

## **CAPÍTULO I – PRINCIPIOS GENERALES**

### **ARTÍCULO 1º. OBJETO**

Exigencias que deben cumplir las estructuras de hormigón para satisfacer los requisitos de **seguridad estructural** y **seguridad en caso de incendio**, además de la **protección del medio ambiente**

Exigencias en **proyecto, construcción y mantenimiento/control**.

Exigencias durante la **vida de servicio**.

### **ARTÍCULO 2º. CAMPO DE APLICACIÓN**

Se excluyen, adicionalmente a lo indicado en la EHE, las tuberías de hormigón para transporte de fluidos y se incluyen los forjados de hormigón armado o pretensado.

Se permiten adaptaciones y disposiciones adicionales a la norma, bajo responsabilidad del Autor del proyecto, en *obras especiales o singulares* por sus características, siempre que proporcionen el mismo nivel de garantía que el fijado en la norma.

### **ARTÍCULO 3º. CONSIDERACIONES GENERALES**

Posibilidad de adoptar **soluciones alternativas** (mediante sistemas de cálculo, disposiciones constructivas, procedimientos de control, etc., diferentes) por parte del **Autor del Proyecto** y la **Dirección Facultativa**, bajo su personal responsabilidad y **previa conformidad de la Propiedad**, siempre que se justifique documentalmente que la estructura cumple las exigencias de esta Instrucción porque sus prestaciones son, al menos, equivalentes.

### **ARTÍCULO 4º. CONDICIONES GENERALES**

#### **4.1. CONDICIONES ADMINISTRATIVAS**

Se hace referencia a la normativa europea, sin detallar certificación y distintivos, pudiendo valer los productos fabricados o distribuidos legalmente en cualquier país de la UE o el EEE que cumplan los requisitos exigidos en la instrucción.

#### **4.2. CONDICIONES TÉCNICAS**

Exige **descripción** de la estructura, **justificación** y **definición de exigencias técnicas**, sin realizar una descripción de los contenidos del proyecto (ahora recogidas en CTE).

Al menos comprenderá:

- **características técnicas** de cada unidad de obra, con indicación de las **condiciones para su ejecución** y las **verificaciones y controles** para verificar que se ajustan a proyecto.
- **características técnicas mínimas** que deben cumplir los productos, equipos y sistemas que se incorporen de forma permanente a la estructura proyectada, así como sus **condiciones de suministro, las garantías de calidad y el control de recepción** que deba realizarse, **pudiendo exigir en el pliego de prescripciones productos con garantías adicionales**.
- verificaciones y pruebas de carga que deban realizarse
- **instrucciones de uso y mantenimiento**.

Ejecución conforme a proyecto, pudiendo exigir **productos con nivel de garantía adicional** y los **cambios** han de realizarse, en su caso, **con la conformidad del Promotor**.

Se mantiene la documentación mínima exigible durante la construcción, en la que la DF elaborará al menos una **memoria** que recoja las **incidencias** principales de la ejecución, una colección de **planos** que reflejen el **estado final de la obra** tal y como ha sido construida y la documentación correspondiente al **control de calidad** efectuado durante la obra.

### **ARTÍCULO 5º. REQUISITOS**

- seguridad y funcionalidad estructural
- seguridad en caso de incendio
- higiene, salud y protección del medio ambiente

La Propiedad deberá fijar la **vida útil nominal** de la estructura, que no podrá ser inferior a:

Tipo de estructura	Vida útil nominal
--------------------	-------------------

Estructuras de carácter temporal (2)	Entre 3 y 10 años
Elementos reemplazables que no forman parte de la estructura principal (por ejemplo, barandillas, apoyos de tuberías)	Entre 10 y 25 años
Edificios (o instalaciones) agrícolas o industriales y obras marítimas	Entre 15 y 50 años
Edificios de viviendas u oficinas, puentes u obras de paso de longitud total inferior a 10 metros y estructuras de ingeniería civil (excepto obras marítimas) de repercusión económica baja o media	50 años
Edificios de carácter monumental o de importancia especial	100 años
Puentes de longitud total igual o superior a 10 metros y otras estructuras de ingeniería civil de repercusión económica alta	100 años

La **Propiedad** podrá establecer también otros **requisitos adicionales**, como por ejemplo, el aspecto.

## 5.1. EXIGENCIAS

### 5.1.1. RELATIVAS AL REQUISITO DE SEGURIDAD ESTRUCTURAL

Referencia al sistema de seguridad recogido en los **Eurocódigos Estructurales** (EN 1990 a EN 1999) y a la **normativa específica de acciones**.

#### 5.1.1.1. Resistencia y estabilidad

**Índice de fiabilidad**  $\beta_{50}$  a 50 años no inferior a 3,8 en el caso general. **La propiedad puede fijar otro índice** en estructuras singulares o de poca importancia.

Límites asegurados mediante comprobación de **E.L.U.** en la instrucción.

#### 5.1.1.2. Aptitud al servicio

**Limitaciones de flecha** establecidas en CTE **DB-SE 4.3.3**

**Abertura característica de fisura:** Se mantienen las existentes, exceptuando el caso de exposición  $Q_a$ , que pasa a ser más favorable.

Clase de exposición según art. 8	$w_{max}$ [mm]	
	Hormigón armado (para la combinación cuasipermanente de acciones)	Hormigón pretensado (para la combinación frecuente de acciones)
I	0,4	0,2
IIa, IIb, H	0,3	0,2 <sup>(1)</sup>
IIIa, IIIb, IV, F, $Q_a^{(2)}$	0,2	Descompresión
IIIc, $Q_b^{(2)}$ , $Q_c^{(2)}$	0,1	

(1) Adicionalmente deberá comprobarse que las armaduras activas se encuentran en la zona comprimida de la sección, bajo la combinación cuasipermanente de acciones.

(2) La limitación relativa a la clase Q sólo será de aplicación en el caso de que el ataque químico pueda afectar a la armadura. En otros casos, se aplicará la limitación correspondiente a la clase general correspondiente.

**Límite de vibraciones** establecidas en CTE **DB-SE 4.3.4**

**Índice de fiabilidad**  $\beta_{50}$  a 50 años, en el caso general, no inferior a 1,5 en el caso general.

Límites de cumplimiento asegurados mediante aplicación de **E.L.S.** en la instrucción (+criterios de ejecución y control).

### 5.1.2. RELATIVAS AL REQUISITO DE SEGURIDAD EN CASO DE INCENDIO

Cumplimiento de la **normativa específica**. La instrucción no asegura el cumplimiento.

#### 5.1.2.1. Resistencia de la estructura frente al fuego

Referencia al CTE **DB-SI** y **Anejo 6** con recomendaciones.

### 5.1.3. RELATIVAS AL REQUISITO DE HIGIENE, SALUD Y MEDIO AMBIENTE

La instrucción asegura el cumplimiento.

#### 5.1.3.1. Exigencia de calidad medioambiental de la ejecución

## **TÍTULO 1º – BASES DE PROYECTO**

---

### **CAPÍTULO II – CRITERIOS DE SEGURIDAD Y BASES DE CÁLCULO**

#### **ARTÍCULO 6º. CRITERIOS DE SEGURIDAD**

Sin cambios.

#### **ARTÍCULO 7º. SITUACIONES DE PROYECTO**

Sin cambios.

#### **ARTÍCULO 8º. BASES DE CÁLCULO**

Se añade el Estado Límite de Durabilidad.

##### **ESTADO LÍMITE DE DURABILIDAD**

$$t_r \geq t_d$$

donde:

$t_r$  Tiempo necesario para que el agente agresivo produzca un ataque o degradación significativa.

$t_d$  Valor de cálculo de la vida útil.

##### **CLASES ESPECÍFICAS DE EXPOSICIÓN AMBIENTAL EN RELACIÓN CON OTROS PROCESOS DE DEGRADACIÓN DISTINTOS DE LA CORROSIÓN**

Se corrige el valor correspondiente al grado de acidez Baumann-Gully, que pasa a ser >200 para tipo de exposición Qa (y no 20)

### **CAPÍTULO III – ACCIONES**

#### **ARTÍCULO 9º. CLASIFICACIÓN DE LAS ACCIONES**

Referencia a la normativa específica.

#### **ARTÍCULO 10º. VALORES CARACTERÍSTICOS DE LAS ACCIONES**

Se hace referencia a la reglamentación específica.

Se añade como densidad del hormigón en masa  $2400 \text{ kg/m}^3$  si  $f_{ck} > 50 \text{ N/mm}^2$

#### **ARTÍCULO 11º. VALORES REPRESENTATIVOS DE LAS ACCIONES**

Se tomarán de la reglamentación específica.

#### **ARTÍCULO 12º. VALORES DE CÁLCULO DE LAS ACCIONES**

Hace referencia a la reglamentación específica, pero, para los valores proporcionados por la instrucción, los **coeficientes parciales de seguridad de las acciones son independientes del nivel de control de la ejecución**, tanto para ELU como ELS (con alguna excepción para ELS de elementos con control inteso y armaduras postesas y pretesas).

#### **ARTÍCULO 13º. COMBINACIÓN DE ACCIONES**

Se eliminan las combinaciones simplificadas (triviales), dejando las expresiones generales para ELU y ELS.

## **CAPÍTULO IV – MATERIALES Y GEOMETRÍA**

### **ARTÍCULO 14º. PRINCIPIOS**

Sin cambios.

### **ARTÍCULO 15º. MATERIALES**

#### **COEFICIENTES PARCIALES DE SEGURIDAD DE LOS MATERIALES**

Se mantienen los valores existentes, salvo para la **comprobación frente a fuego** (en cuyo caso pasan a valer  $\gamma_c=1,0, \gamma_s=1,0$ ).

Es posible **reducir los coeficientes** parciales de seguridad de los materiales a 1,10 en el caso del acero, 1,35 para el hormigón prefabricado y 1,40 para hormigón en general:

- 1) Siguiendo un **sistema de tolerancias** más estricto para estructuras con control estadístico (Anejo 11)
- 2) Para acero, si se dan dos de estas condiciones:
  - **control intenso** de la ejecución
  - las armaduras o el elemento prefabricado del que forman parte poseen un **distintivo de calidad**
  - el acero posee un **distintivo de calidad**.
- 3) Para el hormigón:
  - si el control de la **ejecución es a nivel intenso** y el hormigón, o el elemento prefabricado del que forma parte, está en posesión de un **distintivo de calidad**.

### **ARTÍCULO 16º. GEOMETRÍA**

Sin cambios.

## **TÍTULO 2º – ANÁLISIS ESTRUCTURAL**

---

### **CAPÍTULO V – ANÁLISIS ESTRUCTURAL**

#### **ARTÍCULO 17º. GENERALIDADES**

Sin cambios.

#### **ARTÍCULO 18º. IDEALIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA**

Se aclara que en la **sección neta** se deduce el área de armaduras.

#### **ARTÍCULO 19º. MÉTODOS DE CÁLCULO**

Las **condiciones de equilibrio** se formularán para la estructura sin deformar, salvo para estructuras esbeltas (art. 43), que se hará para la estructura deformada (teoría de 2º orden).

El **análisis lineal** es adecuado para ELU y ELS para todo tipo de estructuras siempre que los efectos de 2º orden sean despreciables según art. 43.

El **análisis lineal con redistribución limitada** sólo se podrá emplear para comprobaciones de ELU.

El **análisis plástico** sólo se podrá emplear en comprobaciones de ELU, comprobando que las secciones críticas poseen la ductilidad necesaria, y no podrá emplearse cuando sea necesario considerar efectos de 2º orden.

#### **ARTÍCULO 20º. ANÁLISIS ESTRUCTURAL DEL PRETENSADO**

Salvo garantías adicionales, se reduce la tensión máxima en las armaduras activas.

En las pérdidas de fuerza en piezas con armaduras pretensas, se incluyen formulaciones para la consideración del efecto del proceso de **curado por calefacción** en la evaluación de las deformaciones por fluencia, así como las pérdidas por relajación adicional y dilatación térmica de la armadura debidas también al proceso de calefacción.

#### **ARTÍCULO 21º. ESTRUCTURAS RETICULARES PLANAS, FORJADOS Y PLACAS UNIDIRECCIONALES**

Cuando se utilice el análisis lineal con redistribución limitada, la **magnitud de la redistribución** dependerá del grado de ductilidad de las secciones críticas.

Se elimina la referencia a los distintos tipos de análisis.

#### **ARTÍCULO 22º. PLACAS**

Se elimina la relación de métodos de análisis y la descripción de los métodos simplificados.

#### **ARTÍCULO 23º. MEMBRANAS Y LÁMINAS**

Se eliminan la relación de hipótesis de análisis.

#### **ARTÍCULO 24º. REGIONES D**

Sin cambios.

#### **ARTÍCULO 25º. ANÁLISIS EN EL TIEMPO**

Se elimina la descripción del método del coeficiente de envejecimiento y las simplificaciones, aunque se enumeran como métodos utilizables de análisis.

## TÍTULO 2º – PROPIEDADES TECNOLÓGICAS DE LOS MATERIALES

### CAPÍTULO VI – MATERIALES

#### ARTÍCULO 26º. CEMENTOS

Se hace referencia a la normativa europea de productos de construcción y a la reglamentación específica, sin aludir directamente a la Instrucción para Recepción de cementos.

Se incorporan en la tabla para cada tipo de hormigón las excepciones para cada tipo de cemento.

Se actualiza la **denominación de cementos** según RC-03 (N/R).

Se elimina la relación de condiciones de suministro y almacenamiento (que se recogen en RC-03).

#### ARTÍCULO 27º. AGUA

Se permite y especifican las condiciones de **uso de agua reciclada** procedente del lavado de cubas para el amasado.

#### ARTÍCULO 28º. ÁRIDOS

Se introduce el uso de **áridos reciclados** (según anejo nº15)

Se eliminan las condiciones de transporte y acopio.

En la denominación, se añade la **forma de presentación** (d/D – IL, donde IL puede ser **R**, rodado; **T**, triturado (de machaqueo); **M**, mezcla) y se aconseja la incorporación de la naturaleza del mismo.

Para la especificación del árido en fase de **proyecto** se indica la **suficiencia de la especificación del tamaño máximo del árido** (indicando en su caso el empleo de árido reciclado y su porcentaje).

Se modifican las tablas para clasificación de los áridos y se establece la necesidad de una **relación entre diámetros D/d mayor a 1,4**.

Varían ligeramente los límites de contenido máximo de finos en los áridos.

Se elimina la comprobación del coeficiente de forma del árido grueso, especificando únicamente un límite al índice de lajas del mismo.

Se relajan las condiciones físico-mecánicas, eliminando las limitaciones de friabilidad de la arena y aumentando el margen de validez del ensayo de resistencia al desgaste y de pérdida de peso con sulfato magnésico.

Para áridos provenientes de **escorias de alto horno enfriadas por aire** se incrementa el límite máximo de contenido de sulfatos solubles al 1% (en peso) y el de compuestos totales de azufre al 2% (con limitaciones adicionales si existe presencia de sulfatos de hierro oxidables) y se añaden comprobaciones respecto a la estabilidad de su volumen.

Se limita el uso de áridos con presencia de **sustancias orgánicas** si alteran significativamente la velocidad de fraguado o endurecimiento del hormigón o su color.

Se elimina la comprobación de la presencia de terrones de arcilla o partículas blandas (sustituidas por las comprobaciones de equivalente de arena y azul de metileno).

Se amplían las condiciones de reactividad álcali-árido.

Se elimina la descripción de condiciones de suministro.

#### ARTÍCULO 29º. ADITIVOS

Es posible en ocasiones, para elementos prefabricados, el uso de aditivos plastificantes que tengan como efecto la inclusión de aire.

Se añade una relación de **tipos de aditivos** que pueden ser utilizados por el suministrador **salvo orden en contra** de la DF, **requiriendo permiso para otros tipos** o si su utilización se realiza una vez **en la obra**.

#### ARTÍCULO 30º. ADICIONES

Se acota el uso de humo de sílice en pretensados (hasta 10% s/peso cemento) y se permite el uso de cenizas volantes (20%) a efectos exclusivamente de mejorar la compacidad y reología del hormigón.

#### ARTÍCULO 31º. HORMIGONES

Se incluye un **límite a la cantidad de finos** (áridos y componente caliza del cemento) de 175kg/m<sup>3</sup>, o 185kg/m<sup>3</sup> para hormigones con

agua reciclada.

Se trasladan las referencias a métodos de ensayo y coeficientes de conversión al capítulo de control.

Se introducen los **hormigones de alta resistencia**, con  $f_{ck} > 50 \text{ N/mm}^2$

El método de control reducido del hormigón se denomina ahora control indirecto.

Se introduce una referencia a los **hormigones no estructurales** cuyas especificaciones y recomendaciones se recogen en el **Anexo 18**.

Se cambian las referencias de ensayos de docilidad UNE a las correspondientes UNE-EN y se introduce la **consistencia Líquida**, obtenible exclusivamente mediante superfluidificantes.

Se elimina la referencia a las tolerancias en la especificación de la consistencia del hormigón.

Se introduce la referencia a los **hormigones autocompactantes**, con referencia en el **Anejo 17**.

## **ARTÍCULO 32º. ACEROS PARA ARMADURAS PASIVAS**

Se desglosa este artículo del de armaduras pasivas.

Además de barras corrugadas (y elementos compuestos por ellas), se incorporan como materiales para las armaduras pasivas: rollos de acero corrugado soldable, alambres de acero corrugado o grafilado soldable y alambres lisos de acero soldable, tipificando sus características mecánicas y geométricas.

En **barras y rollos de acero corrugado soldables** se incluyen límites al alargamiento total bajo carga máxima y se modifican ligeramente los valores de los diámetros de mandriles para los ensayos de doblado-desdoblado y se introduce la posibilidad de usar el ensayo de doblado simple.

Se introducen parámetros de comprobación para la comprobación de fatiga, area proyectada de corrugas o grafilas y composición química.

Los **alambres corrugados y lisos** también modifican el diámetro del mandril para el ensayo de doblado-desdoblado y se admite el ensayo de doblado simple.

Rigen los mismos parámetros de composición química que en barras y rollos de acero corrugado.

Se eliminan del artículo las condiciones de suministro, certificación y almacenamiento.

## **ARTÍCULO 33º. ARMADURAS PASIVAS**

Se introduce la **definición de armadura pasiva** y su denominación en función del tipo de armadura empleada en su confección.

Se recoge la necesidad del uso de aceros soldables con características especiales de ductilidad (SD) en estructuras sometidas a acciones sísmicas.

Se especifican las características de las **armaduras normalizadas** (mallas electrosoldadas y armaduras básicas electrosoldadas) y la **ferralla armada**.

## **ARTÍCULO 34º. ACEROS PARA ARMADURAS ACTIVAS**

El contenido de este artículo se separa del correspondiente al de armaduras activas.

Se establecen las dimensiones nominales de las grafilas de los alambres.

En la prueba de doblado alternativo de alambres lisos se incrementa el número de doblado y desdoblado a 4.

Se cambia la referencia del límite de relajación de alambres y cordones de pretensado del 2 por 1000 de la  $f_{max}$  garantizada a un 2,5 por 1000 de la  $f_{max}$  real.

El valor medio de las tensiones residuales a tracción del alambre central en cordones de pretensado deberá ser inferior a 50 N/mm<sup>2</sup> al objeto de garantizar un comportamiento adecuado frente a la corrosión bajo tensión

Se eliminan del artículo las condiciones de suministro, certificación y almacenamiento.

## **ARTÍCULO 35º. ARMADURAS ACTIVAS**

Se recogen en este artículo las disposiciones anteriormente separadas en artículos separados sobre sistemas de pretensado, dispositivos de anclaje y empalme de las armaduras postesadas, vainas y accesorios y productos de inyección.

Los **sistemas de pretensado** en sistemas de armaduras activas postesadas serán conformes a un DIT europeo. Se detallan algo más las condiciones de funcionamiento y mantenimiento.

Los **anclajes** unifican sus coeficientes de eficacia, y se incorporan exigencias adicionales en cuanto a estos y a la resistencia a la fatiga.

Se concretan más las condiciones exigibles a las **vainas** y se detallan sus **tipos y criterios de selección**.

Se establecen condiciones sobre la **presión nominal** que han de resistir los **accesorios**.

Se detallan con más profundidad las condiciones para los materiales constituyentes de los **productos de inyección** adherentes y se exige DIT para los productos de inyección no adherentes.

## **ARTÍCULO 36º. PIEZAS DE ENTREVIGADO EN FORJADOS**

El contenido de este artículo recoge la información contenida anteriormente en el art. 11 del EFHE.

## TÍTULO 4º - DURABILIDAD

### CAPÍTULO VII – DURABILIDAD

#### ARTÍCULO 37º. DURABILIDAD DEL HORMIGÓN Y DE LAS ARMADURAS

Se incluye la referencia a la comprobación (discrecional) del **Estado Límite de Durabilidad**, establecido en el Anejo nº9, en el que se incluyen métodos de comprobación.

Las formas y detalles estructurales han de facilitar la evacuación del agua y ser eficaces frente a los posibles mecanismos de degradación del hormigón

Es posible compensar en la fase de ejecución los efectos derivados del incumplimiento de alguna de las especificaciones relativas a la durabilidad justificándolo mediante la aplicación del cumplimiento del Estado Límite de durabilidad establecido en el Anejo 9.

Las **tareas de mantenimiento** se facilitarán conforme a lo indicado en el *capítulo XVIII – Mantenimiento*.

Los **recubrimientos mínimos** se modifican, variando en función de la vida útil de la estructura y las clases de exposición:

Tabla 37.2.4.1.a Recubrimientos mínimos (mm)  
para las clases generales de exposición I y II

Clase de exposición	Tipo de cemento	Resistencia característica del hormigón [N/mm <sup>2</sup> ]	Vida útil de proyecto (t <sub>g</sub> ), (años)	
			50	100
I	Cualquiera	$f_{ck} \geq 25$	15	25
II a	CEM I	$25 \leq f_{ck} < 40$	15	25
		$f_{ck} \geq 40$	10	20
	Otros tipos de cementos o en el caso de empleo de adiciones al hormigón	$25 \leq f_{ck} < 40$	20	30
		$f_{ck} \geq 40$	15	25
II b	CEM I	$25 \leq f_{ck} < 40$	20	30
		$f_{ck} \geq 40$	15	25
	Otros tipos de cementos o en el caso de empleo de adiciones al hormigón	$25 \leq f_{ck} < 40$	25	35
		$f_{ck} \geq 40$	20	30

Tabla 37.2.4.1.b Recubrimiento mínimo (mm)  
para las clases generales de exposición III y IV

Hormigón	Cemento	Vida útil de proyecto (t <sub>g</sub> ) (años)	Clase general de exposición			
			IIIa	IIIb	IIIc	IV
Armado	CEM III/A, CEM III/B, CEM IV, CEM III/B-S, B-P, B-V, A-D u hormigón con adición de microsilíce superior al 6% o de	50	25	30	35	35
		100	30	35	40	40
	Resto de cementos utilizables	50	45	40	*	*
		100	65	*	*	*
Pretensado	CEM II/A-D o bien con adición de humo de sílice superior al 6%	50	30	35	40	40
		100	35	40	45	45
	Resto de cementos utilizables, según el Artículo 26º	50	65	45	*	*
		100	*	*	*	*

\* Estas situaciones obligarían a unos recubrimientos excesivos, desaconsejables desde el punto de vista de la ejecución del elemento. En estos casos, se recomienda comprobar el Estado Límite de Durabilidad según lo indicado en el Anejo nº 9, a partir de las características del hormigón prescrito en el Pliego de las prescripciones técnicas del proyecto.

Tabla 37.2.4.1.c Recubrimientos mínimos para las clases específicas de exposición

Clase de exposición	Tipo de cemento	Resistencia característica del hormigón [N/mm <sup>2</sup> ]	Vida útil de proyecto (t <sub>g</sub> ), (años)	
			50	100
H	CEM III	$25 \leq f_{ck} < 40$	25	50
		$f_{ck} \geq 40$	15	25
	Otros tipos de cemento	$25 \leq f_{ck} < 40$	20	35
		$f_{ck} \geq 40$	10	20
F	CEM I I/A-D	$25 \leq f_{ck} < 40$	25	50
		$f_{ck} \geq 40$	15	35
	CEM III	$25 \leq f_{ck} < 40$	40	75
		$f_{ck} \geq 40$	20	40
	Otros tipos de cementos o en el caso de empleo de adiciones al hormigón	$25 \leq f_{ck} < 40$	20	40
		$f_{ck} \geq 40$	10	20
E <sup>(1)</sup>	Cualquiera	$25 \leq f_{ck} < 40$	40	80
		$f_{ck} \geq 40$	20	35
Qa	CEM III, CEM IV, CEM II/B-S, B-P, B-V, A-D u hormigón con adición de microsilice superior al 6% o de cenizas volantes superior al 20%	-	40	55
	Resto de cementos utilizables	-	*	*
Qb, Qc	Cualquiera	-	(2)	(2)

(1) Estas situaciones obligarían a unos recubrimientos excesivos

Mediante el uso de protección catódica o anodizado en armaduras o aditivos inhibidores de la corrosión en el hormigón, **es posible reducir los recubrimientos mínimos** en ambientes III y IV, en ciertas condiciones.

Se unifican las los **recubrimientos de las armaduras postesas** al mayor de los siguientes valores (nunca mayor de 80mm): 40mm, la menor de las dimensiones o la mitad de la mayor dimensión de las vainas o grupos de vainas.

Se prohíbe la presencia de amianto en los **separadores**.

Se incluye una relación de algunas **medidas especiales de protección**: revestimientos superficiales específicos, protección de las armaduras mediante revestimientos (por ejemplo, armaduras galvanizadas), protección catódica de las armaduras, armaduras de acero inoxidable y aditivos inhibidores de la corrosión.

Se reduce el valor de la **máxima relación agua cemento** para hormigón pretensados con clase de exposición IIIa de 0,50 a 0,45.

La tabla de resistencias mínimas compatibles con los requisitos de durabilidad pasa a ser **tabla de resistencias mínimas recomendadas en función de los requisitos de durabilidad**.

A efectos de tenerlos en cuenta en el cálculo del **contenido mínimo de cemento y relación agua/cemento** se varían y definen más detalladamente los valores de K para cenizas volantes.

En la comprobación de impermeabilidad al agua del hormigón, mediante el **ensayo de penetración de agua**, se modifican los valores medios y máximos en función de la clase de exposición.

La resistencia del hormigón frente al ataque por sulfatos puede, en determinados casos, exigir (en lugar de SR) la resistencia frente al ataque del agua de mar.

Respecto a la **corrosión de armaduras**, se incluye la posibilidad de uso de sistemas para la protección de las armaduras frente a la corrosión y se exceptúan los sistemas de protección catódica de la prohibición de poner en contacto las armaduras con otros metales de muy diferente potencial galvánico.

## TÍTULO 5º - CÁLCULO

### CAPÍTULO VIII – DATOS DE LOS MATERIALES PARA EL PROYECTO

#### ARTÍCULO 38º. CARACTERÍSTICAS DE LAS ARMADURAS

Se elimina la expresión de la resistencia de cálculo para el nivel reducido de control (ahora indirecto).

#### ARTÍCULO 39º. CARACTERÍSTICAS DEL HORMIGÓN

El valor de la **resistencia media a tracción**,  $f_{ct,m}$ , se estima en función de la resistencia característica de proyecto a compresión.

$$f_{ct,m} = 0,30 f_{ck}^{2/3} \text{ para } f_{ck} \leq 50 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{ct,m} = 0,58 f_{ck}^{2/3} \text{ para } f_{ck} > 50 \text{ N/mm}^2$$

y la **resistencia característica inferior a tracción** se expresa ahora en función de la resistencia media a tracción.

Se incluye la **resistencia media a flexotracción**:

$$f_{ct,m,fl} = \max \{ (1,6 - h/1000) f_{ct,m}; f_{ct,m} \}$$

que es función del canto total del elemento  $h$  en mm (todas las unidades en N y mm)

La **serie de resistencias características de los hormigones** avalados por la Instrucción se amplía a los tipos 55, 60, 70, 80, 90 y 100 N/mm<sup>2</sup>.

La **resistencia de cálculo del hormigón** (en compresión y tracción) se afecta por un coeficiente adicional  $\alpha_{cc}$  o  $\alpha_{ct}$  que refleja el cansancio del material debido a cargas de larga duración y cuyo valor es, en general, igual a la unidad.

El **diagrama parábola rectángulo** pasa a estar definido por una parábola de 2º grado para hormigones con  $f_{ck} \leq 50 \text{ N/mm}^2$  y superior para resistencias superiores. La ordenada máxima pasa a ser  $f_{cd}$  en lugar de  $0,85f_{cd}$  y los valores de la deformación de rotura a compresión simple  $\epsilon_{c0}$  y deformación de rotura a flexión  $\epsilon_{cu}$  dependen también del valor de  $f_{ck}$ .

El **diagrama rectangular** también pasa a formularse en función de  $f_{ck}$ , pasando su intensidad de  $0,85f_{cd}$  a  $f_{cd}$  para  $f_{ck} \leq 50 \text{ N/mm}^2$ .

Se modifican los valores del **módulo de deformación longitudinal inicial** del hormigón, y el **módulo de deformación longitudinal secante** varía sus condiciones de validez. Cambian las denominaciones de  $E_{0j}$  y  $E_j$  a  $E_c$  y  $E_{cm}$ , respectivamente.

## **CAPÍTULO IX – CAPACIDAD RESISTENTE DE BIELAS, TIRANTES Y NUDOS**

### **ARTÍCULO 40º. CAPACIDAD RESISTENTE DE BIELAS, TIRANTES Y NUDOS**

La tensión máxima para el hormigón comprimido en **bielas de hormigón en zonas con estados de compresión uniaxial** está limitado ahora por el valor  $f_{1cd} = f_{cd}$ .

Se modifica la **capacidad resistente de las bielas de hormigón confinado**, pasando a ser:  $(1 + 1,5\alpha\omega_w) f_{1cd}$  y haciendo depender el valor de  $\alpha$  de la *resistencia del hormigón*, la *separación longitudinal entre cercos* y la *efectividad de la armadura transversal en el confinamiento de la sección*.

## CAPÍTULO X – CÁLCULOS RELATIVOS A LOS ESTADOS LÍMITE ÚLTIMOS

### ARTÍCULO 41º. ESTADO LÍMITE DE EQUILIBRIO

Sin cambios

### ARTÍCULO 42º. ESTADO LÍMITE DE AGOTAMIENTO FRENTE A SOLICITACIONES NORMALES

Los **dominios de deformación** se definen ahora en función de las deformaciones de rotura por flexión y compresión del hormigón, sin especificar valores fijos (al ser ahora dependientes de  $f_{ck}$ ).

Se **elimina la posibilidad de reducir el diámetro de las armaduras que atan armaduras en compresión** si están colocadas a distancia inferior a la necesaria.

Se modifica la formulación de la **condición** que ha de cumplir la **armadura longitudinal traccionada cuando el agotamiento de la sección se produzca por flexión simple o compuesta** de forma que se introduce un factor relacionado con las posiciones de las armaduras activas y pasivas, un sumando correspondientes a la fuerza de pretensado, y se cambia a la resistencia a flexotracción del hormigón en lugar de la resistencia a compresión.:

$$A_p f_{pd} \frac{d_p}{d_s} + A_s f_{yd} \geq \frac{W_1}{z} f_{ct,m,fl} + \frac{P}{z} \left( \frac{W_1}{A} + e \right)$$

$A_p$  - Área de la armadura activa adherente

$A_s$  - Área de la armadura pasiva

$f_{pd}$  - Resistencia de cálculo del acero de la armadura activa adherente en tracción

$f_{yd}$  - Resistencia de cálculo del acero de la armadura pasiva en tracción

$f_{ct,m,fl}$  - Resistencia media a flexotracción del hormigón

$W_1$  - Módulo resistente de la sección bruta relativo a la fibra más traccionada.

$d_p$  - Profundidad de la armadura activa desde la fibra más comprimida de la sección.

$d_s$  - Profundidad de la armadura pasiva desde la fibra más comprimida de la sección.

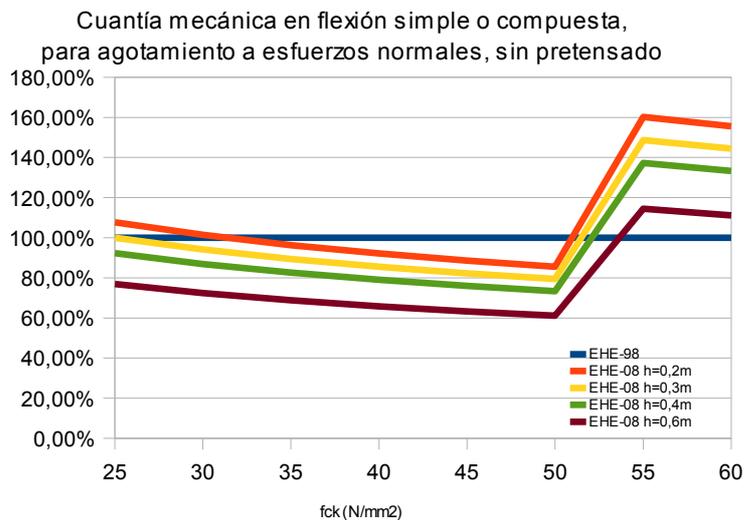
$P$  - Fuerza de pretensado descontadas las pérdidas instantáneas.

$A$  - Área de la sección bruta de hormigón.

$e$  - Excentricidad del pretensado respecto del centro de gravedad de la sección bruta.

$z$  - Brazo mecánico de la sección. A falta de cálculos más precisos puede adoptarse  $z = 0,8 h$ .

En caso de que solo exista armadura activa en la sección de cálculo, se considerará  $d_p/d_s=1$  en la expresión anterior.



Salvo en el caso de forjados unidireccionales con elementos prefabricados, deberá **continuarse hasta los apoyos** al menos un tercio de la **armadura** necesaria para resistir el máximo momento positivo, en el caso de apoyos extremos de vigas; y al menos un cuarto en los intermedios. Esta armadura se prolongará a partir del eje del apoyo en una magnitud igual a la correspondiente longitud neta de anclaje. En forjados de viguetas armadas, la armadura longitudinal inferior se compondrá, al menos, de dos barras.

La **limitación en tracción simple o compuesta** se formula con la resistencia media a tracción en lugar de la de compresión y se

incorpora un sumando correspondiente al pretensado.

$$A_p f_{pd} + A_s f_{yd} \geq P + A_c f_{ct,m}$$

$A_p$  - Área de la armadura activa adherente

$A_s$  - Área de la armadura pasiva

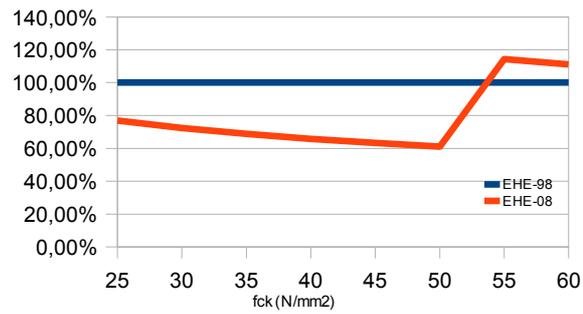
$f_{pd}$  - Resistencia de cálculo del acero de la armadura activa adherente en tracción

$f_{yd}$  - Resistencia de cálculo del acero de la armadura pasiva en tracción

$f_{ct,m}$  - Resistencia media a tracción del hormigón

P - Fuerza de pretensado descontadas las pérdidas instantáneas.

Cuantía mecánica a tracción simple o compuesta,  
sin pretensado



Se matizan las **cuantías mínimas** y ahora incluyen las correspondientes a forjados unidireccionales:

Tabla 42.3.5. Cuanías geométricas mínimas, en tanto por 1000, referidas a la sección total de hormigón <sup>(6)</sup>

Tipo de elemento estructural		Tipo de acero	
		Aceros con $f_y = 400\text{N/mm}^2$	Aceros con $f_y = 500\text{N/mm}^2$
Pilares		4,0	4,0
Losas <sup>(1)</sup>		2,0	1,8
Forjados unidireccionales	Nervios <sup>(2)</sup>	4,0	3,0
	Armadura de reparto perpendicular a los nervios <sup>(3)</sup>	1,4	1,1
	Armadura de reparto paralela a los nervios <sup>(3)</sup>	0,7	0,6
Vigas <sup>(4)</sup>		3,3	2,8
Muros <sup>(5)</sup>	Armadura horizontal	4,0	3,2
	Armadura vertical	1,2	0,9

- (1) Cuanía mínima de cada una de las armaduras, longitudinal y transversal repartida en las dos caras. Para losas de cimentación y zapatas armadas, se adoptará la mitad de estos valores en cada dirección dispuestos en la cara inferior.
- (2) Cuanía mínima referida a una sección rectangular de ancho  $b_w$  y canto  $e$  del forjado de acuerdo con la Figura 42.3.5. Esta cuantía se aplica estrictamente en los nervios y no en las zonas macizadas. Todas las viguetas deben tener en la cabeza inferior, al menos, dos armaduras activas o pasivas longitudinales simétricas respecto al plano medio vertical.
- (3) Cuanía mínima referida al espesor de la capa de compresión hormigonada in situ.
- (4) Cuanía mínima correspondiente a la cara de tracción. Se recomienda disponer en la cara opuesta una armadura mínima igual al 30% de la consignada.
- (5) La cuantía mínima vertical es la correspondiente a la cara de tracción. Se recomienda disponer en la cara opuesta una armadura mínima igual al 30% de la consignada.  
A partir de los 2,5 m de altura del fuste del muro y siempre que esta distancia no sea menor que la mitad de la altura del muro podrá reducirse la cuantía horizontal a un 2%. En el caso en que se dispongan juntas verticales de contracción a distancias no superiores a 7,5 m, con la armadura horizontal interrumpida, las cuantías geométricas horizontales mínimas pueden reducirse al 2%. La armadura mínima horizontal deberá repartirse en ambas caras. Para muros vistos por ambas caras debe disponerse el 50% en cada cara. En el caso de muros con espesores superiores a 50 cm, se considerará un área efectiva de espesor máximo 50 cm distribuidos en 25 cm a cada cara, ignorando la zona central que queda entre estas capas superficiales.
- (6) En el caso de elementos pretensados, la armadura activa podrá tenerse en cuenta en relación con el cumplimiento de las cuantías geométricas mínimas sólo en el caso de las armaduras pretensas que actúen antes de que se desarrolle cualquier tipo de deformación térmica o reológica.

### ARTÍCULO 43º. ESTADO LÍMITE DE INESTABILIDAD

Se introduce un **criterio de intraslacionalidad** para estructuras porticadas con muros o núcleos de contraviento que aseguren la rigidez torsional de la estructura, al cumplir la siguiente condición:

$$N_d \leq k_1 \frac{n}{n+1.6} \frac{\sum EI}{h^2}$$

$N_d$  - Carga vertical de cálculo que llega a la cimentación con la estructura totalmente cargada.

$n$  - Número de plantas.

$h$  - Altura total de la estructura, desde la cara superior de cimientos.

$\sum EI$  - Suma de rigideces a flexión de los elementos de contraviento en la dirección considerada, tomando para el cálculo de  $I$ , la inercia de la sección bruta.

$k_1$  - Constante de valor 0,62. Esta constante se debe disminuir a 0,31 si los elementos de arriostramiento han fisurado en Estado Límite Último.

**En soportes aislados, se pueden despreciar los efectos de segundo orden si la esbeltez mecánica es inferior a una esbeltez límite** asociada a una pérdida de capacidad portante del soporte del 10% respecto de un soporte no esbelto. La esbeltez límite inferior  $\lambda_{inf}$  puede aproximarse por la siguiente expresión:

$$\lambda_{inf} = 35 \sqrt{\frac{C}{v} \left[ 1 + \frac{0,24}{e_2/h} + 3,4 \left( \frac{e_1}{e_2} - 1 \right)^2 \right]}, \text{ no mayor que } 100$$

v - Axil adimensional o reducido de cálculo que solicita el soporte.

$$v = N_d / (A_c \cdot f_{cd})$$

e<sub>2</sub> - Excentricidad de primer orden en el extremo del soporte con mayor momento, considerada positiva.

e<sub>1</sub> - Excentricidad de primer orden en el extremo del soporte con menor momento, positiva si tiene el mismo signo que e<sub>2</sub>

En estructuras traslacionales se tomará e<sub>1</sub>/e<sub>2</sub> igual a 1,0.

h - Canto de la sección en el plano de flexión considerado.

C - Coeficiente que depende de la disposición de armaduras cuyos valores son:

0,24 para armadura simétrica en dos caras opuestas en el plano de flexión.

0,20 para armadura igual en las cuatro caras.

0,16 para armadura simétrica en las caras laterales.

En la **comprobación de estructuras traslacionales** se recoge la comprobación para estructuras usuales de edificación antes recogidas en los comentarios:

*Para las estructuras usuales de edificación de menos de 15 plantas, en las que el desplazamiento máximo en cabeza bajo cargas horizontales características, calculado mediante la teoría de primer orden y con las rigideces correspondientes a las secciones brutas, no supere 1/750 de la altura total, basta comprobar cada soporte aisladamente con los esfuerzos obtenidos aplicando la teoría de primer orden y con la longitud de pandeo de acuerdo con lo indicado a continuación.*

$$\alpha = \frac{\sqrt{7.5 + 4(\psi_A + \psi_B) + 1.6\psi_A\psi_B}}{7.5 + (\psi_A + \psi_B)}$$

$\psi$  - representa la relación de rigideces  $LI E\Sigma$  de los soportes a  $LI E\Sigma$  de las vigas, en cada extremo A y B del soporte considerado. Como valor de I se tomará la inercia bruta de la sección, y

$\alpha$  - es el factor de longitud de pandeo, que adopta, según los casos, los siguientes valores:

Soporte biempotrado	( $l_0 = 0,5 l$ )
Soporte biarticulado	( $l_0 = l$ )
Soporte articulado-empotrado	( $l_0 = 0,7 l$ )
Soporte en ménsula	( $l_0 = 2 l$ )
Soporte biempotrado con extremos desplazables	( $l_0 = l$ )

La **comprobación de soportes aislados** pasa a realizarse a partir de esbelteces mecánicas mayores que  $\lambda_{inf}$ .

El **método aproximado para flexión compuesta recta** cambia unifica el valor del parámetro auxiliar que tiene en cuenta los efectos de la fluencia ( $\epsilon$ ) a 0,0035 y se incluyen los valores del radio de giro de las armaduras  $i_s$  y el factor de armado  $\beta$  para disposiciones de armadura en pilares circulares.

#### ARTÍCULO 44º. ESTADO LÍMITE DE AGOTAMIENTO FRENTE A CORTANTE

Se añaden los forjados unidireccionales o asimilables a la lista de elementos para los que se establece como método general de cálculo de la capacidad resistente frente a esfuerzos cortantes el de Bielias y Tirantes.

Pasa de los comentarios al articulado la definición de la **sección de cálculo a piezas con alma de ancho no constante**:

*Si en la sección considerada la anchura del alma no es constante, se adoptará como  $b_0$  el menor ancho que presente la sección en una altura igual a los tres cuartos del canto útil contados a partir de la armadura de tracción (figura 44.2.1.a).*

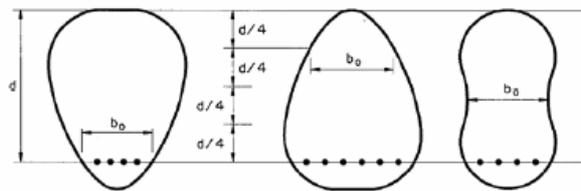


Figura 44.2.1.a

La **comprobación correspondiente al agotamiento por tracción en el alma**  $V_{rd} \leq V_{u2}$  se efectúa para una sección situada a una distancia de un canto útil del borde del apoyo, *excepto en el caso de piezas sin armaduras de cortante en regiones no fisuradas a flexión.*

La expresión para el cálculo del **esfuerzo cortante de agotamiento por compresión oblicua del alma** se modifica:

$$V_{ul} = K f_{1cd} b_0 d \frac{\cotg \theta + \cotg \alpha}{1 + \cotg^2 \theta}$$

$f_{1cd}$  - Resistencia a compresión del hormigón.

$$f_{1cd} = 0,60 f_{cd}$$

$$f_{1cd} = (0,90 - f_{ck} / 200) f_{cd} \geq 0,50 f_{cd}$$

$b_0$  - Anchura neta mínima del elemento

para  $f_{ck} \leq 60 \text{ N/mm}^2$

para  $f_{ck} > 60 \text{ N/mm}^2$

K - Coeficiente que depende del esfuerzo axial.

$$\begin{aligned} 1,00 &= K && \text{para estructuras sin pretensado o sin esfuerzo axial de compresión} \\ K &= 1 + \sigma'_{cd} / f_{cd} && \text{para } 0 < \sigma'_{cd} < 0,25f_{cd} \\ K &= 1,25 && \text{para } 0,25f_{cd} < \sigma'_{cd} \leq 0,50f_{cd} \\ K &= 2,5(1 - \sigma'_{cd} / f_{cd}) && \text{para } 0,50f_{cd} < \sigma'_{cd} \leq 1,00f_{cd} \end{aligned}$$

donde:

$\sigma'_{cd}$  - Tensión axial efectiva en el hormigón (compresión positiva) que, en pilares, debe calcularse teniendo en cuenta la compresión absorbida por la armaduras comprimidas.

$$\sigma'_{cd} = \frac{N_d - A_s' f_{yd}}{A_c}$$

$N_d$  - Esfuerzo axial de cálculo (compresión positiva) incluyendo el pretensado con su valor de cálculo.

$A_c$  - Área total de la sección de hormigón.

$A_s'$  - Área total de armadura comprimida. En compresión compuesta puede suponerse que toda la armadura está sometida a la tensión  $f_{yd}$ .

$f_{yd}$  - Resistencia de cálculo de la armadura  $A_s'$

- Para armaduras pasivas:  $f_{yd} = \sigma_{sd}$
- Para armaduras activas:  $f_{yd} = \sigma_{pd}$

$\alpha$  - Ángulo de las armaduras con el eje de la pieza

$\theta$  - Ángulo entre las bielas de compresión de hormigón y el eje de la pieza.

El **esfuerzo cortante de agotamiento por tracción del alma  $V_{u2}$**  se modifica y su expresión depende del estado de fisuración ( $M_d$  vs.  $M_{fis,d}$ ), incluye los efectos del pretensado y emplea el valor de la resistencia efectiva del hormigón a cortante  $f_{cv}$  (en lugar de la resistencia a compresión  $f_{ck}$ ):

- En piezas sin armadura de cortante:

Para **piezas con zonas no fisuradas y alma comprimida ( $M_d < M_{fis,d}$ )**:

$$V_{u2} = \frac{I \cdot b_0}{S} \sqrt{(f_{ct,d})^2 + \alpha_l \sigma'_{cd} f_{ct,d}}$$

- $M_d$  - Momento de cálculo de la sección.
- $M_{fis,d}$  - Momento de fisuración de la sección calculado con  $f_{ct,d} = f_{ct,k}/\gamma_c$ .
- $I$  - Momento de inercia de la sección transversal.
- $b_0$  - Ancho del alma.
- $S$  - Momento estático de la sección transversal.
- $f_{ct,d}$  - Resistencia de cálculo a tracción del hormigón.
- $\sigma'_{cd}$  - Tensión media de compresión en el hormigón debido a la fuerza de pretensado.
- $\alpha_l = l_x / (1,2 \cdot l_{bd}) \leq 1$  para tendones pretensados.
- $\alpha_l = l_x / (1,2 \cdot l_{bd}) \leq 1$  para otros tipos de pretensado anclados por adherencia.
- $l_x$  - Distancia, en mm, de la sección considerada al inicio de la longitud de transferencia.
- $l_{bpt}$  - Longitud de transferencia de la armadura activa de pretensado, en mm
- $l_{bpt} = \varphi \sigma_p / 21$ 
  - $\sigma_p$  - Tensión de pretensado, después de las pérdidas, en N/mm<sup>2</sup>
  - $\varphi$  - Diámetro de la armadura activa, en mm.

**Esta comprobación se realiza en una sección situada a una distancia del borde del apoyo que se corresponde con la intersección del eje longitudinal que pasa por el centro de gravedad de la sección con una línea a 45° que parte del borde del apoyo.**

En piezas compuestas por elementos prefabricados y hormigón vertido in situ, para determinar si la sección está fisurada o no a flexión (cálculo de  $M_d$  y  $M_{fis,d}$ ) se deberá tener en cuenta las diferentes fases constructivas, considerando en cada una de ellas las cargas actuantes, las secciones resistentes y superponiendo las tensiones correspondientes a cada fase.

En **forjados unidireccionales compuestos por vigueta prefabricada pretensada y hormigón in situ** formando el resto del nervio y la cabeza de compresión, el alma no está comprimida por el pretensado de la vigueta, o en todo caso la compresión es muy reducida y se transmite en el tiempo por fluencia. Por ello, el cortante último resistido será el mayor de los obtenidos mediante el presente artículo (expresión anterior para la vigueta pretensada sola, o la comprobación siguiente para piezas en regiones fisuradas a flexión para la pieza completa).

Para **piezas en regiones fisuradas a flexión ( $M_d > M_{fis,d}$ )**:

El esfuerzo cortante de agotamiento por tracción en el alma para piezas de hormigón convencional y de alta resistencia vale:

$$V_{u2} = \left[ \frac{0,18}{\gamma_c} \xi (100 \rho_l f_{cv})^{1/3} + 0,15 \sigma'_{cd} \right] b_0 d$$

con un valor mínimo de:

$$V_{u2} = \left[ \frac{0,075}{\gamma_c} \xi^{3/2} f_{cv}^{1/2} + 0,15 \sigma'_{cd} \right] b_0 d$$

$f_{cv}$  - Resistencia efectiva del hormigón a cortante en N/mm<sup>2</sup> de valor  $f_{cv} = f_{ck}$  con  $f_{cv}$  no mayor que 15 N/mm<sup>2</sup> en el caso de control indirecto de la resistencia del hormigón, siendo  $f_{ck}$  la resistencia a compresión del hormigón, que a efecto de este apartado no se considerará superior a 60 N/mm<sup>2</sup>.

$$\xi = \left( 1 + \sqrt{\left( \frac{200}{d} \right)} \right) \leq 2,0 \text{ con } d \text{ en mm}$$

$d$  - Canto útil de la sección referido a la armadura longitudinal de flexión siempre que ésta sea capaz de resistir el incremento de tracción producido por la interacción cortante-flexión (punto 44.2.3.4.2).

$\sigma'_{cd}$  - Tensión axial media en el alma de la sección (compresión positiva).

$$\sigma'_{cd} = \frac{N_d}{A_c} < 0,30 f_{cd}, \text{ no mayor que } 12 \text{ MPa}$$

$\sigma$  -  $N_d$  Axil de cálculo incluyendo la fuerza de pretensado existente en la sección en estudio. En el caso de piezas con armaduras pretesas se podrá considerar una variación lineal de la fuerza de pretensado desde el extremo de la pieza hasta una distancia igual a 1,2 veces la longitud de transferencia,

$l_{opt}$  - En apoyos interiores de estructuras continuas con armadura activa pasante, no se considerará la contribución del axil de pretensado en el cálculo de  $N_d$ .

$\rho_l$  - Cuantía geométrica de la armadura longitudinal principal de tracción, pasiva y activa adherente, anclada a una distancia igual o mayor que  $d$  a partir de la sección de estudio

$$\rho_l = \frac{A_s + A_p}{b_0 d} \leq 0,02$$

En el caso de **forjados con vigueta pretensada prefabricada**, el cortante de agotamiento por tracción en el alma será el menor de los valores obtenidos considerando por una parte el ancho mínimo del nervio pretensado y por otra el menor ancho del hormigón vertido en obra por encima de la vigueta, teniendo en cuenta que el cortante  $V_{u2}$  resistido deberá ser mayor que el valor mínimo establecido en este artículo.

En el primer caso, se considerará como valor de cálculo de la resistencia a compresión del hormigón el correspondiente a la vigueta pretensada, como tensión  $\sigma'_{cd}$  la referida al área de la vigueta y como cuantía geométrica de armadura la referida a una sección de referencia de ancho  $b_0$ , y canto  $d$ , siendo  $b_0$  el ancho mínimo del nervio y  $d$  el canto útil del forjado.

En el segundo caso se considerará como resistencia a compresión del hormigón la del hormigón vertido in situ, se considerará nula la tensión  $\sigma'_{cd}$  y la cuantía geométrica de armadura se referirá a una sección de ancho  $b_0$  y canto  $d$ , siendo  $b_0$  el ancho mínimo del nervio en la zona del hormigón vertido in situ por encima de la vigueta.

En los forjados unidireccionales con armadura básica en celosía, puede considerarse la colaboración de la celosía para la comprobación a esfuerzo cortante tomando como ancho del nervio el menor por debajo de la fibra correspondiente a una profundidad mayor o igual que 20 mm por debajo del redondo superior de la celosía. Asimismo deberá comprobarse el nervio sin la colaboración de la celosía con el menor ancho del nervio, entre 20 mm por debajo del redondo superior de la celosía y la cara superior del forjado.

- En **piezas con armadura de cortante** se incluyen expresiones adicionales para el **cálculo del brazo mecánico** en secciones circulares, y se incluye una expresión aproximada para flexocompresión, dejando la anterior para flexión:

flexión simple:

$$z = 0,9 d$$

para secciones circulares a flexión:  $d = 0,8h$

flexocompresión:

$$z = \frac{M_d + N_d z_0 - U'_x (d - d')}{N_d + U_s - U'_s} \begin{cases} > 0 \\ \leq 0,9 d' \end{cases}$$

$z_0$  - Distancia desde la armadura traccionada hasta el punto de aplicación del axil.

$d, d'$  - Distancia desde la fibra más comprimida de hormigón hasta el centro de gravedad de la armadura traccionada y comprimida, respectivamente.

$U_s = A_s f_y$  - Capacidad mecánica de la armadura de tracción.

$U_s' = A_s' f_{yd}$  - Capacidad mecánica de la armadura de compresión.

flexióntracción:

$$z = 0,9 d$$

Se indica una **reducción de la contribución de la armadura transversal a la resistencia a esfuerzo cortante para piezas armadas con cercos circulares**, afectando  $V_{su}$  por un factor de valor 0,85.

Para **piezas con armadura de cortante**, la expresión de la **contribución del hormigón a esfuerzo cortante** se modifica, empleando la **resistencia efectiva del hormigón a cortante** ( $f_{cv}$ ) en lugar de la característica a compresión  $f_{ck}$  (salvo para control reducido, donde  $f_{ck}$  será  $< 100 \text{ N/mm}^2$ ) y el **efecto de la introducción del pretensado** (factor  $\alpha$ ) en relación con la tensión axial efectiva:

$$V_{cu} = \left[ \frac{0,15}{\gamma_c} \xi (100 \rho_l f_{cv})^{1/3} + 0,15 \alpha_l \sigma'_{cd} \right] \beta b_0 d$$

Además del método anterior de **estimación del ángulo de referencia de inclinación de las fisuras** (ahora llamado **método simplificado**), se incluye un **método general**:

$$\theta_e = 29 + 7 \epsilon_x$$

$$\epsilon_x \approx \frac{\frac{M_d}{z} + V_{rd} - 0,5 N_d - A_p \sigma_{p0}}{2(E_s A_s + E_p A_p)} \cdot 1000 > 0$$

donde  $\epsilon_x$  es la deformación longitudinal en el alma (en tanto por mil).

Además, han de tenerse en cuenta las siguientes consideraciones:

- $V_{rd}$  y  $M_d$  deben ser tomados como positivos y  $M_d$  no se tomará menor que  $z \cdot V_{rd}$ .
- $N_d$  se considera positivo de compresión.
- Los valores de  $A_s$  y  $A_p$  son los de la armadura anclada en la sección de estudio. En caso contrario, se reducirá en proporción a su falta de longitud de anclaje.
- Si la tensión de tracción puede producir la fisuración de la cabeza comprimida, se doblará el valor de  $\epsilon_x$  obtenido en la ecuación.

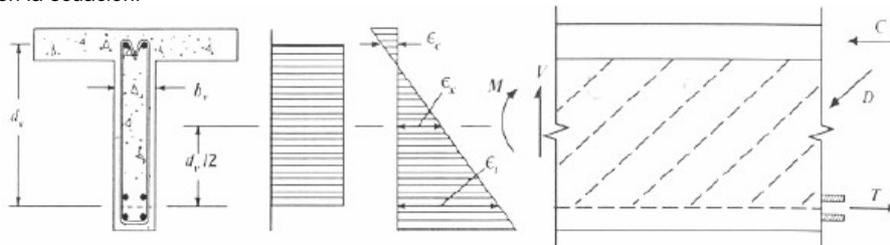
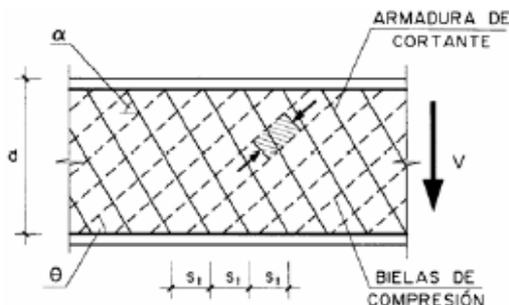


Figura 44.2.3.2.2

$\sigma_{p0}$  Tensión en los tendones de pretensado cuando la deformación del hormigón que la envuelve es igual a 0.



La **separación longitudinal  $s_1$  entre armaduras transversales** se modifica, debiendo cumplir las condiciones siguientes para asegurar un adecuado confinamiento del hormigón sometido a compresión oblicua:

$s_t \leq 0,75 d (1 + \cotg \alpha) \leq 600 \text{ mm}$	si $V_{rd} \leq 1/5 V_{u1}$
$s_t \leq 0,60 d (1 + \cotg \alpha) \leq 450 \text{ mm}$	si $1/5 V_{u1} < V_{rd} \leq 2/3 V_{u1}$
$s_t \leq 0,30 d (1 + \cotg \alpha) \leq 300 \text{ mm}$	si $V_{rd} > 2/3 V_{u1}$

Para barras levantadas esta separación no superará nunca el valor 0,60 d (1+cotg α). La separación transversal  $s_{t,trans}$  entre ramas de armaduras transversales deberá cumplir la condición siguiente:

$$s_{t,trans} \leq d \leq 500 \text{ mm}$$

La **cuantía mínima de las armaduras transversales** ha de cumplir:

$$\sum \frac{A_{\alpha} f_{y \alpha, d}}{\text{sen}(\alpha)} \geq \frac{f_{ct, m}}{7,5} b_0$$

No obstante, en **forjados unidireccionales nervados** de canto no superior a 40 cm, puede utilizarse armadura básica en **celosía como armadura de cortante** tanto si se utiliza una zapatilla prefabricada como si el nervio es totalmente hormigonado in situ.

La **resistencia a compresión del hormigón para alas comprimidas en el cálculo del rasante entre alas y alma de una viga** cuenta con una nueva expresión para valores de  $f_{ck} > 60 \text{ N/mm}^2$ , siendo  $f_{1cd} = (0,90 - f_{ck}/200) f_{cd}$

Además, se aclara el armado ante la presencia combinada de flexión transversal y esfuerzo rasante entre alas y alma.

Se incorpora la comprobación del cortante vertical en las juntas entre placas alveolares existente en la EFHE.

Se incorpora la **comprobación del punzonamiento en forjados unidireccionales** conforme a la formulación de la EFHE.

## ARTÍCULO 45º. ESTADO LÍMITE DE AGOTAMIENTO POR TORSIÓN EN ELEMENTOS LINEALES

Se mantiene la formulación existente, variando la *resistencia a compresión de las bielas* y la *disposición de los armados* que aseguren el confinamiento del hormigón comprimido.

El **esfuerzo torsor de agotamiento debido a la compresión de las bielas** incluye el factor K (presente ya en la expresión de cálculo del esfuerzo cortante de agotamiento por compresión oblicua del alma), se incluye una nueva expresión para la resistencia a compresión del hormigón para resistencias características superiores a 60N/mm<sup>2</sup> y se modifica el ángulo admisible entre las bielas de compresión de hormigón y el eje de la pieza:

$$T_{ul} = 2K \alpha f_{1cd} A_e h_e \frac{\cotg \theta}{1 + \cotg^2 \theta}$$

$f_{1cd}$  - Resistencia a compresión del hormigón.

$$\begin{aligned} f_{1cd} &= 0,60 f_{cd} && \text{para } f_{ck} \leq 60 \text{ N/mm}^2 \\ f_{1cd} &= (0,90 - f_{ck} / 200) f_{cd} \geq 0,50 f_{cd} && \text{para } f_{ck} > 60 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

K – Coeficiente que depende del esfuerzo axial (ver esfuerzo cortante de agotamiento por compresión oblicua del alma)

α - 0,60 si hay estribos únicamente a lo largo del perímetro exterior de la pieza;  
0,75 si se colocan estribos cerrados en ambas caras de la pared de la sección hueca equivalente o de la sección hueca real.

θ - Ángulo entre las bielas de compresión de hormigón y el eje de la pieza. (0,4 ≤ cotg θ ≤ 2,5)

$A_e$  - Área encerrada por la línea media de la sección hueca eficaz de cálculo

la **separación longitudinal entre cercos de torsión**  $s_t$ , cumplirá, además del límite ya existente ( $s_t \leq u_e / 8$ ), las siguientes condiciones de separación de los cercos, para asegurar un adecuado confinamiento del hormigón sometido a compresión oblicua:

$s_t \leq 0,75 a (1 + \cotg \alpha) \leq a \leq 600 \text{ mm}$	si $T_d \leq 1/5 T_{u1}$
$s_t \leq 0,60 a (1 + \cotg \alpha) \leq a \leq 450 \text{ mm}$	si $1/5 T_{u1} < T_d \leq 2/3 T_{u1}$
$s_t \leq 0,30 a (1 + \cotg \alpha) \leq a \leq 300 \text{ mm}$	si $T_d > 2/3 T_{u1}$

siendo  $a$  la menor dimensión de los lados que conforman el perímetro  $u_e$ .

En la **interacción entre la torsión y otros esfuerzos**:

- El **método general incrementa el límite de las tensiones principales de compresión** en las paredes de la sección hueca eficaz de cálculo:  $\sigma_{cd} \leq 2\alpha f_{1cd}$ .
- El método simplificado para la **torsión combinada con flexión y axil** incluye una nueva expresión para calcular la armadura de compresión en caso de que la compresión sea superior a la tracción generada por el esfuerzo torsor:

$$\rho_L \cdot f_{yd} = \sigma_{md} - \alpha \cdot f_{cd} \cdot \left[ 0,5 + \sqrt{0,25 - \left( \frac{\tau}{\alpha \cdot f_{cde}} \right)^2} \right] \geq 0$$

$\rho_L$  - Cuantía de armadura longitudinal por unidad de longitud a añadir en la zona de compresión de la sección hueca eficaz por efecto del momento torsor

$$\rho_L = \frac{\Delta A'_s}{s h_e}$$

$\sigma_{md}$  - Tensión de compresión media del hormigón que existe en la zona comprimida de la sección hueca eficaz debido a la actuación de los esfuerzos de flexión y axil de cálculo ( $M_d$ ,  $N_d$ ) concomitantes con el esfuerzo torsor de cálculo ( $T_d$ )

$\tau$  - Tensión tangencial debida al torsor:

$$\tau = \frac{T}{2 \cdot A_e \cdot h_e}$$

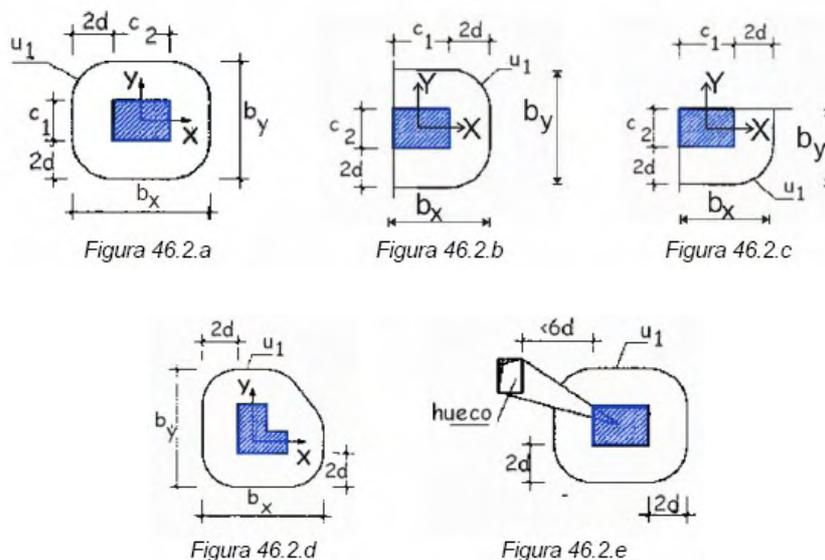
Se adoptará para la resistencia de cálculo del acero un valor no superior a 400 N/mm<sup>2</sup>.

En cualquier caso, se verificará que  $T_d \leq T_{u1}$  conforme al valor  $T_{u1}$ , torsor de agotamiento para las bielas comprimidas.

- El método simplificado para la **torsión combinada con cortante** se incluye la formulación para la estimación de la capacidad a cortante en forjados unidireccionales constituidos por **placas alveolares pretensadas**, tal como se recoge en la EFHE.

## ARTÍCULO 46°. ESTADO LÍMITE DE AGOTAMIENTO FRENTE A PUNZONAMIENTO

Se introduce la definición de **área o superficie crítica de punzonamiento** y se aclara la determinación del perímetro crítico y el canto útil.



Para **losas sin armadura de punzonamiento**, la **tensión máxima resistente en el perímetro crítico** incluye ahora el efecto de la tensión axial media en la superficie crítica y se establece un límite inferior de dicha tensión:

$$\tau_{rd} = \frac{0,18}{\gamma_C} \xi (100 \rho_L f_{cv})^{1/3} + 0,1 \sigma'_{cd}$$

con un mínimo: 
$$\tau_{rd} = \frac{0,075}{\gamma_C} \xi^{3/2} f_{cv}^{1/2} + 0,1 \sigma'_{cd}$$

$f_{cv}$  - Resistencia efectiva del hormigón a cortante en N/mm<sup>2</sup> de valor  $f_{cv} = f_{ck}$  con  $f_{cv}$  no mayor que 15 N/mm<sup>2</sup> en el caso de control reducido del hormigón, siendo  $f_{ck}$  la resistencia a compresión del hormigón, que a efecto de este apartado no se

considerará superior a 60 N/mm<sup>2</sup>.

$\rho_L$  - Cuantía geométrica de armadura longitudinal principal de tracción de la losa, incluida la armadura activa si es adherente, calculada mediante:

$$\rho_l = \sqrt{\rho_x \rho_y} \leq 0,02$$

siendo  $\rho_x$  y  $\rho_y$  las cuantías en dos direcciones perpendiculares. En cada dirección la cuantía a considerar es la existente en un ancho igual a la dimensión del soporte más  $3d$  a cada lado del soporte o hasta el borde de la losa, si se trata de un soporte de borde o esquina.

$$\xi = \left( 1 + \sqrt{\left( \frac{200}{d} \right)} \right) \leq 2,0 \quad \text{con } d \text{ en mm}$$

$\sigma'_{cd}$  - Tensión axial media en la superficie crítica de comprobación (compresión positiva). Se calculará como media de las tensiones en las dos direcciones  $\sigma'_{cdx}$  y  $\sigma'_{cdy}$ .

$$\sigma'_{cd} = \frac{(\sigma'_{cdx} + \sigma'_{cdy})}{2} < 0,30 \cdot f_{cd} \leq 12 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma'_{cdx} = \frac{N_{d,x}}{A_x}; \sigma'_{cdy} = \frac{N_{d,y}}{A_y}$$

Cuando  $\sigma'_{cd}$  procede del pretensado, ésta deberá evaluarse teniendo en cuenta la fuerza de pretensado que realmente llega al perímetro crítico, considerando las coacciones introducidas a la deformación de la losa por los elementos verticales.

$N_{d,x}, N_{d,y}$  - Fuerzas longitudinales en la superficie crítica, procedentes de una carga o del pretensado.

$A_x, A_y$  - Superficies definidas por los lados  $b_x$  y  $b_y$  de acuerdo a las definiciones del perímetro crítico:

$$A_x = b_x \cdot h \text{ y } A_y = b_y \cdot h$$

Para losas para las que es necesaria armadura de punzonamiento se establecen tres zonas de comprobación: **zona con armadura transversal, zona exterior a la armadura de punzonamiento, y zona adyacente al soporte o carga.**

- La comprobación de la zona con armadura transversal de punzonamiento cambia a:

$$\tau_{sd} \leq 0,75 \tau_{rd} + 1,5 \cdot \frac{A_{sw} f_{y\alpha, d} \text{sen } \alpha}{s \cdot u_1}$$

$\tau_{sd}$  - Tensión tangencial nominal de cálculo

$\tau_{rd}$  - Tensión máxima resistente en el perímetro crítico, considerando el valor real de  $f_{ck}$ .

$A_{sw}$  - Área total de armadura de punzonamiento en un perímetro concéntrico al soporte o área cargada, en mm<sup>2</sup>.

$s$  - Distancia en dirección radial entre dos perímetros concéntricos de armadura, en mm o entre el perímetro y la cara del soporte, si sólo hay uno.

$f_{y\alpha, d}$  - Resistencia de cálculo de la armadura  $A_\alpha$  en N/mm<sup>2</sup>, no mayor que 400 N/mm<sup>2</sup>.

- La comprobación de la zona exterior a la armadura transversal de punzonamiento ahora incluye la influencia de la tensión axial media en el perímetro crítico:

$$F_{sd, ef} \leq \left( \frac{0,18}{\gamma_C} \xi (100 \rho_L f_{cv})^{1/3} + 0,1 \sigma'_{cd} \right) u_{n, ef} \cdot d$$

$u_{n, ef}$  - Perímetro definido en la figura 46.5.1.

$\rho_L$  - Cuantía geométrica de armadura longitudinal que atraviesa el perímetro  $u_{n, ef}$ .

$f_{ck}$  - Resistencia a compresión del hormigón en N/mm<sup>2</sup>. A efectos de cálculo no se adoptará un valor superior a 60 N/mm<sup>2</sup>.

$\sigma'_{cd}$  - tensión axial media en el perímetro  $u_{n, ef}$ , calculada adoptando para  $N_{d,x}, N_{d,y}$  el valor de las fuerzas longitudinales en dicho perímetro procedentes de una carga o del pretensado.

$A_x, A_y$  - Superficies definidas por los lados  $b_x$  y  $b_y$  de acuerdo a la figura 46.5.a

$$A_x = b_x \cdot h \text{ y } A_y = b_y \cdot h$$

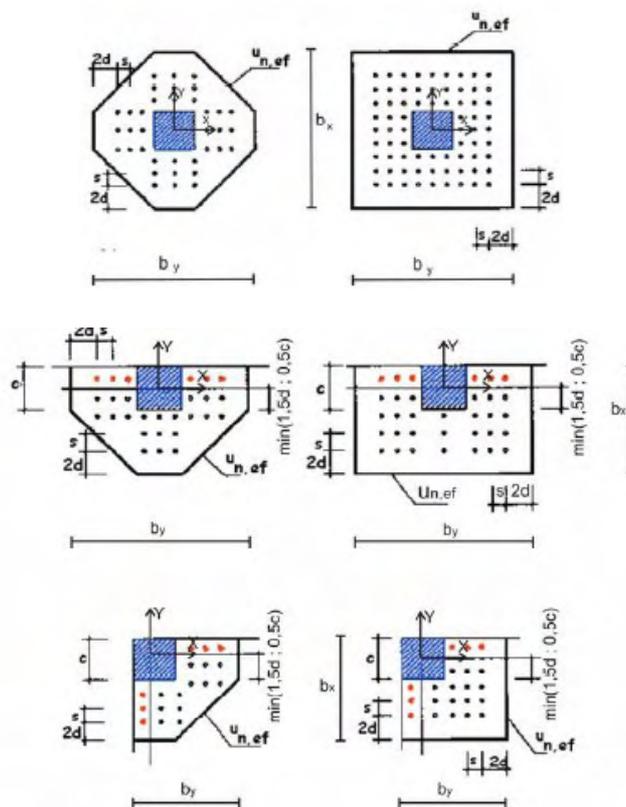


Figura 46.5 a. Planta de tipos de armado de punzonamiento. En tono más oscuro, armadura necesaria. En tono más claro, armadura adicional

A la distancia en la que se comprueba esta condición se supone que el efecto del momento transferido entre soporte y losa por tensiones tangenciales ha desaparecido, por lo que  $F_{sd,ef}$  se computará con  $\beta = 1$ .

- La **comprobación de la zona adyacente al soporte o carga** recoge la comprobación de resistencia máxima actualmente existente, aunque se redefine el valor de la resistencia a compresión del hormigón  $f_{1cd}$  de acuerdo al resto de la norma, e incorporando una expresión para valores altos de  $f_{ck}$ .

Para el cálculo de  $F_{sd,ef}$  a partir de  $F_{sd}$ , se adoptarán los valores de  $\beta$  establecidos en las expresiones de comprobación de losas sin armadura de punzonamiento.

## ARTÍCULO 47º. ESTADO LÍMITE DE AGOTAMIENTO POR ESFUERZO RASANTE EN JUNTAS ENTRE HORMIGONES

Se explica y describe el fenómeno del esfuerzo rasante en base a la variación de la resultante del bloque de tensiones normales a lo largo de la pieza y su forma de evaluación, en la superficie de contacto de longitud igual a un canto útil  $d$  y perímetro de contacto  $p$ .

$$\tau_{r,d} = \frac{\Delta C \text{ ó } \Delta T}{pd}$$

en pretensados,  $d = \max \{d; 0,8h\}$

La comprobación del estado límite último a esfuerzo rasante es:

$$\tau_{r,d} \leq \tau_{r,u}$$

$\tau_{r,u}$  - Tensión rasante de agotamiento correspondiente al estado límite último de resistencia a esfuerzo rasante según se indica a continuación, supuesto que el espesor medio mínimo del hormigón a cada lado de la junta de 50 mm, medido normalmente al plano de la junta, pudiéndose llegar localmente a un espesor mínimo de 30 mm.

La tensión rasante de agotamiento para secciones sin armadura transversal es:

$$\tau_{r,u} = \beta \left( 1,30 - 0,30 \frac{f_{ck}}{25} \right) f_{ct,d} \geq 0,70 \beta f_{ct,d}$$

$\beta$  Factor que adopta los siguientes valores:

0,80 - en superficies de contacto rugosas de secciones compuestas en las que existe una imbricación tal que se impide el cabalgamiento de una de las partes de la sección compuesta sobre la otra, tales como las configuraciones en cola de milano, y siempre que la superficie quede abierta y rugosa tal y como se obtiene en la fabricación de viguetas con máquina ponedora.

0,40 - en superficies intencionadamente rugosas, con rugosidad alta.

0,20 - en superficies no intencionadamente rugosas, con rugosidad baja.

$f_{ck}$  - Resistencia característica a compresión del hormigón más débil de la junta.

$f_{ct,d}$  - Resistencia de cálculo a tracción del hormigón más débil de la junta.

Bajo sollicitaciones de fatiga o de tipo dinámico los valores correspondientes a la contribución por cohesión entre hormigones  $\beta(1,30 - 0,30f_{ck}/25)f_{ct,d}$  se reducirán en un 50%.

Cuando existan tracciones normales a la superficie de contacto (por ejemplo, cargas colgadas en la cara inferior de una viga compuesta) la contribución por cohesión entre hormigones se considerará nula ( $\beta_{f_{ct,d}}=0$ ).

La tensión rasante de agotamiento para secciones con armadura transversal es:

- Secciones con resistencia de agotamiento  $\tau_{r,d} \leq 2,5 \beta \left( 1,30 - 0,30 \frac{f_{ck}}{25} \right) f_{ct,d}$

$$\tau_{r,u} = \beta \left( 1,30 - 0,30 \frac{f_{ck}}{25} \right) f_{ct,d} + \left( \frac{A_{st}}{sp} f_{y\alpha,d} (\mu \operatorname{sen} \alpha + \cos \alpha) + \mu \sigma_{cd} \right) \leq 0,25 f_{cd}$$

$A_{st}$  - Sección de las barras de acero, eficazmente ancladas, que cosen la junta.

s - Separación de las barras de cosido según el plano de la junta.

p - Superficie de contacto por unidad de longitud. No se extenderá a zonas donde el ancho de paso sea inferior a 20 mm o al diámetro máximo del árido, o con un recubrimiento inferior a 30 mm.

$f_{y\alpha,d}$  - Resistencia de cálculo de las armaduras transversales en  $N/mm^2$  ( $> 400 N/mm^2$ ).

$\alpha$  - Ángulo formado por las barras de cosido con el plano de la junta. No se dispondrán armaduras con  $\alpha > 135^\circ$  ó  $\alpha < 45^\circ$ .

$\sigma_{cd}$  - Tensión externa de cálculo normal al plano de la junta.

$\sigma_{cd} > 0$  para tensiones de compresión. (Si  $\sigma_{cd} < 0$ ,  $\beta_{f_{ct,d}} = 0$ )

Los valores de  $\beta$  y  $\mu$  se toman de la tabla.

$f_{ck}$  - Resistencia característica a compresión del hormigón más débil de la junta.

$f_{ct,d}$  - Resistencia de cálculo a tracción del hormigón más débil de la junta.

Bajo sollicitaciones de fatiga o de tipo dinámico los valores correspondientes a la contribución por cohesión entre hormigones  $\beta(1,30 - 0,30f_{ck}/25)f_{ct,d}$  se reducirán en un 50%.

Cuando existan tracciones normales a la superficie de contacto (por ejemplo, cargas colgadas en la cara inferior de una viga compuesta) la contribución por cohesión entre hormigones se considerará nula ( $\beta_{f_{ct,d}}=0$ ).

- Secciones con resistencia de agotamiento  $\tau_{r,d} > 2,5 \beta \left( 1,30 - 0,30 \frac{f_{ck}}{25} \right) f_{ct,d}$

$$\tau_{r,u} = \left( \frac{A_{st}}{sp} f_{y\alpha,d} (\mu \operatorname{sen} \alpha + \cos \alpha) + \mu \sigma_{cd} \right) \leq 0,25 f_{cd}$$

La contribución de la armadura de cosido a la resistencia a rasante de la junta, en la sección de estudio, sólo será contabilizada si la cuantía geométrica de armadura transversal cumple:

$$\frac{A_{st}}{sp} \geq 0,001$$

Tabla 47.2.2.2  
Valores de los coeficientes  $\beta$  y  $\mu$  en función del tipo de superficie

		Tipo de superficie	
		Rugosidad baja	Rugosidad alta
$\beta$		0,2	0,8
$\mu$	$\tau_{r,d} \leq 2,5\beta \left(1,30 - 0,30 \frac{f_{ctd}}{25}\right) f_{ctd}$	0,3	0,6
	$\tau_{r,d} > 2,5\beta \left(1,30 - 0,30 \frac{f_{ctd}}{25}\right) f_{ctd}$	0,6	0,9

La **separación entre armaduras transversales** que cosen la superficie de contacto no será superior al menor de los valores siguientes:

- canto de la sección compuesta.
- cuatro veces la menor dimensión de las piezas que une la junta.
- 60 cm.

Las armaduras de cosido de la superficie de contacto deben quedar adecuadamente ancladas por ambos lados a partir de la junta.

#### **ARTÍCULO 48°. ESTADO LÍMITE DE FATIGA**

No se introducen cambios en este aspecto.

## CAPÍTULO XI – CÁLCULOS RELATIVOS A LOS ESTADOS LÍMITE DE SERVICIO

### ARTÍCULO 49º. ESTADO LÍMITE DE FISURACIÓN

La tabla de valores máximos de la abertura de fisura se traslada, con algunos cambios al artículo 5.

En el método general de cálculo de la abertura de fisura se precisa que  $c$  corresponde al recubrimiento de las armaduras *traccionadas*.

Para el caso de piezas hormigonadas contra el terreno, podrá adoptarse para el cálculo del ancho de fisura, el recubrimiento nominal correspondiente a la clase de exposición.

La **limitación de la fisuración por esfuerzo cortante** está asegurada al cumplir las limitaciones de ELU frente a cortante, sin comprobaciones adicionales.

La **limitación de la fisuración por esfuerzo torsor** está asegurada al cumplir las limitaciones de ELU frente a torsión, sin comprobaciones adicionales.

### ARTÍCULO 50º. ESTADO LÍMITE DE DEFORMACIÓN

Se hace referencia a las exigencias de la reglamentación específica (CTE) para la limitación de flechas, o al acuerdo de Propiedad y el Autor del proyecto. También se hace referencia a limitar las deformaciones que puedan dañar los elementos no estructurales.

El **método simplificado de cálculo de flechas de elementos solicitados a flexión** se extiende a forjados unidireccionales.

Para vigas y losas de edificación, la tabla de **relaciones L/d para las que no es necesaria la comprobación de flechas** se modifica ligeramente:

Tabla 50.2.2.1.a Relaciones L/d en vigas y losas de hormigón armado sometidos a flexión simple

SISTEMA ESTRUCTURAL <i>L/d</i>	K	Elementos fuertemente Armados: $\rho=1,5\%$	Elementos débilmente Armados $\rho=0,5\%$
Viga simplemente apoyada. Losas uni o bidireccional simplemente apoyada	1,00	14	20
Viga continua <sup>1</sup> en un extremo. Losas unidireccional continua <sup>1,2</sup> en un solo lado	1,30	18	26
Viga continua <sup>1</sup> en ambos extremos. Losas unidireccional o bidireccional continua <sup>1,2</sup>	1,50	20	30
Recuadros exteriores y de esquina en losas sin vigas sobre apoyos aislados	1,15	16	23
Recuadros interiores en losas sin vigas sobre apoyos aislados	1,20	17	24
Voladizo	0,40	6	8

<sup>1</sup> Un extremo se considera continuo si el momento correspondiente es igual o superior al 85% del momento de empotramiento perfecto.

<sup>2</sup> En losas unidireccionales, las esbelteces dadas se refieren a la luz menor.

<sup>3</sup> En losas sobre apoyos aislados (pilares), las esbelteces dadas se refieren a la luz mayor.

Se extiende la validez del método para **vigas o losas aligeradas con sección en T**, en que la relación entre la anchura del ala y del alma sea superior a 3, en el que que las esbelteces L/d deben multiplicarse por 0,8.

Se recoge la formulación y tabla de la EFHE, de **relaciones L/d para las que no es necesaria la comprobación de flechas** en el caso de forjados de viguetas y de losas alveolares.

El **cálculo de la flecha instantánea** emplea la nueva resistencia a flexotracción y se amplía la relación de **secciones de referencia**:

- En vanos internos de elementos continuos:

$$I_e = 0,50 I_{ec} + 0,25 I_{ee1} + 0,25 I_{ee2}$$

donde:

$I_{ec}$  - Inercia equivalente de la sección de centro de vano.

$I_{ee}$  - Inercia equivalente de la sección de apoyos.

- En vanos extremos, con continuidad solo en uno de los apoyos:

$$I_e = 0,75 I_{ec} + 0,25 I_{ee}$$

Para el cálculo de flechas instantáneas en elementos no fisurados de sección constante se utilizará la inercia bruta de la sección.

## **ARTÍCULO 51º. ESTADO LÍMITE DE VIBRACIONES**

No se producen cambios en este apartado.

## TÍTULO 6º – ELEMENTOS ESTRUCTURALES

### CAPÍTULO XII – ELEMENTOS ESTRUCTURALES

#### ARTÍCULO 52º. ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE HORMIGÓN EN MASA

No se producen cambios en el artículo.

#### ARTÍCULO 53º. VIGAS

No se producen cambios en el artículo.

#### ARTÍCULO 54º. SOPORTES

No se producen cambios en el artículo.

#### ARTÍCULO 55º. PLACAS, LOSAS Y FORJADOS BIDIRECCIONALES

Se amplía la aplicación del artículo a **forjados bidireccionales**.

Para **losas rectangulares apoyadas en dos bordes continuos** se amplía la cantidad de **armadura transversal paralela a la dirección de los apoyos**, pasando de cubrir un momento igual al 20 al 25% del momento principal.

#### ARTÍCULO 56º. LÁMINAS

No se producen cambios en el artículo.

#### ARTÍCULO 57º. MUROS

No se producen cambios en el artículo.

#### ARTÍCULO 58º. ELEMENTOS DE CIMENTACIÓN

Cambia el modelo de análisis de bielas y tirantes para zapatas rígidas:

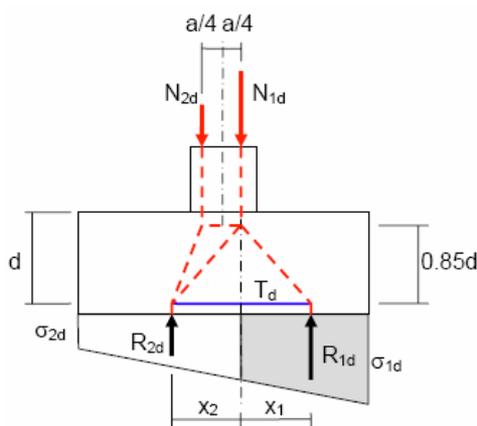


Figura 58.4.1.1.a

#### ARTÍCULO 59º. ESTRUCTURAS CONSTRUIDAS CON ELEMENTOS PREFABRICADOS

Este artículo es novedoso e introduce partes antes incluidas en la EFHE y otras sin referencia normativa previa.

Se contemplan los siguientes apartados:

Aspecto generales

- Análisis estructural
- Conexión y apoyo de elementos prefabricados
- Cálices
- Sistemas de atado
- Forjados unidireccionales con viguetas o losas alveolares
  - Condiciones geométricas
  - Armadura de reparto
  - Enlaces y apoyos (con Anejo 12 para más detalles sobre los sistemas de apoyo)
  - Disposición de las armaduras en los forjados
- Otros tipos de forjados contruidos con elementos prefabricados

#### **ARTÍCULO 60°. ELEMENTOS ESTRUCTURALES PARA PUENTES**

Este artículo es nuevo.

#### **ARTÍCULO 61°. CARGAS CONCENTRADAS SOBRE MACIZOS**

No se producen cambios en el artículo.

#### **ARTÍCULO 62°. ZONAS DE ANCLAJE**

No se producen cambios en el artículo.

#### **ARTÍCULO 63°. VIGAS DE GRAN CANTO**

No se producen cambios en el artículo.

#### **ARTÍCULO 64°. MÉNSULAS CORTAS Y APOYOS A MEDIA MADERA**

No se producen cambios en el artículo respecto a los apoyos en ménsula, pero se incluye un nuevo apartado sobre **apoyos a media madera, cuyo uso se desaconseja**.

#### **ARTÍCULO 65°. ELEMENTOS CON EMPUJE AL VACÍO**

No se producen cambios en el artículo.

## **TÍTULO 7º - EJECUCIÓN**

---

### **CAPÍTULO XIII – EJECUCIÓN**

#### **ARTÍCULO 66º. CRITERIOS GENERALES PARA LA EJECUCIÓN DE LA ESTRUCTURA**

continuará....