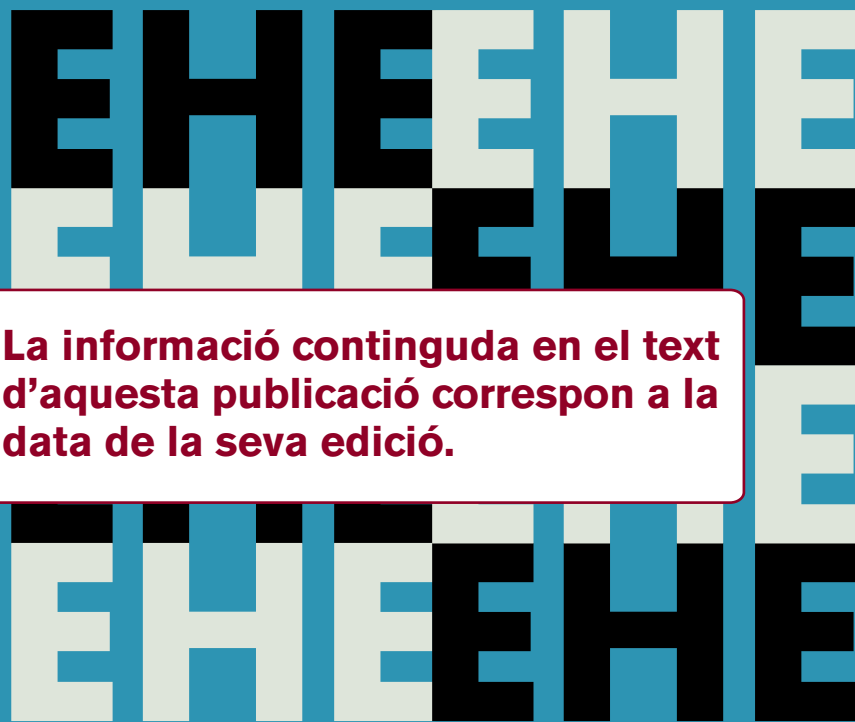


ITeC

GUIA

PER A L'ÚS DE LA INSTRUCCIÓ EHE



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

MATERIALS • EXECUCIÓ • CONTROL

ITeC

GUIA

PER A L'ÚS DE LA INSTRUCCIÓ EHE

MATERIALS • EXECUCIÓ • CONTROL

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.

Amb el suport:



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

Març 1999

ISBN: 84-7853-360-5

Imprès a: Cometa

Dipòsit Legal: Z-954-99



Institut de
Tecnologia de la Construcció
de Catalunya

Aquest treball ha estat desenvolupat a l'ITeC, per:

redactor

Ferran Bermejo i Nualart

amb la col·laboració:

Rafael Bellmunt i Ribas

José Manuel Gálligo Estévez

Fruitós Mañà i Reixach

Antoni Pla i Cavallé

Fernando Rodríguez García

Julio Jose Vaquero García

ÍNDEX

Introducció	7
1. Àmbit Normatiu	9
1.1. Decret d'aprovació i data de publicació	9
1.2. Entrada en vigor	9
1.3. Instruccions derogades	9
1.4. Àmbit d'aplicació	10
2. Camp d'aplicació	10
2.1. Tipus de formigó considerats	10
2.2. Productes bàsics autoritzats	11
2.3. Acreditació dels productes	11
3. Unitats	12
4. El projecte	14
4.1. La documentació	14
4.2. Els plànols	14
4.3. Els Plecs de Prescripcions Tècniques Particulars	15
4.4. La durabilitat de les estructures de formigó	15
4.5. Dimensionat bàsic d'elements	20
5. Els materials components del formigó	22
5.1. El ciment	22
5.2. L'aigua	24
5.3. Els granulats	25
5.4. Additius i addicions	27
6. El formigó	27
6.1. Designació dels formigons en funció de la seva resistència	27
6.2. Designació dels formigons en funció de la durabilitat	29
6.3. Dosificació de formigons	29
6.4. Consistència	30
6.5. Designació completa del formigó	30
7. L'acer	31
7.1. Armadures passives	31
7.2. Armadures actives	33
8. L'execució	34
8.1. Encofrats	34
8.2. Armadures passives	34
8.3. Armadures actives	37
8.4. Formigó fabricat en central	37
8.5. Formigó no fabricat en central	40
8.6. Posada en obra del formigó	41
8.7. Injecció	42

9. Control del formigó	43
9.1. Control de components	43
9.2. Ciment	44
9.3. Granulats	44
9.4. Addicions i additius	44
9.5. Control de qualitat	45
10. Control de l'acer	52
10.1. Control a nivell reduït	52
10.2. Control a nivell normal	52
10.3. Comprovació de soldabilitat	53
11. Control d'execució de l'obra	54
11.1. Els nivells de control	54
11.2. Les toleràncies d'execució	56
11.3. Assaigs d'informació	56
Annex. Taules complementàries	58

Introducció

Aquesta guia va adreçada a facilitar l'adaptació a la nova Instrucció EHE, dels projectistes, contractistes i fabricants, posant èmfasi a tot allò que és nou respecte les anteriors EH i EP, així com el que ha quedat fora de la mateixa.

S'ha obviat tot el que és relatiu al càlcul, que hauria d'ésser objecte d'una guia més específica.

No es pretén explicar ni substituir la Instrucció, la lectura de la qual és inexcusable per als professionals i agents del sector involucrats en el projecte i execució d'obres de formigó.

L'objecte principal és el de cridar l'atenció sobre les principals novetats i canvis que s'introdueixen respecte de la normativa aplicada fins ara. Per aquesta raó, és donen per sabudes aquelles exigències que contenen les Instruccions actuals i que seguiran vigents a l'entrada en vigor de l'EHE al no haver estat modificades per aquesta.

L'EHE és d'aplicació a les obres d'edificació i a les d'enginyeria civil i reuneix en una les dues Instruccions sobre estructures de formigó que coexistien fins ara, l'EP-93(per a estructures de formigó pretensat) i l'EH-91(per a estructures de formigó armat). Però no es aquesta la principal novetat. Seria molt superficial dir que es tracta simplement d'un text refós de les Instruccions anteriors.

L'EHE fa una aposta clara per a la millora de la qualitat de les obres de formigó, tant pel que fa a la seva execució com per a la seva conservació durant la vida útil de les estructures. En aquest sentit la preocupació per la durabilitat impregna abastament tant el contingut reglamentari com els comentaris dels membres de la Comissió Permanent del Formigó. D'altra banda, hi ha un augment dels sistemes de control de qualitat, afavorint sempre els casos en que els fabricants o subministradors de matèries primeres del formigó, els fabricants de l'acer i els del mateix formigó, tinguin incorporats sistemes propis de qualitat reconeguts oficialment. La Instrucció

apunta ja a la convergència de criteris i sistemes de qualitat que està adoptant la Unió Europea. Ben segur, en poc temps veurem modificacions d'aquesta nova Instrucció dirigides a homologar productes i sistemes de qualitat vàlids per als països integrants de la Unió.

1. Àmbit normatiu

1.1. Decret d'aprovació i data de publicació

La Instrucció EHE ha estat aprovada pel Reial Decret 2661/1998, d'11 de desembre i publicada el 13 de gener de 1999 al BOE sota la designació:

Instrucción de Hormigón Estructural (EHE)

1.2. Entrada en vigor

La Instrucció entrarà en vigor el dia 1 de juliol de 1999 i serà d'aplicació per a totes les obres que s'iniciïn des d'aquesta data. Per tant, una obra visada amb anterioritat a l'1 de juliol, amb inici d'obres amb data posterior a l'1 de juliol, haurà d'adaptar-se a l'EHE.

Les obres que es trobin ja iniciades en la data d'entrada en vigor de la nova Instrucció, se seguiran regint-se per les directrius de la reglamentació que els era d'aplicació en el moment en que van iniciar-se. Tot i això, si les parts contractants es posen d'acord, poden aplicar la nova reglamentació.

1.3. Instruccions derogades

A l'entrada en vigor de l'EHE quedaran derogades les Instruccions:

- EH-88

Instrucción para el proyecto y la ejecución de obras de hormigón en masa o armado

- EH-91

Instrucción para el proyecto y la ejecución de obras de hormigón en masa o armado

- EF-88

Instrucción para el proyecto y la ejecución de forjados unidireccionales de hormigón armado o pretensado

- EP-93

Instrucción para el proyecto y la ejecución de obras de hormigón pretensado

Es manté la vigència de la Instrucció EF-96 per al projecte i l'execució de sostres unidireccionals de formigó armat o pretesat.

1.4. Àmbit d'aplicació

La Instrucció EHE és aplicable en general a les estructures i els elements estructurals projectats i executats amb

- formigó en massa
- formigó armat
- formigó pretensat

tant en obres de promoció pública com privada.

L'EHE uneix en un sol document reglamentari tot allò que fins ara era objecte de dues Instruccions: la EH-91 per al formigó en massa i armat, i la EP-93 per al formigó pretesat.

2. Camp d'aplicació

2.1. Tipus de formigó considerats

La Instrucció exclou explícitament del seu àmbit d'aplicació:

- les estructures realitzades amb formigons especials com els formigons lleugers (de densitats compreses entre els 1.200 i els 2.000 kg/m³), formigons pesants (de densitat superior als 2.800 kg/m³), formigons refractaris, formigons que inclouen en la seva composició amiants, serradures o altres substàncies semblants
- les estructures que hagin d'estar exposades en condicions normals a temperatures superiors als 70° C
- les estructures mixtes
- les preses

Pel que fa al formigó pretensat, només es consideren els elements en que l'acció de pretensat s'introdueix a través d'armadures d'acer situades dins la secció de l'element. No s'inclouen els pretensats exteriors.

La Instrucció inclou dos annexos (no inclosos anteriorment) relatius a formigons d'alta resistència (f_{ck} entre 50 i 100 MPa) i estructures sotmeses a accions sísmiques. Recomanacions que s'aconsella consultar a l'hora de projectar o construir estructures d'aquestes característiques.

2.2. Productes bàsics autoritzats

Dins de l'àmbit d'aquesta Instrucció només s'admet l'ús de productes de construcció legalment comercialitzats en països que siguin membres de la Unió Europea o que formin part de l'Acord sobre l'Espai Econòmic Europeu, subjectes a la reglamentació vigent.

2.3. Acreditació dels productes

Els productes s'han de subministrar com a mínim amb la documentació que estableix la Instrucció per a cadascun d'ells. L'única certificació obligatòria per als productes que afecta aquesta norma és la "Certificació d'adherència" que afecta a les barres corrugades, i els filferros corrugats que formen part de malles electrosoldades i d'armadures bàsiques electrosoldades en gelosies (Arts. 31.2, 31.3, 31.4).

Certificats CC-EHE

De forma addicional i voluntària poden incorporar un certificat CC-EHE acreditatiu de que compleixen amb les especificacions obligatòries de l'EHE, o amb les normes a les que es refereixi l'EHE. Aquesta certificació la poden atorgar organismes espanyols –oficials i privats- autoritzats per a desenvolupar tasques de certificació i/o assaigs en l'àmbit dels materials, sistemes i processos industrials (d'acord amb el Real Decreto 2200/1995 de 28 de desembre), i les Administracions Públiques (General de l'Estat o Autònoma en l'àmbit de les seves respectives competències) (Art 1.1).

Distintius

Sota aquesta denominació s'inclouen les marques, segells de qualitat i similars. Es considerarà que aquests asseguruen el compliment de les especificacions obligatòries de l'EHE, quan estiguin reconeguts oficialment per un Centre Directiu de les Administracions Públiques (General de l'Estat o Autonòmica) amb competències en el camp de les obres públiques o l'edificació (Art 1.1).

Periòdicament, el *Ministerio de Fomento* publicarà en el BOE la relació de certificats CC-EHE i distintius reconeguts.

En el futur, quan sigui operatiu el marcat CE dels productes, s'establiran els canvis oportuns a la Instrucció.

3. Unitats

La Instrucció EHE adopta el Sistema Internacional d'Unitats de Mesura (S.I.) que ja utilitzava l'EP-93, en substitució del tradicional sistema M.K.S (Metre-Kilopond-Segon) emprat fins ara en les anteriors Instruccions EH (Art. 3).

Les unitats a emprar són

Concepte a mesurar	Unitat de mesura
Resistència i Tensió	$N/mm^2 = MN/m^2 = MPa$
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	m _k N

on

N= Newton

kN= kiloNewton

MN= MegaNewton

MPa=MegaPascal

Les equivalències entre ambdós sistemes 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/milímetre quadrat i kilopond/centímetre quadrat
$1 \text{ N/mm}^2 = 10,2 \text{ kp/cm}^2 \cong 10 \text{ kp/cm}^2$
$1 \text{ kp/cm}^2 = 0,098 \text{ N/mm}^2 \cong 0,1 \text{ N/mm}^2$

Per a familiaritzar-nos amb el canvi podem veure uns exemples d'aplicació a casos habituals en el càlcul d'estructures:

Concepte	M.K.S	S.I.
Resistència característica del formigó	200 kp/cm ²	20 N/mm ²
Límit elàstic característic de l'acer	5.000 kp/cm ²	500 N/mm ²
Pes propi d'un sostre	250 kp/m ²	2,5 kN/m ²
Densitat del formigó armat	2.500 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 axil d'un pilar	50 t	500 kN
Moment d'un sostre	2 mt	20 mkN
Esforç tallant	5 t	50kN
Tensió admissible d'un terreny	2 kg/cm ²	0,2 N/mm ²

4. El projecte

4.1. La documentació

Les novetats introduïdes, pel que fa a la documentació que ha de formar part del projecte de l'estructura, són les que segueixen:

- Obligatorietat que qualsevol projecte compti amb un estudi geotècnic dels terrenys sobre els quals s'executarà l'obra. A més, aquest estudi ha de formar part de la documentació que compon el projecte d'execució d'una estructura.
- S'explicita que en el Plec de Prescripcions Tècniques Particulars s'ha d'establir, expressament o per referència a Instruccions, Reglaments o Normes, les característiques que hauran de reunir els materials i les distintes unitats d'obra, les modalitats de control especificades per als materials i l'execució, i, si és el cas, les toleràncies dimensionals dels elements acabats. També és detallaran els sistemes d'amidament i valoració de les unitats d'obra i les obligacions d'ordre tècnic que corresponguin al contractista.
- El projecte ha de contenir les referències necessàries per al replanteig correcte de l'obra.

Pel que fa a la resta de documentació és bàsicament la mateixa que fixaven les Instruccions precedents i consta de: memòria descriptiva, plànols, plec de prescripcions tècniques particulars, pressupost, programa de desenvolupament dels treballs, i la documentació que exigeixin altres normes de caràcter general.

4.2. Els plànols

En cada plànol d'estructura haurà d'haver-hi (Art 4.3):

- un quadre amb la tipificació dels formigons d'acord amb la denominació establerta a l'article 39.2 de l'EHE (Vegeu l'apartat 6.5 d'aquesta guia).
- el tipus de control previst

- els coeficients de seguretat adoptats en el càlcul
- En obres de formigó pretensat hi constarà el programa de tesat d'acord amb les especificacions de l'article 67.8.2 de l'EHE.

4.3. Els Plecs de Prescripcions Tècniques Particulars

Hi hauran de constar les tipificacions dels formigons emprats d'acord amb el format establert a l'article 39.2 de l'EHE. S'ha de tenir en compte que la Instrucció tipifica diferents formigons en funció de l'ambient al que estaran sotmesos durant la seva vida útil (Vegeu l'apartat 6.5 d'aquesta guia).

4.4. La durabilitat de les estructures de formigó

Les prescripcions per a assegurar la durabilitat de les estructures de formigó, és una de les principals novetats que aporta la nova Instrucció. S'estableix un procediment per a que el projectista identifiqui les condicions a les que estarà sotmesa l'estructura i que per tant poden afectar la seva durabilitat, i que es recullen sota el concepte de "classe d'exposició ambiental". El tipus d'ambient es defineix pel conjunt de condicions físiques i químiques a les que s'exposarà l'estructura i que poden provocar-ne la seva degradació com a conseqüència d'efectes que no tenen relació amb els estats de càrregues i sollicitacions considerades a l'anàlisi estructural (Art 8.2).

Tot element estructural estarà sotmès a un ambient definit per la combinació de:

- una de les **classes general d'exposició** en relació a la corrosió d'armadures, definides a través de la taula 8.2.2 de la Instrucció.
- les **classes específiques** en relació a processos diferents de la corrosió, definides a través de les taules 8.2.3.a i 8.2.3.b de la Instrucció.

El projecte de l'estructura ha de definir l'ambient que s'ha considerat per a cada element estructural. En el cas que una estructura contingui

elements sotmesos a diferents tipus d'ambient, l'autor del projecte haurà de definir uns grups d'elements que tinguin característiques d'exposició semblants .

Per exemple en un edifici amb una fonamentació dins de nivell freàtic, amb elements de formigó a l'aire lliure o façana, i elements de formigó a l'interior, s'haurà de procedir a definir tres tipus d'exposició ambiental.

Tipificació en projecte de la classe d'exposició ambiental

La taula 8.2.2 estableix la designació que té cadascuna de les classes i subclasses d'exposició relativa a la corrosió d'armadures.

La taula 8.2.3.a estableix la designació de les classes específiques d'exposició de processos de degradació diferents a la corrosió. Alguns d'ells, els processos químics, es classifiquen d'acord amb la taula complementària 8.2.3.b. Aquestes taules s'adjunten a l'annex final d'aquesta guia.

Tot element estarà sotmès a una de les classes generals, i podrà estar sotmès, pel que fa a les classes específiques, a cap, una o més d'una de les classes específiques d'exposició. En aquests dos darrers casos, la designació de la classe es realitzarà unint, mitjançant el signe "+", a la designació de la classe general, la o les designacions de les classes específiques a què estigui sotmès.

Traslladem aquí els exemples que apareixen a la Instrucció per a fer entenedor el procés de tipificació.

Cas 1

Piles d'un pont en alta muntanya

Classe general d'exposició: IV (presència de clorurs no marins)

Classe específica d'exposició: F (amb glaçades i sals)

Tipificació de l'ambient: IV+F

Cas 2

Pilars vistos formant un porxo en un edifici en zona de clima suau i lluny de zona industrial

Classe general d'exposició:	IIb
Classe específica d'exposició:	no en té
Tipificació de l'ambient:	IIb

Cas 3

Taulell de pont, a 200 m de la costa en terrenys sense guixos

Classe general d'exposició:	IIIa (marina aèria)
Classe específica d'exposició:	no en té
Tipificació de l'ambient:	IIIa

Cas 4

Calaixos flotants prefabricats de formigó armat per a la construcció d'un dic, traslladats flotant i posterior submergit.

Classe general d'exposició:	IIIb (marina submergida)
Classe específica d'exposició:	Qb (Química agressiva mitja)
Tipificació de l'ambient:	IIIb+Qb

Cas 5

Blocs de formigó en massa per a dic de protecció d'un port.

Classe general d'exposició:	I (formigó en massa, no agressiu)
Classe específica d'exposició:	Qb (Química agressiva mitja) E (erosió)
Tipificació de l'ambient:	I+Qb+E

Observacions a considerar:

La classe general d'exposició I (no agressiva) s'aplicarà sempre als elements de formigó en massa, que en no disposar d'armadures no estan subjectes a la degradació per corrosió.

La classe general d'exposició II (agressiva normal) s'aplicarà en els elements generals que només es trobin sotmesos als processos habituals de carbonatació del formigó. S'inclouen les fonamentacions enterrades en sòls sense agressivitat química.

S'afegeixen alguns exemples de tipificació ambiental:

Cas A

Piló de fonamentació que no travessa nivells freàtics ni té cap agressivitat específica per part de components presents al sol

Classe general d'exposició: Ila (normal)

Classe específica d'exposició: no en té

Tipificació de l'ambient: Ila

Cas B

Piló de fonamentació que travessa nivell d'aigua marina

Classe general d'exposició: IIIb (marina submergida)

Classe específica d'exposició: Qb (agressivitat química mitja)

Tipificació de l'ambient: IIIb+Qb

Cas C

Pantalla de fonamentació i contenció que no travessa nivells freàtics però es troba en un ambient en que el sol presenta una forta agressivitat per presència de sulfats

Classe general d'exposició: Ila (normal)

Classe específica d'exposició: Qc (agressivitat química forta)

Tipificació de l'ambient: IIIb+Qc

Cas D

Fonamentació superficial amb sabates en terreny no afectat de nivell freàtic sense cap tipus d'agressivitat química

Classe general d'exposició: Ila (normal)

Classe específica d'exposició: no en té

Tipificació de l'ambient: Ila

Cas E

Pilars, jàsseres i sostres de formigó interiors d'un edifici

Classe general d'exposició: I (no agressiva)

Classe específica d'exposició: no en té

Tipificació de l'ambient: I

Cas F

Pilars i jàsseres de formigó a l'exterior d'un edifici en absència de clorurs i sotmesos a pluviometria alta

Classe general d'exposició: IIa (normal humitat alta)

Classe específica d'exposició: no en té

Tipificació de l'ambient: **IIa**

Cas G

Pilars i jàsseres de formigó a l'exterior d'un edifici en ambient marí (proper al mar)

Classe general d'exposició: IIIa (marina aèria)

Classe específica d'exposició: no en té

Tipificació de l'ambient: **IIIa**

L'article 37 de l'EHE determina una sèrie d'estratègies, basades en els possibles mecanismes de degradació amb la finalitat d'assegurar la durabilitat de les estructures de formigó. Els temes que es plantegen fan referència a

- el projecte
- la qualitat del formigó
- els recobriments de les armadures en funció de les classes d'exposició ambiental (veure la taula 37.2.4 de la norma que s'adjunta en l'annex final d'aquesta guia)
- la utilització dels separadors
- els valors d'obertura de fissura
- mesures especials de protecció (revestiments superficials amb productes protectors del formigó, protecció catòdica, inhibidors de corrosió, galvanitzat d'armadures passives.)
- resistència del formigó front a diferents agents agressius
- corrosió d'armadures

Cadascun d'aquests aspectes es pot trobar desenvolupat en els apartats inclosos a l'article 37.

4.5. Dimensionat bàsic d'elements

Tot i que a la introducció d'aquesta guia s'ha deixat clar que les qüestions relacionades amb el càlcul haurien d'ésser objecte d'una altra publicació específica i complementaria amb aquesta, és resumeixen tot seguit algunes qüestions sobre el dimensionat elemental d'elements estructurals que poden afectar al projectista. Els canvis en aquest aspecte són mínims i només destaca l'augment del gruix de la xapa de compressió en sostres reticulars i la necessitat de disposar-hi una armadura de repartiment.

Dimensionat de pilars:

Es manté la dimensió mínima en 25 cm per a pilars executats in situ amb quatre barres d'armadura com a mínim i diàmetre igual o superior a 12 mm. Si el pilar és rodó es mantenen les sis barres d'armadura mínima.

Sostres unidireccionals de formigó armat o pretensat:

Es fan d'acord amb la Instrucció EF-96 *Instrucción para el proyecto y la ejecución de forjados unidireccionales de hormigón armado o pretensado*.

Sostres bidireccionals alleugerits (reticulars) sobre pilars:

El cantell mínim exigit es manté en $L/28$, considerant que L és la màxima llum entre suports.

La xapa de compressió serà com a mínim de 50 mm i haurà de tenir un malla d'armadura de repartiment en tota la superfície.

Sostres de lloses massisses sobre pilars:

El cantell mínim exigit és manté en $L/32$ considerant que L és la màxima llum entre suports.

Sostres de lloses massisses sobre murs:

El cantell mínim exigit es manté en $L/40$ essent L el tram de llum més petita, i no menor de 8 cm.

La utilització d'aquests valors exigeix sempre la comprovació de les deformacions de l'estructura. La Instrucció però, no exigeix la comprovació de les deformacions en elements de formigó armat sotmesos a flexió simple si les relacions entre la llum **L** i el cantell útil **d** són iguals o superiors a les de la taula 50.2.2.1 de l'EHE que es pot veure tot seguit:

Relacions **L/d** en elements estructurals de formigó armat sotmesos a flexió simple

Sistema estructural	Elements armats amb quantia alta ($\rho = A_s / b_0 d = 0,012$)	Elements armats amb quantia baixa ($\rho = A_s / b_0 d = 0,004$)
Biga simplement recolzada Llosa uni o bidireccional simplement recolzada	14	20
Biga continua ¹ en un extrem Llosa unidireccional continua ^{1,2} en un sol costat	18	24
Biga continua ¹ en ambdós extrems Llosa unidireccional continua ^{1,2}	20	30
Requadres exteriors i de cantonada en llosa sobre recolzaments aïllats ³	16	22
Requadres interiors en llosa sobre recolzaments aïllats ³	17	25
Voladissos	6	9

- 1 Un extrem es considera continu si el moment corresponent és igual o superior al 85% del moment d'encastament perfecte.
- 2 En lloses unidireccionals, les esvelteses donades es refereixen a la llum menor.
- 3 En lloses sobre suports aïllats (pilars), las esvelteses donades es refereixen a la llum major.

La taula és vàlida per a situacions normals d'ús en edificació i per a elements armats amb acer $f_{yk} = 500 \text{ N/mm}^2$.

5. Els materials components del formigó

L'EHE estableix en l'article 30.1 una limitació general al contingut total d'ió clorur que pot contenir el formigó. Aquesta limitació ja apareixia a les Instruccions precedents i ara s'incorpora la limitació als formigons en massa quan tinguin armadures per a reduir la fissuració. La suma del ió clorur aportada per cadascun dels components del formigó no pot excedir els límits:

Formigó pretensat	0,2% del pes de ciment
Formigó armat	0,4% del pes de ciment
Formigó en massa amb armadures per a reduir fissuració	0,4% del pes de ciment

5.1. El ciment

Com en Instruccions anteriors, al ciment emprat en la fabricació del formigó se li exigeix, complir amb el plec per a la recepció de ciments vigent (actualment la RC-97), que sigui de classe resistent 32,5 N/mm² o superior. També s'indiquen els tipus de ciment que poden emprar-se en funció del tipus de formigó, d'acord amb la taula següent:

Tipus de formigó	Tipus de ciment
Formigó en massa	Ciments comuns Ciments per a usos especials
Formigó armat	Ciments comuns
Formigó pretensat	Ciments comuns de tipus CEM I i CEM II/A-D

D'acord amb la instrucció RC-97 els ciments comuns són els anomenats

Tipus de ciment	Denominació	Designació
CEM I	Ciment portland	CEM I
CEM II	Ciment portland amb escòria	CEM II/A-S CEM II/B-S
CEM II	Ciment portland amb fum de sílice	CEM II/A-D
CEM II	Ciment portland amb puzolana	CEM II/A-P CEM II/B-P
CEM II	Ciment portland amb cendra volant	CEM II/A-V CEM II/B-V
CEM II	Ciment portland amb calç	CEM II/A-L
CEM II	Ciment portland mixt	CEM II/A-M CEM II/B-M
CEM III	Ciment d'alt forn	CEM III/A CEM III/B
CEM IV	Ciment puzolànic	CEM IV/A CEM IV/B
CEM V	Ciment compost	CEM V/A

i la seva tipificació completa es compon de la designació que consta a la taula anterior més la classe resistent del ciment. El valor que identifica la classe resistent correspon a la resistència mínima a compressió a 28 dies en N/mm² i s'ajusta a la següent sèrie:

Classe resistent dels ciments

Sèrie de resistències en N/mm ²
32,5 – 32,5 R – 42,5 – 42,5 R – 52,5 – 52,5 R

Els ciments per a usos especials estan normalitzats en la UNE 80307:96, i estan especialment establerts per al formigonat de grans masses de formigó, com pot ésser el cas de preses o la utilització en la tècnica de carreteres per a l'estabilització dels sòls o l'execució de bases tractades amb ciment.

La Instrucció permet també la utilització dels ciments blancs (normalitzats segons la UNE 80305:96), així com els ciments amb característiques addicionals: de baix calor d'hidratació (UNE 80306:96) i resistents als sulfats i/o a l'aigua de mar (UNE 80303:96), corresponents al mateix tipus i classe resistent dels ciments comuns.

La selecció del tipus de ciment a emprar en la fabricació del formigó s'ha de fer, entre d'altres, d'acord amb els factors següents:

- l'aplicació del formigó (en massa, armat o pretesat)
- les condicions ambientals a què es sotmetrà la peça
- les dimensions de la peça

L'annex 3 de l'EHE conté recomanacions per a orientar al projectista en la selecció dels ciments.

5.2. L'aigua

L'EHE només introdueix com a variació respecte les Instruccions anteriors, una rebaixa en el límit màxim de contingut de l'ió clorur que passa dels 6 als 3 grams/litre en el cas del formigó armat, prescripció que es fa extensiva als formigons en massa que tinguin armadures per a reduir la fissuració.

Es prohibeix de forma explícita l'ús d'aigua de mar o d'aigües salines en l'amassada o curat de formigons armats o pretesats, tret del cas en què estudis especials ho justifiquin (Art 27).

5.3. Els granulats

Les principals variacions que s'introdueixen són en la denominació i en la mida màxima de granulat a emprar en determinats casos.

Els granulats es denominen d'acord amb el format: d/D, on d representa la mida mínima i D la mida màxima en mil·límetres.

Pel que fa a la mida màxima dels granulats, les modificacions introduïdes són que aquesta ha d'ésser menor:

- a 1,25 vegades (abans 1,30) de la distància existent entre una vora de la peça i una beina o armadura que formi un angle no major de 45° amb la direcció del formigonat.
- a 0,4 vegades (abans 0,5) del gruix mínim de la llosa superior dels sostres.

Tant l'EH-91 com l'EP-93 estableixen les quantitats màximes de substàncies perjudicials que podien contenir els granulats. L'EHE afegeix a la llista les següents limitacions (taula 28.3.1):

Substàncies perjudicials afegides	Quantitat màxima en % de pes total de la mostra	
	Granulat fi	Granulat gruixut
Sulfats solubles en àcids, expressats en SO_3 i referits al granulat sec, determinats segons el mètode d'assaig de la UNE EN 1744-1:98	0,80	0,80
Clorurs expressats en Cl i referits a l'àrid sec, determinats segons l'assaig de la UNE EN 1744-1:98, en formigó armat o en massa amb armadures per a reduir fissuració	0,05	0,05

Una de les novetats importants introduïdes és el de la grandària de l'àrid, que s'ha reduït de 5 a 4mm, adaptant-se així a la futura normativa europea sobre els granulats. També s'ha definit un fus

granulomètric per a l'àrid fi, de forma que la granulometria de les sorres emprades estiguin dins de l'esmentat fus, a menys que es justifiqui, de forma experimental, que la granulometria proposada no afecta a les propietats més importants del formigó.

Taula 28.3.3.b Fus granulomètric del granulat fi

Límits	Material retingut acumulat, en % en pes, en els tamisos						
	4 mm	2 mm	1mm	0,5 mm	0,25 mm	0,125 mm	0,063 mm
Superior	0	4	16	40	70	82	(1)
Inferior	20	38	60	82	94	100	100

(1) Aquest valor es el que correspondrà d'acord amb la taula 28.3.3.a:

- 94% per a:
 - Granulats arrodonits.
 - Granulats de matxuqueix no calcaris per a obres sotmeses a la classe general de exposició IIIa, IIIb, IIIc, IV o bé que estiguin sotmeses a alguna classe específica de exposició.
- 90% per a:
 - Granulats de matxuqueix calcaris per a obres sotmeses a la classe general de exposició IIIa, IIIb, IIIc, IV o bé que estiguin sotmeses a alguna classe específica de exposició
 - Granulats de matxuqueix no calcaris per a obres sotmeses a la classe general de exposició I, IIa ó IIb i que no estiguin sotmeses a cap classe específica de exposició.
- 85% per a:
 - Granulats de matxuqueix calcaris per a obres sotmeses a la classe general de exposició I, IIa ó IIb i que no estiguin sotmeses a cap classe específica de exposició.

La Instrucció indica que les limitacions de contingut de fins (%retingut en el tamís de 0,063 mm) d'aquesta taula, es pot estendre al granulat de matxuqueix dolomític, sempre que s'hagi comprovat (mitjançant examen petrogràfic i assaig de reactivitat àlcali-carbonat) que no presenta reactivitat potencial amb els silicats del ciment.

5.4. Additius i addicions

En el formigó armat i pretensat es prohibeix de forma explícita la utilització d'additius que en la seva composició intervinguin clorurs, sulfurs, sulfits o altres components químics que puguin ocasionar o afavorir la corrosió d'armadures. Expressament és prohibeix el clorur càlcic. (Art 29.1)

Per a poder emprar un additiu caldrà que aquest es subministri correctament etiquetat (UNE 83275:89 EX) i amb un certificat de garantia del fabricant signat per persona física (Art 81.4.1).

Les addicions que contempla l'EHE s'amplien respecte les Instruccions precedents amb la incorporació del fum de sílice. Aquest pot emprar-se tant en formigons armats com pretensats, mentre que les cendres volants només es poden utilitzar en formigons armats, estant expressament prohibida la seva utilització en el formigó pretensat. (Art 29.2).

Aquestes addicions solament poden incorporar-se en formigons fabricats amb ciment tipus CEM I. A més en el cas d'edificació el contingut d'addicions es limita a un màxim del 35% del pes del ciment, en el cas de cendres volants, i del 10% en el cas del fum de sílice

6. El Formigó

6.1. Designació dels formigons en funció de la seva resistència

La Instrucció estableix, en la designació dels formigons, una distinció segons l'ús per al qual anirà destinat: formigó en massa, armat o pretensat. Fins ara la designació d'un formigó es feia sempre de la mateixa forma, fos quina fos la seva utilització en l'obra. Per aquesta raó l'antic H-175 sempre es denominava de la mateixa forma tant si s'utilitzava com a formigó en massa com per a formigó armat.

En el futur (art 39.2) s'haurà de distingir el formigó en funció del seu ús estructural que pot ser: en massa (HM), armat (HA) o pretensat

(HP). Aquesta informació permetrà al fabricant del formigó conèixer les limitacions que la Instrucció estableix per al mateix, tant pel que fa al contingut mínim de ciment (Art. 37.3.2), limitacions al contingut de ions clorur (Art. 30.1), tipus de ciment i d'addicions que poden utilitzar-se (Art. 26 y 29.2), etc.

L'altre aspecte important és el de l'augment de les resistències mínimes dels formigons (art 30.5). L'EHE no admet formigons en massa de resistència inferior als 20 N/mm² (és a dir l'antic H-200). Pel que fa als formigons armats o pretesats no s'admeten resistències inferiors als 25 N/mm². Formigons més pobres queden fora de l'àmbit de la Instrucció i només s'admeten per als elements no estructurals com formigons de neteja i similars.

L'encreuament de les resistències tipificades per l'EHE i l'ús estructural ens dóna la sèrie de denominacions possibles

Ús estructural	Resistència característica a compressió a 28 dies						
	En N/mm ²						
	20	25	30	35	40	45	50
HM	<i>HM-20</i>	<i>HM-25</i>	<i>HM-30</i>	<i>HM-35</i>	<i>HM-40</i>	<i>HM-45</i>	<i>HM-50</i>
HA	No s'admet	<i>HA-25</i>	<i>HA-30</i>	<i>HA-35</i>	<i>HA-40</i>	<i>HA-45</i>	<i>HA-50</i>
HP	No s'admet	<i>HP-25</i>	<i>HP-30</i>	<i>HP-35</i>	<i>HP-40</i>	<i>HP-45</i>	<i>HP-50</i>

En el cas d'obres en què el nivell de control del formigó sigui de tipus reduït, s'haurà d'utilitzar un valor de resistència de càlcul a compressió f_{cd} no més alt de 10 N/mm². (Veure l'article 30.5 de la Instrucció), tot i que s'estigui emprant un formigó de resistència característica més gran, que contempli els continguts mínims de ciment i màximes relacions aigua/ciment que s'han d'utilitzar en funció de l'ambient a què es trobi exposada l'estructura o element estructural. La raó d'aquesta mesura es evitar que es produeixin baixades de resistència difícils de determinar amb un procediment de control, consistent solament en la mesura de la consistència del formigó.

Malgrat que la mateixa pròpia Instrucció recomana no emprar aquest procediment, no s'ha considerat oportú eliminar l'esmentat sistema, tot i que en la actualitat els laboratoris de control poden arribar, a la pràctica totalitat del territori, amb tot tipus d'obres per petites que siguin.

6.2. Designació dels formigons en funció de la durabilitat

La incorporació dels paràmetres de durabilitat, afecta per una banda les condicions d'execució de les peces de formigó estructural, i per altra la dosificació dels formigons emprats. Per aquest motiu, a la designació, s'ha de incorporar el tipus d'ambient (tal i com s'ha definit en l'apartat 4.4 d'aquesta guia.). Aquest estableix, en funció de l'ús estructural del formigó, els valors màxims de la relació aigua/ciment, i del mínim contingut de ciment per metre cúbic. (art.37.3.2 i taula 37.3.2.a), paràmetres que influeixen fonamentalment en la durabilitat.

Com pot observar-se en l'annex en aquest document, la Instrucció EHE defineix 7 classes generals d'exposició (taula 8.2.2) i 6 classes específiques (taula 8.2.3.a). D'entre les classes generals les designades amb I, IIa, IIb, IIIa, IIIb són les que poden afectar més habitualment l'edificació, a més es poden trobar classes específiques del tipus Q_a , Q_b y H.

6.3. Dosificació de formigons

Contingut mínim de ciment

No s'admeten formigons estructurals (Taula 37.3.2.a) en que el contingut mínim de ciment per metre cúbic sigui inferior a

200 kg en formigons en massa

250 kg en formigons armats

275 kg en formigons pretesats

Relació màxima a/c

Tanmateix no s'admeten formigons estructurals en què la relació

aigua/ciment, en funció de la classe d'exposició ambiental del formigó, no sigui com a màxim l'establerta en la taula 37.3.2.a. de la Instrucció (vegeu aquesta taula en l'annex final d'aquesta guia).

En les condicions ambientals més favorables és on s'admeten relacions màximes més altes.

6.4. Consistència

Les consistències del formigó contemplades en la Instrucció són les ja conegudes: Seca, Plàstica, Tova i Fluida (art. 30.6). La consistència líquida no es considera. No hi ha novetats en aquest aspecte, excepte que la Instrucció recomana, en edificació, un assentament no menor de 6 cm i que permet sobrepassar el límit d'assentament (15 cm) de la consistència fluida, si s'utilitzen additius superfluïdificants.

6.5. Designació completa del formigó

La designació o tipificació del formigó que s'ha de fer constar en plànols, memòries, plecs de condicions tècniques, ha de tenir el format que recull l'article 39.2 de la Instrucció EHE:

T- R / C / TM / A

Amb les següents correspondències

T	HM	pel formigó en massa
	HA	pel formigó armat
	HP	pel formigó pretesat

R és la resistència característica a compressió als 28 dies expressada en N/mm². S'aconsella emprar l'escala de valors 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50

C identifica la consistència (art. 30.6) d'acord amb els tipus

S	Seca
P	Plàstica
B	Tova (del castellà Blanda)
F	Fluida

TM és la grandària màxima del granulat (art.28.2) expressada en mm

A és la designació del tipus d'ambient (art. 8.2.1).

Exemple

HA – 25 / P / 20 / IIa

Equival a

Formigó armat de resistència característica a la compressió a 28 dies de 25 N/mm² (250 kp/cm²) de consistència plàstica, amb grandària màxima del granulat 20 mm i exposició tipus d'ambient IIa.

7. L'Acer

La unificació en una sola Instrucció del formigó armat i el pretensat fa que es distingeixin clarament les prescripcions per a les armadures en cada tipus de formigó. Les armadures passives són les emprades al formigó armat, mentre que al formigó pretensat podem trobar armadures actives i passives.

7.1. Armadures passives

Les novetats respecte a la normativa precedent es poden resumir en els següents punts (Art. 31):

- S'estableix la necessitat de la certificació de l'adherència per a les barres corrugades per a cada partida d'armadures subministrada (Art. 31.5.1 i 90.1).
- Només s'accepten barres corrugades del tipus "soldable". (Art. 31.2)
- Les armadures vàlides són: les barres corrugades, les malles electrosoldades i les armadures bàsiques electrosoldades en gelosia (Art. 31.1).
- Les armadures llises han desaparegut de la Instrucció i només s'admeten en els elements de connexió entre les barres longitudinals de les armadures bàsiques electrosoldades en gelosia (Art. 31.1).
- Es recupera el diàmetre Ø14 mm en la sèrie de diàmetres nominals a emprar (Art. 31.1).

Les sèries de diàmetres nominals a emprar es defineixen en la següent taula:

Sèries de diàmetres nominals per a armadures passives (en mm)

Barres Corrugades
6 – 8 – 10 – 12 – 14 – 16 – 20 – 25 – 32 – 40

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

Filferros corrugats o llisos en armadures bàsiques electrosoldades en gelosia
5 – 6 – 7 – 8 – 9 – 10 – 12

En negreta s'assenyalen els diàmetres recomanats per la Instrucció EHE

Denominació de l'acer

Acer en barres corrugades reconegut per la Instrucció (d'acord amb la taula 31.2.a):

B 400 S acer soldable de límit elàstic no menor de 400 N/mm² (antic AEH-400-S)

B 500 S acer soldable de límit elàstic no menor de 500 N/mm² (antic AEH-500-S)

Filferros en malles i armadures bàsiques electrosoldades (d'acord amb la taula 31.3):

B 500 T acer de límit elàstic 500 N/mm² (antic AEH 500 T)

7.2. Armadures actives

La sèrie de diàmetres nominals de filferros s'amplia i queda com segueix:

Sèrie de diàmetres nominals per a armadures actives (en mm)

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

Filferros per a tesat (d'acord amb la taula 32.3.a)

Designació	Sèrie de diàmetres nominals en mm	Càrrega unitària màxima en N/mm ² no menor que
Y 1570 C	9,4 – 10,0	1.570
Y 1670 C	7,0 – 7,5 – 8,0	1.670
Y 1770 C	3,0 – 4,0 – 5,0 – 6,0	1.770
Y 1860 C	4,0 – 5,0	1.860

Cordons (d'acord amb les taules 32.5.a i 32.5.b)

Cordons de 2 o 3 filferros

Designació	Sèrie de diàmetres nominals en mm	Càrrega unitària màxima en N/mm ² no menor que
Y 1770 S2	5,6 – 6,0	1.770
Y 1860 S3	6,5 – 6,8 – 7,5	1.860
Y 1960 S3	5,2	1.960
Y 2060 S3	5,2	2.060

Cordons de 7 filferros

Designació	Sèrie de diàmetres nominals en mm	Càrrega unitària màxima en N/mm ² no menor que
Y 1770 S7	16,0	1.770
Y 1860 S7	9,3 – 13,0 – 15,2 – 16,0	1.860

8. L'execució

Els aspectes relacionats amb l'execució de l'obra són objecte del Títol 5é de la Instrucció. D'acord amb els criteris d'exposició d'aquesta guia, tot seguit es fa un repàs dels canvis més significatius.

8.1. Encofrats

Es prohibeix explícitament l'ús de l'alumini en motlles que hagin d'estar en contacte amb el formigó.

El subministrador de puntals ha de justificar i garantir les característiques d'aquests, i establir les condicions d'ús.

En la construcció d'encofrats s'ha d'evitar que es malmetin estructures ja construïdes.

8.2. Armadures passives

Recobriments d'armadures

Els recobriments mínims a garantir per a qualssevol de les armadures d'un element estructural, són funció de la classe d'exposició a la que es sotmetrà el formigó dels diferents elements i varien en funció de la resistència característica d'aquest. La taula 37.2.4 de la Instrucció defineix els valors mínims (s'adjunta en l'annex final d'aquesta guia). S'estableix també una marge de recobriment(Δr) que depèn del nivell de control d'execució de l'obra (Art. 37.2.4)

- 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 altres casos

El projecte ha de definir el valor nominal del recobriment, que dona l'expressió:

$$r_{\text{nom}} = r_{\text{min}} + \Delta r$$

on r_{min} és el recobriment mínim definit a la taula 37.2.4 i Δr és el marge de recobriment definit anteriorment

El recobriment nominal és el valor emprat per a prescriure les separacions.

La obligatorietat de disposar d'una malla de repartiment en recobriments superiors als 40 mm en peces a protegir contra incendis i en grups de barres establerta en la EH-91, s'ha substituït per la recomanació de considerar la seva disposició quan el recobriment sigui superior als 50 mm.

En peces formigonades contra el terreny s'exigeix un recobriment mínim de 70 mm, sense que calgui disposar de les malles de repartiment que s'han esmentat abans.

Separadors

S'inclou en l'articulat de la Instrucció una referència a l'ús de separadors, als quals s'assigna la missió de garantir els recobriments especificats. S'estableixen les seves característiques físiques i mecàniques així com el tipus de material (Art 37.2.5). Es prohibeix l'ús com a separadors de peces de fusta i de qualsevol material residual de l'obra malgrat es tracti de formigó o ceràmica. També es prohibeix l'ús de materials metàl·lics si poden quedar vistos. Es recomana que els separadors no continguin amiant.

La disposició en obra dels separadors ve definida a l'apartat 66.2 en funció del tipus d'element estructural.

Elaboració de la ferralla

La Instrucció agafa com a marc de referència la norma UNE 36831:97 per a l'elaboració de la ferralla (tall, doblegat, lligat, formes preferents d'armat, etc.) i col·locació de les armadures passives (recobriments, separacions, toleràncies, etc.).

Doblat d'armadures

El doblat i desdoblat de barres i malles electrosoldades queda definit a l'apartat 66.3. S'incorpora la taula 66.3 on s'indiquen els diàmetres mínims de doblat segons l'acer emprat i els diàmetres de les barres, distingint entre el cas de patilles o ganxos, i les barres doblades o curvades.

Ancoratge d'armadures

S'ha adaptat el seu contingut a les noves unitats de mesura i a la sèrie de resistències característiques establerta per la Instrucció, suprimint tota referència a les barres llises que han quedat fora de l'EHE.

Pel que fa als ancoratges dels extrems de barres s'ha especificat amb més claredat els casos possibles: la prolongació recta, el ganxo, el ganxo en U, la patilla i la barra transversal soldada (Art 66.5).

Soldadura d'armadures

S'autoritza la soldadura en el ferrallat d'armadures sempre que es facin a taller amb instal·lació industrial fixa, l'acer sigui soldable i es dugui a terme d'acord amb els procediments establerts per la norma UNE 36832:97. La soldadura en obra requereix autorització de la Direcció Facultativa (Art 66.1).

S'han ampliat les prescripcions a seguir en cas de fer empalmament per soldadura. Es prohibeix el soldat d'armadures galvanitzades o amb recobriments epoxídics. Es prohibeix també el soldat en determinades situacions climatològiques que poden provocar el refredament excessivament ràpid (vent, pluja, neu...) si no s'adopten mesures protectores. Tanmateix es prohibeix el soldat de barres que es trobin a una temperatura igual o inferior als 0°C (Art. 66.6.5).

Empalmament mecànic d'armadures

Es regula la seva execució exigint que els dispositius emprats tinguin com a mínim la mateixa capacitat resistent que la menor de les barres que s'empalmin, no devent presentar, sota l'afecte de la tensió de servei, desplaçaments relatius més grans a 0,1.

8.3. Armadures actives

Col·locació

S'han incorporat les separacions mínimes entre armadures preteses (Art 67.3.1). Per a les armadures postteses s'han incrementat el nombre de condicions que definien la separació mínima (Art 67.3.2).

Adherència

Segons l'article 67.4, les longituds de transmissió i ancoratge s'ha de determinar experimentalment. No obstant i donada que la realització, instrumentació i interpretació dels resultats obtinguts mitjançant assaigs és difícil, els comentaris de la Instrucció proposen un sistema teòric per a avaluar ambdues longituds, quan no es disposi d'aquestes dades experimentals.

Programa de tesat

S'ha distingit la informació que ha d'incloure el programa de tesat segons es tracti d'armadures preteses o postteses.

8.4. Formigó fabricat en central

Temps de transport i adormiment

El temps màxim entre la incorporació de l'aigua d'amassat al ciment i als granulats i la col·locació del formigó en obra, no ha d'ésser superior a la hora i mitja. En casos en que no sigui possible, o quan el temps sigui calorós caldrà prendre mesures adequades per a

augmentar el temps d'adormiment del formigó sense que minvi la seva qualitat. Aquesta prescripció formava part d'un comentari a la Instrucció precedent i ara s'ha incorporat a l'articulat (69.2.7).

Designació del formigó

La designació del formigó es pot fer per propietats o per dosificació.

En qualsevol dels casos s'ha d'indicar:

- la consistència
- la mida màxima del granulat
- el tipus d'ambient al que estarà sotmès el formigó
- la resistència característica a compressió si es designa per propietats, expressada en N/mm^2 .
- el contingut de ciment en kg/m^3 si es designa per dosificació
- la indicació de l'ús estructural del formigó: en massa, armat o pretensat.

En els formigons designats per propietats el subministrador és qui definirà la composició del formigó i garantirà al peticionari el compliment de les característiques especificades (grandària màxima de l'àrid, consistència i resistència característica), així com les derivades del tipus d'ambient especificat (contingut de ciment i relació aigua/ciment) d'acord amb l'establert en l'article 39.2. (veure apartat 6 d'aquesta guia).

Si la designació es fa per dosificació és el peticionari qui es fa responsable de les característiques del formigó. En aquest cas el subministrador ha de garantir el compliment de les exigències especificades donades pel peticionari, indicant la relació aigua/ciment emprada.

Previ a l'inici del subministrament, el peticionari pot demanar al subministrador una demostració del compliment dels materials emprats amb allò que estableix la Instrucció per a cadascun del

components del formigó en els articles 26 a 29.

Els comentaris del article 69.2.8, indiquen clarament que en el formigó designat per propietats la seva dosificació ha d'emprar les quantitats de ciment i aigua corresponents al criteri més exigent (resistència o durabilitat).

També indiquen els esmentats comentaris, que el peticionari del formigó ha de sol·licitar un conjunt de propietats congruents entre sí, es a dir, amb resistència i consistència compatibles amb els requisits mínims de contingut de ciment i relació aigua/ciment especificats en l'article 37.3.2 per al tipus d'exposició.

Lliurament i recepció

El formigó fabricat en central, tant si aquesta pertany o no (formigó preparat) a la instal·lació de l'obra, no podrà emprar-se si no arriba acompanyat d'un full de subministrament (Art. 82), degudament complimentat i firmat per persona física.

A l'esmentada documentació s'han introduït algunes variacions segons es tracti de formigons designats per propietats o per dosificació.

En els designats per propietats s'ha d'indicar

- La tipificació d'acord amb l'apartat 39.2 de la Instrucció (T-R/C/TM/A)
- Contingut de ciment en kg/m³ amb tolerància de ± 15 kg
- Relació aigua/ciment amb tolerància de $\pm 0,02$

En els designats per dosificació s'ha d'indicar

- Contingut de ciment per m³ de formigó
- Relació aigua/ciment amb tolerància de $\pm 0,02$
- Tipus d'exposició ambiental prevista d'acord amb la taula 8.2.2 de la Instrucció

Ha de constar també el nom del responsable de recepció del formigó. La resta de dades segueix igual que en la normativa precedent.

Els fulls de subministrament passen a constituir un element fonamental del control documental, raó per la qual s'exigeix que siguin arxivades per el constructor i estiguin a disposició de la Direcció d'Obra fins al lliurament de la documentació final de control (Art. 82).

En la recepció, queda expressament prohibida l'addició de qualsevol quantitat d'aigua al formigó fresc. Per garantir que aquesta mala pràctica no es dugui a terme, els comentaris al article 69.2.9.2 recomanen que el constructor estableixi un sistema específic de control amb aquesta finalitat, essent responsabilitat de la Direcció d'Obra comprovar que l'esmentat mecanisme de control existeix i funciona correctament.

No obstant, en aquells casos, en que el control de consistència no dona els resultats admissibles, la Instrucció permet l'ús d'un additiu fluidificant – prèviament aprovat per la Direcció d'Obra – fins a obtenir la consistència demanada i sense passar, en cap cas, les limitacions fixades per la Instrucció. Per la qual cosa els camions formigonera han d'estar dotats d'un equip dosificador i es fixa un temps mínim d'amassat de 5 minuts. Els comentaris de la Instrucció aconsellen que en obra es disposi d'una reserva de fluidificant aprovat per la Direcció d'Obra per a emprar en aquests casos (apartat 69.2.9.2).

8.5. Formigó no fabricat en central

La Instrucció desaconsella la utilització d'aquests tipus de formigons per les seves dispersions en la seva qualitat, que són habituals, indicant que han d'extremar-se les precaucions en la dosificació, fabricació i control (Art. 69.3).

El temps mínim d'amassat s'incrementa i passa d' un minut a un minut i mig.

El fabricant (constructor) ha de presentar documents que especifiquin la dosificació emprada i ha de comptar amb la aprovació de la Direcció d'Obra.

El fabricant haurà de tenir en l'obra, un llibre de control a disposició de la Direcció d'Obra on hi constaran

- les dosificacions nominal a emprar en l'obra
- les incidències o correccions que s'hagin fet i la seva justificació
- la relació de proveïdors de matèries primeres
- la descripció dels equips emprats
- la referència del document de calibrat de bàscula dosificadora de ciment
- el registre del nombre d'amassades de cada lot
- dates de formigonat
- resultats del assagis realitzats, en el seu cas.

8.6. Posada en obra del formigó

No hi ha en aquest aspecte novetats importants. La lectura amb detall de la Instrucció posa de manifest algunes matisacions i aclariments, especialment en els comentaris de l'articulat.

Adormiment del formigó

Una de les aportacions significatives és la relativa al temps d'adormiment del formigó. L'article 74 és el que en parla. La EH-91 fixava la durada de l'adormiment inicial del formigó des de la posada en obra fins el moment en que el formigó assolís un 70% de la resistència de projecte. Aquest valor ha desaparegut de la norma, ja que tant sols esmenta que l'adormiment s'haurà de perllongar durant el temps suficient. En els comentaris a l'article 74 és dona un mètode per a determinar el temps mínim de durada de l'adormiment. Aquest consisteix en l'aplicació d'una fórmula que té en compte: l'exposició ambiental del formigó, la temperatura de l'ambient, la velocitat de desenvolupament de la resistència del formigó i el tipus de ciment emprat.

Desencofrat

Pel que fa al desencofrat, tractat en l'article 75, els comentaris donen una relació d'aspectes que s'han de considerar a l'hora de fer-lo. Segueix essent vàlida la fórmula de l'EH-91 per al càlcul del termini de desencofrat quan s'utilitza ciment portland (tipus CEM I) amb unes condicions d'adormiment normals. Per a facilitar el treball del projectista i aquest pugui seguir procediments simplificats, s'afegeix una taula aplicable quan no és coneixen tots o alguns dels paràmetres que intervenen en la fórmula anterior. La taula conté períodes de desencofrat d'elements de formigó armat, funció del tipus d'element encofrat i la temperatura superficial del formigó.

Acabat de superfícies

Aquest és un article nou respecte l'EH-91 (l'EP-93 ja el tenia i ara es modifica), que especifica que les peces de formigó vistes, un cop desencofrades, no han de presentar irregularitats que perjudiquin el comportament de l'obra o la seva imatge. Quan s'hagin de fer repassos o omplir zones reservades (previsió de passos d'instal·lacions, caixetins, zones d'ancoratges), s'ha de fer amb morters similars al formigó emprat retirant però, tots els granulats superiors a 4 mm.

8.7. Injecció

L'article 78 de l'EHE desenvolupa d'una forma més amplia tot el procés d'injecció que es definia a la Instrucció EP-93. S'exigeix a nivell general que el personal sigui qualificat i entrenat per a fer injeccions, que s'utilitzin equips correctament revisats i calibrats, que existeixin instruccions escrites sobre el procés d'injecció, i que s'adoptin les mesures de seguretat adients.

Preparació de la mescla

La durada de l'amassat ha d'ésser superior a 2 minuts i no major de 4 minuts.

Programa d'injecció

S'ha de redactar un programa d'injecció que defineix els productes i maquinària a emprar, la seqüència d'operacions, les provetes d'assaig, el volum de beurada a fabricar i les instruccions de mesures adoptar en cas d'incidents d'obra o climàtics.

Execució de la injecció

Es fixen les comprovacions prèvies a realitzar abans de l'inici de la injecció. S'amplia l'interval de velocitat d'injecció des dels 6 a 12 metres/minut fins als 5 a 15 metres/minut. Es recomana que la pressió sigui baixa i estigui entre les 3 i les 7 atmosferes. Un control de volums previstos d'injecció i volums injectats pot determinar si han quedat zones sense injectar. En aquest cas es recomana fer assaigs i determinar la necessitat de realitzar una injecció posterior.

9. El Control del Formigó

9.1. Control de components

El control de components es realitza d'acord amb l'article 81, i són d'aplicació també les exigències dels articles 26 pel ciment, 27 per l'aigua, 28 per als granulats i 29 per als additius i addicions.

Hi ha dues situacions en les quals no fa falta fer control de recepció en obra dels materials components del formigó:

- Central de producció de formigó que disposi d'un Control de Producció i estigui en possessió d'un Segell o Marca de Qualitat reconegut per un Centre Directiu de les Administracions Públiques*.
- Formigons fabricats en central amb un distintiu reconegut o un CC-EHE*.

* veure l'apartat "acreditació de productes" d'aquesta publicació o l'article 1.1 de l'EHE.

En els casos en què no es compleixi alguna de les dues situacions anteriors s'han de complir per a cada material les prescripcions que assenyalen la Instrucció a l'article 81. Les novetats introduïdes són les que segueixen:

9.2. Ciment

El responsable de la recepció ha de conservar durant 100 dies com a mínim una mostra de cada lot de ciment subministrat.

No es pot fer servir un lot de ciment que arribi sense un certificat de garantia del fabricant, signat per una persona física.

Quan el ciment disposi d'un segell o marca de qualitat, oficialment reconegut per l'Administració competent, a l'esmentat component se l'eximirà, tal i com indica l'article 10 de la Instrucció RC-97, de la realització dels assaigs de recepció.

Aquesta exacció dels assaigs abasten, per part de l'EHE, els assaigs indicats en l'article 81.1.2, essent suficient amb la documentació d'identificació del ciment i els resultats de l'autocontrol que disposin.

9.3. Granulats

Abans de començar el subministrament es pot demanar al subministrador una demostració documental del compliment de les exigències que estableix la norma per als granulats. Si no disposa d'un certificat d'idoneïtat dels granulats, emès com a màxim un any abans de la data en què es facin servir per un laboratori oficial o oficialment acreditat, s'han de realitzar els assaigs especificats en els articles 28.3.1, 28.3.2 i 28.3.3.

9.4. Addicions i additius

En els assaigs a realitzar s'afegeix l'exigència, quan s'utilitzin addicions, de realitzar de forma prèvia a l'inici d'obra en laboratori oficial o oficialment acreditat els assaigs especificats en els articles

29.2.1 per a les cendres volants, i 29.2.2 per al fum de sílice, havent d'emetre el corresponent certificat de garantia.

Cada tres mesos d'obra, i per a garantir la homogeneïtat dels subministraments s'exigeix la realització de les següents comprovacions:

- per a les cendres volants: triòxid de sofre, pèrdua per calcinació i finor
- per al fum de sílice: pèrdua per calcinació i contingut de clorurs

9.5. Control de qualitat

Al control de qualitat, realitzat fins ara en base a la consistència i resistència, s'hi afegeix la durabilitat, a més del control de mida de granulats.

Per als formigons fabricats en central, cada amassada ha d'anar, com ja s'ha esmentat, amb un full de subministrament, correctament complimentat, d'acord amb les dades establertes a l'apartat 69.2.9.1 i signat per persona física. No es permet emprar un formigó que no tingui full de subministrament. Aquests fulls s'han d'arxivar i conservar per a formar part de la documentació final de control de l'obra.

Consistència

Es realitza l'assaig pel mètode tradicional del con d'Abrams d'acord amb la UNE 83313:90. La determinació de la mitja aritmètica que defineix la consistència, tant si s'ha definit, l'esmentada consistència, per tipus com per assentament, es fa amb dos valors en comptes dels tres que definien l'EH-91 i l'EP-93.

Resistència

Els assaigs de resistència venen definits a l'article 88.

Pel que fa als assaigs previs i els característics no hi ha pràcticament

cap novetat tret de les actualitzacions d'algunes normes UNE que els regulen.

Pel que fa a les modalitats de control es distingeixen les següents:

Modalitat 1 Control de nivell reduït

Modalitat 2 Control al 100 per 100

Modalitat 3 Control estadístic

Control de nivell reduït

És hereu del control reduït que la EH-91 estableix dins del control estadístic, amb algunes modificacions. Per a la seva aplicació s'estableixen les següents limitacions:

- És aplicable a obres d'enginyeria de petita importància
- S'admet en edificis d'habitatges fins a 2 plantes amb llums inferiors als 6,00 metres
- S'admet per a elements a flexió en edificis d'habitatges fins a 4 plantes amb llums inferiors a 6,00 metres.
- Resistència de càlcul a compressió del formigó $f_{cd} \leq 10 \text{ N/mm}^2$
- No aplicable quan les classes d'exposició del formigó siguin III i IV*

*ambient marí o exposat a corrosió per clorurs d'origen no marí (vegeu taula 8.2.2 de l'EHE)

Quan s'utilitzi aquest nivell de control es realitzaran només comprovacions de consistència sobre formigons fabricats amb dosificacions tipus. S'han de fer com a mínim 4 assaigs de mesura de consistència repartits al llarg de la jornada de treball. Ha de quedar constància escrita dels assaigs i les seves conclusions.

Aquesta modalitat de control exigeix una vigilància continuada per part de la Direcció d'Obra, amb la finalitat de garantir que la dosificació, l'amassada i la posada a l'obra es realitzen correctament.

Control al 100 per 100

No presenta variacions.

Control estadístic

És la forma de control general a totes les obres de formigó en massa, armat o pretensat. Substitueix als nivells de control normal i intens recollits en l'EH-91 i l'EP-93.

Per a la realització del control, l'obra s'ha de dividir en lots d'acord amb la taula 88.4.a de l'EHE, que distingeix tres grans grups d'elements estructurals:

Límits màxims per a l'establiment dels lots de control

	Límit superior	Tipus d'elements estructurals	
	Estructures que tenen elements Comprimits (pilars, piles, murs portants, pilons, etc.)	Estructures que tenen únicament elements sotmesos a flexió (sostres de formigó amb pilars metàl·lics, taulers, murs de contenció, etc.)	Massissos (sabates, estreps de ponts, blocs, etc.)
Volum de Formigó	100 m ³	100 m ³	100 m ³
Núm. d'amas-sades (1)	50	50	100
Temps de formigonat	2 setmanes	2 setmanes	1 setmana
Superfície construïda	500 m ²	1.000 m ²	—
Número de plantes	2	2	—

(1) Límit no obligatori en obres d'edificació

en la divisió en lots s'han de respectar les limitacions següents:

- No es barrejaran elements corresponents a dues columnes de la taula en un mateix lot.
- Les amassades d'un mateix lot provindran del mateix subministrador i han d'ésser elaborades amb les mateixes matèries primes i amb la mateixa dosificació nominal.

Augment de límits per a la definició de lots

Quan s'utilitzin formigons fabricats en central que disposi d'un Segell o Marca de Qualitat (d'acord amb el que es diu a l'inici del capítol "El control del Formigó" d'aquesta guia) els límits de la taula per a definir els lots es poden doblar si es compleixen les condicions següents:

- El peticionari ha de disposar dels resultats de control de producció satisfactoris de la central, i els incorporarà a la documentació final de l'obra.
- S'analitzaran com mínim tres lots, que hauran de correspondre's, si és possible, amb les tres columnes de la taula 88.4.a.
- Si en algun dels lots la resistència estimada f_{est} fos inferior a la característica de projecte es passarà a fer el control segons els lots de la taula (sense doblar límits) fins que 4 lots consecutius donin resultats satisfactoris.

Realització del control

S'ha de determinar la resistència d'un nombre N d'amassades per lot

Resistència característica N/mm²	Nombre d'amassades N
$f_{ck} \leq 25$	2
$25 < f_{ck} \leq 35$	4
$f_{ck} > 35$	6

Convé recordar que la Instrucció defineix l'amassada com una unitat de producte fabricada en un determinat interval de temps amb les mateixes característiques essencials (Art 30.2). En el cas de subministrament de formigó amb camió formigonera es pot considerar cada camió com una amassada.

Les mostres es prenen a l'atzar. Si un lot correspon a dues plantes d'un edifici, es farà al menys una determinació per planta.

Pel que fa al càlcul de la resistència característica estimada es procedeix de la mateixa forma que es feia a l'EH-91 per a al control estadístic a nivell normal. Els valors del coeficient K_n venen donats en la taula 88.4.b, en la que s'han introduït algunes modificacions. Aquests esmentats valors depenen de:

- el nombre N d'amassades
- si el formigó està elaborat en central o no

Dels formigons fabricats en central, es distingeixen els següents aspectes:

- classificació de la central (A, B i C), en funció del valor del coeficient de variació de la producció
- si la central disposa o no d'un segell de qualitat
- del valor del recorregut relatiu màxim dels resultats obtinguts sobre les amassades controlades.

El comentari de l'apartat 88.4, assumint la dificultat de conèixer aquest coeficient, proposa una fórmula alternativa basada en el coeficient de variació a través dels resultats de les mostres de cada lot.

Decisions derivades del control de resistència

No hi ha variacions significatives, tret dels casos que s'hagin de fer proves de càrrega, per a les quals es recomana que es faci aplicar un 85 % de la càrrega de càlcul (càrrega característica majorada), la qual és clarament superior a la que es determinava en la reglamentació anterior.

Durabilitat

El control de la durabilitat el regula l'article 85 de l'EHE i està basat en:

- el control documental dels fulls de subministrament del formigó, en els que hi constin les limitacions de la relació aigua ciment a/c i el contingut de ciment especificat, amb la finalitat de comprovar el compliment de la Instrucció. Si el formigó no es fabrica en una central, el fabricant a d'aportar a la Direcció d'Obra la mateixa informació signada per persona física. S'exigeix aquest control per a cada amassada emprada a l'obra.
- el control de la profunditat de penetració de l'aigua. És un control que cal realitzar en obres sotmeses a classes ambientals III o IV (ambients marins o de clorurs d'origen no marí) o a alguna de les classes específiques d'exposició que estableix la Instrucció a l'article 8. Aquest control s'ha de fer de forma prèvia a l'inici de l'obra amb tres provetes de formigó amb la mateixa dosificació que la de l'obra i fabricades per la mateixa central que fabricarà el formigó de l'obra. Aquest assaig està definit a la UNE 83309:90 EX.

La Direcció d'Obra pot eximir la realització del control de profunditat quan el subministrador presenti abans de l'inici d'obra una documentació que inclogui:

- Composició de les dosificacions a emprar a l'obra
- Identificació de les matèries primeres del formigó que fabricarà per a l'obra
- Còpia de l'informe dels resultats de l'assaig de penetració d'aigua fet per un laboratori oficial o oficialment acreditat
- Matèries primeres i dosificacions emprades per a la fabricació de les provetes emprades en els assaigs de penetració d'aigua

No es podran acceptar assaigs fets amb més de sis mesos d'anticipació a la data en que es fa el control, o quan es detecti que les matèries primeres o les dosificacions emprades per als assaigs són diferents de les declarades per el subministrador per al formigó de l'obra.

En el cas de formigons fabricats en central de formigó preparat, en possessió d'un Segell o Marca de Qualitat, i si en el seu sistema de qualitat s'inclou l'assaig de profunditat de penetració d'aigua, se l'eximirà de la realització d'aquest assaig. En aquest cas haurà de presentar a la Direcció de l'Obra, de forma previ a l'inici de l'obra, la documentació que permeti un control com l'especificat anteriorment.

Assaigs d'informació complementària del formigó

Regulats segons l'article 89, no presenten novetats. Si bé es diu com fins ara, que no s'han de treure testimonis de formigó endurit quan l'extracció presenti un risc per a la seguretat de l'element, es deixa, la porta oberta a la consideració d'estintolar provisionalment la part afectada, prèviament a la seva extracció.

En els comentaris a l'articulat han desaparegut dos casos en els que té interès la realització d'assaigs d'informació: en els canvis d'ús i en les rehabilitacions d'edificis.

Finalment, també en els comentaris, s'especifica que quan es fan testimonis per a estimar altra cop la resistència d'un lot en el que $f_{est} < 0,9 f_{ck}$, les mostres s'han de treure a l'atzar, no dels llocs d'on se sap o suposa que provenen les provetes assajades. A més, es pot considerar que les provetes testimoni extretes presenten una resistència inferior en un 10% a les provetes d'obra.

10. El Control de l'Acer

Es fixen dos nivells de control de l'acer: el normal i el reduït. A les obres de formigó pretensat només es podrà adoptar el nivell normal tant per a armadures actives com per a les passives. Les característiques dels acers queden definides als articles 31 i 32 de la Instrucció i en l'apartat 7 d'aquesta guia.

No es poden utilitzar acers que no arribin a l'obra amb un certificat de garantia del fabricant, signat per persona física. Les dades que ha de contenir el certificat consten als punts 31.2, 31.3 i 31.4 de l'EHE per a armadures passives, i als punts 32.3, 32.4 i 32.5 per a armadures actives. Per a les barres o filferros corrugats hi ha d'haver un certificat específic d'adherència.

El control que es proposa s'ha de fer:

- abans del formigonat si s'utilitza acer no certificat
- abans de l'entrada en servei si l'acer està certificat

10.1. El control a nivell reduït

Només és apte per a armadures passives quan hi hagi un consum d'acer molt reduït o quan hi hagi dificultats per a fer tots els assaigs sobre el material. En aquest cas s'ha d'utilitzar una resistència de càlcul de l'acer :

$$0,75 \frac{f_{yk}}{\gamma_s}$$

La qual cosa ens porta a considerar que un acer de 5000 kp/cm² (500 N/mm²) es pot fer treballar a 3260 kp/cm² (332 N/mm²). Les operacions de control són les mateixes que es definien a la reglamentació anterior.

10.2. El control a nivell normal

Les armadures s'han de dividir en lots que corresponguin a un mateix subministrador, designació i sèrie. La quantitat màxima de cada lot serà:

Acer	Armadures passives (Tones)	Armadures actives (Tones)
Amb certificat	40	20
Sense certificat	20	10

La Instrucció fixa que es faran dues provetes per lot i sobre aquestes es procedirà a fer les comprovacions i assaigs establerts als punts 90.3.1 i 90.3.2 segons siguin acers certificats o no certificats respectivament. Els assaigs són exactament els mateixos en ambdós casos i coincideixen amb els que definia la Instrucció anterior. La diferència està en que pels acers certificats, els resultats s'han de tenir abans de la posada en servei de l'estructura, mentre que pels acers no certificats s'han de tenir abans del formigonat.

10.3. Comprovació de soldabilitat

L'EHE desenvolupa les comprovacions a realitzar quan les armadures passives s'hagin d'empalmar per soldadura. L'EH-91 no distingia entre tipus de soldadura. Ara l'apartat 90.4 de l'EHE defineix 4 casos possibles així com els assaigs a realitzar en cada cas:

- Soldadura per testa
- Soldadura per solapament
- Soldadura en creu
- Altres soldadures

Per a cada tipus de soldadura s'ha de comprovar l'aptitud del procediment. Independentment del tipus de soldadura l'acer ha de tenir una composició química que el faci apte per a soldar, d'acord amb la UNE 36068:94. Aquesta comprovació s'ha de fer a nivell documental, atès que el subministrador ha d'aportar el certificat corresponent per a cada partida subministrada. Cas que no disposi de certificat s'han de realitzar els assaigs que assenyala la UNE.

Pel que fa a l'acer dels dispositius d'ancoratge i empalmament d'armadures posttenses i pretenses, beines i accessoris, així com del control dels equips de tesat i d'injecció, no hi ha novetats.

11. Control d'Execució de l'obra

11.1. Els nivells de control

Es mantenen les tres denominacions dels nivells de control tal com les hem emprat fins ara: nivell reduït, nivell normal i nivell intens, l'elecció dels quals està directament relacionat amb els coeficients de seguretat per a la majoració de les accions emprades en l'anàlisi estructural.

L'EHE estableix per a cada nivell de control uns coeficients diferents segons els tipus d'acció que s'avalui. Fins ara, el control normal exigia l'aplicació d'un coeficient 1,6 de majoració de sollicitacions que s'aplicava genèricament. A partir d'ara, per a les accions permanents s'admet un coeficient 1,35 en el cas de control intens, i per a les accions permanents de valor no constant l'1,50. A la taula 95.5 de la Instrucció es recullen els coeficients a emprar en cada tipus de nivell de control en funció dels tipus d'acció considerada. Aquesta taula és la mateixa que la 12.1.b.

Tipus d'acció	Nivell de control d'execució		
	Intens	Normal	Reduït
Permanent	$\gamma_G = 1,35$	$\gamma_G = 1,50$	$\gamma_G = 1,60$
Pretensat	$\gamma_P = 1,00$	$\gamma_P = 1,00$	$\gamma_P = 1,00$
Permanent de valor no constant	$\gamma_G = 1,50$	$\gamma_G = 1,60$	$\gamma_G = 1,80$
Variable	$\gamma_Q = 1,50$	$\gamma_Q = 1,60$	$\gamma_Q = 1,80$

Desapareix la possibilitat de modificar els coeficients en funció de la previsió de danys en les obres. Pel que fa als coeficients de minoració dels materials no hi ha variacions.

Per al control d'execució, d'acord amb l'article 95, s'ha de redactar un Pla de Control que, independentment del nivell triat, dividirà l'obra en lots d'acord amb el que especifica la taula 95.1.a de l'EHE. Aquest control s'entén que es dut a terme de forma externa al contractista de l'obra que es vol controlar.

Tipus d'obra	Mida del lot
Edificis	500 m ² , sense excedir les dues plantes
Ponts, Aqüeductes, Túnel, etc.	500 m ² de planta, sense excedir els 50 m lineals
Obres de grans massissos	250 m ³
Xemeneies, Torres, Piles, etc.	250 m ³ , sense excedir els 50 m lineals
Peces prefabricades:	
- De tipus lineal	500 m lineals
- De tipus superficial	250 m lineals

L'article 95 de l'EHE defineix el nombre d'inspeccions que, com a mínim, s'han de fer per a cada lot en els que s'ha subdividit l'obra. Es resumeixen en la següent taula.

Número d'inspeccions per lot segons el nivell de control

Nivell de control	Número d'inspeccions per lot
Intens*	3
Normal	2
Reduït	1

* En el control intens s'exigeix que a més del control extern, el constructor tingui un sistema de qualitat propi, auditat externament. En aquest cas l'elaboració de la ferralla i dels elements prefabricats s'han de fer en instal·lacions industrials fixes i amb un sistema de certificació voluntari.

El contingut de la inspecció s'enumera de forma no limitativa en la taula 95.1.b de la Instrucció.

La Instrucció destaca que són la Propietat i la Direcció d'Obra els responsables d'assegurar la realització del control extern de l'execució.

Els resultats de totes les inspeccions, així com les mesures correctores adoptades, es reflectiran en els corresponents informes, documents que quedaran recollits en la Documentació Final d'Obra, que haurà d'ésser lliurada per la Direcció d'Obra a la Propietat.

11.2. Les toleràncies d'execució

El Plec de Prescripcions Tècniques Particulars de l'Obra ha de contenir un sistema de toleràncies. La Instrucció, en l'annex 10, proposa un sistema basat en la funció estructural dels elements i en la seva fabricació.

11.3. Assaigs d'informació

Les proves de càrrega (Art 99.2)

A diferència de la Instrucció precedent, l'EHE defineix amb més precisió les proves de càrrega sobre les estructures. Fa una distinció entre tres tipus de proves càrrega:

- les reglamentàries, que s'apliquen normalment a obres d'enginyeria com ponts de carreteres i ponts de ferrocarril.

- les d'informació complementària que es realitzen quan hi ha hagut canvis o problemes en la construcció
- les destinades a avaluar la capacitat resistent o la seguretat de les estructures

Per a cadascuna d'elles dona les condicions d'execució de la prova de càrrega. Per a validar els resultats de la prova es defineixen una sèrie de condicions basades en les fletxes màximes assolides, les fletxes residuals i l'existència de fissures als elements assajats.

Annex

Taules complementàries

Tabla. 8.2.2 Clases generales de exposición relativas a la corrosión de las armaduras

Clase	CLASE GENERAL DE EXPOSICIÓN		DESCRIPCIÓN	EJEMPLOS
	Subclase	Designación		
no agresiva		I	-interiores de edificios, no sometidos a condensaciones -elementos de hormigón en masa	-interiores de edificios, protegidos de la intemperie
	Humedad alta	Ila	-interiores sometidos a humedades relativas medias altas (>65%) o a condensaciones -exteriores en ausencia de cloruros, y expuestos a lluvia en zonas con precipitación media anual superior a 600 mm -elementos enterrados o sumergidos.	-sótanos no ventilados -cimentaciones -tableros y pilas de puentes en zonas con precipitación media anual superior a 600 mm -elementos de hormigón en cubiertas de edificios
	humedad media	Ilb	-exteriores en ausencia de cloruros, sometidos a la acción del agua de lluvia, en zonas con precipitación media anual inferior a 600 mm	-construcciones exteriores protegidas de la lluvia -tableros y pilas de puentes, en zonas de precipitación media anual inferior a 600 mm
marina	aérea	IIla	-elementos de estructuras marinas, por encima del nivel de pleamar -elemento exteriores de estructuras situadas en las proximidades de la línea costera (a menos de 5 km)	-edificaciones en las proximidades de la costa -puentes en las proximidades de la costa -zonas aéreas de diques, pantalanés y otras obras de defensa litoral -instalaciones portuarias
	sumergida	IIlb	-elementos de estructuras marinas sumergidas permanentemente, por debajo del nivel mínimo de bajamar	-zonas sumergidas de diques, pantalanés y otras obras de defensa litoral -cimentaciones y zonas sumergidas de pilas de puentes en el mar
	en zona de mareas	IIlc	-elementos de estructuras marinas situadas en la zona de carrera de mareas	-zonas situadas en el recorrido de marea de diques, pantalanés y otras obras de defensa litoral -zonas de pilas de puentes sobre el mar, situadas en el recorrido de marea
	Con cloruros de origen diferente del medio marino	IV	-instalaciones no impermeabilizadas en contacto con agua que presente un contenido elevado de cloruros, no relacionados con el ambiente marino -superficies expuestas a sales de deshielo no impermeabilizadas	-piscinas -pilas de pasos superiores o pasarelas en zonas de nieve -estaciones de tratamiento de agua

(Reproducció de la taula 8.2.2 de l'EHE Instrucció de Hormigón Estructural)

Tabla 8.2.3.a Clases específicas de exposición relativas a otros procesos de deterioro distintos de la corrosión

Clase		CLASE GENERAL DE EXPOSICIÓN		DESCRIPCIÓN	EJEMPLOS
		Subclase	Designación		
Química agresiva	débil	Ca	ataque químico	-elementos situados en ambientes con contenidos de sustancias químicas capaces de provocar la alteración del hormigón con velocidad lenta (ver Tabla 8.2.3.b)	-instalaciones industriales, con sustancias débilmente agresivas según tabla 8.2.3.b. -construcciones en proximidades de áreas industriales, con agresividad débil según tabla 8.2.3.b.
	media	Qb	ataque químico	-elementos en contacto con agua de mar -elementos situados en ambientes con contenidos de sustancias químicas capaces de provocar la alteración del hormigón con velocidad media (ver Tabla 8.2.3.b)	-dolos, bloques y otros elementos para diques -estructuras marinas, en general -instalaciones industriales con sustancias de agresividad media según tabla 8.2.3.b -construcciones en proximidades de áreas industriales, con agresividad media según tabla 8.2.3b
	fuerte	Qc	ataque químico	-elementos situados en ambientes con contenidos de sustancias químicas capaces de provocar la alteración del hormigón con velocidad rápida (ver Tabla 8.2.3.b)	-instalaciones industriales, con sustancias de agresividad alta de acuerdo con tabla 8.2.3.b -instalaciones de conducción y tratamiento de aguas residuales, con sustancias de agresividad alta de acuerdo con tabla 8.2.3.b.
Con heladas	sin sales fundentes	H	ataque hielo- deshielo	-elementos situados en contacto, frecuente con agua, o zonas con humedad relativa media ambiental en invierno superior al 75%, y que tengan una probabilidad anual superior al 50% de alcanzar al menos una vez temperaturas por debajo de -5°C	-construcciones en zonas de alta montaña -estaciones invernales
	con sales fundentes	F	ataque por sales fundentes	-elementos destinados al tráfico de vehículos o peatones en zonas con más de 5 nevadas anuales o con valor medio de la temperatura mínima en los meses de invierno inferior a 0°C	-tableros de puentes o pasarelas en zonas de alta montaña
erosión		E	Abrasión Cavitación	-elementos sometidos a desgaste superficial -elementos de estructuras hidráulicas en los que la cota piezométrica pueda descender por debajo de la presión de vapor del agua	-pilas de puente en cauces muy torrenciales -elementos de diques, pantales y otras obras de defensa litoral que se encuentren sometidos a fuertes oleajes -pavimentos de hormigón -tuberías de alta presión

(Reproducció de la taula 8.2.3.a de l'EHE Instrucció de Hormigó Estructural)

Tabla 8.2.3.b. Clasificación de la agresividad química

TIPO DE MEDIO AGRESIVO	PARÁMETROS	TIPO DE EXPOSICIÓN		
		Qa	Qb	Qc
		ATAQUE DÉBIL	ATAQUE MEDIO	ATAQUE FUERTE
AGUA	VALOR DEL pH	6,5 - 5,5	5,5 - 4,5	< 4,5
	CO2 AGRESIVO (mg CO2/l)	15 - 40	40 - 100	> 100
	IÓN AMONIO (mg NH4+ / l)	15 - 30	30 - 60	> 60
	IÓN MAGNESIO (mg Mg2+ / l)	300 - 1000	1000 - 3000	> 3000
	IÓN SULFATO (mg SO42- / l)	200 - 600	600 - 3000	> 3000
SUELO	RESIDUO SECO (mg / l)	> 150	50-150	<50
	GRADO DE ACIDEZ BAUMANN-GULLY	> 20	(*)	(*)
	IÓN SULFATO (mg SO42- / kg de suelo seco)	2000 - 3000	3000-12000	> 12000

(*) Estas condiciones no se dan en la práctica
 (Reproducción de la tabla 8.2.3.b de l'EHE Instrucción de Hormigón Estructural)

Tabla 37.3.2.a Máxima relación agua/cemento y mínimo contenido de cemento

Parámetro de dosificación	Tipo de hormigón	CLASE DE EXPOSICIÓN												
		I	Ila	Ilb	Illa	IIIb	IIIc	IV	Qa	Qb	Qc	H	F	E
Máxima relación A/c	Masa	0,65	-	-	-	-	-	-	0,50	0,50	0,45	0,55	0,50	0,50
	Armado	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
	Pretensado	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
Mínimo Contenido de cemento (kg/m ³)	Masa	200	-	-	-	-	-	-	275	300	325	275	300	275
	Armado	250	275	300	300	325	350	325	325	350	350	300	325	300
	Pretensado	275	300	300	300	325	350	325	325	350	350	300	325	300

(Reproducció de la taula 37.3.2.a de l'EHE Instrucció de Hormigón Estructural)

Tabla 37.2.4 Recubrimientos mínimos

Resistencia	Tipo de elemento	RECUBRIMIENTO MÍNIMO [mm]									
		I	IIa	IIb	IIIa	IIIb	IIIc	IV	Qa	Qb	Qc
25 ≤ fck <40	General	20	25	30	35	35	40	35	40	(*)	(*)
	Elementos prefabricados y láminas	15	20	25	30	30	35	30	35	(*)	(*)
fck ≥ 40	General	15	20	25	30	30	35	30	35	(*)	(*)
	Elementos prefabricados y láminas	15	20	25	25	25	30	25	30	(*)	(*)

(Reproducció de la taula 37.2.4 de l'EHE Instrucció de Hormigón Estructural)



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

Wellington 19
E-08018 Barcelona
tel. 93 309 34 04
fax 93 300 48 52
e-mail: info@itec.es
http: www.itec.es