

Guia per a l'ús de la instrucció

EFHE

Instrucció per al projecte i l'execució de sostres unidireccionals de formigó estructural realitzats amb elements prefabricats

Ferran Bermejo i Nualart

La informació continguda en el text d'aquesta publicació correspon a la data de la seva edició.

Guia per a l'ús de la instrucció

EFHE

Instrucció per al projecte i l'execució de sostres unidireccionals de formigó estructural realitzats amb elements prefabricats

La informació continguda en el text d'aquesta publicació correspon a la data de la seva edició, i és possible que en l'actualitat algunes dades (per exemple preus, normativa, lleis, etc.) s'hagin de modificar. Cal doncs tenir-ho en compte a l'hora de fer-ne ús.

Disseny: Estudi Garriga

Reservats tots els drets. Per a la reproducció total o parcial d'aquesta obra, en qualsevol modalitat, serà necessària l'autorització prèvia del titular del ©.

© Institut de Tecnologia de la Construcció de Catalunya. ITeC

Primera edició: març de 2003
ISBN: 84-7853-443-1
Imprès a: Gráficas Contraste SL
DL: B-17676-03



Institut de
Tecnologia de la Construcció
de Catalunya

Guia per a l'ús de la instrucció EFHE

Instrucció per al projecte i l'execució de sostres unidireccionals de formigó estructural realitzats amb elements prefabricats

Ferran Bermejo i Nualart

Amb l'assessorament de

Rafael Bellmunt i Ribas

Índex

Introducció	7
1. Abast de la Instrucció i camp d'aplicació	9
2. Els components del sostre	11
2.1 Les biguetes	12
2.2 Les lloses alveolars	12
2.3 Peces d'entrebigat	12
2.4 L'acer	13
2.5 El formigó	15
3. Projectant sostres	17
3.1 Disseny de sostres amb biguetes	17
3.2 Disseny de sostres amb lloses alveolars	22
3.3 Detalls constructius	24
3.4 Documentació de projecte i execució	26
4. Construint sostres	29
4.1 Execució	29
4.2 Control	32
4.3 Documentació final d'obra	36
5. Calculant sostres	37
5.1 Bases de càlcul	38
5.2 Els estats límit últims	39
5.3 Els estats límit de servei	41
5.4 Comprovacions prèvies al formigonat a l'obra	42
5.5 Els annexos de càlcul	43
Annexos	45
Annex 1. Equivalència dels articles entre les instruccions EFHE i EF-96	45
Annex 2. Unitats de mesura i taules de conversió	47
Annex 3. Cantells mínims de sostres per obviar la comprovació de deformacions	48
Annex 4. Taules d'aplicació de l'EHE	49

Introducció

La finalitat d'aquesta publicació és sintetitzar els aspectes fonamentals de la nova Instrucció per tal de permetre una aplicació ràpida dels seus preceptes als projectes i a les obres. Va adreçada, principalment, a un públic professional generalista: sovint la lectura dels textos normatius no és tan clara com desitjaríem i calen diverses lectures dels textos per aconseguir aplicar-los correctament, especialment quan no s'és un expert en el tema.

Malgrat que es tracta d'una instrucció bàsicament de tipus estructural, hem intentat exposar els conceptes bàsics que han d'interessar els diferents agents implicats. Aquest fet es posa de manifest tant en la forma d'estructurar el text com en l'elaboració de resums i taules que en faciliten l'aplicació. Per aconseguir-ho, s'han simplificat aspectes que per als més iniciats en la qüestió podrien arribar a semblar superficials.

Com és natural, per als especialistes en càlcul de sostres o per als fabricants de les peces prefabricades objecte de la Instrucció, aquesta publicació no pot substituir la lectura obligada del text original. Tampoc no es pretén que sigui un manual de càlcul de sostres. No obstant això, constitueix una introducció al tema, pot ajudar a detectar les diferències o novetats incorporades o, simplement, pot servir de resum o compilació de dades útils que formen part tant d'aquesta Instrucció com de l'EHE. Per aquest motiu s'adjunten als annexos taules de referència que corresponen a aquesta Instrucció i a la Instrucció general del formigó; s'hi ha inclòs, a més, una taula on es relacionen els articles de la nova Instrucció amb els corresponents a l'antiga EF-96, la qual cosa pot facilitar-ne una lectura comparada.

Notació

Al llarg del text hi ha números entre parèntesis; corresponen als articles de la nova Instrucció que versen sobre el que s'està comentant. Quan ens referim a articles de l'EHE, s'indica de forma expressa.

Referència legislativa

Reial Decret 642/2002 de 5 de juliol, publicat al BOE el 6 d'agost de 2002.

Correcció d'errors del Reial Decret, publicat al BOE el 30 de novembre de 2002.

Entrada en vigor

6 de febrer de 2003.

Abast de la Instrucció i camp d'aplicació

Darrera del llarg nom d'aquesta Instrucció hi trobem dues tipologies de sostres clarament definides: la que anomenem “de biguetes” (armades i pretensades) i la de lloses alveolars pretensades. Si en el primer cas el muntatge a l'obra suposa la manipulació de biguetes i revoltons, en el segon s'integren en un sol producte la bigueta i el revoltó. És aquí on trobem el nexa d'unió que fa que aquests dos productes comparteixin un mateix text normatiu.

Ara bé, en realitat la lectura del títol de la Instrucció obre unes expectatives que després no es compleixen. En efecte, un bon nombre de productes industrialitzats per a sostres unidireccionals resta encara fora de l'abast de la nova Instrucció. És el cas de les lloses nervades i les prelloses. També hi han quedat fora els sostres amb planxes col·laborants, sens dubte el sistema que més desenvolupament està tenint. És una situació paradoxal, atès que a l'entrada en vigor d'aquesta Instrucció cap de les dues instruccions de sostres de què disposem tracta aquesta tipologia. No sembla, per tant, que s'hagi aconseguit un dels objectius que esmenta el decret d'aprovació de la Instrucció, que pretén “...actualizarla en relación a (sic) las nuevas tecnologías constructivas”. En resum, per al disseny i càlcul d'aquests altres sostres unidireccionals diferents als definits, la Instrucció ens remet a l'EHE.

Quant al contingut, la nova Instrucció suposa una adaptació a les exigències de l'EHE, la instrucció estrella pel que fa a les estructures de formigó. La promoció de l'augment de la qualitat que va implicar l'EHE també es posa de manifest en aquesta Instrucció. El mateix podem dir dels temes relatius a la durabilitat.

La línia encetada per l'EHE en el sentit de promoure l'ús d'acers reconeguts per segells oficials, o l'ús de formigons fabricats en centrals amb distintius de qualitat, és seguida també per l'EFHE. Així, al primer article de la Instrucció ja s'especifica que els productes a què fa referència han de ser prefabricats en una instal·lació industrial exterior a l'obra.

El camp d'aplicació dels sostres inclosos a la Instrucció queda definit pels següents límits (1)*:

Dimensió	Sostre de biguetes	Sostre de lloses alveolars
Cantell	≤ 50 cm	≤ 50 cm
Llum de cada tram	≤ 10 m	≤ 20 m
Intereix	≤ 100 cm	----
Ample de l'element resistent	----	≤ 140 cm sense armadura de repartiment
	----	≤ 250 cm amb armadura de repartiment

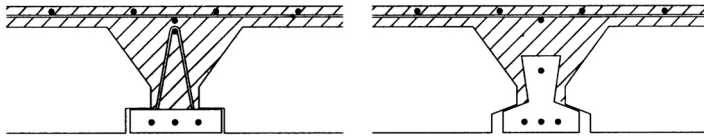
* Notació emprada d'aquí en endavant que especifica l'article de la Instrucció que tracta el tema.

Els components del sostre

2

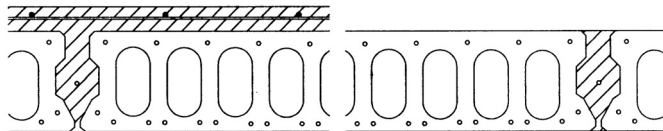
El sistema constructiu de sostres de biguetes es compon de (2.2):

- Biguetes prefabricades de formigó o formigó i ceràmica, armades o pretensades.
- Peces d'entrebicat, amb funció alleugerant o de col·laboració en la resistència.
- Armadures d'obra, longitudinals, transversals o de repartiment, col·locades abans del formigonat.
- Formigó abocat a l'obra per a nervis i xapa de compressió.



El sistema constructiu de sostres de lloses alveolars pretensades es compon de (2.3):

- Lloses alveolars de formigó pretensat.
- Armadura col·locada a l'obra, en alguns casos.
- Formigó abocat a l'obra en junts entre lloses i per a la formació de xapa de compressió, en els casos en què aquesta és necessària.



En aquest sistema, la xapa de compressió pot no realitzar-se si les accions laterals no són importants. Si aquesta situació es produeix, caldrà justificar el compliment de les condicions exigibles per càlcul als estats límit últims i de servei.

2.1

Les biguetes

Han de ser prefabricades per un industrial degudament autoritzat, en una instal·lació fixa exterior a l'obra. Poden ser armades o pretensades. La bigueta pot ser de formigó o bé d'una combinació de ceràmica i formigó.

Les anomenades biguetes autoresistents, un cop col·locades en un sostre, han de poder resistir per si soles, sense cap apuntalament i sense formigó abocat a l'obra, totes les càrregues a les quals hauran d'estar sotmeses quan entrin en servei (2).

2.2

Les lloses alveolars

Les lloses alveolars pretensades han de ser prefabricades per un industrial degudament autoritzat, en una instal·lació fixa exterior a l'obra. Són un element superficial pla de formigó, alleugerit amb alvèols longitudinals. Els junts laterals han de ser dissenyats de forma que, un cop omplerts de formigó, puguin transmetre esforços tallants a les lloses contigües (2).

2.3

Peces d'entrebigat

Poden ser de tipus ceràmic, de formigó, de poliestirè expandit o d'altres materials que compleixin els requeriments de la Instrucció, que es resumeixen a la taula següent:

Taula d'exigències per a les peces d'entrebogat

Exigències per a revoltons	Ceràemics, formigó i altres	Poliestirè
Assaig de trencament a flexió	1 kN UNE 67037	1 kN UNE 53981
Valor mitjà d'expansió per humitat	< 0,55 mm/m UNE 67036	----
Reacció al foc	M1 Peces a la vista UNE 23727	M1 Resistència de la capa protectora

Les peces d'entrebogat es poden considerar simplement alleugeridores del sostre, o bé elements col·laborants quan són part integrant de la secció resistent. En aquest cas, la resistència característica a compressió del material de la peça d'entrebogat serà com a mínim la mateixa que la del formigó emprat per formigonar el sostre (11).

2.4

L'acer

Armadores passives

Les armadores passives es col·loquen a l'obra a la cara superior del sostre com a reforç de les biguetes a moment negatiu per donar continuïtat a les tramades i per a la formació de xapes de compressió (10.1).

Les armadores han d'estar d'acord amb l'establert per l'article 31 de l'EHE. La sèrie de diàmetres nominals vàlida per a barres corrugades és:

Barres corrugades
6 – 8* – 10* – 12* – 14 – 16* – 20* – 25 – 32 – 40 mm

* Ús habitual en sostres.

A les biguetes, les armadores bàsiques electrosoldades en gelosia poden ser filferros amb els diàmetres següents:

Filferros corrugats o llisos en armadores bàsiques electrosoldades en gelosia
4** – 4,5** – 5 – 6 – 7 – 8 – 9 – 10 – 12 mm

** Aptes només per a elements transversals de connexió de gelosies.

Per a les xapes de compressió, les malles electrosoldades respondran al tipus B 500 T i seran formades per filferros corrugats de la sèrie:

Filferros corrugats en malles electrosoldades
5* – 5,5 – 6 – 6,5 – 7 – 7,5 – 8 – 8,5 – 9 – 9,5 – 10 – 10,5 – 11 – 11,5 – 12 – 14 mm

* En negreta, els recomanats per l'EHE. S'admeten per a malles en xapa de compressió els diàmetres 4 i 4,5 mm.

La denominació i límit elàstic de l'acer d'armadures passives és:

Denominació de l'acer	Límit elàstic
B 400 S	≥ 400 N/mm ²
B 500 S	≥ 500 N/mm ²
B 500 T *	≥ 500 N/mm ²

* Filferros per a malles electrosoldades.

Armadures actives

Les armadures actives es col·loquen en biguetes i lloses alveolars (els elements industrialitzats prefabricats en una instal·lació industrial fixa i exterior a l'obra) i permeten el pretensat (10.2).

Aquestes armadures són regulades per l'article 32 de l'EHE. La sèrie de diàmetres nominals vàlida per filferros de pretensat i la denominació en funció de diàmetres i de la càrrega unitària màxima s'expressen a les taules següents:

Sèrie de diàmetres nominals per a armadures actives

Filferros de pretensat
3 – 4 – 5 – 6 – 7 – 7,5 – 8 – 9,4 – 10 mm

Denominació i límit elàstic d'acer d'armadures actives, en funció del diàmetre

Denominació	Sèrie de diàmetres nominals	Càrrega unitària màxima
Y 1570 C	9,4 – 10	≥ 1570 N/mm ²
Y 1670 C	7 – 7,5 – 8	≥ 1670 N/mm ²
Y 1770 C	3 – 4 – 5 – 6	≥ 1770 N/mm ²
Y 1860 C	4 – 5	≥ 1860 N/mm ²

2.5

El formigó

S'han d'utilitzar i tipificar els formigons tal com ho fa l'EHE (articles 30 i 39.2). Per tant, com a mínim s'emprarà el formigó HA-25 per al formigonat dels sostres i per a la fabricació de qualsevol element resistent de formigó prefabricat. A més, s'han de seguir les prescripcions següents (12):

- Les consistències que s'han d'emprar en el formigonat de sostres seran fluides o toves.
- L'àrid en el formigó per a sostres tindrà un diàmetre 0,4 vegades menor que el gruix de la xapa de compressió, amb un màxim de 20 mm.
- La tipificació de l'ambient serà tal com ho estipula l'EHE als articles 8.2.2 i 8.2.3.

Exemple HA-25/B/20/IIa:

Formigó armat de resistència característica 25 kN/mm^2 , de consistència tova, àrids de 20 mm i ambient IIa.

Projectant sostres

3

3.1

Disseny de sostres amb biguetes

Llum màxima

La llum màxima de sostres amb biguetes (1) serà de 10 m.

Xapa de compressió

La xapa de compressió del sostre (17.a) ha de ser com a mínim de:

- 40 mm sobre biguetes i peces d'entrebigat ceràmic o formigó.
- 50 mm sobre peces d'entrebigat d'altre tipus (com el poliestirè).
- Si la zona sísmica té una acceleració de càlcul superior a 0,16 g, serà de 50 mm.

Cantell del sostre

El cantell total del sostre ha de complir les limitacions de deformacions de fletxa (15.2):

- Fletxa total a temps infinit no major que el menor dels valors* $L/250$ i $L/500 + 1$ cm.
- Fletxa activa per a sostres que suporten envans o murs no major que el menor dels valors $L/500$ i $L/1000 + 0,5$ cm.

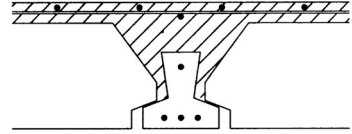
La Instrucció permet obviar el càlcul de la fletxa si el cantell del sostre és, com a mínim, el resultat de l'aplicació de la formulació de l'apartat 15.2.2, amb una llum de càlcul inferior a 7 m i una sobrecàrrega inferior a 4 kN/m^2 . El cantell mínim necessari es pot determinar en funció del tipus de sostre, de la llum, de la càrrega i de la continuïtat estructural entre trams (vegeu l'annex 3).

* L és la llum de càlcul d'acord amb l'article 7 de la Instrucció.

En aquest sentit, hem elaborat unes taules d'obtenció de cantells mínims de sostres que poden ser de gran utilitat a l'hora de predimensionar-los. La primera taula fa referència a sostres amb biguetes pretensades i la segona a biguetes armades. S'entra a cada taula per la llum de càlcul del sostre i la càrrega total d'aquest. Un cop determinats aquests paràmetres, cal triar entre dues situacions:

- Tipus de tram
 - Tram aïllat: sostre isostàtic d'un sol tram recolzat en les parets extremes.
 - Tram continu: casos de sostres amb un mínim de dues tramades amb continuïtat.
- Ús del tram
 - Normal: sostre que suportarà envans o murs.
 - Coberta: sostre de coberta.

Taula de cantell mínim per a sostre de bigueta pretensada

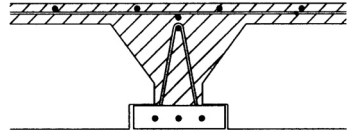


Càrrega total (kN/m ²)	Tipus de tram	Ús del tram	Llum de càlcul (m)						
			4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0
6,0	Aïllat	Normal	18	20	23	26	29	32	35
		Coberta	15	18	20	22	25	28	30
	Continu	Normal	14	17	19	21	24	26	29
		Coberta	13	15	17	19	21	23	26
6,2	Aïllat	Normal	18	21	24	26	30	33	36
		Coberta	15	18	20	23	26	28	31
	Continu	Normal	15	17	19	22	25	27	29
		Coberta	13	15	17	19	22	24	26
6,4	Aïllat	Normal	18	21	24	27	30	33	36
		Coberta	16	18	21	23	26	29	31
	Continu	Normal	15	17	20	22	25	27	30
		Coberta	13	15	17	20	22	24	27
6,6	Aïllat	Normal	18	21	24	27	31	34	37
		Coberta	16	18	21	24	26	29	32
	Continu	Normal	15	18	20	22	25	28	30
		Coberta	13	16	18	20	22	24	27
6,8	Aïllat	Normal	19	22	25	28	31	34	37
		Coberta	16	19	21	24	27	29	32
	Continu	Normal	15	18	20	23	26	28	31
		Coberta	14	16	18	20	23	25	27
7,0	Aïllat	Normal	19	22	25	28	32	35	38
		Coberta	16	19	22	24	27	30	33
	Continu	Normal	16	18	21	23	26	29	31
		Coberta	14	16	18	21	23	25	28

Cantell mínim de sostre en cm.

Els cantells inferiors a 17 cm no són recomanables ni construïbles.

Taula de cantell mínim per a sostres de bigueta armada



Càrrega total (kN/m ²)	Tipus de tram	Ús del tram	Llum de càlcul (m)						
			4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0
6,0	Aïllat	Normal	20	23	26	29	33	36	39
		Coberta	17	19	22	25	28	30	33
	Continu	Normal	16	18	21	23	26	29	32
		Coberta	14	16	18	21	23	25	28
6,2	Aïllat	Normal	20	23	26	30	33	36	40
		Coberta	17	20	22	25	28	31	34
	Continu	Normal	16	19	21	24	27	29	32
		Coberta	14	16	19	21	24	26	28
6,4	Aïllat	Normal	20	24	27	30	34	37	41
		Coberta	17	20	23	26	29	31	34
	Continu	Normal	16	19	22	24	27	30	33
		Coberta	14	17	19	21	24	26	29
6,6	Aïllat	Normal	21	24	27	30	34	37	41
		Coberta	17	20	23	26	29	32	35
	Continu	Normal	17	19	22	25	28	30	33
		Coberta	15	17	19	22	24	27	29
6,8	Aïllat	Normal	21	24	28	31	35	38	42
		Coberta	18	21	23	26	30	32	36
	Continu	Normal	17	20	22	25	28	31	34
		Coberta	15	17	20	22	25	27	30
7,0	Aïllat	Normal	21	25	28	31	35	39	42
		Coberta	18	21	24	27	30	33	36
	Continu	Normal	17	20	23	25	29	31	34
		Coberta	15	17	20	22	25	27	30

Cantell mínim de sostre en cm.
Els cantells inferiors a 17 cm no són recomanables ni construïbles.

Armadura de la xapa de compressió

L'armadura de la xapa de compressió no serà inferior, en cap cas, a 1Ø4 c/35 cm en les dues direccions del sostre (paral·lela a l'embigat i perpendicular); ha de complir, però, la limitació establerta (20). Aplicant la formulació de la Instrucció, podem obtenir la taula que reproduïm més avall, on figura l'armadura mínima necessària de la xapa de compressió en les direccions paral·lela (=) i perpendicular (⊥) a l'embigat segons el tipus de diàmetres amb què es vulgui treballar.

Gruix de la xapa de compressió h_n (mm)	B 400 S $F_{ud} = 347 \text{ N/mm}^2$ $\gamma_r = 1,15$	B 500 S $F_{ud} = 434 \text{ N/mm}^2$ $\gamma_r = 1,15$
40	= 1Ø4c/35 cm 1Ø5c/35 cm	= 1Ø4c/35 cm 1Ø5c/35 cm
	⊥ 1Ø4c/20 cm 1Ø5c/30 cm	⊥ 1Ø4c/25 cm 1Ø5c/30 cm
50	= 1Ø4c/30 cm 1Ø5c/35 cm	= 1Ø4c/35 cm 1Ø5c/35 cm
	⊥ 1Ø4c/15 cm 1Ø5c/25 cm	⊥ 1Ø4c/20 cm 1Ø5c/30 cm

Atès que normalment s'utilitzen malles electrosoldades, les més adients poden ser les de comercialització més habitual, que incloem a la llista següent:

ME 15x15/4-4 B500T
 ME 15x15/5-5 B500T
 ME 15x15/6-6 B500T
 ME 30x15/4-4 B500T
 ME 30x15/4,5-4,5 B500T
 ME 30x15/5-5 B500T
 ME 30x15/6-6 B500T

3.2

Disseny de sostres amb lloses alveolars

Llum màxima

Llum màxima de sostres amb lloses alveolars (1): 20 m

Xapa de compressió

Els sostres de lloses alveolars poden projectar-se amb xapa de compressió o sense. La Instrucció admet la possibilitat de no executar xapa de compressió quan els esforços laterals no siguin importants; tot i així, caldrà justificar aquesta decisió (2.3.c).

Quan es disposi xapa de compressió, haurà de tenir 40 mm de gruix mínim (17.a).

Cantell del sostre de lloses alveolars

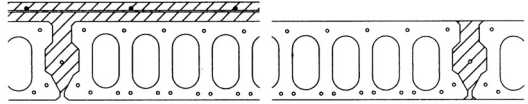
El cantell total del sostre ha de complir les mateixes limitacions de deformacions per fletxa que els sostres de biguetes, és a dir:

- Fletxa total a temps infinit no major que el menor dels valors $L/250$ i $L/500 + 1$ cm.
- Fletxa activa per a sostres que suporten envans o murs no major que el menor dels valors $L/500$ i $L/1000 + 0,5$ cm.

Com en el cas dels sostres de biguetes, la Instrucció permet obviar el càlcul de la fletxa si el cantell del sostre és, com a mínim, el resultat de l'aplicació de la formulació de l'apartat 15.2.2, amb llum de càlcul menor de 12 m i sobrecàrrega inferior a 4 kN/m^2 . El cantell mínim necessari es pot determinar en funció del tipus de sostre, de la llum, de la càrrega i de la continuïtat estructural entre trams (vegeu l'annex 3).

Hem elaborat unes taules d'obtenció de cantells mínims que poden ser de gran utilitat a l'hora de predimensionar el cantell d'un sostre. S'entra a cada taula per la llum de càlcul del sostre i la càrrega total d'aquest. També s'hi distingeixen els casos en què els sostres han de suportar cobertes o bé envans i murs.

**Taules de cantell mínim
per a sostres amb
lloses alveolars pretensades**



Llum de càlcul entre 4 i 8 metres

Càrrega total (kN/m ²)	Ús del tram	Llum de càlcul (m)								
		4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0
6,5	Normal	10	11	13	14	16	18	19	21	23
	Coberta	8	9	10	11	13	14	15	17	18
7,0	Normal	10	12	13	15	17	18	20	22	24
	Coberta	8	9	11	12	13	15	16	18	19
8,0	Normal	11	12	14	16	18	20	21	23	25
	Coberta	9	10	11	13	14	16	17	19	20
9,0	Normal	11	13	15	17	19	21	23	25	27
	Coberta	9	11	12	13	15	16	18	20	21
10,0	Normal	12	14	16	18	20	22	24	26	28
	Coberta	10	11	13	14	16	17	19	21	23
11,0	Normal	13	15	16	19	21	23	25	27	30
	Coberta	10	12	13	15	17	18	20	22	24

Llum de càlcul entre 8,5 i 15 metres

Càrrega total (kN/m ²)	Ús del tram	Llum de càlcul (m)								
		8,5	9,0	9,5	10,0	11,0	12,0	13,0	14,0	15,0
6,5	Normal	24	26	28	30	34	38	42	46	50
	Coberta	20	21	23	24	27	30	34	37	40
7,0	Normal	26	28	30	31	35	39	44	48	NN*
	Coberta	20	22	24	25	28	31	35	38	42
8,0	Normal	27	29	32	34	38	42	47	NN	NN
	Coberta	22	24	25	27	30	34	37	41	45
9,0	Normal	29	31	33	35	40	44	49	NN	NN
	Coberta	23	25	27	28	32	36	39	43	47
10,0	Normal	30	33	35	37	42	47	NN	NN	NN
	Coberta	24	26	28	30	34	37	42	46	50
11,0	Normal	32	34	37	39	44	49	NN	NN	NN
	Coberta	26	28	30	31	35	39	44	48	NN

Cantell mínim de sostre en cm.

Les caselles amb fons blanc corresponen a cantells teòrics que no es comercialitzen normalment; els seus valors són només experimentals amb relació a l'aplicació del mètode.

Les columnes corresponents a 13, 14 i 15 m només són vàlides a títol informatiu, atès que en aquestes condicions sempre cal justificar les deformacions.

* NN: sostres de cantell superior al màxim considerat per la Instrucció (50 cm).

3.3

Detalls constructius

La Instrucció aporta una col·lecció de detalls tipològics que resolen l'enllaç dels sostres de biguetes o lloses amb l'estructura principal de l'edifici. No els reproduïrem aquí, però en resumirem algunes de les condicions bàsiques que han de complir.

Sostres de biguetes (21.2)

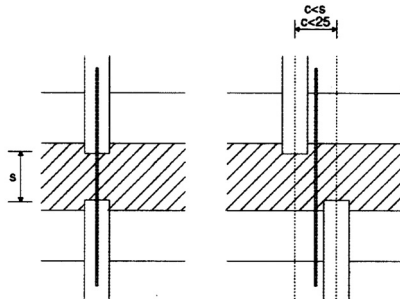
Els enllaços es denominen directes o indirectes. Són directes aquells en què les biguetes recolzen sobre parets o sobre bigues de cantell superior al del mateix sostre. Són indirectes els altres casos, és a dir, quan les biguetes recolzen sobre jàsseres planes, jous o caps de bigues mixtes. L'article 21.2 determina la longitud mínima de la zona de recolzament en funció que es tracti d'un tram extrem o intermedi.

Lloses alveolars (21.3)

Els enllaços de les lloses alveolars poden ser directes o indirectes. Els directes són aquells en què la llosa recolza sobre l'element principal de l'estructura de suport. En aquest cas, a l'hora d'executar el sostre no cal cap mena d'apuntalament. En contraposició, els indirectes són aquells en què l'enllaç es resol per una solució de continuïtat amb armadures disposades en junts i alvèols. El recolzament indirecte es pot executar amb o sense apuntalament. Els casos apuntalats es remeten a l'EHE.

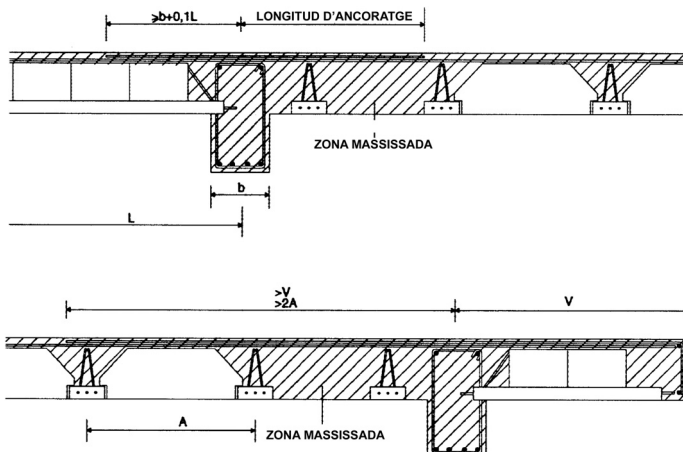
Col·locació de les biguetes (23)

En trams consecutius, les biguetes poden col·locar-se en continuïtat a fi d'obtenir un comportament del sostre assimilable al de la biga continua de diversos trams. Per poder dur a terme aquesta opció, les biguetes s'han d'enfrontar. Es permet, però, que les biguetes, per raó de necessitats de replanteig, puguin desplaçar-se una distància inferior a la que hi hagi entre les dues cares enfrontades de les biguetes (23).

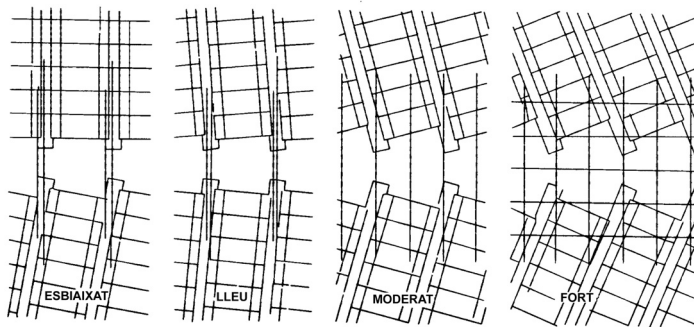


Cas que les biguetes d'un tram s'enfrontin a biguetes perpendiculars en el tram següent, cal adoptar aquestes disposicions:

- L'armadura disposada sobre les biguetes s'ha d'ancorar per prolongació recta en el tram de biguetes perpendiculars.
- S'ha de massissar una zona paral·lela al recolzament.



Una altra qüestió són els enfrontaments de biguetes en forma obliqua. Depenent de l'angle que formin les directrius, s'han d'adoptar mesures que garanteixin la continuïtat mitjançant la col·locació d'armadures com les representades als gràfics.



3.4

Documentació de projecte i execució

La Instrucció exigeix que abans de l'execució dels sostres es gaudeixi, com a mínim, d'un conjunt d'informació que es recull a la memòria i als plànols (3.1) tal com s'indica tot seguit.

A la memòria tècnica:

Dades que han de figurar a la memòria del projecte

<input type="checkbox"/>	Accions de càlcul en les quals siguin identificables la sobrecàrrega prevista i la càrrega total.
<input type="checkbox"/>	Coefficients de seguretat.
<input type="checkbox"/>	Nivell de control.
<input type="checkbox"/>	Característiques del formigó.
<input type="checkbox"/>	Característiques de l'acer.
<input type="checkbox"/>	Sol·licitacions més desfavorables de cada nervi tipus.
<input type="checkbox"/>	Indicació dels components del sostre que gaudeixin d'un distintiu reconegut.
<input type="checkbox"/>	Documentació que acrediti la possessió de distintiu oficial o bé certificats de garantia signats per persona física, respecte de la capacitat a tallant del sostre.

És difícil que, en fase de redacció de projecte executiu, es disposi de la documentació inclosa als dos darrers apartats, perquè sovint es desconeix el fabricant que subministrarà les biguetes. Cal, per tant, preveure que s'haurà d'obtenir aquesta informació abans del muntatge del sostre, de manera que la Direcció Facultativa haurà d'exigir-la i incorporar-la al projecte.

Als plànols:

Els plànols han d'estar signats pel projectista o per la Direcció Facultativa. Si són elaborats per algú altre, hauran de comptar amb la conformitat de la Direcció Facultativa. En qualsevol cas, hauran d'anar signats per la persona física que els hagi realitzat. A més, caldrà que continguin, com a mínim, les dades següents:

Dades que han de figurar als plànols

<input type="checkbox"/>	El cantell total i el gruix de la xapa de compressió.
<input type="checkbox"/>	Dimensió i situació de forats per al pas d'instal·lacions, amb indicació de la forma de solucionar-los.
<input type="checkbox"/>	El tipus d'elements estructurals que es col·locaran a cada zona.
<input type="checkbox"/>	Intereix entre biguetes.
<input type="checkbox"/>	Forma, dimensions i material de l'entrebigat.
<input type="checkbox"/>	Longitud, posició i diàmetre de les armadures que es col·locaran a l'obra.
<input type="checkbox"/>	Apuntalat de cada tram i distància màxima entre sotaponts.
<input type="checkbox"/>	Detalls d'enllaç del sostre amb l'estructura principal i els massissats.

Finalment, cal recordar l'exigència renovada sobre l'Autorització d'ús que ha de posseir el fabricant dels prefabricats amb funció resistent. Aquesta Autorització ha d'anar acompanyada d'una Fitxa de característiques amb dades per al càlcul, l'execució i el control del sostre.

Construint sostres

4

4.1

Execució

Les disposicions sobre l'execució dels sostres són, majoritàriament, molt similars a les de la norma anterior. L'adaptació a l'EHE introdueix algunes modificacions. Els apartats referents a la col·locació d'armadures, l'adormiment del formigó i els processos de desapuntalat són els que en resulten més afectats. Resumirem tot seguit les prescripcions sobre l'execució.

Transport, descàrrega i manipulació (24)

Si hi ha biguetes o lloses malmeses fins al punt que redueixin la capacitat resistent, no s'han d'utilitzar.

Emmagatzematge a l'obra (25)

S'han d'apilar sobre soles amb piles d'1,5 m d'altura màxima. El voladís que es deixi mai no serà superior als 0,5 m.

Apuntalat (26)

Els puntals s'han de col·locar sobre soles que no puguin assentar cas que recolzin sobre el terreny. S'han de travar en dues direccions perpendiculars. Quan el pes propi del sostre sigui superior a 3 kN/m^2 , o bé l'altura de puntals sigui més gran de 4 m, s'ha de fer al projecte un estudi detallat dels apuntalaments. L'apuntalament ha de suportar una càrrega característica equivalent al pes propi del sostre més 1 kN/m^2 .

Col·locació de biguetes i peces d'entrebigat (27)

S'han de col·locar en primer lloc els sotaponts correctament anivellats i, tot seguit, les biguetes amb l'intereix de projecte amb les peces d'entrebigat extremes. Després s'ajusten els puntals i es col·loca la resta de peces d'entrebigat.

Col·locació d'armadures (28)

A diferència de la norma anterior, l'armadura de negatius s'ha de col·locar preferiblement sota l'armadura de repartiment; no obstant això, en determinades condicions de control d'ancoratge i recobriment s'admet de col·locar-la per sobre l'armadura de repartiment.

En sostres de lloses alveolars, les armadures de continuïtat i de la llosa superior s'han de mantenir al seu lloc amb separadors d'acord amb allò que estableix l'EHE als apartats 37.2 i 66.2. El primer dels dos apartats esmentats en defineix la qualitat, mentre que el segon n'estableix la separació. La distància màxima entre separadors serà equivalent a $50\varnothing$ (mai no serà superior a 50 cm). En cap cas es poden utilitzar com a separadors fustes, fragments ceràmics o qualsevol residu d'obra.

Formigonat a l'obra (29)

Aquest apartat ha sofert modificacions en el sentit de suprimir referències a la qualitat del formigó -que avui en dia queda definida a l'EHE-; s'hi han afegit, en canvi, prescripcions per millorar la posada a l'obra i la durabilitat del sostre. S'exigeixen els extrems següents:

- Els elements dels sostres han d'estar nets en el moment de formigonar.
- Els elements ceràmics i de formigó prefabricat han d'estar ben humits.
- El formigó ha de tenir una dosificació que permeti el reblert correcte de nervis i junts.
- Cal formigonar alhora els nervis i la xapa de compressió.
- Cal compactar amb vibrador els junts entre lloses alveolars.

Adormiment del formigó (30)

El control d'aquest procés es remet a l'article 74 de l'EHE. Els comentaris de l'article proposen un mètode de càlcul per tal d'establir el període d'adormiment. Aplicant el mètode als següents paràmetres, s'obté la taula següent que reproduïm més avall:

- Exposició ambiental I i II (per a exposicions ambientals del tipus III, IV i H, cal multiplicar els valors de la taula per 1,15).
- Formigó amb ciment CEM I amb relació aigua/ciment $\geq 0,6$.

Taula de temps d'adormiment en dies

Condicions ambientals durant l'adormiment	T durant l'adormiment		
	T mitjana < 6°C	6°C ≤ T mitjana < 12°C	T mitjana ≥ 12°C
No exposat al sol No exposat al vent Humitat relativa > 80%	7	6	4
Exposició al sol mitjana Velocitat del vent mitjana Humitat relativa de 50 a 80%	9	7	5
Exposició al sol intensa Velocitat del vent alta Humitat relativa < 50%	14	11	8

Desapuntalat (31)

Els terminis de desapuntalat segueixen el que determina l'article 75 de l'EHE. La modificació d'aquests terminis s'ha de documentar i aprovar per la Direcció Facultativa. No es poden treure puntals sense l'autorització de la Direcció Facultativa. La retirada de puntals s'ha de fer des del centre de tram cap a l'extrem; en voladissos, des de l'extrem volat cap a l'arrencada.

Vegem un exemple d'aplicació del càlcul del període de desapuntalat d'acord amb la formulació dels comentaris de l'article 75 de l'EHE. Aquesta taula és vàlida només per al cas de sostre encofrat que, en ser desapuntalat, no rep cap càrrega de puntals de les plantes immediatament superiors (si en reb, es pot consultar l'aplicació del mètode a la publicació "*Guia de aplicació de la Instrucció de Hormigón Estructural EHE*", publicada per la Comissió Permanent del Formigó del Ministeri de Foment).

Taula de temps mínim de desapuntalat, en dies, per a un únic sostre apuntalat

Q/G*	Temperatura mitjana diària durant els dies d'apuntalat en °C					
	5°	10°	15°	20°	25°	30°
2	11	8	6	5	5	4
1,75	12	9	7	6	5	4
1,50	13	10	8	7	6	5
1,25	15	11	9	8	7	6
1	18	13	11	9	8	7

* G és la càrrega de càlcul en el moment de desapuntalar (pes propi del sostre més sobrecàrrega de construcció); Q és la diferència entre la càrrega de càlcul total del sostre menys el valor de G.

S'observa que, en el millor dels casos -quan les temperatures són elevades-, el temps mínim de desapuntalat no baixa dels quatre dies.

Execució d'envans (32)

S'han d'adoptar solucions per evitar l'entrada en càrrega dels envans en produir-se les deformacions pròpies del sostre.

4.2

Control

El control de qualitat dels sostres es concreta en tres apartats:

- Control de recepció d'elements resistents i entrebigats (34)
- Control del formigó i de les armadures (35)
- Control de l'execució (36)

4.2.1 Control de recepció d'elements resistents i entrebigats

Hi ha dos nivells de control: intens i normal. Per a cada subministrament de material que arribi a l'obra, s'ha de fer un control documental i un control de recobriments.

Control documental

Es resumeix a les taules que adjuntem a continuació:

Control documental – Comprovacions prèvies a la recepció		
Se sol·licitarà al fabricant dels elements que componen el sostre:		
<input type="checkbox"/>	Vigència de l'Autorització d'ús	Ha de ser vigent en el moment de l'inici de la construcció dels sostres.
<input type="checkbox"/>	Característiques físicomecàniques	Les característiques físicomecàniques han de ser iguals o superiors a les indicades al projecte d'execució de l'edifici.

Control documental – Comprovacions en cada subministrament a l'obra			
Elements resistents	<input type="checkbox"/>	Marcatge	Han d'arribar marcats amb la data de fabricació i amb les dades identificatives del fabricant i de l'element, amb especificació de la seva longitud; cal que aquestes dades coincideixin amb les del full de subministrament.
	<input type="checkbox"/>	Geometria i armat	Les característiques geomètriques i l'armat han de ser conformes a l'Autorització d'ús i han de coincidir amb el que consta al projecte executiu.
	<input type="checkbox"/>	Recobriment mínim	Els recobriments mínims han de complir els controls de l'article 34.3.
	<input type="checkbox"/>	Certificat distintiu	Han de disposar del certificat acreditatiu de posseir un distintiu oficialment reconegut.
	<input type="checkbox"/>	Certificats garantia	Si és el cas, cal comprovar que disposa de: - Certificat de garantia de resistència a esforç tallant per a sostres de biguetes sense armadura transversal. - Certificat de garantia de resistència a esforç rasant en sostres sense armadures de cosit.
Peces d'entrebogat	<input type="checkbox"/>	Geometria	La geometria ha de correspondre a la indicada a l'Autorització d'ús i coincidir amb el que especifica el projecte executiu.
	<input type="checkbox"/>	Certificats	<input type="checkbox"/> Certificat de compliment d'assaig de trencament a flexió. <input type="checkbox"/> Certificat d'expansió per humitat, si són ceràmiques.
	<input type="checkbox"/>	Resistència al foc	Garantia documental de comportament de reacció al foc -almenys M1- si no són ceràmiques o de formigó.

Control de recobriments

Si la Direcció Facultativa no indica una altra cosa, el control de recobriments pot no efectuar-se quan es tracti d'elements resistents que tinguin un distintiu oficialment reconegut.

El control s'ha de fer sobre una mostra de les biguetes o lloses que han arribat a l'obra, abans de col·locar-les al lloc definitiu.

L'extensió de lots i el nombre d'assaigs de control consten a la taula que segueix:

Determinació de lots per al control de recobriments

Tipus de sostre	Mida del lot	Control intens Núm. d'assaigs	Control normal Núm. d'assaigs
Interior	500 m ² sense excedir dues plantes	2	1
Coberta	400 m ²	2	1
Sanitari	300 m ²	2	1
Exterior	150 m ² sense excedir una planta	2	1

Determinats els lots, es procedeix a la realització de l'assaig segons que es tracti d'un element amb armadures actives o passives.

Assaig de recobriment

Tipus d'armadura	Tipus d'assaig	Situació d'assaig	Assaig
Activa	Visual	A les dues vores de l'element	Mesura de la distància des de les armadures a les vores
Passiva	Repicat	Tres seccions, una situada al centre	

Els elements repicats per a fer l'assaig no es poden col·locar en cap sostre. Realitzat l'assaig de recobriment, s'avaluen els resultats i es verifiquen per a cada assaig.

Criteri de valoració de l'assaig

Expressió d'avaluació*	Condicions que cal complir simultàniament per a cada mostra	
$\delta = r_{\min} - x_i$	<input type="checkbox"/>	No presentar cap armadura amb $\delta > 3\text{mm}$
	<input type="checkbox"/>	Presentar com a màxim una armadura amb $\delta > 2\text{mm}$

* r_{\min} és el recobriment mínim d'acord amb la taula 37.2.4 de l'EHE.
 x_i és el valor mínim del recobriment real obtingut de l'assaig.

Criteri d'acceptació o rebutj

S'acceptaran els lots que compleixin el control documental i els que superin en totes les mostres l'assaig de recobriments. Si algun element no compleix les condicions de l'assaig de recobriments, es rebutjarà.

4.2.2 Control del formigó i de les armadures

El control de qualitat del formigó emprat per al formigonat de sostres, així com el de l'acer col·locat a l'obra, seguirà el que estableix la Instrucció EHE. Recordarem aquí tan sols els articles de referència:

- Control del formigó: articles 81, 26, 27 28 i 29
- Control de l'acer: article 90

La Instrucció desaconsella l'ús de formigons no fabricats en una central. Cas d'emprar-los, cal aplicar-hi els controls definits a l'EHE.

4.2.3 Control de l'execució

S'ha de dur a terme seguint el que estableix la Instrucció EHE a l'article 95. Durant l'execució del sostre, s'han de comprovar els aspectes següents:

Control d'execució

<input type="checkbox"/>	Emmagatzematge	L'emmagatzematge ha de complir el que estableix l'article 25 de l'EFHE.
<input type="checkbox"/>	Estat de bigues i lloses	Les biguetes o lloses alveolars no han de presentar danys que n'afectin la capacitat resistent.
<input type="checkbox"/>	Enllaços i recolzaments	Els enllaços i recolzaments són correctes, segons l'article 21 de l'EFHE.
<input type="checkbox"/>	Apuntalats	L'execució d'apuntalats és correcta, així com la distància entre sotapunts i la resistència de puntals (article 26).
<input type="checkbox"/>	Col·locació	La col·locació de les biguetes ha de coincidir amb la prevista al projecte.
<input type="checkbox"/>	Armadures	La longitud i diàmetre de les armadures col·locades a l'obra són els indicats als plànols.
<input type="checkbox"/>	Separadors	La posició i fixació de les armadures es realitza amb separadors adients (article 28).
<input type="checkbox"/>	Disposicions constructives	Les disposicions constructives són les previstes al projecte.
<input type="checkbox"/>	Neteja i humitejat	S'han de netejar i humitejar les superfícies dels elements abans del formigonat (article 29).
<input type="checkbox"/>	Gruix de la xapa de compressió	El gruix de la llosa superior formigonada a l'obra coincideix amb l'establert al projecte.
<input type="checkbox"/>	Compactació i adormiment	La compactació i l'adormiment del formigó són correctes (article 30).
<input type="checkbox"/>	Desapuntalat	Es compleixen les condicions per procedir al desapuntalat (article 31).
<input type="checkbox"/>	Toleràncies	Les toleràncies són les establertes al plec de prescripcions tècniques particulars.
<input type="checkbox"/>	Cantell*	El cantell total ha de ser el previst al projecte.
<input type="checkbox"/>	Forats*	La posició i dimensió dels forats són les previstes al projecte o estan documentalment acceptades per la Direcció Facultativa.

* No són literals de la Instrucció.

4.3

Documentació final d'obra

La Llei d'Ordenació de l'Edificació, tal com ja ho prescrivia la Llei de l'Edificació de Catalunya, estableix la necessitat d'elaborar una documentació final d'obra que reflecteixi la realitat de les obres executades i reculli les variacions realitzades sobre el projecte executiu. La Instrucció que ens ocupa, seguint en aquesta línia, estipula que a la documentació final d'obra hi hagi un apartat referent al sostre. Aquest apartat ha de contenir (3.2):

Documentació final d'obra

<input type="checkbox"/>	Autorització d'ús	Còpia de la fitxa de característiques tècniques del sostre emprat amb el segell de l'Autorització d'ús.
<input type="checkbox"/>	Plànols	Plànols dels sostres realment executats, amb la inclusió de les modificacions que s'hagin efectuat respecte del projecte executiu.
<input type="checkbox"/>	Assaig de dilatació	Si s'han utilitzat peces d'entrebigat ceràmic, els resultats de l'assaig de dilatació potencial emesos -com a màxim sis mesos abans de ser emprades- pel laboratori acreditat.
<input type="checkbox"/>	Reacció al foc	Si s'han utilitzat peces d'entrebigat de poliestirè, el certificat de comportament de reacció al foc.
<input type="checkbox"/>	Distintius oficials	Certificat acreditatiu de posseir un distintiu oficialment reconegut; cas de no disposar-ne, s'ha d'aportar una justificació documental, signada per una persona física, referida als resultats de control intern del formigó del darrer mes, i dels de flexió i tallant de les biguetes o lloses alveolars dels darrers sis mesos.
<input type="checkbox"/>	Control de recepció	Resultats del control de recepció.
<input type="checkbox"/>	Control d'execució	Resultats del control d'execució del sostre.
<input type="checkbox"/>	Certificat del fabricant	Certificat del fabricant signat per una persona física, on s'indiqui la conformitat del material subministrat amb allò que consta a l'Autorització d'ús.

Calculant sostres

5

En la línia del que s'ha comentat a la Introducció, volem recordar que aquesta guia no pretén substituir l'aprofundiment en el text legal, sempre necessari, perquè ens trobem davant d'una Instrucció amb un ús molt específic per als professionals del càlcul estructural i per als industrials fabricants de productes.

Aquest darrer capítol s'orienta a revisar els diferents conceptes de càlcul i identificar-ne les principals novetats. Com a primera aproximació, cal dir que els mètodes generals de càlcul no han sofert grans canvis. La teoria dels estats límit en continua sent la base teòrica. Les modificacions que s'hi han introduït es poden resumir en quatre aspectes:

- S'han adaptat les prescripcions a la normativa EHE.
- S'han modificat de forma important algunes comprovacions d'esforços rasants i tallants.
- S'han afegit comprovacions relatives a nous estats límit.
- S'ha inclòs un mètode simplificat per al càlcul de fletxes.

Finalment, els annexos de la Instrucció aporten potser les novetats més importants, en tant que proposen mètodes de comprovació enfront de situacions reals de projecte que abans no quedaven definides:

- Repartiment transversal de càrregues lineals i puntuals en sostres de biguetes (annex 2 de la Instrucció).
- Repartiment transversal de càrregues lineals i puntuals en sostres de lloses alveolars (annex 3 de la Instrucció).
- Coaccions no desitjades en lloses alveolars (annex 4 de la Instrucció).
- Assaigs de resistència a esforç tallant en sostres de biguetes sense armadura transversal (annex 5 de la Instrucció).
- Assaigs de resistència a esforç rasant en sostres sense armadura de cosit (annex 6 de la Instrucció).

Per tal de fer un repàs senzill als diferents temes involucrats en el càlcul, recollits als articles 14, 15 i 16 de la Instrucció, reproduïrem els títols dels articles seguint la mateixa numeració que consta al text legal i fent-ne els comentaris oportuns. Abans, però, glossarem les aportacions sobre les bases de càlcul i anàlisi estructural recollides al capítol segon de la Instrucció.

5.1

Bases de càlcul

Se segueixen les directrius que marca l'EHE des de la seva publicació, però amb la incorporació dels conceptes de fiabilitat i durabilitat. Pel que fa a l'anàlisi estructural, els canvis són mínims. Ho resumim en els punts següents:

- La Instrucció adopta el mètode dels estats límit per assegurar la fiabilitat del projecte. S'adopten una sèrie de coeficients que ponderen les variables de sol·licitacions, resistència i dimensions que s'utilitzen per al càlcul. Es tendeix a reduir els errors d'execució amb sistemes d'assegurament de la qualitat, que abracen des del projecte fins al manteniment, passant per l'execució i l'ús. Respecte del càlcul, s'han de considerar tres situacions: les permanents, les transitòries i les accidentals (5.1).
- Es fixa una estratègia per afrontar la durabilitat dels sostres paral·lela a la que l'EHE estableix per a d'altres elements estructurals. La Instrucció remet a les taules de l'EHE per a la determinació de les exposicions ambientals. En definitiva, l'ambient que defineix el sostre ve determinat per la classe general enfront de la corrosió d'armadures i per la classe específica quant a degradacions diferents de la corrosió (5.3).
- Les accions de càlcul es ponderen amb els coeficients establerts a l'article 12 de l'EHE i es combinen d'acord amb el 13. Es proposen, però, uns coeficients alternatius de menor valor que es poden emprar cas de treballar amb elements resistents prefabricats que tinguin un distintiu oficialment reconegut, sempre que en el control d'obra es duguin a terme i es documentin una sèrie de comprovacions (6).
- Els aspectes relatius a l'anàlisi de sol·licitacions, com ara la llum de càlcul, el càlcul lineal en la hipòtesi de biga contínua d'inèrcia constant i la redistribució de les lleis de moments, es conserven tal com figuraven a la norma anterior.

També es manté el valor de moment negatiu mínim en recolzaments sense continuïtat $-1/4$ del positiu del tram-, així com el de moment positiu mínim al centre del tram $-1/2$ de l'isostàtic del tram- (7).

- S'incorporen les referències als annexos 2, 3 i 4, relatius, respectivament, a:
 - Repartiment transversal de càrregues lineals i puntuals en sostres de biguetes.
 - Repartiment transversal de càrregues lineals i puntuals en sostres de lloses alveolars.
 - Consideració de coaccions no desitjades en lloses recolzades sense continuïtat (7).
- El tractament dels esforços de pretensat i les pèrdues de força es mantenen també com a l'anterior norma; només s'observa una lleugera reducció del valor de tensions de compressió posteriors a la transferència, que passa del 62,5% al 60% de la resistència característica a compressió del formigó a l'edat en què aquesta es produeix (8).

5.2

Els estats límit últims

Corresponen a l'article 14 de la Instrucció, que repassem tot seguit, incidint especialment en les modificacions introduïdes:

14 *Estats límit últims*. No presenta canvis

14.1 *Estat límit d'esgotament enfront de sol.licitacions normals*

S'ha adaptat el contingut a l'EHE, referint-lo a l'article 42.

14.2 *Estat límit d'esgotament enfront del tallant*

14.2.1 *Sostre de biguetes*

L'esgotament per tracció obliqua en biguetes sense armadura transversal es redueix a la meitat. S'accepten valors de resistència més grans quan hi ha un determinat control de producció d'acord amb el que estableix l'annex 5 de la Instrucció.

14.2.2 *Sostre de lloses alveolars pretensades*

14.2.2.1 *Tallant longitudinal*

Es modifica la determinació de l'esforç tallant d'esgotament per tracció de l'ànima a la zona en què $M_d \geq M_0$. La formulació canvia per adaptar-se a l'apartat 44.2.3.2.1 de l'EHE.

14.2.2.2 Tallant vertical en junts

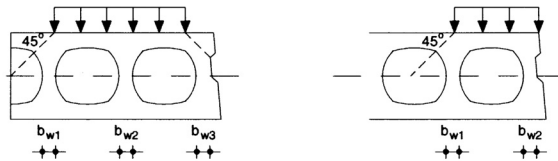
Sense canvis.

14.3 Estat límit d'esgotament per esforç rasant

S'adapta la formulació a l'article 47.2 de l'EHE. S'admet un increment del valor admissible d'esforç rasant en sostres de biguetes, que ara es quantifica en un 20%, sempre que es justifiqui d'acord amb els assaigs de l'annex 6 de la Instrucció.

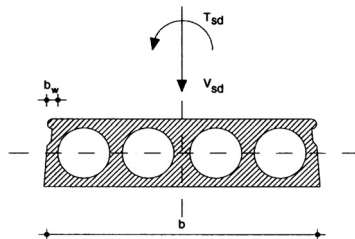
14.4 Estat límit de punxonament en sostres

Es manté igual, però s'hi s'afegeixen al final condicions per a l'aplicació de les fórmules i disposicions constructives. D'aquesta manera es determina la forma d'actuar en el cas de càrregues concentrades sobre lloses alveolars i de col·locació de reforços passius; s'estudia també el cas de càrregues en vores.



14.5 Estat límit d'esgotament per torsió en lloses alveolars pretensades

El càlcul d'aquest estat límit és nou. Es proposa una formulació per avaluar la capacitat a tallant de lloses sotmeses simultàniament a esforços de torsió i tallants.



14.6 Casos especials de càrrega i suport

14.6.1 Flexió transversal per raó de càrrega concentrada en lloses alveolars pretensades

És un apartat nou que limita les càrregues concentrades sobre lloses alveolars sense armadura per al repartiment transversal de càrregues. Aquest tipus de càrregues s'ha de limitar perquè les lloses prefabricades no tenen armadura transversal. Es plantegen, doncs, dues situacions: la de càrregues a la vora de la llosa i la de càrregues a l'interior de la llosa.

14.6.2 *Capacitat de càrrega de lloses alveolars pretensades recolzades en tres vores*

També és un apartat nou. Indica la forma de considerar els moments torsors que apareixen a les vores de les lloses. Per a aquests casos, es proposa també una limitació de la capacitat de càrrega de la llosa.

5.3

Els estats límit de servei

Són definits a l'article 15 de la Instrucció:

15 *Estats límit de servei*

15.1 *Estat límit de fissuració*

S'actualitza el contingut fent referència a l'article 49 de l'EHE, a partir del qual es realitzen les comprovacions de fissuració enfront de diferents tipus d'esforços.

15.1.1 *Fissuració per compressió*

És un apartat nou que especifica la comprovació d'aquestes fissures a través de l'apartat 49.2.1 de l'EHE.

15.1.2 *Fissuració per tracció*

És un apartat nou. Especifica, fent referència a l'apartat 49.2.4 de l'EHE, les màximes obertures de fissures en funció dels ambients o classes d'exposició i estableix com a mètode de càlcul el de l'apartat 49.2.5 de la mateixa Instrucció.

15.2 *Estat límit de deformació*

S'actualitza la referència normativa a l'article 50 de l'EHE, tot i que s'han de complementar les directrius generals de l'EHE amb les particulars que aporta la nova Instrucció de sostres de biguetes i lloses.

15.2.1 *Límits de fletxa*

S'han reduït de tres a dos els casos de limitacions de fletxes. La reducció ha consistit, de fet, a limitar la fletxa activa admissible amb el mateix valor per a

sostres que suporten envans que per a sostres que suporten murs. La instrucció ha conservat l'opció més restrictiva, que correspon al cas de murs.

15.2.2 *Cantell dels sostres*

El mètode de verificació dels cantells mínims de sostre, que permet obviar la justificació de compliment de límits de fletxa, s'ha adaptat a la simplificació comentada a l'apartat anterior. Ara, la taula de coeficients estableix únicament dos tipus de càrrega: sostres de coberta o sostres amb envans o murs. A l'apartat 3.1 d'aquesta guia s'ha fet una aplicació d'aquest mètode.

15.2.3 *Càlcul de fletxa*

15.2.3.1 *Mètode general*

S'actualitza la referència normativa a l'article 50.2.1 de l'EHE.

15.2.3.2 *Mètode simplificat*

Aquest apartat és nou, encara que, de fet, consisteix en una adaptació del mètode simplificat de l'EHE al cas de sostres. El càlcul de la fletxa total es planteja com la suma de la fletxa instantània més la diferida.

Per al càlcul de la fletxa instantània, es proposa un valor d'inèrcia equivalent que proporciona la participació de la inèrcia del sostre al centre de tram i als recolzaments o encastaments.

Pel que fa a la fletxa diferida, es proposa el mateix procediment que es troba a l'apartat 50.2.2.3 de l'EHE, és a dir, multiplicar la fletxa instantània per un factor que té en compte la quantia geomètrica de l'armadura a compressió i la durada de la càrrega.

5.4

Comprovacions prèvies al formigonat a l'obra

Són objecte de l'article 16 de la Instrucció:

16.1 *Condicions d'apuntalat i col·locació de sotaponts*

Sense canvis. Només s'ha actualitzat la referència a l'article 12.1 de l'EHE.

16.2 *Comprovacions de biguetes i lloses alveolars pretensades*

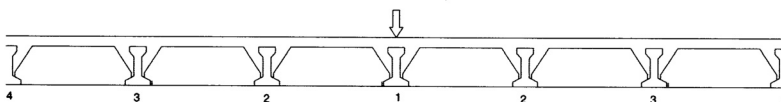
Sense canvis.

5.5

Els annexos de càlcul

Annex 2. Repartiment transversal de càrregues lineals i puntuals en sostres de biguetes

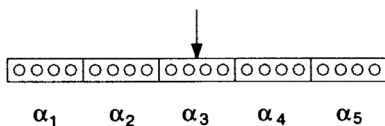
Estableix un mètode per avaluar la contribució de les biguetes en el repartiment transversal de càrregues lineals i puntuals en funció de la distància respecte de la càrrega. S'especifica també l'armadura transversal que s'ha de disposar a la xapa de compressió en funció dels valors de càrrega que calgui repartir.



Les biguetes en posició 4 respecte del punt d'aplicació de la càrrega ja no contribueixen al repartiment. Les posicions 3, 2 i 1 tenen una participació creixent d'acord amb la seva proximitat a la càrrega.

Annex 3. Repartiment transversal de càrregues lineals i puntuals en sostres de lloses alveolars

Es proposen dos mètodes per avaluar el repartiment transversal de càrregues sobre les lloses alveolars. El primer mètode, anomenat de “distribució de la càrrega segons la teoria de l'elasticitat”, suposa un repartiment de les càrregues entre un nombre determinat d'elements de llosa alveolar. El segon mètode, anomenat “sense distribució de càrrega”, suposa que cada element de llosa alveolar ha de suportar totes les càrregues que li són aplicades. La utilització d'un mètode o altre depèn del fet que es limitin o no es limitin els desplaçaments laterals de les lloses. Les taules per a l'aplicació dels mètodes figuren al mateix annex.



Annex 4. Coaccions no desitjades en lloses alveolars pretensades

Aquest annex tracta del fet que les lloses recolzades als extrems sofreixen sovint coaccions imposades per d'altres elements estructurals o constructius que n'impedeixen el gir. Aquesta característica pot afavorir l'aparició de fissures o patologies per tallants a les proximitats del recolzament. L'annex indica tres sortides per resoldre el cas: projectar els recolzaments sense coacció de girs, calcular la unió de manera que les fissures que apareguin no siguin perilloses o considerar en el càlcul els moments negatius originats per les coaccions. Pel que fa a aquest tercer punt, es desenvolupa un procediment que permet determinar la col·locació d'armadura suplementària o solucions constructives concretes en funció del valor dels moments originats per les coaccions.

Annex 5. Assaigs de resistència a esforç tallant en sostres de biguetes sense armadura transversal

La resistència a tallant d'aquests sostres es pot augmentar respecte de la indicada per defecte a la Instrucció si es compleixen les prescripcions de l'annex, que es basen en una sèrie de limitacions tipològiques i en un determinat control de producció. Pel que fa a la tipologia, es limita a sostres de biguetes pretensades, de cantell total de 35 cm com a màxim i gruix d'ànima de les biguetes no superior a 6 cm. Com a resultat dels assaigs establerts, s'emet un certificat de garantia que s'ha d'adjuntar a la documentació de l'obra.

Annex 6. Assaigs de resistència a esforç rasant en sostres sense armadura de cosit

S'aplica aquest annex per justificar l'increment del 20% de capacitat a esforç rasant respecte del que marca per defecte la Instrucció. Es pot aplicar per a sostres de cantell total d'un màxim de 35 cm. Com a resultat dels assaigs establerts, s'emet un certificat de garantia que s'ha d'adjuntar a la documentació de l'obra.

Annexos

Annex 1

Equivalència dels articles entre les instruccions EFHE i EF-96

A la taula següent es mostra la correspondència de cada article de la nova Instrucció amb els de la precedent. En els casos en què es tracta de disposicions noves i l'article no té un correlat a la norma precedent, la manca de relació s'hi indica amb *s/r*. La correspondència només vol fer palès que els articles especificats tracten del mateix tema, malgrat que les prescripcions concretes puguin ser diferents, tal com s'ha indicat en aquesta publicació.

Taula d'equivalència d'articles entre normatives

EFHE	EF-96	EFHE	EF-96
Capítol 1 Introducció		15.2.1	6.3.6.2
1	1/1.2.1/1.2.2/1.2.3	15.2.2	6.3.6.3
2.1	1.2	15.2.3	6.3.6.1
2.2	1.2.1	16	5
2.3	1.2.2	Capítol 5 Condicions generals i constructives	
3.1	10.1	17	4
3.2	10.2	18	4.2
4	1.3	19	4.3
Capítol 2 Bases de càlcul i anàlisi estructural		20	4.4
5	s/r	21	7
6	6.1	22	7.2
7	6.2	23	7.3
8	2.3	Capítol 6 Execució	
Capítol 3 Propietats tecnològiques dels materials		24	8.1
9	s/r	25	8.2
10.1	2.1	26	8.3
10.2	2.2/2.3	27	8.4
10.3	s/r	28	8.5
11	3	29	8.6
12	s/r	30	8.7
13	s/r	31	8.8
Capítol 4 Càlculs relatius als estats límit		32	s/r
14	6.3.1	Capítol 7 Control	
14.1	6.3.2	33	s/r
14.2	6.3.3	34	9.1
14.2.1	6.3.3.1	35	9.2
14.2.2	6.3.3.2	36	9.3
14.3	6.3.3.1	Annexos	
14.4	6.3.4	annex 1	annex 1
14.5	s/r	annex 2	s/r
14.6	s/r	annex 3	s/r
15	s/r	annex 4	s/r
15.1	6.3.5	annex 5	s/r
15.2	6.3.6	annex 6	s/r

Annex 2

Unitats de mesura i taules de conversió

Les unitats que s'han d'emprar en tota la documentació relativa a sostres són les del Sistema Internacional (S.I.). Recordem les principals unitats i algunes equivalències fonamentals:

Concepte mesurat	Unitat de mesura*
Resistència i tensió	$\text{N/mm}^2 = \text{MN/m}^2 = \text{MPa}$
Força	kN
Força per unitat de longitud	kN/m
Força per unitat de superfície	kN/m^2
Força per unitat de volum	kN/m^3
Moment	mkN

* N= Newton kN= kiloNewton MN= MegaNewton MPa=MegaPascal

Les equivalències entre unitats són les següents:

Newton - kilopond
$1 \text{ N} = 0,102 \text{ kp} \cong 0,1 \text{ kp}$
$1 \text{ kp} = 9,8 \text{ N} \cong 10 \text{ N}$

Newton/mil·límetre quadrat i kilopond/centímetre quadrat
$1 \text{ N/mm}^2 = 10,2 \text{ kp/cm}^2 \cong 10 \text{ kp/cm}^2$
$1 \text{ kp/cm}^2 = 0,098 \text{ N/mm}^2 \cong 0,1 \text{ N/mm}^2$

Exemples d'aplicació en casos habituals en el càlcul de sostres:

Concepte	M.K.S	S.I.
Resistència característica del formigó	250 kp/cm^2	25 N/mm^2
Resistència característica de l'acer	5100 kp/cm^2	510 N/mm^2
Pes propi d'un sostre	250 kp/m^2	$2,5 \text{ kN/m}^2$
Densitat del formigó armat	2500 kp/m^3	25 kN/m^3
Sobrecàrrega d'ús en garatges	400 kp/m^2	4 kN/m^2
Sobrecàrrega lineal de barana	200 kp/m	2 kN/m
Càrrega puntual	1 T	10 kN
Moment d'un sostre	2 mT	20 mkN
Esforç tallant	5 T	50 kN

Annex 3

Cantells mínims de sostres per obviar la comprovació de deformacions

Limitacions del mètode

Sobrecàrregues menors de 4 kN/m²

Sostre de biguetes: llum de càlcul menor de 7 m

Sostre de lloses alveolars: llum de càlcul menor de 12 m

Cantell mínim h_{\min}

$$h_{\min} = \delta_1 \delta_2 L / C$$

amb els valors

$$\delta_1 = \sqrt{q/7} \quad \text{on } q \text{ és la càrrega total en kN/m}^2$$

$$\delta_2 = \sqrt[4]{L/6}$$

L = Llum de càlcul del sostre en metres

C = Coeficient de la taula següent:

Taula de coeficient C

Element resistent	Tipus de sostre	Coeficient C		
		Aïllat extrem interior		
Biguetes armades	Amb envans o murs	17	21	24
	Cobertes	20	24	27
Biguetes pretensades	Amb envans o murs	19	23	26
	Cobertes	22	26	29
Lloses alveolars pretensades	Amb envans o murs	36	--	--
	Cobertes	45	--	--

Per a voladissos amb envans o murs c = 6. En d'altres casos, c = 9.

Annex 4

Taules d'aplicació de l'EHE

Taula 8.2.2 Classes generals d'exposició relatives a la corrosió a les armadures

CLASSE GENERAL D'EXPOSICIÓ		Tipus de procés	Descripció	Exemples
Classe	Subclasse			
No agressiva	I	Cap	-Interiors d'edificis, no sotmesos a condensacions. -Elements de formigó en massa.	-Interiors d'edificis, protegits de la intempèrie.
	humitat alta	Corrosió d'origen diferent dels clorurs	-Interiors sotmesos a humitats relatives mitjanes altes (> 65%) o a condensacions. -Exteriors en absència de clorurs i exposats a la pluja en zones amb precipitació mitjana anual superior a 600 mm. -Elements enterrats o submergits.	-Soterranis no ventilats. -Fonamentacions. -Taulers i piles de ponts en zones amb precipitació mitja anual superior a 600 mm. -Elements de formigó en cobertes d'edificis.
Normal	humitat mitjana	Corrosió d'origen diferent dels clorurs	-Exteriors en absència de clorurs, sotmesos a l'acció de l'aigua de pluja, en zones amb precipitació mitja anual inferior a 600 mm.	-Construccions exteriors protegides de la pluja. -Taulers i piles de ponts, en zones de precipitació mitja anual inferior a 600 mm.
	aèria	Corrosió per clorurs	-Elements d'estructures marines, per damunt del nivell de plenamar. -Elements exteriors d'estructures situades prop de la línia costera (a menys de 5 km).	-Edificacions properes a la costa. -Ponts propers a la costa. -Zones aèries de dics, pantallans i altres obres de defensa litoral. -Instal·lacions portuàries.
Marina	submergida	Corrosió per clorurs	-Elements d'estructures marines submergides permanentment, per davall del nivell mínim de baixamar.	-Zones submergides de dics, pantallans i altres obres de defensa litoral. -Fonamentacions i zones de piles de ponts submergides en el mar.
	en zona de mareas	Corrosió per clorurs	-Elements d'estructures marines situades a la zona d'amplitud de les mareas.	-Zones situades en el recorregut de marea de dics, pantallans i altres obres de defensa litoral. -Zones de piles de ponts sobre el mar, situades en el recorregut de marea.
Amb clorurs d'origen diferent del mitjà marí	IV	Corrosió per clorurs	-Instal·lacions no impermeabilitzades en contacte amb aigua que presenta un contingut elevat de clorurs, no relacionats amb l'ambient marí. -Superfícies no impermeabilitzades exposades a sals de desglac.	-Piscines. -Piles de passos superiors o passarel·les en zones de neu. -Estacions de tractament d'aigua.

Taula 8.2.3.a Classes específiques d'exposició relatives a processos de deteriorament diferents de la corrosió

CLASSE ESPECÍFICA D'EXPOSICIÓ				Exemples
Classe	Subclasse	Designació	Tipus de procés	
Química agressiva	Feble	Qa	Atac químic	- Instal·lacions industrials, amb substàncies poc agressives segons la taula 8.2.3.b. - Construccions properes a àrees industrials, amb agressivitat feble segons la taula 8.2.3.b. - Blocs i altres elements per a dics.
	Mitjana	Qb	Atac químic	- Estructures marines, en general. - Instal·lacions industrials amb substàncies d'agressivitat mitjana segons la taula 8.2.3.b. - Construccions properes a àrees industrials, amb agressivitat mitjana segons la taula 8.2.3b. - Instal·lacions de conducció i tractament d'aigües residuals amb substàncies d'agressivitat mitjana segons la taula 8.2.3.b.
	Forta	Qc	Atac químic	- Instal·lacions industrials, amb substàncies d'agressivitat alta d'acord amb la taula 8.2.3.b. - Instal·lacions de conducció i tractament d'aigües residuals, amb substàncies d'agressivitat alta d'acord amb la taula 8.2.3.b.
Amb gelades	Sense sals fundents	H	Atac glaç-desglaç	- Elements situats en contacte freqüent amb aigua, o zones amb humitat relativa mitjana ambiental a l'hivern superior al 75% i que tinguin una probabilitat anual superior al 50% d'assolir almenys una vegada temperatures per sota dels -5°C.
	Amb sals fundents	F	Atac per sals fundents	- Elements destinats al trànsit de vehicles o vianants en zones amb més de 5 nevades anuals o amb un valor mitjà de la temperatura mínima als mesos d'hivern inferior a 0°C.
Erosió		E	Abrasió, cavitació	- Taulers de ponts o passarel·les en zones d'alta muntanya. - Piles de pont en llits molt torrencials. - Elements de dics, pantalans i altres obres de defensa litoral que es trobin sotmesos a onades forts. - Paviments de formigó. - Canonades d'alta pressió.

Taula 8.2.3.b Classificació de l'agressivitat química

Tipus de medi agressiu	Paràmetres	Tipus d'exposició		
		Qa	Qb	Qc
		Atac feble	Atac mitjà	Atac fort
Aigua	Valor del pH	6,5 - 5,5	5,5 - 4,5	< 4,5
	CO ₂ agressiu (mg CO ₂ /l)	15 - 40	40 - 100	> 100
	Íon amoni (mg NH ₄ ⁺ / l)	15 - 30	30 - 60	> 60
	Íon magnesi (mg Mg ²⁺ / l)	300 - 1000	1000 - 3000	> 3000
	Íon sulfat (mg SO ₄ ²⁻ / l)	200 - 600	600 - 3000	> 3000
	Residu sec (mg / l)	> 150	50-150	< 50
Sòl	Grau d'acidesa Baumann-Gully	> 20	*	*
	Íon sulfat (mg SO ₄ ²⁻ / kg de sòl sec)	2000 - 3000	3000-12000	>12000

* Aquestes condicions no es produeixen a la pràctica.

Taula 37.3.2.a Relació màxima aigua/ciment i contingut mínim de ciment

Paràmetre de dosificació	Tipus de formigó	Classe d'exposició												
		I	Ila	IIb	IIIa	IIIb	IIIc	IV	Qa	Qb	Qc	H	F	E
Relació màxima a/c	Massa	0,65	-	-	-	-	-	-	0,50	0,50	0,45	0,55	0,50	0,50
	Armat	0,65	0,60	0,55	0,50	0,50	0,45	0,50	0,50	0,50	0,45	0,55	0,50	0,50
	Pretensat	0,60	0,60	0,55	0,50	0,45	0,45	0,45	0,50	0,45	0,45	0,55	0,50	0,50
Contingut mínim de ciment (kg/m ³)	Massa	200	-	-	-	-	-	-	275	300	325	275	300	275
	Armat	250	275	300	300	325	350	325	325	350	350	300	325	300
	Pretensat	275	300	300	300	325	350	325	325	350	350	300	325	300

Taula 37.2.4 Recobriments mínims

Resistència característica del formigó [N/mm ²]	Tipus d'element	Recobriment mínim [mm] segons la classe d'exposició **										
		I	Ila	IIb	IIIa	IIIb	IIIc	IV	Qa	Qb	Qc	
$25 \leq f_{ck} < 40$	General	20	25	30	35	35	40	35	40	*	*	
	Elements prefabricats i làmines	15	20	25	30	30	35	30	35	*	*	
$f_{ck} \geq 40$	General	15	20	25	30	30	35	30	35	*	*	
	Elements Prefabricats i làmines	15	20	25	25	25	30	25	30	*	*	

Cal recordar que els recobriments de projecte són els anomenats “nominals”. Aquests són els mínims més un valor de:

- 0 mm per a elements prefabricats amb control d'execució intens.
- 5 mm per a elements in situ amb control d'execució intens.
- 10 mm per a la resta de casos.

ITeC

**Institut de
Tecnologia de la Construcció
de Catalunya**

Wellington 19
E-08018 Barcelona
tel. 933 09 34 04
fax 933 00 48 52

e-mail: comercial@itec.es
http: [//www.itec.es](http://www.itec.es)

