

Juan Roldán Ruiz

Dimensionamiento en hormigón estructural

Manual docente

Escuela de Arquitectura e Ingeniería de Edificación UCAM

Cátedra de Estructuras Arquitectónicas



Dimensionamiento en hormigón estructural

Dimensionamiento en hormigón estructural

Dimensionamiento en hormigón estructural

Juan Roldán Ruiz

Dimensionamiento en hormigón estructural

Manual docente

Escuela de Arquitectura e Ingeniería de Edificación UCAM

Cátedra de Estructuras Arquitectónicas

Dimensionamiento en hormigón estructural

Dimensionamiento en hormigón estructural

© Textos y figuras: Juan Roldán Ruiz

© Esta edición: Fundación Universitaria San Antonio

Créditos foto de portada: Monasterio de la Tourette de Le Corbusier. Foto del autor

1ª ed.: Murcia 2010

I.S.B.N. :

D.L.:

Impreso en España. Todos los derechos reservados.

Prohibida la reproducción total o parcial sin permiso expreso y por escrito de los titulares del Copyright.

Realización:

Dimensionamiento en hormigón estructural

A mis alumnos

Dimensionamiento en hormigón estructural

Dimensionamiento en hormigón estructural

Temario general

Tema 1.- Hormigón estructural. EHE

Tema 2.- Dimensionamiento bajo solicitaciones normales: M y N

Tema 3.- Dimensionamiento bajo solicitaciones tangenciales: T y punzonamiento

Tema 4.- ELS: fisuración y deformaciones

Tema 5.- Cimientos. DB-SE-C

Tema 6.- Forjados de hormigón estructural

Dimensionamiento en hormigón estructural

Tema 1.- Hormigón estructural. EHE

1.- Aspectos generales de EHE	28
2.- Bases de cálculo: generalidades	30
3.- Materiales	32
3.1.- Diagramas σ - τ	32
3.2.- Controles	34
3.3.- Resistencia del hormigón	36
3.4.- Control de la ejecución	38
4.- Adherencia	40
5.- Durabilidad	42
5.1.- Exposición general	42
5.2.- Exposición específica	44
5.3.- Relación A/C, C y F_{ck}	46
5.4.- Recubrimientos	48
5.5.- Estrategia CPH	50
5.6.- Cuadro características EHE	52
6.- Regiones D	54
7.- Dominios de deformación	56
8.- Cuantías mínimas	58
8.1.- Cuadro de cuantías EHE	58
8.2.- Aplicación para acero B-400	60

Tema 2.- Dimensionamiento bajo solicitaciones normales: M y N

1.- Dominios de deformación M y N	68
2.- Dimensionamiento a flexión: M	70
2.1.- Rango de diseño ξ	70
2.2.- Fibra solución ξ y U_{s1}	72
2.3.- Canto mínimo, optimo y máximo	74
2.4.- Ejemplo de dimensionamiento a flexión	76
3.- Dimensionamiento a compresión: N	78
3.1.- Pandeo general	78
3.2.- Pandeo habitual	80
3.3.- Cálculo	82
3.4.- Ejemplo de dimensionamiento a compresión	84
4.- Ábacos de dimensionamiento directo	86
4.1.- Ábaco para flexión simple	86
4.2.- Ejemplo de flexión simple	88
4.3.- Ábaco de interacción: flexo-compresión 1	90
4.4.- Ábaco de interacción: flexo-compresión 2	92
4.5.- Ábaco de interacción: flexo-compresión 3	94
4.6.- Ábaco de interacción: pilares circulares	96
4.7.- Ábaco de flexo-compresión esviada	98
5.- Ficha prontuario de dimensionamiento a flexión	100

Tema 3.- Dimensionamiento bajo solicitaciones tangenciales: T y punzonamiento

1.- Esfuerzo cortante T	108
1.1.- Concepto mecánico	108
1.2.- Distribución de tensiones elásticas	110
2.- Planteamiento en hormigón estructural	112
3.- Comprobación según EHE	114
4.- Cuantías mínimas frente al esfuerzo cortante	116
5.- Ejemplo de dimensionamiento a esfuerzo cortante	118
6.- Punzonamiento: esfuerzo cortante perimetral	120
7.- Ficha prontuario de dimensionamiento a T y Punzonamiento	122

Tema 4.- ELS: fisuración y deformaciones

1.- Fisuración y adherencia	130
2.- ELS Fisuración	132
2.1.- Análisis del fenómeno	132
2.2.- Ejemplo de cálculo de fisuras	134
3.- Análisis de la deformación de la viga biapoyada con carga q	136
3.1.- Reacciones	138
3.2.- Graficas de cortantes	140
3.3.- Grafica de flectores	142
3.4.- Deformada de la viga	144
3.5.- Giros y flecha máxima	146
3.6.- Pirámide diferencial	148
4.- ELS Deformaciones en HA	150
4.1.- Flechas en HA	150
4.2.- Ejemplo de cálculo	154
4.3.- Cantos recomendados según EHE	156
5.- Ficha prontuario para ELS: fisuración y deformaciones	158

Tema 5.- Cimientos. DB-SE-C

Parte 1ª.- Aspectos generales y ciment. directas

1.- Generalidades	166
2.- Bases de cálculo	168
2.1.- Comprobaciones	168
2.2.- Método de cálculo: E Límite	170
2.3.- Variables básicas	172
2.4.- Verificaciones ELU	174
2.5.- Coeficientes parciales	176
3.- Estudio geotécnico	178
3.1.- Generalidades	178
3.2.- Campañas	180
3.3.- Contenido según DB	182
4.- Cimentaciones directas	184
4.1.- Tipologías	184
4.2.- Zapatas aisladas	186
4.3.- Zapatas combinadas y corridas	188
4.4.- Pozos y emparrillados	190
4.5.- Losas de cimentación	192
4.6.- Análisis y dimensionamiento	194
4.7.- Concepto carga hundimiento	196
4.8.- Tabla carga hundim zapatas	198
4.9.- Verificación ELU hundimiento	200
4.10.- Asientos	202

Parte 2ª.- Ciment. profundas, contenciones y otros

1.- Cimentaciones profundas. Pilotes	208
1.1.- Clasificación	208
1.2.- Pilotes de hormigón: tipos	210
1.3.- Solicitaciones y otras acciones	212
1.4.- ELU hundimiento	214
1.5.- ELS asientos	216
1.6.- Tope estructural	218
1.7.- Aspectos constructivos	220
2.- Elementos de contención	222
2.1.- Tipos de contenciones	222
2.2.- Tipos de empujes	224
2.3.- Muros de contención	226
2.4.- Muros de sótano	228
2.5.- Pantallas	230
3.- Acondicionamiento del terreno	232
4.- Mejora o refuerzo del terreno	234
5.- Anclajes al terreno	236
6.- Anejos	238
6.1.- Anejos A, B y C del DB	238
6.2.- Anejo D. 29 tablas útiles	240
6.3.- Anejo E. Interacción suelo ST	242
6.4.- Anejo F. Modelos para cálculo	244
7.- Tablas de dimensionamiento directo	246

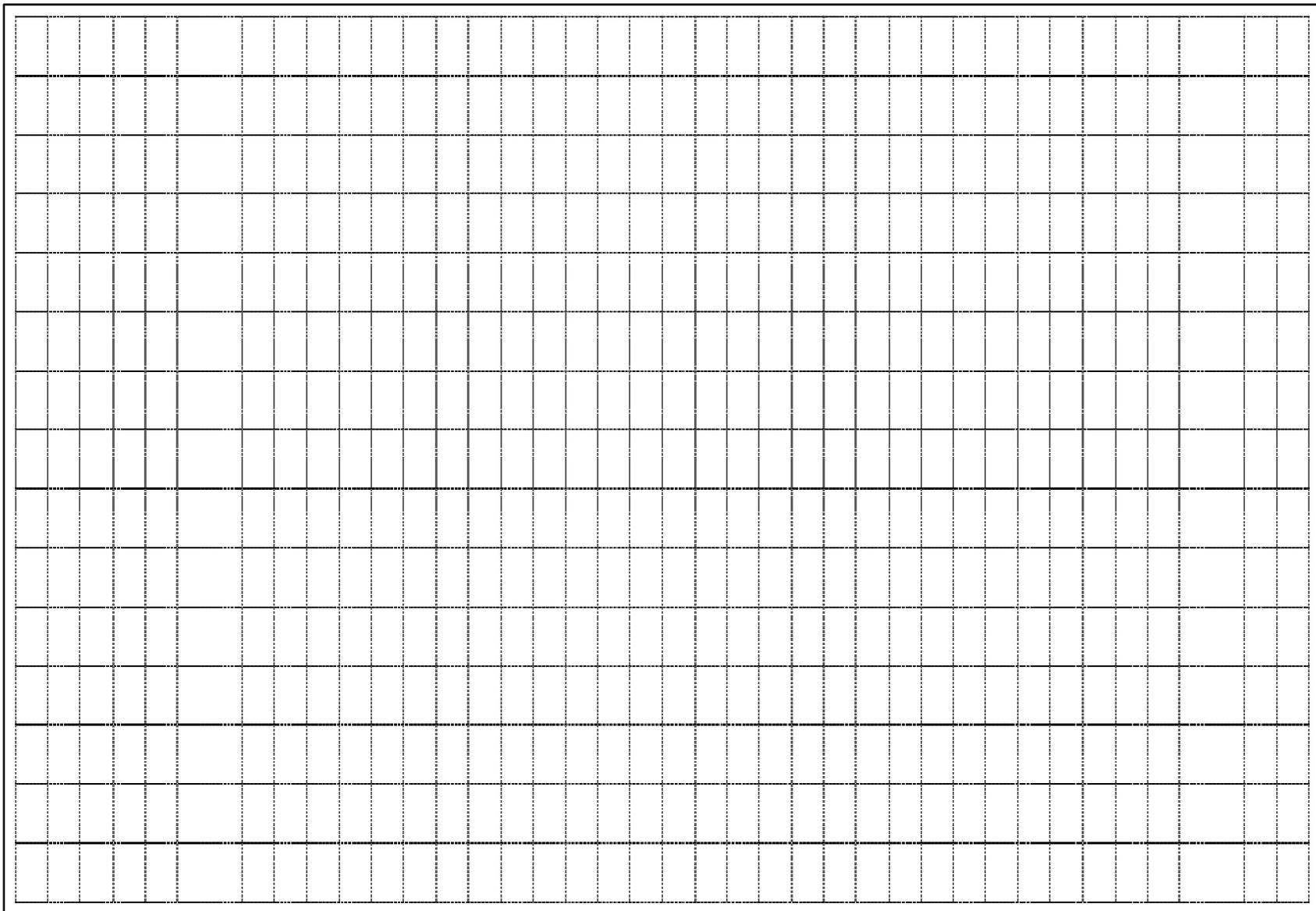
Tema 6.- Forjados de hormigón estructural

1.- Forjados de HE	256
1.1.- Clasificación	256
1.2.- Cuantías mínimas	258
2.- Forjados unidireccionales	260
2.1.- Generalidades	260
2.2.- Acciones	262
2.3.- Solicitaciones	264
2.4.- Dimensionamiento ELU	266
2.5.- ELS: canto forjados	276
2.6.- ELS: canto en vigas	278

3.- Forjados reticulares	280
3.1.- Generalidades	280
3.2.- Acciones	282
3.3.- Solicitaciones	286
3.4.- Dimensionamiento a ELU flexión	288
3.5.- Dimens. ELU esfuerzo cortante nervios	296
3.6.- ELU: punzonamiento	298
3.7.- ELS y canto recomendado	302
4.- Tablas de dimensionamiento directo	306
4.1.- Tablas 1 y 2: selección de vigas	306
4.2.- Tablas 3 y 4: tipos de vigas	310
4.3.- Tabla 5: zunchos de forjados	314
4.4.- Tabla 6: zunchos de voladizo	316
4.5.- Tabla 7: forjados unidireccionales	318
4.6.- Tablas 8 y 9: forjados reticulares	320

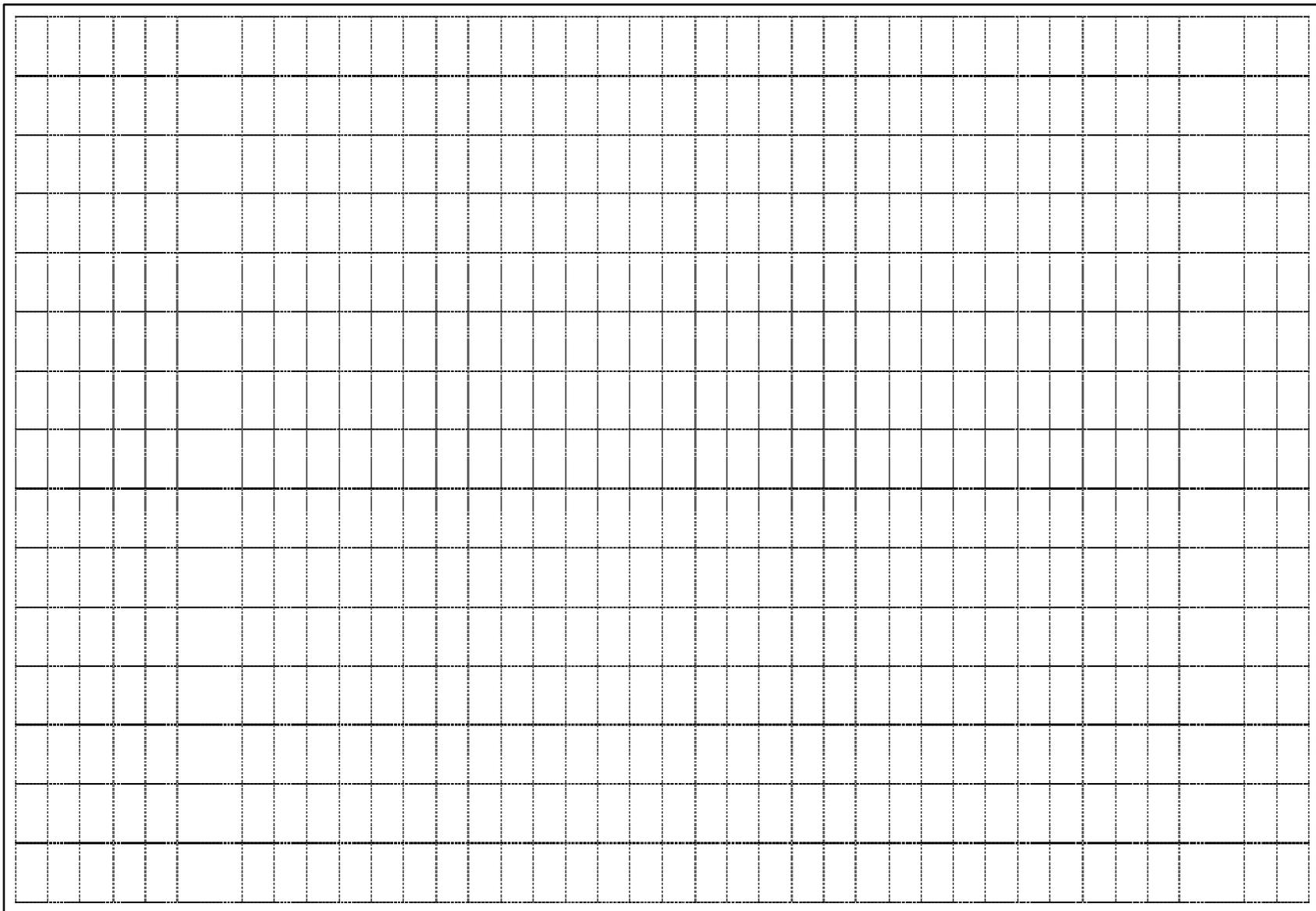
Créditos de figuras, tablas y fotografías	335
Bibliografía básica	337

Dimensionamiento en hormigón estructural



Dimensionamiento en hormigón estructural

Dimensionamiento en hormigón estructural



Dimensionamiento en hormigón estructural

Dimensionamiento en hormigón estructural

Introducción

Utilizamos la palabra *dimensionamiento* como sustantivo ficticio que define la acción de analizar, comprobar y detallar las características que el material objeto de diseño exige para el elemento estructural que se pretende definir. Es evidente que el material a utilizar aporta características específicas a la estructura o sus partes pudiendo, en la mayoría de las ocasiones, ser determinante en el resultado final.

En esta publicación se recogen los aspectos singulares que el hormigón armado comporta frente a Estados Límite Últimos (ELU) y frente a Estados Límite de Servicio (ELS) atendiendo a la actual Instrucción de Hormigón Estructural EHE. Se tratan igualmente los aspectos novedosos sobre durabilidad ya incluidos como un Estado Límite más, ya que así lo recoge la instrucción EHE (ELD).

Los distintos elementos estructurales como zapatas, losas, muros, vigas, zunchos, forjados, pilares, pilotes, etc., responden a las solicitaciones a que se ven sometidos en función de los esfuerzos esenciales para los que están pensados. Así, los pilares y pilotes trabajan esencialmente a compresión, las vigas y forjados a flexión, en las losas y algunos tipos de forjados suelen presentarse aspectos de punzonamiento que deben abordarse de forma singular, en vigas y zunchos suelen aparecer esfuerzos cortantes en sus extremos cuya comprobación suele ser importante, etc. En definitiva, lo esencial del dimensionamiento no es el elemento estructural sino el tipo de solicitación a la que se ve sometido. Por ello, en este manual, se ha optado por analizar los mecanismos de *dimensionado* frente a solicitaciones normales, tangenciales, fisuraciones y deformaciones junto a aspectos singulares de algún elemento estructural como es el caso de los forjados.

Dimensionamiento en hormigón estructural

Tema 1 Hormigón estructural. EHE



Dimensionamiento en hormigón estructural

Dimensionamiento en hormigón estructural

Índice general

Tema 1.- Hormigón estructural. EHE

Tema 2.- Dimensionamiento bajo solicitaciones normales: M y N

Tema 3.- Dimensionamiento bajo solicitaciones tangenciales: T y punzonamiento

Tema 4.- ELS: fisuración y deformaciones

Tema 5.- Cimientos. DB-SE-C

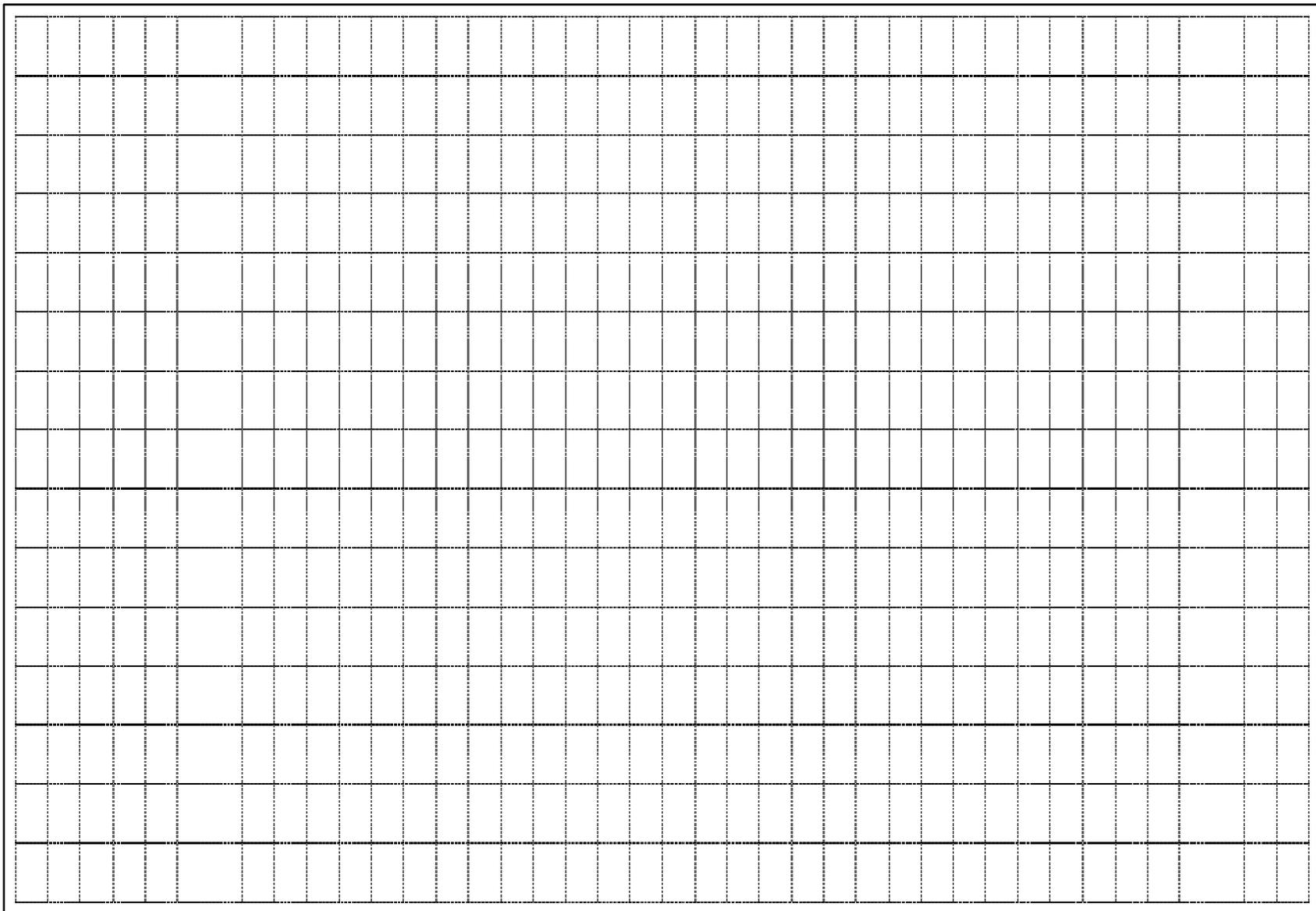
Tema 6.- Forjados de hormigón estructural

TEMA 1										HORMIGÓN ESTRUCTURAL										EHE	

Tema 1
Hormigón estructural. EHE

- 1.- Aspectos generales de EHE
- 2.- Bases de cálculo: generalidades
- 3.- Materiales
 - 3.1.- Diagramas σ - τ
 - 3.2.- Controles
 - 3.3.- Resistencia del hormigón
 - 3.4.- Control de la ejecución
- 4.- Adherencia
- 5.- Durabilidad
 - 5.1.- Exposición general
 - 5.2.- Exposición específica
 - 5.3.- Relación A/C, C y F_{ck}
 - 5.4.- Recubrimientos
 - 5.5.- Estrategia CPH
 - 5.6.- Cuadro características EHE
- 6.- Regiones D
- 7.- Dominios de deformación
- 8.- Cuantías mínimas
 - 8.1.- Cuadro de cuantías EHE
 - 8.2.- Aplicación para acero B-400

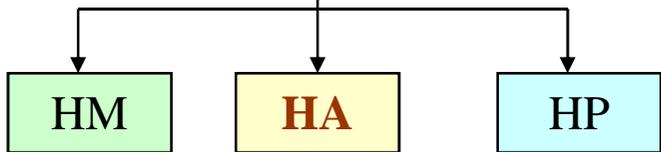
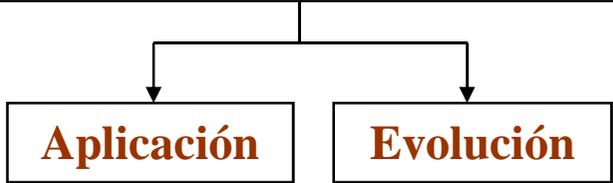
Dimensionamiento en hormigón estructural



TEMA 1

1

Aspectos generales de EHE



Incluye

H. reciclado, autocompactante, ligero, con fibras...

No aplicable

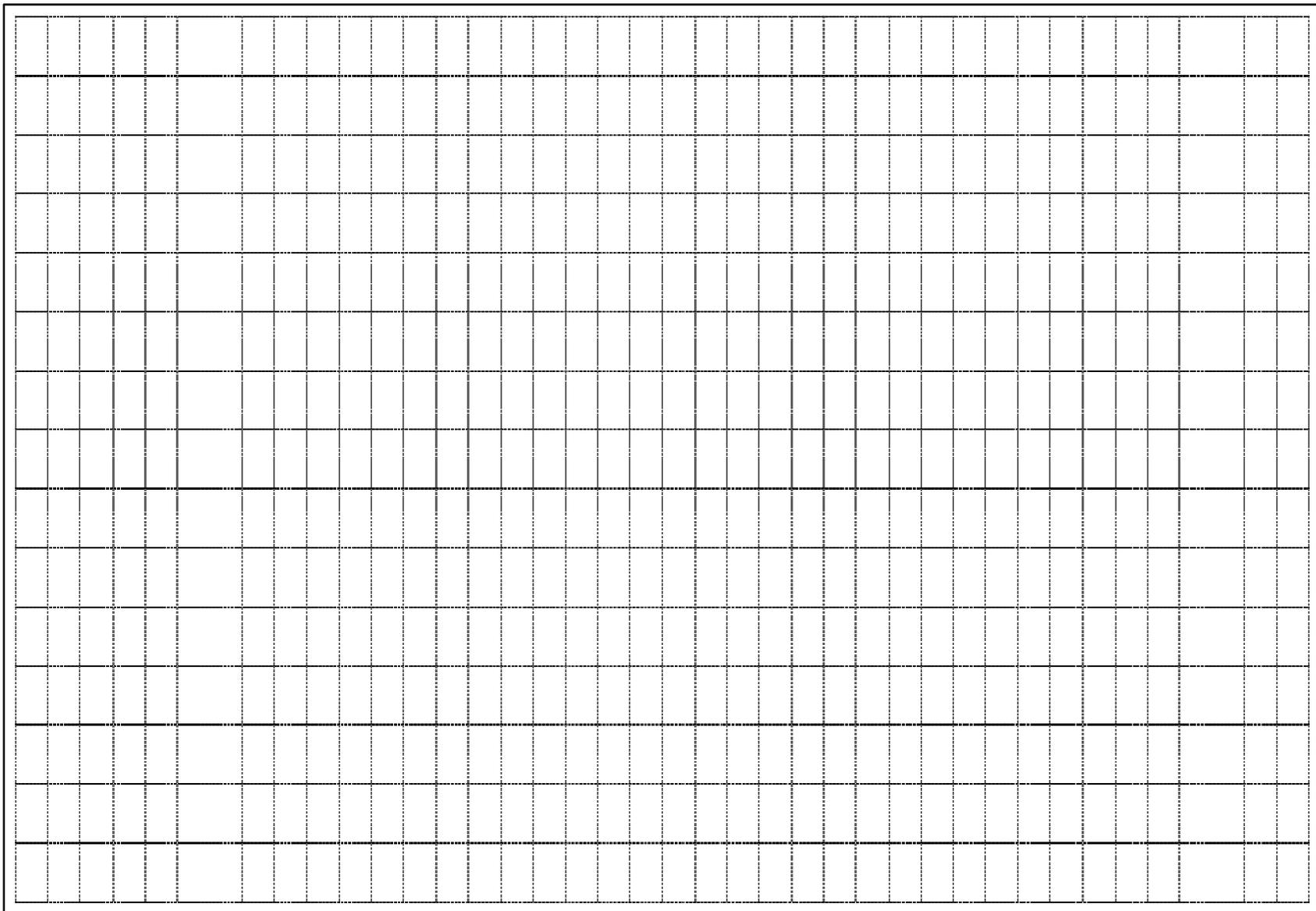
Hormigones pesados, refractarios, con serrines...

Hormigones ultra-resistentes >H100

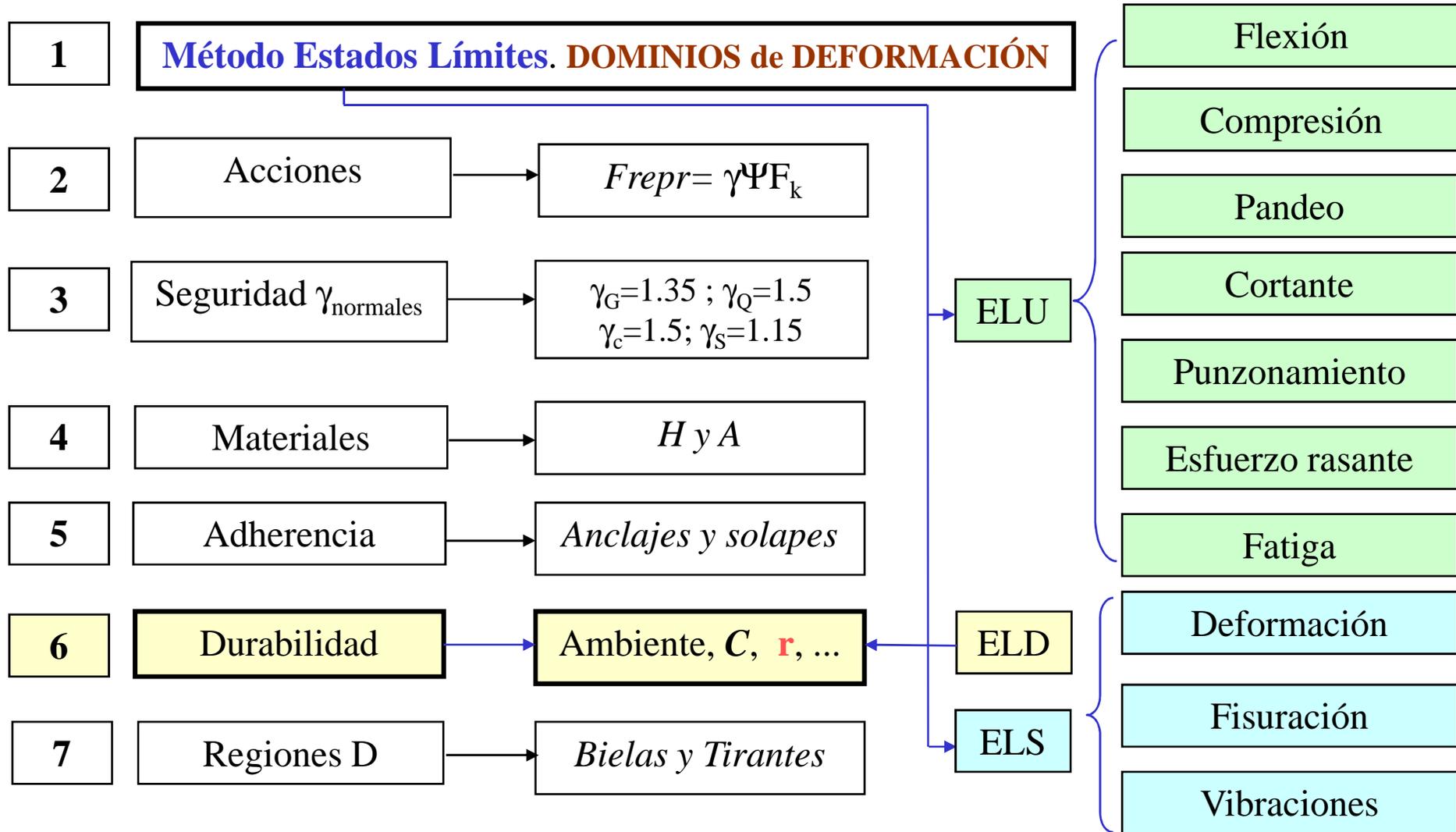
Elementos hormigón y perfiles de acero juntos

Año	Ladrillo	Acero	H. Armado	H. Pretensado
Anterior a 1939	Tratados: <i>Vacchelli, Kersten, Saliger</i> / Inst. Militares Influencia de grandes personalidades: <i>Torroja, Ribera, Basegoda</i>			
1939			1ª Instr. H-39	
1940-41	NORMAS 41 E. metal, H.A y forj ladrillo armado			
1944			Revisión normas 1940-41	
1953	Aparición de la Norma UNE 24003			
1958			1ª HA Torroja	
1961			HA-61Tor no ob	
1962	Aparecen las MV. La 1ª: Acciones en la Edific. MV 101-1962			
1963			Comisión Permanente del H.	
1966		MV-104-66		
1967		MV-105-67		
1968		MV 106-107	Creación CPH	
			EH-68 Obliga	
Aparece la PGS-1 Norma sismorresistente para todas construcciones				
1972	Aparecen las Normas Tecnológicas de la Edificación NTE			
	MV 201-1972	MV-103-72	EHPRE-72	
1973			EH-73	
1974	PDS-1 1974 Norma Sismorresistente			
1975		MV-102-75		
1976		MV-108-76		
1977	Aparecen las NBEs			EP-771ª reg. HP
1980			EH-80	EP-80
1982			EH-82	
			EH-88	
			EF-88	
Acciones en la edificación NBE-AE- 88				
1990	NBE-FL-90			
1993				EP-93
1994	NCSE-94 Norma de Construcción Sismorresistente			
1995		NBE-EA-95		
1996			EF-96	
1998			EHE-98	
2002	NCSE-02		EFHE-02	
2006	CTE-06		2008	EHE-08

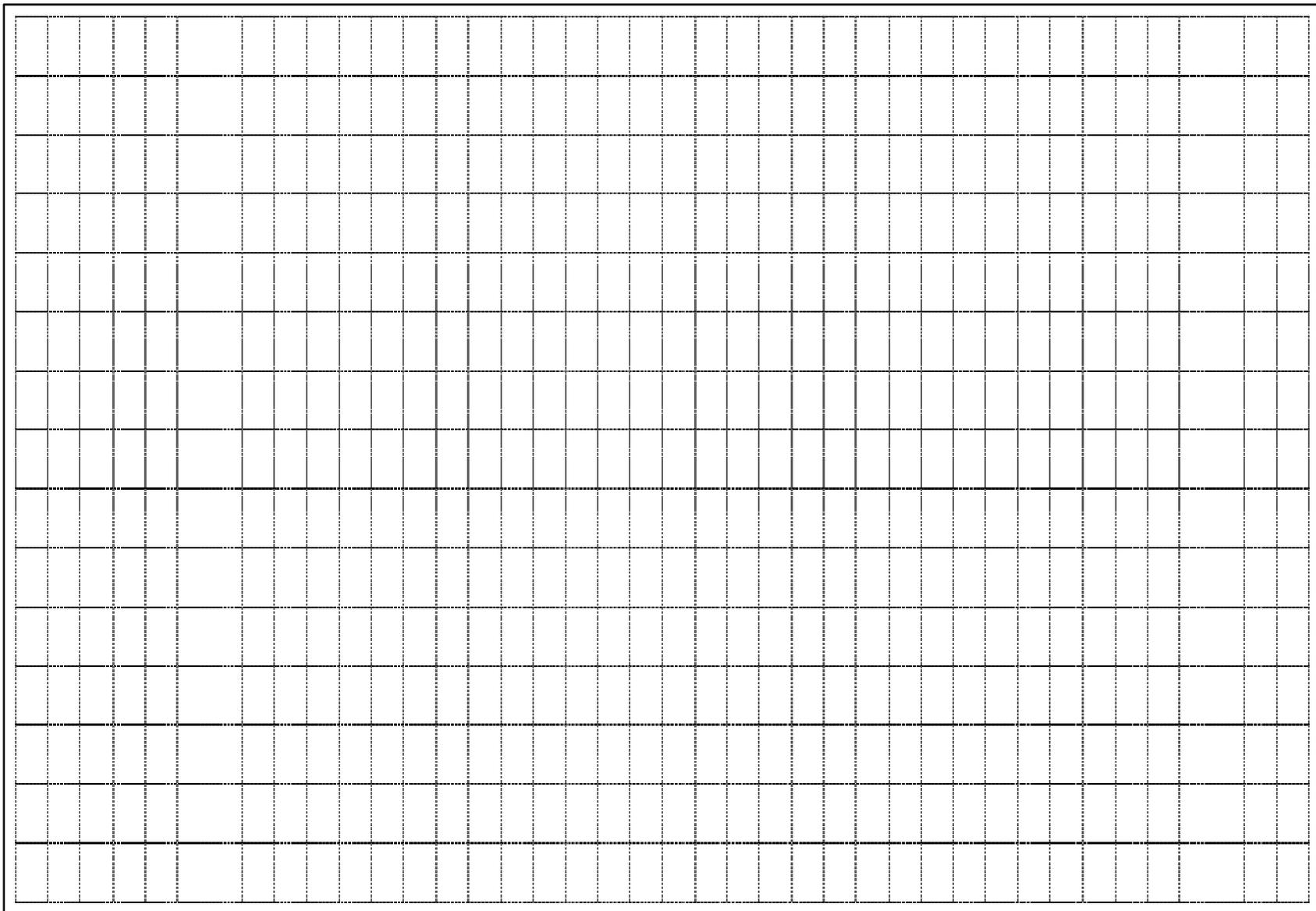
Dimensionamiento en hormigón estructural



2	Bases de cálculo: GENERALIDADES
----------	--



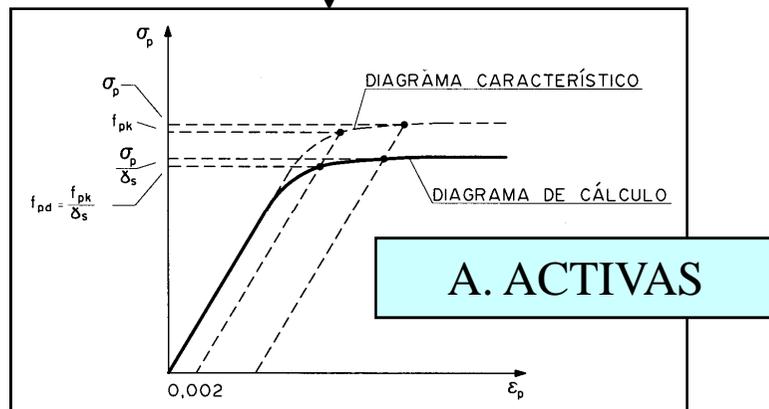
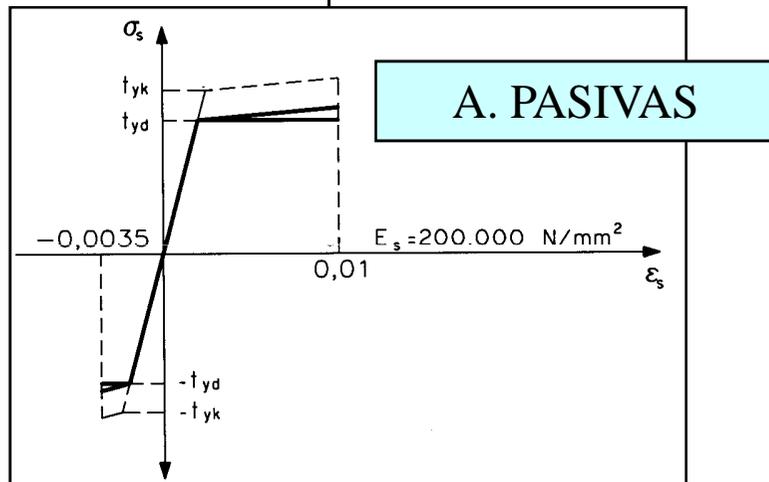
Dimensionamiento en hormigón estructural



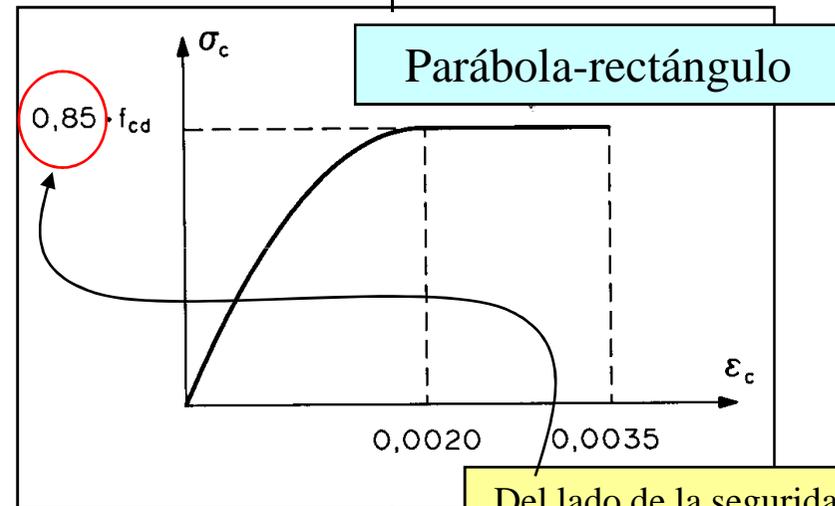
3.1

MATERIALES: diagramas σ - ϵ siendo $H \leq 50 \text{ N/mm}^2$

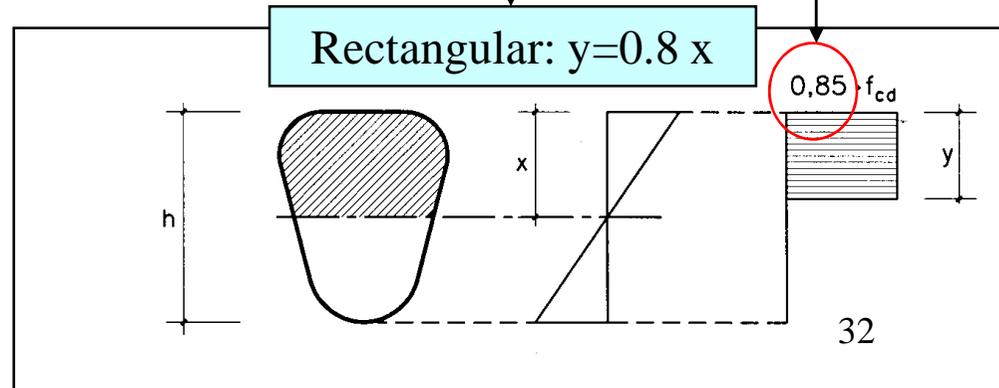
Acero



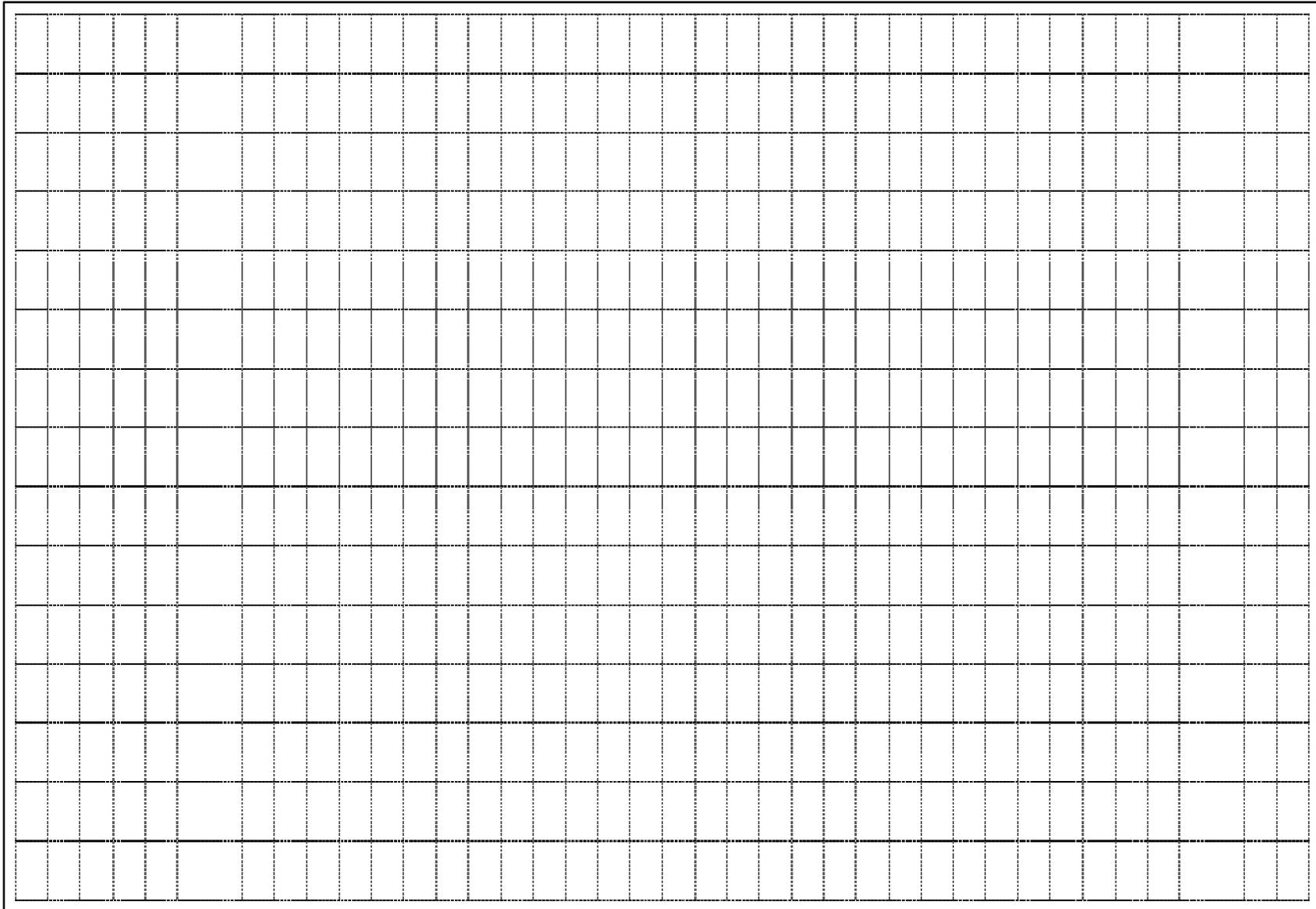
Hormigón



Del lado de la seguridad



Dimensionamiento en hormigón estructural



3.2

Materiales: controles

Componentes	Régimen	No obligatorios	H. Central + Control de Producción y Sello de Calidad Reconocido		
		Obligatorios	En el resto de los casos y en el anterior si PPTP y/o DIO		
	Material	Especificaciones	Ensayos	Acept/Rechazo	
	Cemento	EHE y PPTP	1Ud /3 meses o DIO s/RC	Incumplimiento especificaciones	
	Agua	EHE y PPTP	Si no antecedentes o en caso de duda	Incumple especific. y/o DIO	
	Áridos	EHE y PPTP	Antes de empezar la obra	Incumple especific. y/o DIO	
	Aditivos: Si cenizas o H. sílice: Certificado Laborat	EHE y PPTP	Antes de empezar la obra	Incumple especific. y/o DIO	
Hormigón	Consistencia	PPTP y/o DIO	Cono Abrams	Valor medio No especific. y/o DIO	
	Durabilidad	PPTP y/o DIO	Control doc: A/C y C Penetración agua: III, IV ó Q	No especific. y/o DIO Penetración Agua: Med 30 mm, Máx: 50 mm	
	Resistencia	Ver esquema siguiente 7.1.2			
Acero	Control reducido	Sección y agrietamiento $f_{yd}=75%$ de la normal (Sólo A. pasivas)			
	Control normal	Sección, agrietamiento y límite elástico (Pasivas y activas)			