuerdo con las Instrucciones EH-91 y EF-88, con referencia a EUROCODIGO EC-2, Model Code CEB-FIP/1990 y ACI 318-89.

TOMO I CALCULO DE ESFUERZOS **TOMO II** DIMENSIONAMIENTO Y DETALLES CONSTRUCTIVOS

- 568 páginas - Encuadernación en guaflex - 73 figuras - 90 gráficos y tablas auxiliares.
- 871 páginas - Encuadernación en guaflex - 61 figuras - 142 gráficos y tablas auxiliares.

Precio de la obra completa: 15.000 Ptas.

«CALCULO DE ESTRUCTURAS DE CIMENTACION»

- Autor: J. CALAVERA.
 - 3ª Edición, 1991, de acuerdo con la Instrucción EH-91 con referencia al EUROCODIGO EC-2, Model Code CEB-FIP/1990 y ACI 318-89.
 - 418 págs. - Encuadernación en guaflex. 40 tablas para el dimensionamiento directo de zapatas corridas y aisladas.
- Precio: 7.000 Ptas.

«MUROS DE CONTENCION Y MUROS DE SOTANO»

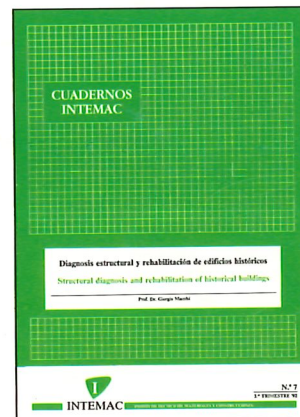
- Autor: J. CALAVERA.
 - 2ª Edición - 308 páginas - Encuadernación en guaflex - 26 gráficos y tablas auxiliares - 22 tablas para el dimensionamiento directo.
- Precio: 5.900 Ptas.

«CALCULO, CONSTRUCCION Y PATOLOGIA DE FORJADOS DE EDIFICACION»

- Autor: J. CALAVERA.
 - 4ª Edición - 678 páginas.
 - Encuadernación en guaflex.
 - 344 figuras - 93 tablas y ábacos.
 - 16 ejemplos resueltos - 159 referencias bibliográficas.
 - 188 detalles constructivos.
- Precio 6.770 Ptas.

«TECNOLOGIA Y PROPIEDADES MECANICAS DEL HORMIGON»

- Autor: A. DELIBES.
 - 266 páginas - Encuadernado en guaflex.
- AGOTADO.



Publicación trimestral.

Precio de la suscripción anual: 2.400 Ptas.
Los precios indicados son para entregas dentro del territorio español.

«CALCULO DE FLECHAS EN ESTRUCTURAS DE HORMIGON ARMADO»

- Autores: J. CALAVERA RUIZ. L. GARCIA DUTARI.
 - De acuerdo con las Instrucciones EH-91 y EF-88, el Eurocódigo EC-2, el Model Code CEB-FIP/1990 y la Norma Norteamericana ACI 318-89.
 - 336 págs. - Encuad. en guaflex - 312 tablas de comprobación de Forjados, Losas, Vigas de Canto y Vigas Planas - Un diskette conteniendo tres programas Informáticos de Cálculo de Flechas, para secciones de forma cualquiera.
- Precio: 6.700 Ptas.

CUADERNOS INTEMAC

ULTIMOS CUADERNOS PUBLICADOS

Cuaderno Nº 8 «Estabilidad Estática de los Cerramientos de Fachadas de Fábrica».

Autor: J. M.ª LUZON CANOVAS.
Arquitecto.

Cuaderno Nº 9 «Estructuras de Hormigón para el Año 2000».

Autor: Prof. T. TASSIOS.
Dr. Ingeniero Civil.

Cuaderno Nº 10 «Comportamiento de la Armadura Comprimida en Piezas Flectadas».

Autor: J. M.ª CORTES BRETON.
Dr. Ingeniero de Caminos.

PROXIMOS CUADERNOS

Cuaderno Nº 11 «La gran aventura de las torres».

Autor: Prof. J. CALAVERA RUIZ.
Dr. Ingeniero de Caminos.

Cuaderno Nº 12 «El control de calidad de grandes estructuras metálicas».

Autores: J. M.ª CORTES BRETON,
J. JORDAN DE URRIES,
A. DIAZ TRECHUELO.
Ingenieros de C.C.P. e Ingeniero Técnico Industrial.



INTEMAC

Monte Esquinza, 30, 4.ª D
Tel. (91) 310 51 58
Télex 49987 INTEM E
Fax (91) 308 58 65
28010 MADRID

Avda. de la Riera, 10, Nave 2
Pol. Ind. Tres Santos
Tel. 9(3) 372 83 00
Fax (93) 473 03 09
08960 SANT JUST DESVERN
BARCELONA

Polígono Store, Calle A, nº 17-1
Tels. (95) 443 31 06/07
Fax (95) 443 36 56
41008 SEVILLA

C/. Pirta, Parcela 211, Nave A-6
Polígono de San Cristóbal
Tel. (983) 29 22 44
Fax (983) 29 23 78
47012 VALLADOLID